



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

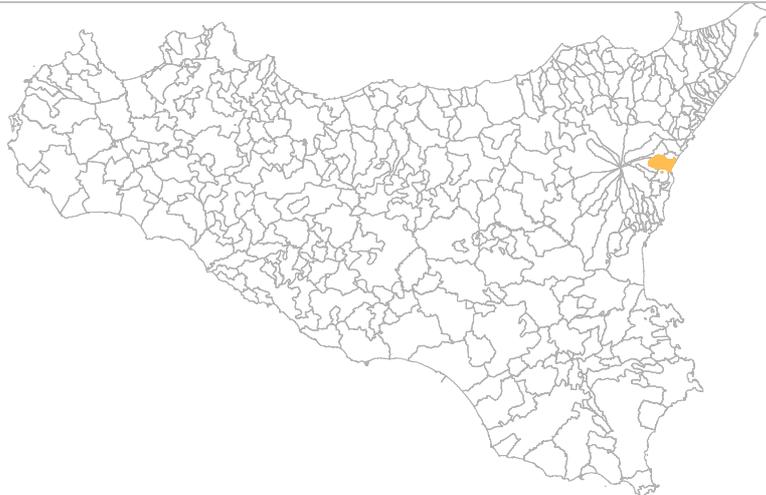
# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Mascali



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.....	13
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area .....	24
4. Dati geotecnici e geofisici .....	61
5. Modello del sottosuolo .....	68
6. Interpretazioni e incertezze .....	70
7. Metodologie di elaborazione e risultati .....	73
8. Elaborati cartografici .....	82
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati .....	88
10. Bibliografia .....	90
11. Allegati .....	95



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 Mascali (codice istat 087023), 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 espressa 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 dovute 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 mirato 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 Mascali si riferiscono al primo livello di approfondimento e sono consistiti nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di una serie di elaborati cartografici (la 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 Mascali si sviluppa lungo il basso versante nord-orientale del Monte Etna in Sicilia orientale con un'estensione areale di circa 37,7 km<sup>2</sup> (Fig. 1). Nel corso di una riunione tecnica tenutasi il giorno 24/04/2012 tra l'Università di Catania e il Dipartimento di Protezione Civile, verificata la mancanza di indicazioni da parte del Comune, si è deciso di procedere agli studi di microzonazione delle “aree meridionali del territorio comunale a partire da Puntalazzo fino a Fondachello, comprendente il centro urbano principale e la frazione di Nunziata. A tali aree si aggiunge la zona a ridosso della S.P. Nunziata-Piedimonte fino alla località Santa Venera” per un totale di circa 10 km<sup>2</sup>. Solo successivamente l'Amministrazione Comunale ha fornito le proprie indicazioni riguardo le aree in cui effettuare gli studi di MS. Va sottolineato che tale richiesta avrebbe previsto l'esclusione del centro urbano principale e che avrebbe comportato lo studio di una enorme estensione del territorio comunale, priva



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 di qualsiasi informazione pregressa di dettaglio, non avendo avuto a disposizione gli studi geologici a supporto del Piano Regolatore Generale. Per tali motivi si è ritenuto opportuno condurre gli studi garantendo la copertura delle aree a maggiore urbanizzazione, sulle quali è stato necessario procedere a uno studio geologico di dettaglio “*ex novo*”, per ovviare alla mancanza di una cartografia geologica adeguata agli obiettivi della microzonazione.

Lo studio di MS di livello 1 è stato effettuato utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, realizzata dalla Regione Sicilia nel 2008. In particolare l’area di studio ricade all’interno delle Sezioni CTR 625020, 625030 e 625070 (Fig. 1).

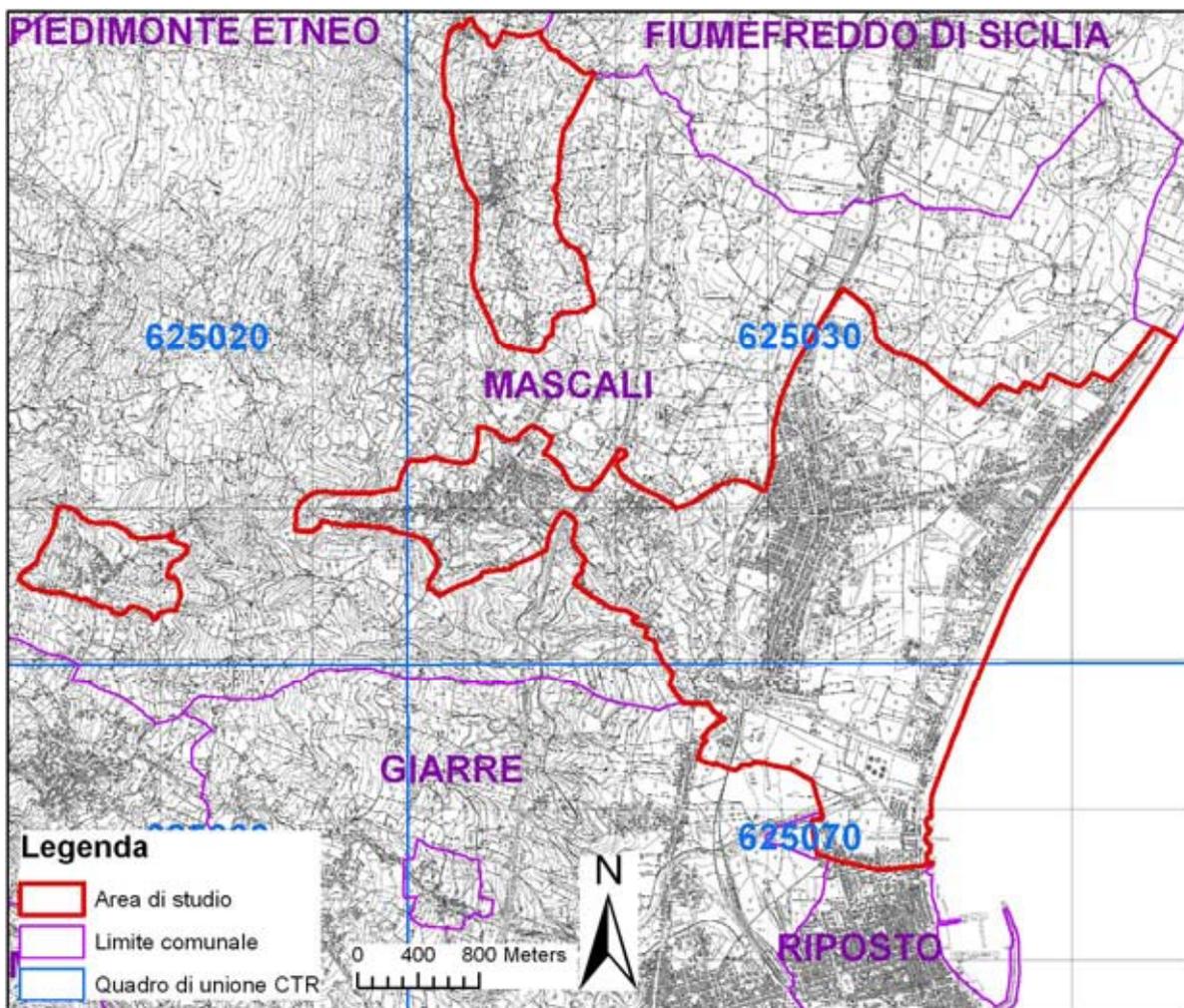


Fig. 1 – Ubicazione dell’area in cui sono stati effettuati gli studi di MS di livello 1 (delimitata in rosso) per il comune di Mascali, all’interno delle Sezioni CTR 625020, 625030 e 625070.

La qualità e l’affidabilità dei risultati sono state chiaramente influenzate dalla disponibilità di dati significativi sui quali operare. Nel caso specifico, per il Comune di Mascali è stato possibile attingere ad una quantità modesta d’informazioni pregresse, principalmente concentrate nel settore orientale del territorio comunale ed in particolare ubicate lungo la fascia costiera. Seppure lacunosi e non omogeneamente distribuiti, i dati raccolti sono stati impiegati per vincolare la successione stratigrafica dell’area e consentito una sufficiente ricostruzione 3D delle successioni. E’ ovvio che livelli di indeterminazione permangono per quanto attiene lo spessore dei terreni di copertura e la reale profondità del substrato rigido nelle aree prive di dati diretti di sottosuolo. In questo caso si è fatto riferimento a proiezioni dei dati disponibili in aree limitrofe, sulla



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

base di una scrupolosa interpretazione delle evidenze di superficie, nella previsione di infittire le indagini nei successivi stadi di approfondimento.

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Mascali, relativi ad indagini effettuate per lo studio geologico a supporto del P.R.G. e a indagini effettuate per la progettazione di edifici pubblici e privati, sono sintetizzati in diversi elaborati di seguito elencati:

Protezione Civile:

Anguillara:

- Carta Geologico-Tecnica in scala 1:2.000
- n° 1 sondaggio geognostico

Auzanetto:

- Inquadramento in scala 1:25.000
- Carta litologica in scala 1:10.000
- Carta indagini geognostiche in scala 1:10.000
- n° 3 sondaggi geognostici

Centro Comunale Raccolta:

- Carta geologica in scala 1:10.000

- Planimetria generale ed ubicazione delle indagini geognostiche in scala 1:500

- 9 sondaggi geognostici

Centro incontro minori:

- Inquadramento geografico in scala 1:10.000

- Carta litologica in scala 1:10.000

- Carta delle indagini in scala 1:1.000

- n° 2 sondaggi geognostici

Cimitero Mascali:

- Inquadramento geografico in scala 1:10.000

- Carta geologica in scala 1:2.500

- Carta delle indagini in scala 1:2.500

Consorzio depurazione:

- Carta litologica in scala 1:4.000

- Planimetria generale in scala 1:2.000

- n° 3 sondaggi geognostici

Fondachello - Via Spiaggia:

- Carta geologico-tecnica

- n° 2 sondaggi geognostici

King's House Hotel:

- Carta geologica in scala 1:10.000



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

- n° 2 sondaggi geognostici

Piano Particolareggiato Via San Giuseppe lato Sud:

- Tavola 1: Stralcio corografico in scala 1:25.000
- Tavola 2: Carta ubicazione indagini geognostiche in scala 1:2.000
- Tavola 3: Carta geologica in scala 1:4.000
- Tavola 6: Carta pericolosità sismica locale in scala 1:2.000
- n° 5 sondaggi geognostici

Pozzo Carlino:

- Tavola 1: Inquadramento corografico ed ubicazione del Pozzo Carlino
- n° 1 sondaggio geognostico

Piano Regolatore Generale (P.R.G.):

- Carta indagini fascia litorale
- Carta delle indagini fascia pedemontana 'Nunziata' in scala 1:2.000
- Carta delle indagini fascia pedemontana 'S. Venera' in scala 1:2.000
- n° 3 sondaggi Anguillaria
- n° 3 sondaggi Artale
- n° 3 sondaggi Auzanetto

- n° 3 sondaggi Gurna
- n° 3 sondaggi Nunziata
- n° 1 sondaggi Santa Venera

Via Spiaggia (Località Fondachello):

- Carta litologica in scala 1:10.000
- Allegato 1: Inquadramento geografico in scala 1:25.000
- Carta ubicazione indagini
- n° 1 sondaggio geognostico

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 dell'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



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 (AA.VV., 1979, 2009; Monaco et al., 2008; Catalano & Tortorici, 2010) e idrogeologica (Ferrara, 2001) disponibile in Letteratura.

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

Nel presente documento viene definita la pericolosità sismica del Comune di Mascali, 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 Mascali (CT) sulle mappe di pericolosità sismica si farà esplicito riferimento alle indicazioni e 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.

L'individuazione del Comune di Mascali sui cataloghi sismici è stata effettuata facendo particolare riferimento 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). Il 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 del 1693. Questo sisma 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 Mascali viene catalogato con intensità X MCS (Barbano, 1985). La Figura 3 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 35 eventi significativi per il territorio di Mascali, a partire dall'evento del 1329. La Figura 4 riporta il conseguente grafico relativo alla sismicità storica del comune di Mascali.

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

Locality	MCS	Locality	MCS
Acate (Biscari)	X	Massannunziata	X
Aci Bonaccorsi	X	Mazzarino	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 (Foncia)	IX	Nicosia	VII-VIII
Biancavilla (Li Greci)	VIII	Niscemi	VIII-IX
Borrello	X	Noto	XI
Dronte	VI- VII	Ortola	NF
Buccheri	X	Pachino	IX
Butera	VI VII	Palagonia	IX
Calatabiano	VIII – IX	Palazzolo Acreide	X
Calatafimi	VII	Palermo	VII
Caltagirone	VIII – IX	Patemò	VIII-IX
Caltanissetta	VI	Patti	VI-VII
Capomulini	X	Pedara	X
Cartentini	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	Scudi	X
Francofonte	X	Scordia	IX
Gela	VII	Siracusa	X
Giarratana	X	Sortino	XI
Grammichele (Occhiola)	X	Taormina	IX
Ispica (Spaccafomo)	IX	Trapani	NF
Lentini	XI	Trecastagni	X
Licata	VII	Tremestieri	X
Licodia Eubea	IX	Troina	VII-VIII
Linguaglossa	VIII-IX	Valverde	X
Lipari	VI	Viagrando	X
Malta	VIII	Villa San Giovanni	VII
Mascali	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
EE	<u>1329 06 28 22:00</u>	Area etnea	2	7-8 4.39 ±0.26
5-6	<u>1693 01 09 21:00</u>	Val di Noto	30	8-9 6.21 ±0.31
10	<u>1693 01 11 13:30</u>	Sicilia orientale	185	11 7.41 ±0.15
8	<u>1818 02 20 18:15</u>	Catanese	128	9-10 6.23 ±0.12
3-4	<u>1865 07 19 01:00</u>	FONDO MACCHIA	32	9 5.06 ±0.26
3-4	<u>1881 02 12 02:30</u>	CODAVOLPE	8	7 4.16 ±0.26
NF	<u>1898 05 14 04:45</u>	S. M. LICODIA	35	7-8 4.39 ±0.26
7	<u>1908 12 28 04:2</u>	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15
4	<u>1952 03 19 08:13</u>	LINERA	105	7-8 4.39 ±0.26
4	<u>1973 08 03 19:49</u>	S. M. AMMALATI	35	7 4.16 ±0.26
3	<u>1975 01 16 00:0</u>	Stretto di Messina	346	7-8 5.20 ±0.09
NF	<u>1980 01 23 21:2</u>	MODICA	122	5-6 4.58 ±0.14
3	<u>1982 07 06 14:37</u>	C.DA ALGERAZZI	150	6-7 3.94 ±0.26
NF	<u>1984 10 18 11:58</u>	PIANO PERNICANA	15	6 3.71 ±0.26
3	<u>1984 10 19 17:43</u>	ZAFFERANA ETNEA	124	7 4.16 ±0.26
NF	<u>1984 10 25 01:11</u>	FLERI	122	8 4.61 ±0.26
2-3	<u>1985 06 13 21:1</u>	ADRANO	57	5-6 4.51 ±0.34
4	<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
3	<u>1988 10 28 18:48</u>	PIANO PERNICANA	66	6 3.71 ±0.26
6	<u>1990 12 13 00:2</u>	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09
NF	<u>1996 12 02 13:01</u>	C.DA LUMINARIA	42	6 3.71 ±0.26
NF	<u>1997 09 02 10:42</u>	ZAFFERANA ETNEA	33	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1997 10 29 12:02</u>	FOSSA DELL'ACQUA	22	5-6 3.49 ±0.26

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

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
NF	<u>1999 12 26 14:19</u>	C.DA ILICE	43	5-6 3.49 ±0.26	
4-5	<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	
3	<u>2001 04 22 13:56</u>	VERSANTE OCCIDENTALE	55	5-6 3.49 ±0.26	
4	<u>2001 07 13 03:15</u>	VERSANTE MERIDIONALE	25	6 3.71 ±0.26	
NF	<u>2001 10 28 09:03</u>	S. M. AMMALATI	67	6 3.71 ±0.26	
3	<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	
3	<u>2002 12 02 12:28</u>	MACCHIA	30	6 3.71 ±0.26	
4	<u>2004 07 22 02:11</u>	VERSANTE ORIENTALE	34	6 3.71 ±0.26	

Fig. 3 – Eventi sismici significativi per il Comune di Mascali, 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.

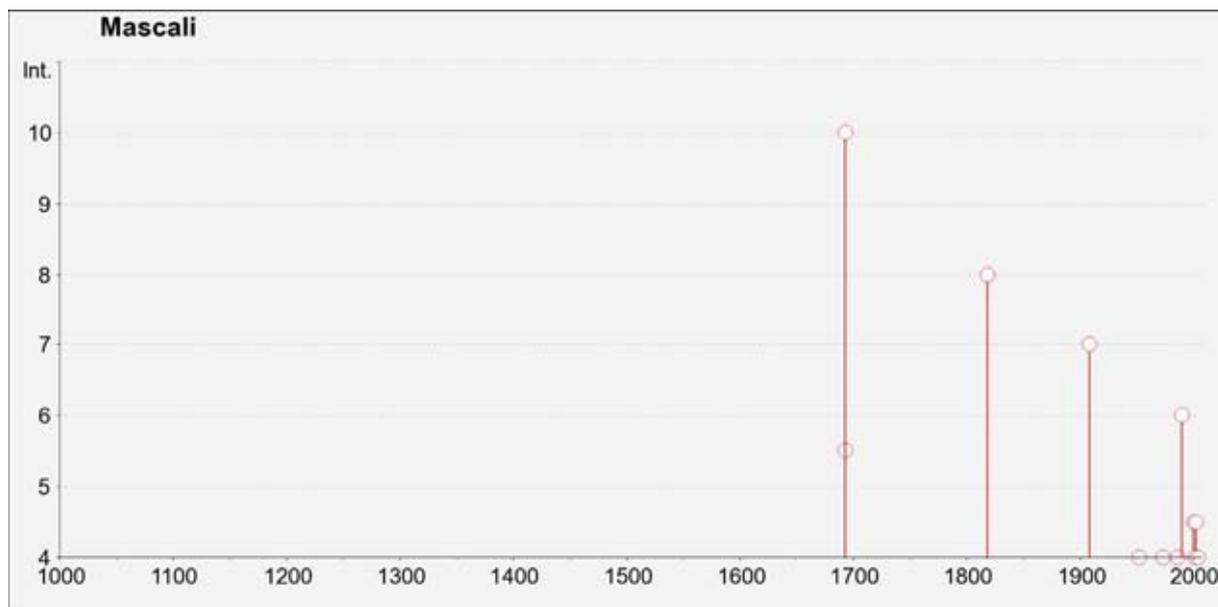


Fig. 4 – Grafico relativo alla sismicità storica del comune di Mascali.

#### *Catalogazione del Comune di Mascali 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 & Montaldo, 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  $S_e(T)$  (Spettro di risposta Elastica 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



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

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

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

LATITUDINE : 37.759 N

LONGITUDINE : 15.199 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 Mascali 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
<b>81%</b>	30	0.0332
<b>63%</b>	50	0.0199
<b>50%</b>	72	0.0139
<b>39%</b>	101	0.0099
<b>30%</b>	140	0.0071
<b>22%</b>	201	0.0050
<b>10%</b>	475	0.0021
<b>5%</b>	975	0.0010
<b>2%</b>	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.

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

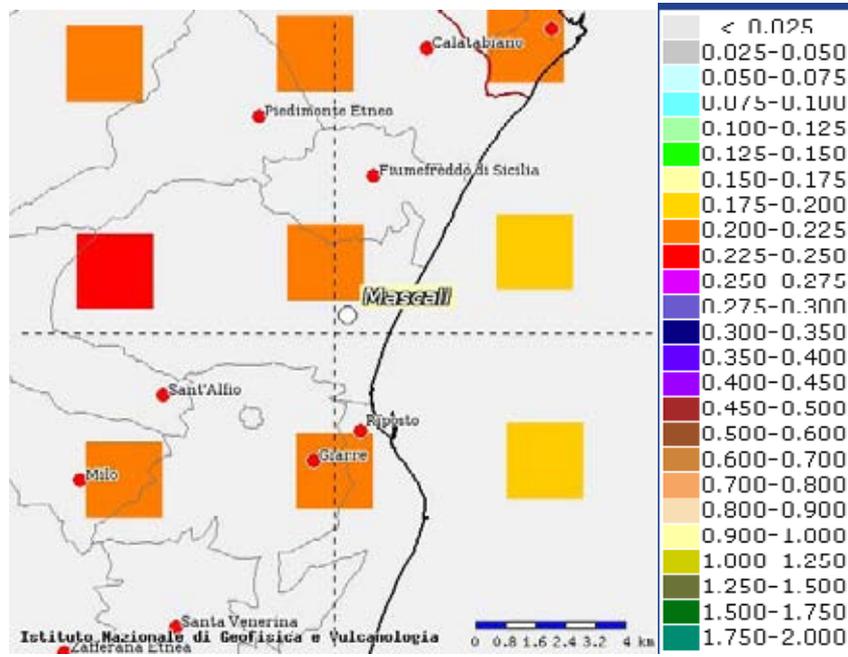


Fig. 6 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Mascali. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ , probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

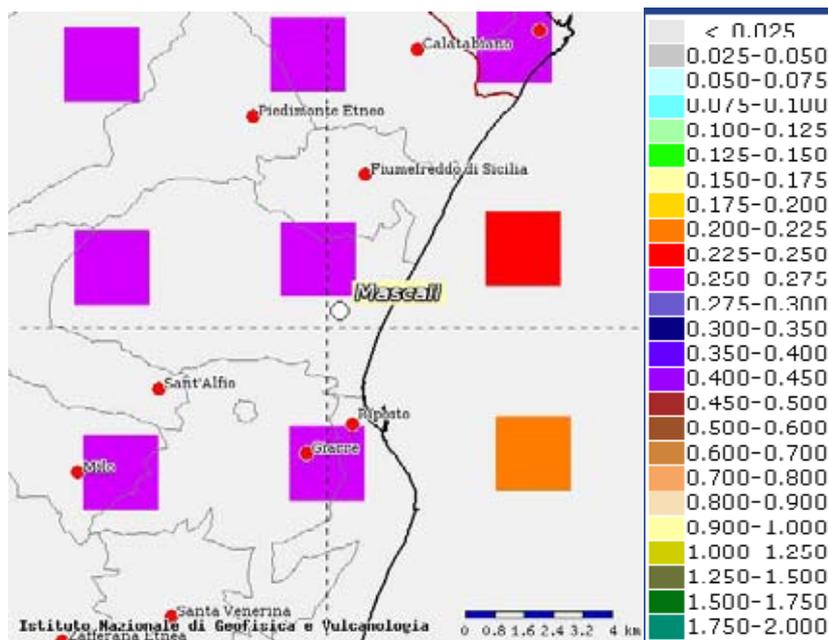


Fig. 7– Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Mascali. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ , probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

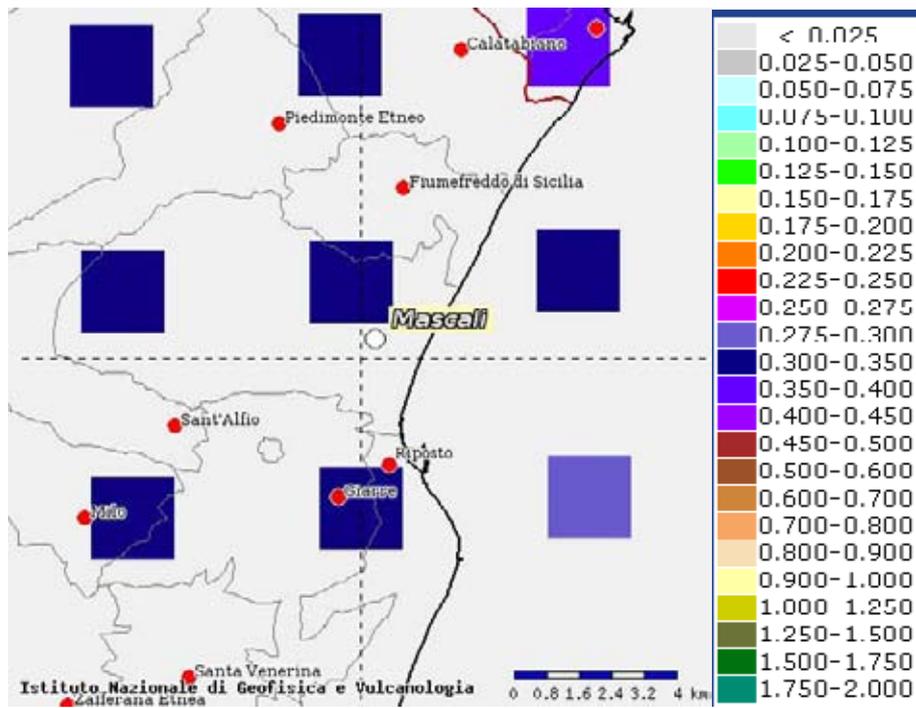


Fig. 8 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Mascali. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a_g$ , probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

I risultati ottenuti per il territorio di Mascali sono sintetizzati nella Tabella 1 di seguito riportata e consentono di calcolare la curve di pericolosità sismica al sito (Fig. 9).

$T_R$ [ anni ]	$a_g$ [ g/10 ]
475	0.200-0.225
975	0.250-0.275
2475	0.300-0.350

Tab. 1 – Valori di  $a_g$  al sito e corrispondente periodo di ritorno.

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

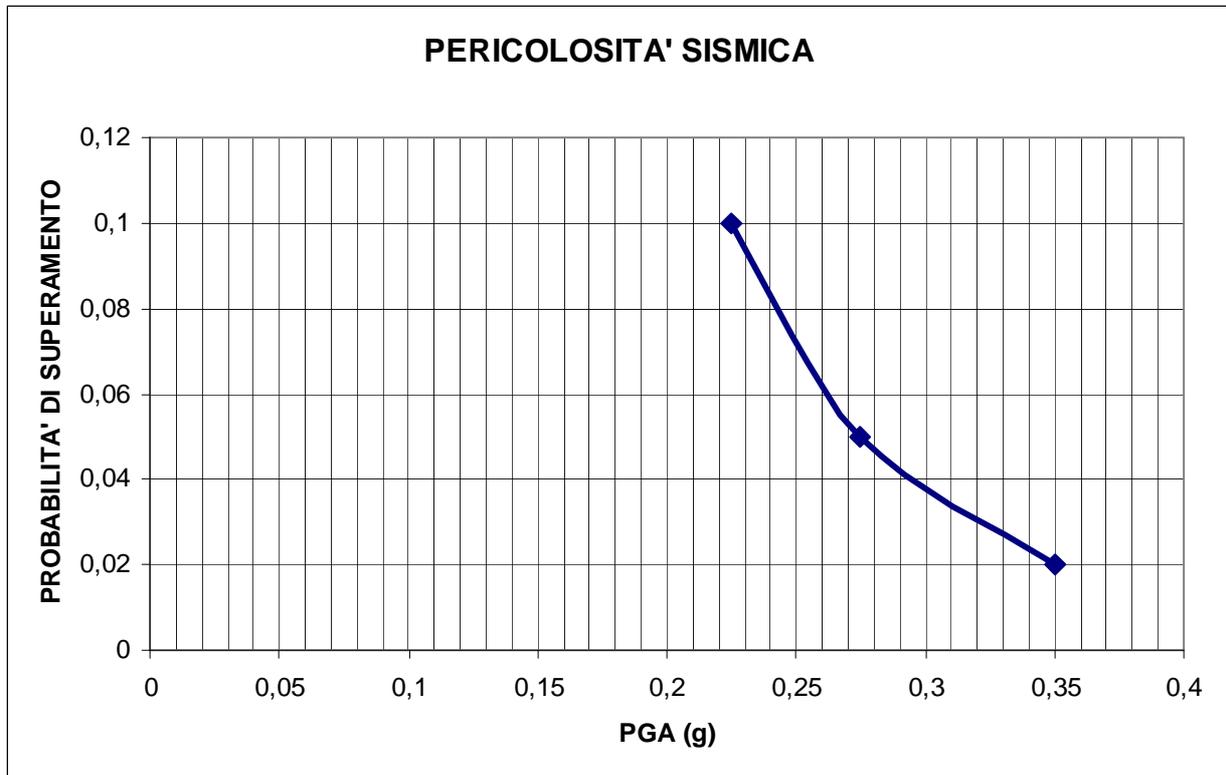


Fig. 9 – Curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Mascali. La curva rappresenta il valore della mediana.

Il territorio del Comune di Mascali è stato individuato sul database DBMI11 (con 35 eventi sismici significativi tra il 1329 ed il 2004) con una intensità macrosismica espressa nella scala MCS che raggiunge il suo valore massimo in MCS = X 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: 0.200–0.225 per il 10%, 0.250–0.275 per il 5% e 0.300–0.350 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 Mascali.

### 3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Il territorio di Mascali è collocato alla base del versante orientale dell'Etna, direttamente esposto alle colate laviche recenti ( $< 40$  ka; Branca et al., 2011) che si sono originate, nelle diverse fasi dell'evoluzione dell'attuale vulcano centrale (Vulcano Ellittico e Vulcano Mongibello di Branca et al., 2011), dagli apparati del settore nord-orientale. Il centro urbano principale, ricadente nei settori orientali dell'area di studio, è ubicato allo sbocco di una paleovalle, orientata circa E-O, che ha canalizzato le colate laviche recenti dell'Etna ed oggi è parzialmente reincisa negli stessi prodotti lavici. Il centro abitato in gran parte ricopre i depositi alluvionali che sigillano il piede dell'ampio ventaglio di lave che si è sviluppato allo sbocco della paleovalle, sull'originaria piana costiera sub-pianeggiante. I depositi su cui è fondato il paese comprendono i resti di una piccola conoide e di terrazzi alluvionali che si sviluppano al margine della piana costiera attuale, degradante dalla quota di circa 25 m s.l.m.. I depositi alluvionali costituiti principalmente da sabbie e ghiaie, sono caratterizzati da granulometrie più grossolane verso monte, mentre verso mare, lungo la fascia litorale, sono ricoperti da depositi fini di ambiente palustre. Tutta la cartografia geologica pregressa (AA.VV., 1979; Monaco et al., 2008; AA.VV., 2009; Branca et al., 2011) evidenzia che la paleovalle è stata incisa all'interno di un alto morfologico, posto ad ovest del centro urbano principale e delimitato da un margine orientato circa N-S, dove sono esposti i prodotti lavici più antichi poggiati direttamente sul substrato sedimentario pre-etneo, costituito dalle argille infra-mediopleistoceniche (**Qa** in Fig. 10; **FAG** in Fig. 12). I prodotti lavici più antichi sono mantellati da spessori ridotti delle colate laviche più recenti ( $< 40$  ka) che raggiungono spessori elevati laddove canalizzati all'interno di depressioni vallive pre-esistenti. L'area è stata inoltre interessata da invasioni laviche storiche, in occasione delle eruzioni datate del 1651 e 1928 A.D..

Nella "Carta geologica del Monte Etna" alla scala 1:50000 (AA.VV., 1979; Fig. 10) i prodotti vulcanici antichi che costituiscono l'ossatura dell'alto morfologico, sono rappresentati dalle lave dei centri alcalini antichi (**lta** in Fig. 10) di età 168–100 ka (Gillot

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 et al., 1994) e dalle lave e tufi dell'unità del Trifoglietto (**vt** e **tli** in Fig. 10), attribuiti all'intervallo 80–60 ka (Gillot et al., 1994) affioranti nei dintorni di Nunziata e di Puntalazzo. I prodotti lavici che mantellano l'alto morfologico e riempiono le valli in esso incise, comprendono, oltre alle colate storiche datate a 1651 e 1928 A.D. (Fig. 10), anche i prodotti assegnati ai centri eruttivi dell'Ellittico e del Leone (**ve** e **vl** in Fig. 10), correlati ai primi stadi (35–15 ka) dello stratovulcano Mongibello (Mongibello Antico Gillot et al., 1994 o Vulcano Ellittico di Branca et al., 2011). In prossimità della costa, queste lave più recenti formano i ventagli di lava che marcano lo sbocco delle paleovalli verso le antiche piane costiere.

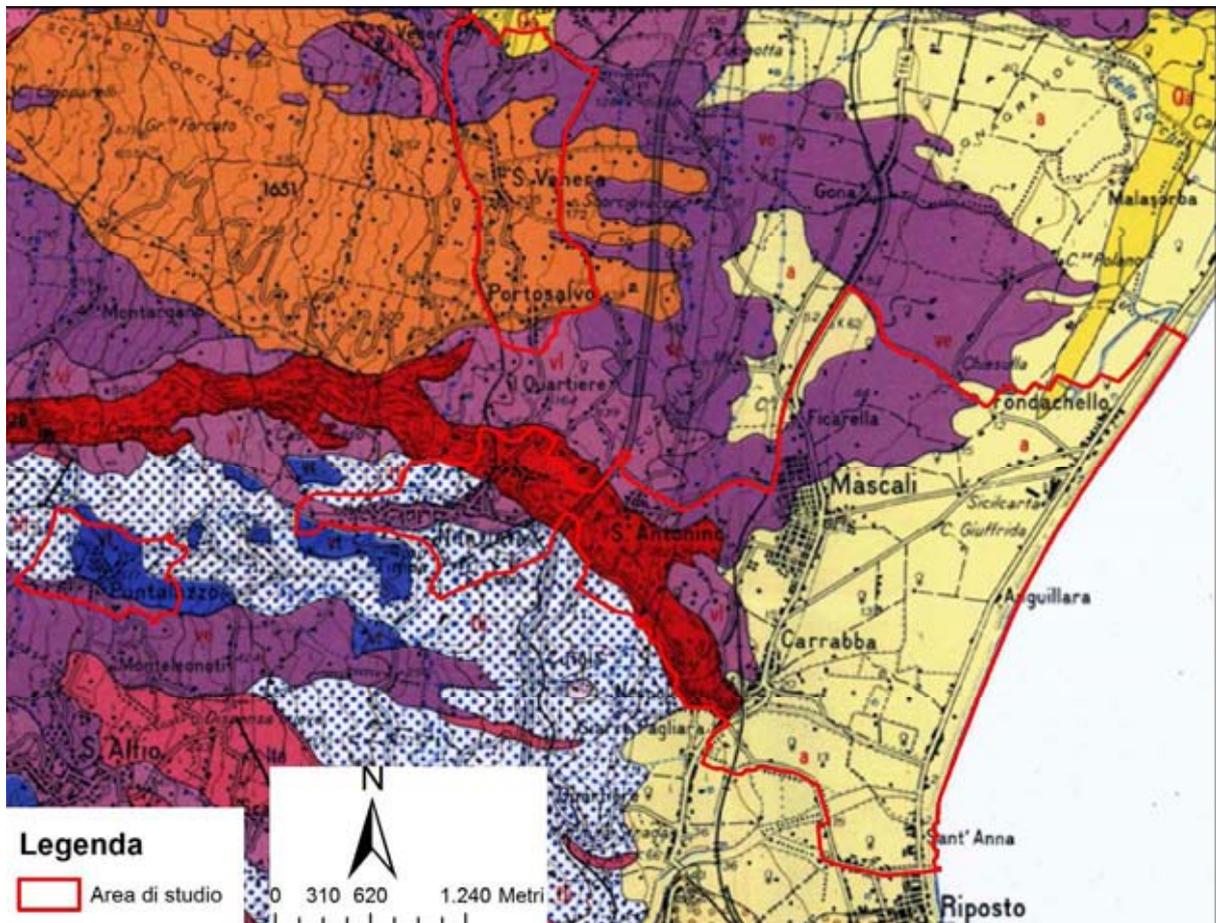


Fig. 10 – Stralcio della Carta geologica del Monte Etna (AA.VV., 1979 mod).

Nella Carta Geologica del Monte Etna è inoltre rappresentata la terminazione della Faglia di Piedimonte, orientata NE–SO, ricadente immediatamente a NE dell’area di studio di Santa Venera.

La Faglia di Piedimonte è stata inquadrata nel più ampio sistema di faglie attive estensionali del versante orientale dell’Etna da Monaco et al. (1997)(Fig. 11). Gli Autori definiscono la geometria di una fascia di faglie sismogeniche che terminano verso nord con il segmento della Faglia di Piedimonte, che sarebbe caratterizzata da tassi di movimento di circa 1.7 mm/a.

Il recente Foglio Geologico 625 “Acireale” (AA.VV., 2009) (Fig. 12) ha evidenziato che le colate laviche che mantellano l’alto morfologico e formano l’ampio ventaglio di lava a nord–est dell’area di studio sono in gran parte riferibili al Vulcano Mongibello (< 15 ka)(es. **i1** e **i2** in Fig. 12). A tale intervallo di tempo sono stati riferiti anche i prodotti piroclastici affioranti nella zona di Puntalazzo, precedentemente assegnati ad una età di almeno 60 ka. Nella nuova cartografia, i prodotti del Vulcano Ellittico (40–15 ka) (**UPP** e **UCG** in Fig. 11), corrispondenti al Mongibello Antico di AA.VV., 1979, si rinvennero esclusivamente al piede del ventaglio di lava a nord di Mascali, fuori dell’area di studio, ed in limitati affioramenti nei dintorni di Puntalazzo e Nunziata.

Secondo la stratigrafia ricostruita nel Foglio Geologico 625 “Acireale”, i prodotti vulcanici più antichi sono invece stati assegnati al Sistema delle Timpe (TDM e UTM in Fig. 12) e alla Formazione Moscarello (UML) del Pleistocene superiore (125–200 ka). A differenza della Carta geologica del Monte Etna (AA.VV., 1979 mod), la faglia di Piedimonte viene proseguita verso sud–ovest, interessando l’area di studio a nord di Santa Venera (Fig. 12).

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

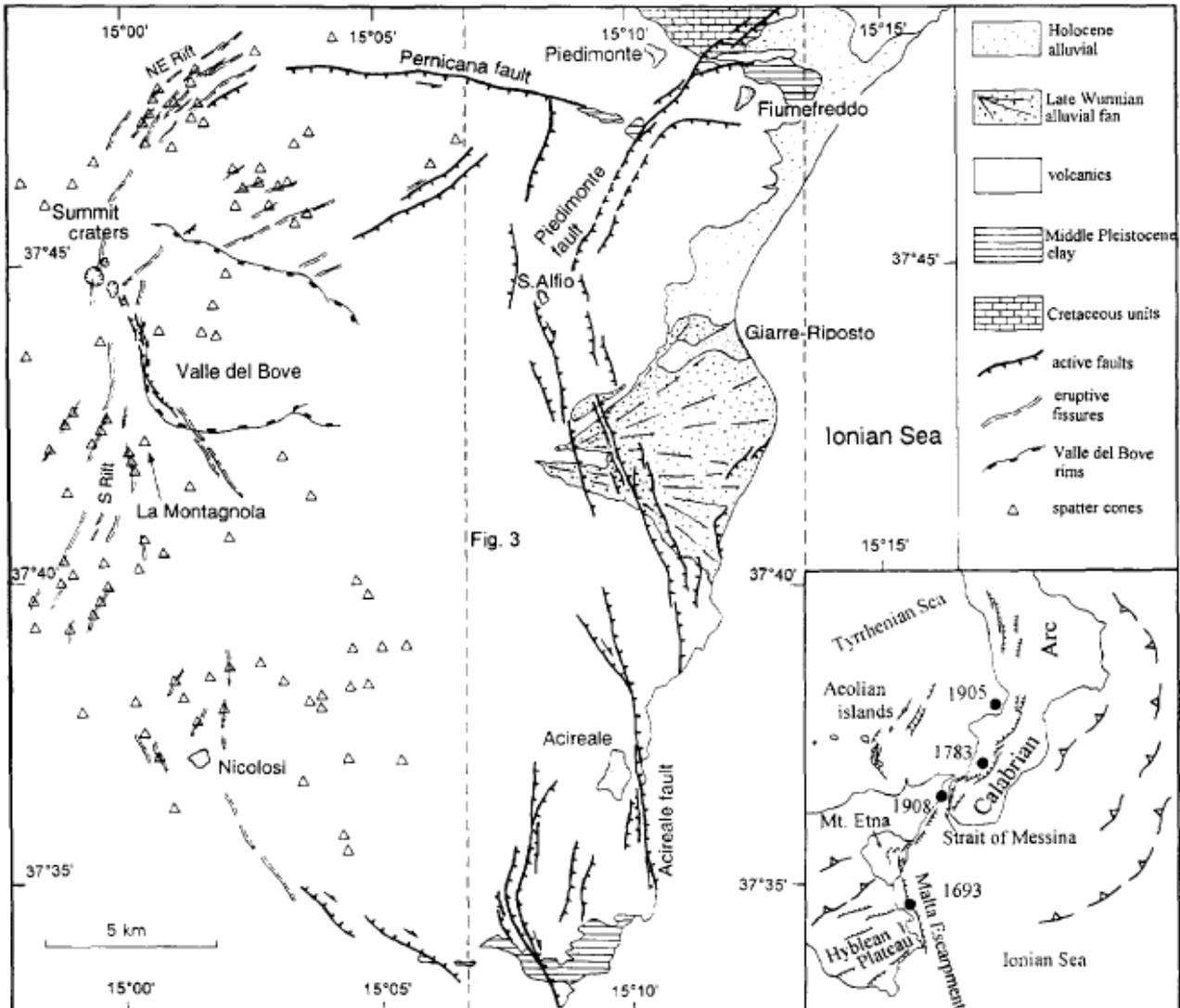


Fig. 11 - Schema strutturale delle faglie attive dell'Etna (da Fig. 1 di Monaco et al., 1997).

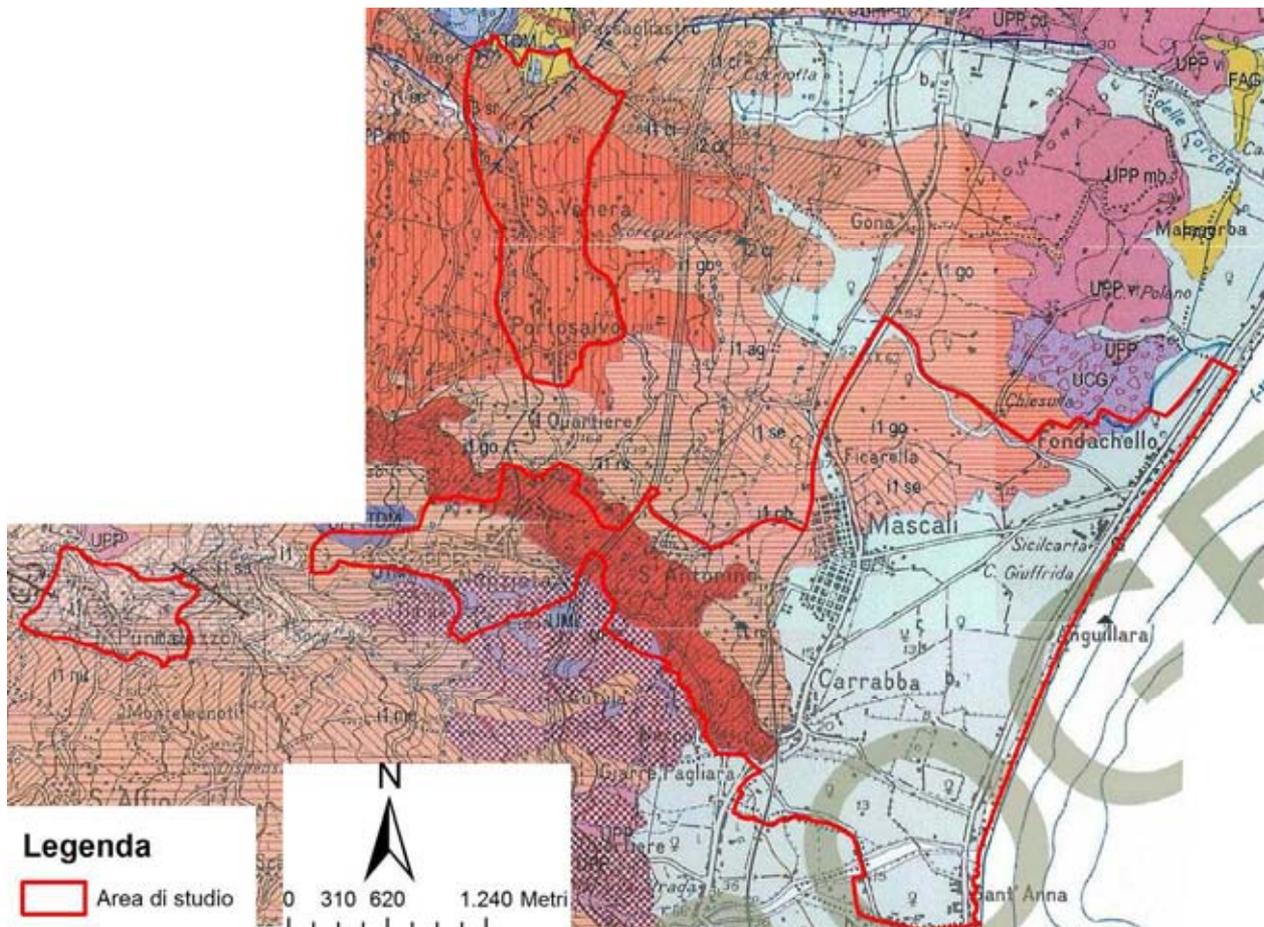


Fig. 12 - Stralcio del Foglio Geologico CARG 625 "Acireale" (AA.VV., 2009 mod).

Il documento cartografico più aggiornato (Branca et al., 2011; Fig. 13), in gran parte coincidente con il precedente Foglio Geologico, riporta un'ulteriore zona di faglia, rappresentata da una serie di segmenti trascorrenti sinistri, orientati circa ONO-ESE e NO-SE, disposti con geometria en-echelon, corrispondenti alla terminazione orientale della Faglia della Pernicana (Azzaro, 1999), indicata quale segmento di Santa Venera da Azzaro et al. (2012), che andrebbe ad intersecare la terminazione meridionale della Faglia di Piedimonte (Fig. 13).

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

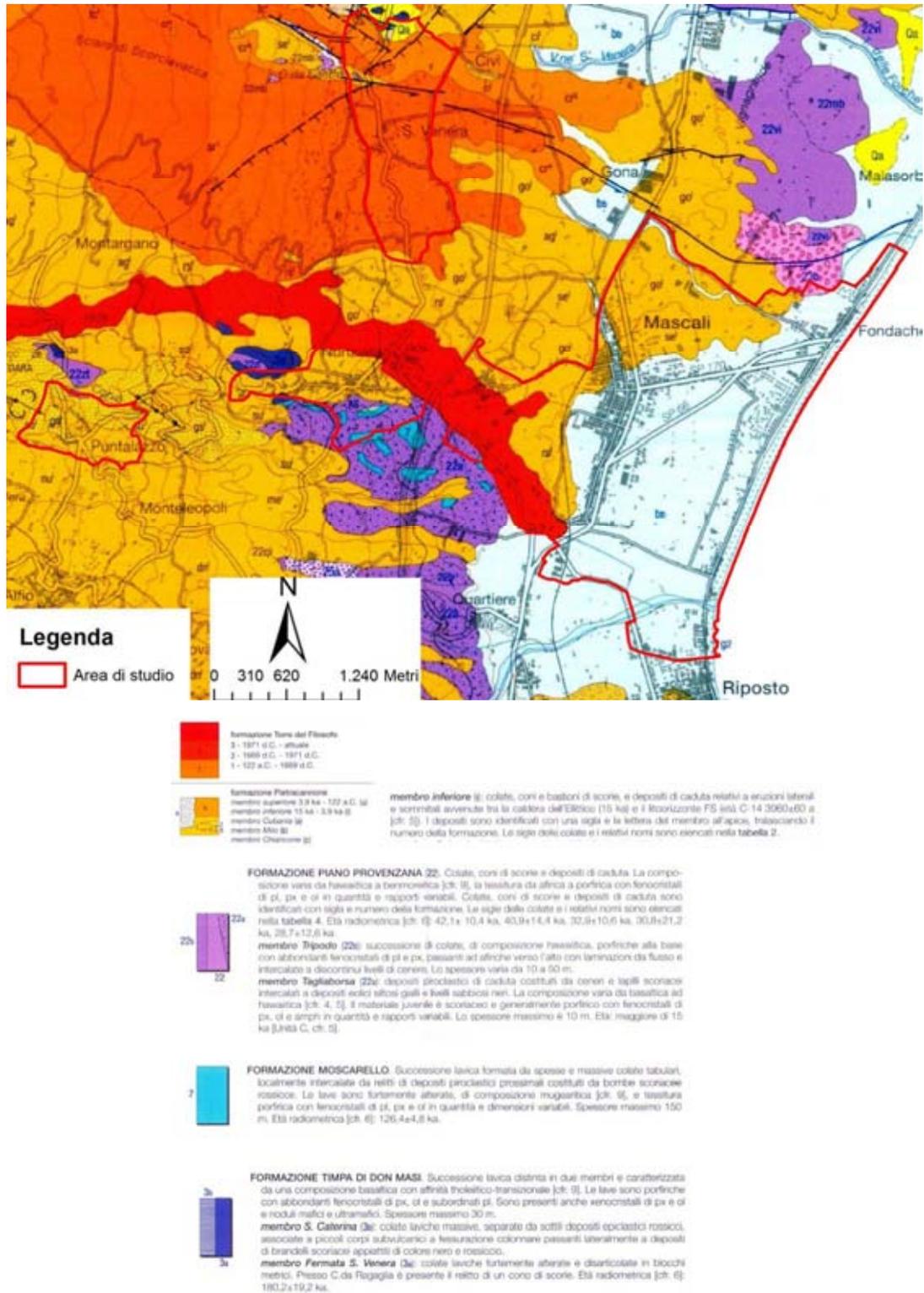


Fig. 13 – Stralcio della Carta Geologica del Vulcano Etna e della legenda (Branca et al., 2011).

Anche Azzaro (2012), riconosce le stesse zone di taglio precedentemente segnalate nei settori settentrionali dell'area di studio, pur differenziandole con diversi gradi di incertezza e rappresentandole a tratteggio, se sepolte, ed in colore arancione, se nascoste (Fig. 14).

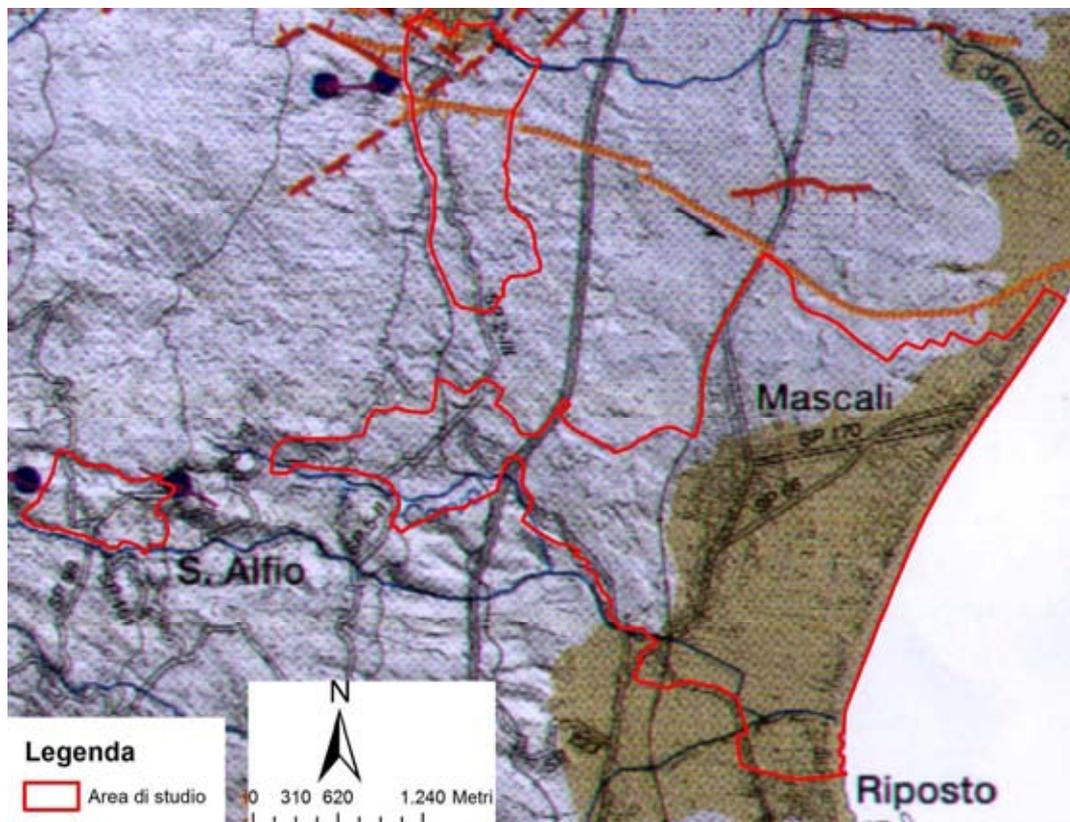


Fig. 14 - Carta vulcano-tettonica del Monte Etna (Azzaro et al., 2012 mod). Il territorio comunale è indicato in rosso.

Una geometria delle faglie in parte coincidente con quest'ultimo elaborato cartografico è rappresentata nella Carta Morfotettonica dell'Etna (Monaco et al., 2008) (Fig. 15), nella quale a sud della Faglia di Piedimonte vengono distinti due segmenti orientati NE-SO circa paralleli sempre appartenenti al sistema di Piedimonte-S. Alfio di Monaco et al., 1997 (Fig. 11), che si sviluppano fino ai dintorni di Nunziata, mentre alla terminazione della Faglia della Pernicana sono rappresentate delle zone di fratturazione a prevalente componente trascorrente sinistra orientati circa ONO-ESE e NO-SE.

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

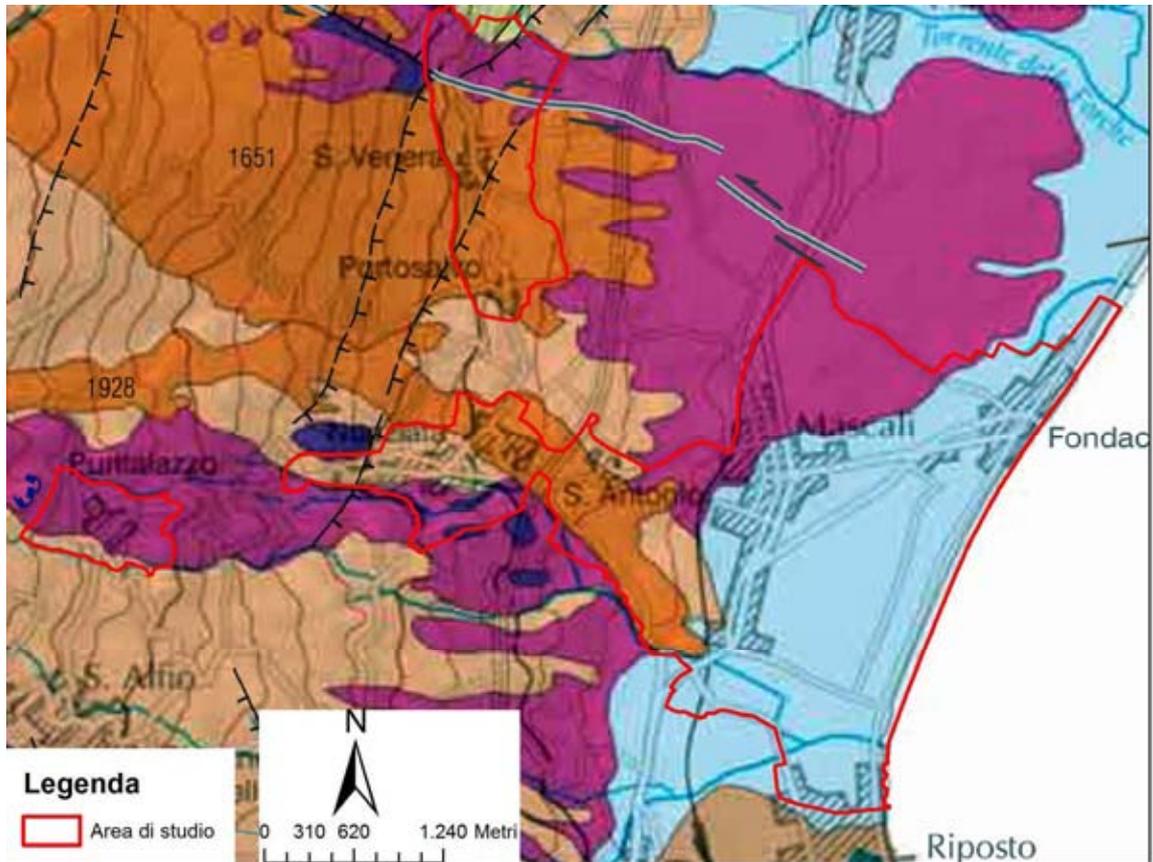


Fig. 15 – Stralci della Carta Morfotettonica del Monte Etna (Monaco et al., 2008 mod).

Nel database Ithaca (ITaly HAZard from CApable faults), nel territorio di Mascalì vengono catalogati diversi segmenti attivi e capaci, nove dei quali direttamente ricadenti all'interno dell'area di studio o nelle immediate vicinanze (Fig. 16), rappresentati dalla terminazione sud-orientale della Faglia della Pernicana e della terminazione sud occidentale della Faglia di Piedimonte (F9-10-12-13-14-15-16-17-18 in Fig. 16).



Fig. 16 - Faglie attive che ricadono nell'area di studio e nei suoi immediati dintorni, segnalate nel database Ithaca ([http://193.206.192.227/wms\\_dir/Catalogo\\_delle\\_Faglie\\_Capaci\\_ITHACA.html#](http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#)).

I parametri geometrici e fisici ed i riferimenti bibliografici a supporto sono sintetizzate nelle schede di seguito riportate e riferite a ciascun segmento preso in considerazione, la cui localizzazione è raffigurata in Figura 16.

### F9) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo system, located in the north-eastern flank of Mt. Etna (the largest active strato volcano in Sicily), crosses the volcano edifice from the central crater to the sea. The Pernicana fault represents the central sector of this system.
SYNOPSIS	The Pernicana_05 fault shows recent left strike-slip kinematics and high activity as revealed by geomorphological and paleoseismological data. The fault is characterized by aseismic ruptures which damage human structures and lifelines. This very active system plays an important role in the geodynamic and morphologic evolution of the Etna volcano and it



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

	seems to be the northern boundary of an unstable sector.
FAULT NAME	Pernicana_05
FAULT CODE	12305
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	120
DIP	90
LENGTH (Km)	2.9
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	5
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	2
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	

MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	inserire in biblio rt apat

## REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12305	GROPPELLI G. & TIBALDI A.	Control of rock rheology on deformation style and slip-rate along the active Pernicana Fault, Mt. Etna, Italy.	Tectonophysics 305 (1999) 521-537	1999
12305	AZZARO R.	Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics.	J. Geodynamics, 28, 193-213.	1999
12305	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
12305	TIBALDI A. & GROPPELLI G.	Volcano-tectonic activity along structures of the unstable NE flank of Mt. Etna (Italy) and their possible origin.	Journal of Volcanology and Geothermal Research, 115 (2002), 277-302.	2002
12305	ACOCELLA V. & NERI M.	Structural features of an active strike-slip fault on the sliding flank of Mt. Etna (Italy)	Journal of Structural Geology, 27, 343-355	2005



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

12305	MONACO C., PETRONIO L. & ROMANELLI M.	Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici.	Studi Geologici Camerti, 1995/2, 363-374.	1995
-------	---------------------------------------	---	---	------

### F10) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Piedimonte system is located in the eastern flank of Mt. Etna, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Piedimonte fault shows normal kinematics and high activity as revealed by geomorphological data.
FAULT NAME	Piedimonte_06
FAULT CODE	12406
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Piedimonte
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	50
DIP	90
LENGTH (Km)	1.1
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY	1:75000

(MAPPING SCALE)	
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

## REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12406	AZZARO R., FERRELI L., MICHETTI A. M., SERVA L. & VITTORI E.	Environmental hazard of capable faults: the case of the Pernicana fault (Mt. Etna, Sicily)	Natural Hazards, 17, 147-162	1998
12406	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



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

## F12) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Piedimonte system is located in the eastern flank of Mt. Etna, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Piedimonte_09 fault shows high activity as revealed by geomorphological data.
FAULT NAME	Piedimonte_09
FAULT CODE	12409
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Piedimonte
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	60
DIP	90
LENGTH (Km)	0.8
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	

SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	inserire in biblio rt apat da redigere

## REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12409	MONACO C., PETRONIO L. & ROMANELLI M.	Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici.	Studi Geologici Camerti, 1995/2, 363-374.	1995
12409	GROPPELLI G. & TIBALDI A.	Control of rock rheology on deformation style and slip-rate along the active Pernicana Fault, Mt. Etna, Italy.	Tectonophysics 305 (1999) 521-537	1999
12409	ACOCELLA V. & NERI M.	Structural features of an active strike-slip fault on the sliding flank of Mt. Etna (Italy)	Journal of Structural Geology, 27, 343-355	2005

## F13) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Piedimonte system is located in the eastern flank of Mt. Etna, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Piedimonte_10 fault shows high activity as revealed by geomorphological data and surface ruptures



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

FAULT NAME	Piedimonte_10
FAULT CODE	12410
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Piedimonte
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	60
DIP	90
LENGTH (Km)	0.2
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	

KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	inserire in biblio rt apat

#### F14) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo system, located in the north-eastern flank of Mt. Etna (the largest active strato volcano in Sicily), crosses the volcano edifice from the central crater to the sea. The Pernicana fault represents the central sector of this system.
SYNOPSIS	The S. Venera_02 fault shows recent left strike-slip kinematics and high activity as revealed by geodetic measurements. The fault is characterized by aseismic ruptures. This very active system plays an important role in the geodynamic and morphologic evolution of the Etna volcano and it seems to be the northern boundary of an unstable sector.
FAULT NAME	Santa Venera_02
FAULT CODE	12326
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	120
DIP	90
LENGTH (Km)	0.4
GEOMETRY	



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	inserire in biblio rt apat da redigere

## REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12326	ACOCELLA V. & NERI M.	Structural features of an active strike-slip fault on the sliding flank of Mt.	Journal of Structural Geology, 27,	2005

		Etna (Italy)	343-355	
--	--	--------------	---------	--

## F15) PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Piedimonte system is located in the eastern flank of Mt. Etna, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Piedimonte fault shows normal kinematics and high activity as revealed by geomorphological data. This structure has clear evidence, but vanishes under the volcanic flows of 1651 and 1928.
FAULT NAME	Piedimonte
FAULT CODE	12400
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Piedimonte
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	30
DIP	90
LENGTH (Km)	2.6
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:120000
LAST ACTIVITY	22,000÷50,000
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	1.7



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

## REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12400	MONACO C., PETRONIO L. & ROMANELLI M.	Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici.	Studi Geologici Camerti, 1995/2, 363-374.	1995
12400	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

## F16) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Piedimonte system is located in the eastern flank of Mt. Etna, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Piedimonte_11 fault shows recent activity as revealed by geomorphological data and surface ruptures
FAULT NAME	Piedimonte_11
FAULT CODE	12411
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Piedimonte
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	60
DIP	90
LENGTH (Km)	0.6
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	inserire in biblio rt apat e neri et al, 2004

### REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12411	ACOCELLA V. & NERI M.	Structural features of an active strike-slip fault on the sliding flank of Mt. Etna (Italy)	Journal of Structural Geology, 27, 343-355	2005

### F17) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Piedimonte system is located in the eastern flank of Mt. Etna, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Piedimonte fault shows normal kinematics and high activity as revealed by geomorphological data.
FAULT NAME	Piedimonte_est
FAULT CODE	12402
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia

SYSTEM NAME	Piedimonte
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	30
DIP	
LENGTH (Km)	4.3
GEOMETRY	
SEGMENTATION	yes
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:120000
LAST ACTIVITY	22,000÷50,000
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	1.7
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

## REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12402	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

## F18) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	The Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo system, located in the north-eastern flank of Mt. Etna (the largest active strato volcano in Sicily), crosses the volcano edifice from the central crater to the sea. The Pernicana fault represents the central sector of this system.
SYNOPSIS	The S. Venera_01 fault shows recent left strike-slip kinematics and high activity as revealed by geodetic measurements. The fault is characterized by aseismic ruptures. This very active system plays an important role in the geodynamic and morphologic evolution of the Etna volcano and it seems to be the northern boundary of an unstable sector.
FAULT NAME	Santa Venera_01
FAULT CODE	12325
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Provenzana-Pernicana-Fiumefreddo
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	120
DIP	90

LENGTH (Km)	1
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	HIGH
NOTES	inserire in bibliort apat e neri et al, 2004

## REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
12325	ACOCELLA V. & NERI M.	Structural features of an active strike-slip fault on the sliding flank of Mt. Etna (Italy)	Journal of Structural Geology, 27, 343-355	2005
12325	AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna	Mt. Etna: Volcano Laboratory.	2004



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

		region: constraints for a sesmotectonic model.	Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	
--	--	--	--	--

Fig. 17 - Parametri delle faglie attive e capaci che ricadono nell'area di studio e nelle sue immediate vicinanze, segnalate nel database Ithaca

([http://193.206.192.227/wms\\_dir/Catalogo\\_delle\\_Faglie\\_Capaci\\_ITHACA.html#](http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#)).

L'elevato numero di faglie indicate nel catalogo è il risultato della composizione dei vari lineamenti segnalati nei diversi documenti cartografici, che trova solo parziali riscontri in ognuno di essi. In alcuni casi, si fa riferimento a lineamenti che non sono presenti in alcuna carta. Il catalogo comprende come indizio della presenza di faglie capaci scarpate morfologiche e zone di fratturazione presenti nell'area, anche se queste non sono direttamente associate a evidenti faglie che rigettano la successione stratigrafica. Questa rigida interpretazione degli elementi morfologici, quali espressione di lineamenti morfostrutturali, ispirata più ad un principio di cautela che di un esaustivo riscontro dei parametri fondamentali delle faglie, si traduce in una proliferazione di elementi strutturali, ritenuti potenzialmente attivi, che meriterebbero ulteriori riscontri oggettivi a supporto della loro reale natura e significatività in termini sia di aree soggette a deformazioni permanenti in caso di eventi sismici che in termini di potenziale sismogenico. La delicatezza dell'argomento e la mancanza di un riscontro dei dati cartografici a supporto del PRG o di altri studi di pianificazione urbanistica, ci suggerisce di rimandare ad approfondimenti di livello superiore gli studi specifici indispensabili per chiarire univocamente la natura ed il ruolo delle discontinuità segnalate nell'area. In mancanza di dati oggettivi si è deciso, nella redazione della cartografia allegata agli studi

di primo livello, di non associare alle presunte faglie catalogate alcuna zona di instabilità potenziale, se non nei casi ritenuti già sufficientemente supportati da evidenze oggettive di terreno. In particolare, le zone di instabilità sono state associate al tratto della Faglia di Piedimonte, che ricade nella zona a nord di Santa Venera, e ai segmenti appartenenti al sistema di faglie della Pernicana, lungo la quale i dati geodetici indicano intense deformazioni permanenti (Barreca et al., 2013). Ciò non esclude, in attesa si siano completati i livelli superiori di studio della microzonazione sismica, che qualsiasi intervento nelle aree interessate dalle faglie riprodotte in Fig. 16 sia preceduto dagli approfondimenti specifici di indagine, per escludere locali effetti di deformazione permanente lungo le direttrici segnalate.

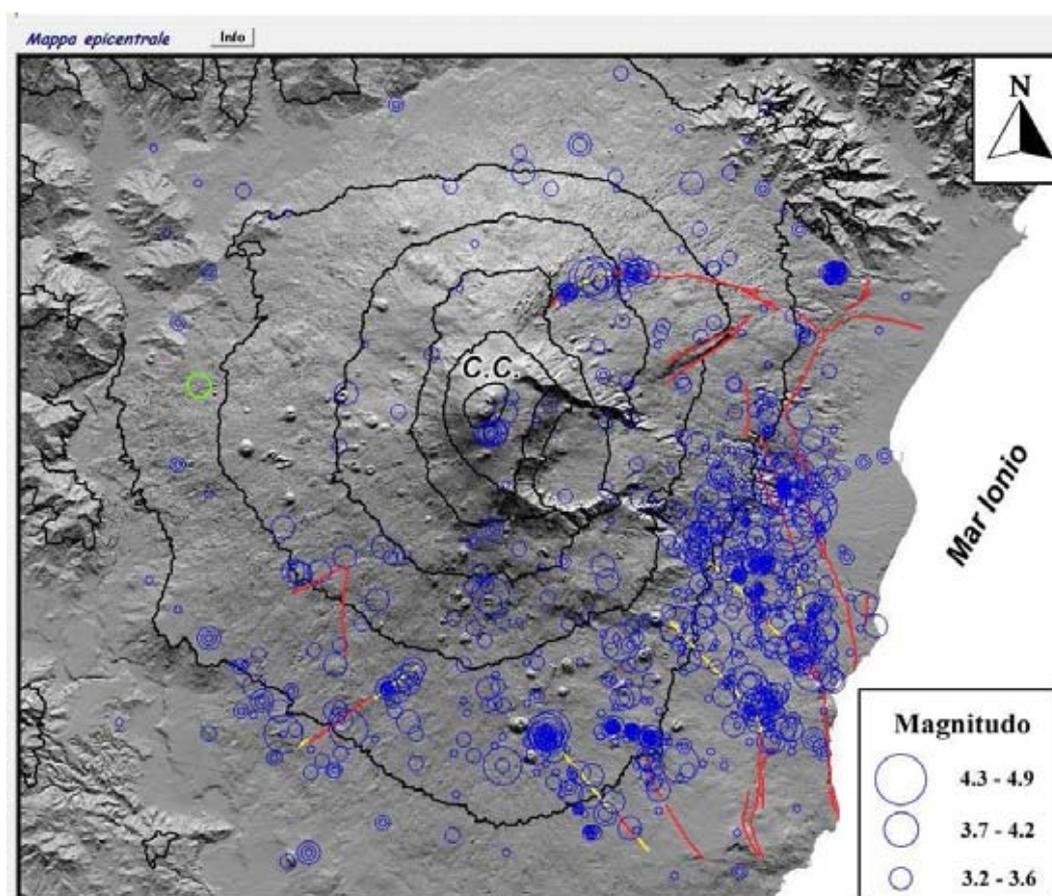


Fig. 18 - Carta sismo-tettonica del Monte Etna riportata nel Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009).



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

Nonostante la segnalazione nel territorio comunale di Mascali di linee di dislocazione attive, il Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etni dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009)(Fig. 18) non riporta eventi storici di elevata magnitudo associati a queste strutture, evidenziando che gran parte della sismicità è concentrata più a sud, lungo le direttrici orientate NNO–SSE. In particolare i dati di letteratura non associano una sismicità storica certa alle linee di dislocazione attive nell'area (terminazione sud–orientale della Faglia della Pernicana), che sembrerebbero essere piuttosto interessate da fenomeni di creep asismico, con effetti comunque rilevanti sul territorio attraversato.

La zona di Mascali potrebbe invece risentire di eventi generati da sorgenti poste in aree più o meno vicine. Il catalogo delle sorgenti sismogeniche DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) segnala a nord–est del territorio comunale di Mascali la presenza di una sorgente dibattuta, catalogata come ITDS008 – Taormina, corrispondente alla Faglia di Taormina, riconosciuta come struttura attiva ed interpretata come gap sismico del Rift Siculo–Calabro (Monaco & Tortorici, 2000), che collega le faglie sismogeniche della Calabria meridionale e quelle della Sicilia sud–orientale Catalano & De Guidi, 2003; De Guidi et al., 2003; Catalano et al., 2008).



Fig. 19 – Ubicazione delle principali sorgenti sismogeniche (ITIS013 – Messina Straits, ITDS008– Taormina, ITDS011 – Western Ionian e ITIS106 – Gravina di Catania) rispetto all’area comunale di Mascali (aree in rosso) (DISS Working Group 2010, mod.).

Nello stesso database, è riportata la presenza di una sorgente sismogenica, classificata come dibattuta e catalogata con il nome ITDS011 – Western Ionian (Fig. 19), in quanto segnalata nella Letteratura geologica (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 (Fig. 20). All’interno della fascia sismogenica corrispondente al fronte ancora attivo della Catena Maghrebide siciliana (ITCS029: Gela–Catania in Fig. 19), il catalogo riporta una sorgente individuale, corrispondente ad una rampa di thrust immergente verso NE, ubicata in corrispondenza della periferia settentrionale di Catania (ITIS106: Gravina di Catania). Secondo il catalogo,

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77  
questa struttura avrebbe un ruolo fondamentale, in quanto sarebbe indicata come una delle possibili sorgenti di uno dei due eventi sismici principali del 11.01.1693. I parametri geometrici e cinematici, significativi per valutare il potenziale della sorgente sono riportati nella scheda di Figura 20.

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITDS008 - Taormina					
<a href="#">Source Info Summary</a>	<a href="#">Commentary</a>				
<a href="#">References</a>	<a href="#">Pictures</a>				
General information					
<b>Code</b>	ITDS008				
<b>Name</b>	Taormina				
<b>Compiled By</b>	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise				
<b>Latest Update</b>	20/11/2009				
Questionnaire Summary					
Group A	Group B	Group C	Group D	Total	Grand Total

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITDS011 - Western Ionian					
<a href="#">Source Info Summary</a>	<a href="#">Commentary</a>				
<a href="#">References</a>	<a href="#">Pictures</a>				
General information					
<b>Code</b>	ITDS011				
<b>Name</b>	Western Ionian				
<b>Compiled By</b>	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise				
<b>Latest Update</b>	04/12/2009				
Questionnaire Summary					
Group A	Group B	Group C	Group D	Total	Grand Total

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITIS106 - Gravina di Catania		
<a href="#">Source Info Summary</a>	<a href="#">Commentary</a>	
<a href="#">References</a>	<a href="#">Pictures</a>	
<b>General information</b>		
<b>Code</b>	ITIS106	
<b>Name</b>	Gravina di Catania	
<b>Compiled By</b>	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise	
<b>Latest Update</b>	19/09/2007	
<b>Parametric information</b>		
	<b>Parameter</b>	<b>Qual. Evidence</b>
<b>Location (Lat/Lon)</b>	37.5395 / 15.0601	OD Inferred from macroseismic and geological data
<b>Length (km)</b>	9	OD Derived from geological and geomorphological observations.
<b>Width (km)</b>	5.9	OD Derived from geological and geomorphological observations.
<b>Min Depth (km)</b>	4	OD Derived from geological and geomorphological observations.
<b>Max Depth (km)</b>	7	OD Derived from geological and geomorphological observations.
<b>Strike (deg)</b>	246	OD Derived from geological and geomorphological observations.
<b>Dip (deg)</b>	30	OD Derived from geological and geomorphological observations.
<b>Rake (deg)</b>	90	OD Based on geodynamic considerations.
<b>Slip Per Event (m)</b>	0.8	ER Calculated from $M_0$ using the relationship from Hanks and Kanamori (1979)
<b>Slip Rate (mm/y)</b>	0.1 - 0.5	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Recurrence (y)</b>	1600 - 8000	EJ Inferred from slip rate and average displacement.
<b>Magnitude (Mw)</b>	6	EJ Value inferred from elaboration of the macroseismic data.
<b>Q-keys:</b>	LD = Literature Data, OD = Original Data, ER = Empirical Relationship, AR = Analytical Relationship, EJ = Expert Judgement	
<b>Associated earthquake</b>		
<b>Latest Eq</b>	11 Jan 1693 (2/2)	One of two mainshocks on the same day.
<b>Penultimate Eq</b>	Unknown	See "Commentary" for information.
<b>Elapsed Time</b>	307	As of year 2000 (assigned datum).

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITIS013 - Messina Straits		
<a href="#">Source Info Summary</a>	<a href="#">Commentary</a>	
<a href="#">References</a>	<a href="#">Pictures</a>	
<b>General information</b>		
<b>Code</b>	ITIS013	
<b>Name</b>	Messina Straits	
<b>Compiled By</b>	Valensise, G., R. Basili, and P. Burrato	
<b>Latest Update</b>	26/03/2009	
<b>Parametric information</b>		
	<b>Parameter</b>	<b>Qual. Evidence</b>
<b>Location (Lat/Lon)</b>	38.0645 / 15.6082	LD Based on geological, geodetic and seismological data from various authors.
<b>Length (km)</b>	40	LD Based on geological, geodetic and seismological data from various authors.
<b>Width (km)</b>	20	LD Based on various geological, geodetic and seismological data.
<b>Min Depth (km)</b>	3	LD Based on various geological, geodetic and seismological data.
<b>Max Depth (km)</b>	12.7	LD Derived from dip, width and min depth.
<b>Strike (deg)</b>	20	LD Based on geological, geodetic and seismological data from various authors.
<b>Dip (deg)</b>	29	LD Based on geological, geodetic and seismological data from various authors.
<b>Rake (deg)</b>	270	LD Based on geological, geodetic and seismological data.
<b>Slip Per Event (m)</b>	1.42	LD Estimated from geodetic data.
<b>Slip Rate (mm/y)</b>	0.93 - 2	LD Based on geodetic data and estimated recurrence interval.
<b>Recurrence (y)</b>	710 - 1527	LD Based on modeling of marine terraces.
<b>Magnitude (Mw)</b>	7	LD Estimated from geodetic data.
<b>Q-keys:</b>	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement	
<b>Associated earthquake</b>		
<b>Latest Eq</b>	28 Dec. 1908	CPT104
<b>Penultimate Eq</b>	300-400 A.D.	See "Commentary" for information.
<b>Elapsed Time</b>	92	As of year 2000 (assigned datum).



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

Fig. 20 – Schede classificative delle sorgenti sismogeniche “ITDS0086 – Taormina”, “ITDS011 – Western Ionian”, “ITIS 106 – Gravina di Catania” e “ITIS013 – Messina Straits” del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010, mod.).

Il dibattito ancora aperto sulla reale distribuzione delle sorgenti sismogeniche nella regione, tra quelle a più elevata pericolosità di base a livello nazionale, è in gran parte basato sui dati di sismicità storica. Oltre alle considerazioni di carattere macrosismico che hanno indirizzato le differenti interpretazioni, vi sono evidenze morfologiche che vanno prese in seria considerazione per quanto attiene la rivalutazione della pericolosità di base dell'area. In particolare, tutta la costa bordata dalla Faglia di Taormina è caratterizzata da un tasso di sollevamento tettonico più elevato rispetto ai settori adiacenti, dovuto ad una componente aggiuntiva che si esaurisce a nord della dorsale di Serra San Biagio, per trasferirsi verso est, lungo il letto rialzato della Faglia di Piedimonte, dove il tasso di sollevamento medio, dal Tirreniano ad oggi, è valutabile intorno a circa 2 mm/a sulla base dell'altezza della linea di costa dello stadio 5.5 (125 ka) (Branca & Catalano, 2000). La distribuzione altimetrica dei terrazzi, rispetto alla localizzazione delle linee di faglia, suggerisce un legame cinematico tra la Faglia di Taormina e la Faglia di Piedimonte (Catalano et al., 2008), che costituirebbe la prosecuzione a terra del fascio di faglie di Taormina. Alla terminazione meridionale, la Faglia di Piedimonte si raccorda con il fascio di faglie sismogeniche del basso versante orientale dell'Etna, orientate NNO–SSE. Pertanto, il segmento di faglia posto immediatamente a ovest dell'abitato di Mascali costituirebbe l'elemento di transizione tra il gap sismico della Sicilia nord-orientale e la zona sismogenica etnea (Fig. 21), entrambi appartenenti al Rift Siculo–Calabro (Catalano et al., 2008). In questo contesto, alla Faglia di Piedimonte è stato associato l'evento del 19.07.1865 ( $M=5.6$ ), compatibile con i parametri della faglia.

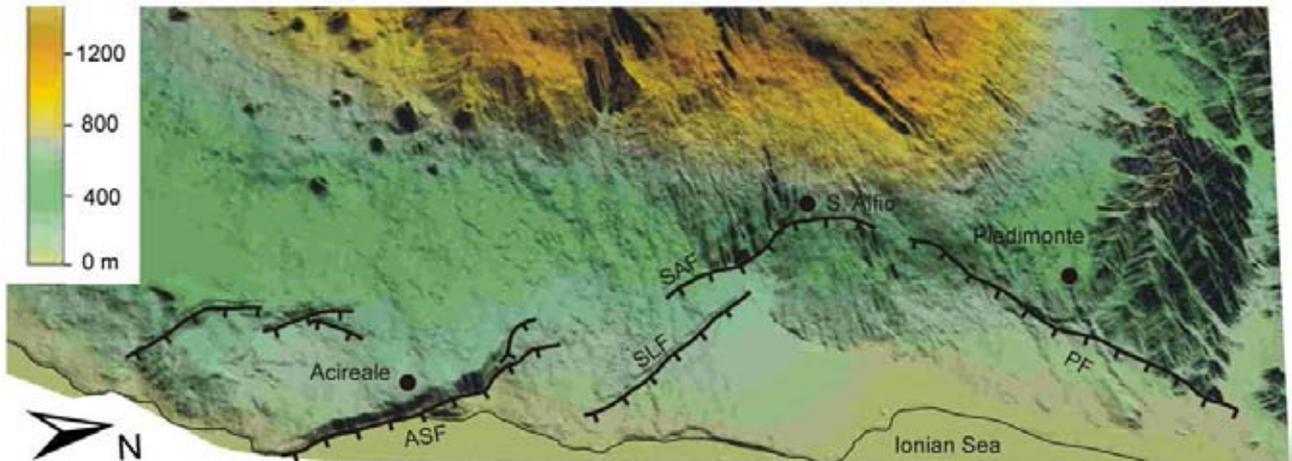


Fig. 21 - Geometria delle faglie del ramo etneo del Rift Siculo-Calabro (da Catalano et al., 2008, mod.).

Nella ricostruzione della successione geolitologica affiorante nel territorio comunale di Mascali si è tenuto conto dei risultati di un nuovo rilievo geologico di dettaglio, alla scala 1:10.000, condotto al fine di costituire una base di sintesi dell'insieme delle informazioni pregresse, discusse in precedenza. Il risultato è stato un documento cartografico originale, già improntato alla restituzione di tutte le informazioni utili alla definizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

Nella Carta geologico-tecnica, derivata dalla carta geologica, 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, in analogia a quanto già applicato nel corso della microzonazione sismica dei comuni dell'area etnea, alla suddivisione 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, indicandoli come alternanza di strati, o alle coperture, catalogandoli in funzione della geometria e della giacitura in rapporto ai terreni sedimentari.

Nella cartografia proposta, sono stati assegnati al substrato geologico i terreni, di natura sia sedimentaria che vulcanica, che formano l'ossatura dell'alto morfologico che delimita verso ovest la piana costiera. I livelli più profondi affioranti sono costituiti dalle



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

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

Argille grigio-azzurre del Pleistocene medio (Di Stefano & Branca, 2002), indicate come substrato geologico non rigido (**NR** nella Carta geologico-tecnica). Ai terreni di substrato sono stati assegnati anche i livelli lavici basali che, poggiando in paraconcordanza sul substrato argilloso, pre-datano le fasi tettoniche e morfogenetiche che hanno determinato il sollevamento e la dissezione del versante costiero. Tali livelli lavici, costituiti da una alternanza di lave e piroclastiti, sono corrispondenti agli orizzonti assegnati alle lave dei centri alcalini antichi da AA.VV. (1979)(Fig. 10)(168-100 ka; Gillot et al., 1994), equivalenti al Sistema Timpe di AA.VV. (2009)(Fig. 12), e sono stati classificati come alternanza di litotipi fratturata (**ALSSF** nella Carta geologico-tecnica). La giacitura di queste lave si differenzia da quelle dei prodotti più recenti che vanno a riempire paleotopografie più o meno incise nei livelli lavici basali e nel sottostante substrato argilloso. In questo caso le lave sono state attribuite, a prescindere dalla loro età, ai terreni di copertura (**LC** nella Carta geologico-tecnica). A differenza delle lave del substrato, le lave di copertura possono poggiare su formazioni incoerenti di natura clastica determinando condizioni di inversioni nei profili verticali di velocità delle onde sismiche, rilevanti ai fini della microzonazione sismica. Nel caso delle coperture laviche (**LC**), nella prospettiva della microzonazione sismica di primo livello si è tenuto anche conto dell'estrema variabilità laterale delle litofacies che compongono le diverse parti di una singola colata. 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 con rilievi originali mirati ad una dettagliata suddivisione dei terreni lavici tentando di individuare, laddove possibile, i contorni delle singole colate e, all'interno di queste, i 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.

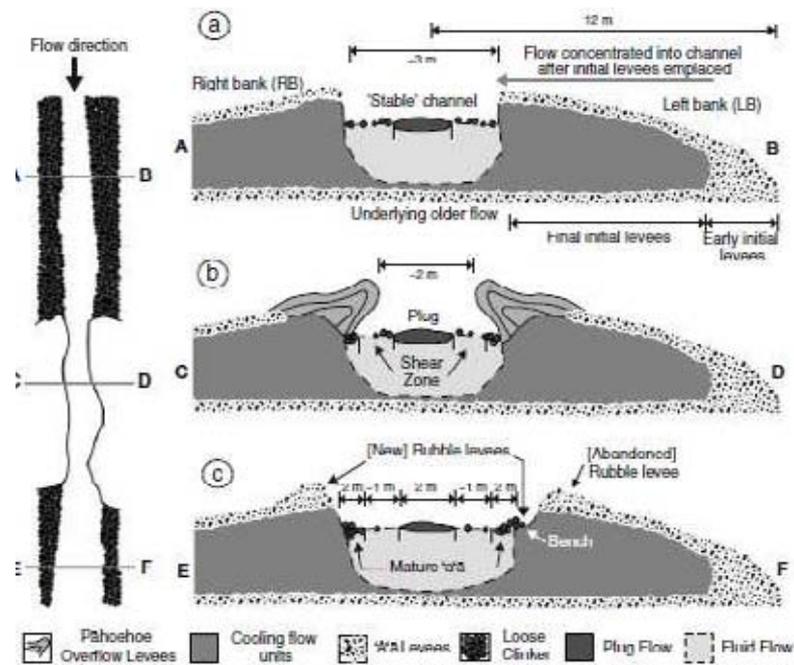


Fig. 22 - Profili di flusso attraverso colate laviche canalizzate nei suoi diversi settori (da Bailey et al. , 2006).

Nella lettura ed interpretazione della carta, va rilevato che sia i margini 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. 22). Va rilevato che, in alcuni casi, i bordi di colate sono nascosti dai depositi alluvionali più recenti, che generalmente si accumulano a monte degli sbarramenti lavici. Nella Carta geologico-tecnica si è inoltre fatto ricorso ad un sovrassegno areale ad indicare la forma del ventaglio di lava ed un sovrassegno lineare per indicare gli assi ed i limiti dei fianchi delle



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

valli sepolte dalle lave, al fine di indicare la possibilità di risposte locali differenti, in funzione del controllo operato dalla paleotopografia sulla distribuzione delle colate laviche.

Tra i terreni di copertura sono stati distinti sia gli orizzonti sabbioso-ghiaiosi vulcanoclastici, sia di natura piroclastica (**SWsc** nella Carta geologico-tecnica) che epiclastica (**SWlh** nella Carta geologico-tecnica), che le sabbie e ghiaie alluvionali, che formano depositi alluvionali terrazzati (**SWtf** nella Carta geologico-tecnica), depositi di conoide alluvionale (**SWca** nella Carta geologico-tecnica) e depositi di piana costiera (**SWdl** nella Carta geologico-tecnica). Nella carta sono stati distinti anche i depositi alluvionali grossolani (ghiaioso-sabbiosi), di piana costiera (**GWdl** nella Carta geologico-tecnica) e di conoide (**GWca** nella Carta geologico-tecnica), e i depositi di ambiente palustre costiero (**MLpl** nella Carta geologico-tecnica).

Nella Carta geologico-tecnica, oltre ai tratti della Faglia di Piedimonte e del Sistema della Pernicana, che interessano l'area di studio di Santa Venera, è stata segnalata la presenza di una faglia presunta, orientata NNO-SSE, posta al margine dell'alto morfologico di Nunziata, immediatamente ad ovest del centro abitato principale. La struttura è stata ipotizzata per spiegare il notevole rigetto verticale del tetto del substrato argilloso che a Nunziata affiora ad una quota di circa 180 m s.l.m., mentre nella zona antistante depressa è stato attraversato dal sondaggio 087023P18 ad una quota assoluta di circa - 20 m. La struttura avrebbe quindi cumulo un rigetto di circa 200 m, separando, ad ovest, un'area in sollevamento tettonico accompagnato da una profonda reincisione del reticolo idrografico, oggi in gran parte occupato da lave, e, ad est, un'area depressa dove si sono accumulate le lave e gli associati depositi alluvionali e di piana

costiera. Questa struttura costituirebbe il segmento di raccordo tra la Faglia di San Leonardello e la Faglia di Piedimonte, già descritte in Monaco et al. (1997)(Fig.11), che isolerebbe totalmente l'alto di Nunziata rispetto alle aree della zona costiera.

I rapporti giaciturali tra il substrato geologico e le differenti coperture riconosciute sono stati rappresentati nelle tre sezioni geologiche (**Allegato 1**), le cui tracce sono riportate nella Carta geologico-tecnica. Il profilo A-A', orientato NO-SE, evidenzia i rapporti nella zona prossima alla costa, attraverso il centro urbano principale. I rapporti geometrici rappresentati si riferiscono quindi al lato ribassato dalle faglie in cui è possibile apprezzare che i depositi alluvionali olocenici hanno estesamente ricoperto le lave attribuite al Vulcano Mongibello (< 15 ka), indicate come colate laviche superiori. Tali rapporti giaciturali sono in buon accordo con l'ipotesi di aree costiere stabili o in subsidenza durante l'ultima fase di risalita eustatica. Il profilo B-B', orientato N-S, attraversa il centro urbano di Nunziata e si riferisce al letto rialzato dalla faglia. In questo settore è possibile identificare le lave di copertura di differente età in funzione del grado di approfondimento della paleotopografia da esse sigillata. Le colate laviche intermedie e i sovrastanti depositi epiclastici, ricoprono una superficie di erosione poco incisa nel substrato argilloso, mentre le colate laviche superiori riempiono un'ampia paleovalle di profondità non determinata e sono ricoperte dai depositi alluvionali terrazzati, depositatisi al margine della valle sepolta. Tali rapporti giaciturali evidenziano il progressivo approfondimento dell'incisioni vallive, sintomatiche di un prolungato sollevamento tettonico. La natura sedimentaria dell'ossatura dell'alto morfologico esclude che esso possa essere riferito alla presenza di resti di vecchi edifici vulcanici.

Il profilo C-C', orientato ONO-ESE, attraversa la Faglia di Piedimonte, nella zona a nord di Santa Venera, mettendo in evidenza lo spessore limitato delle lave poggianti sul substrato argilloso nel letto della faglia, comparato ai notevoli accumuli di lava che contraddistinguono il tetto della struttura. Nel profilo, è raffigurata una colata recente che attraversa indisturbata la struttura. Tale rappresentazione indica che non vi sono chiare evidenze morfologiche di rigetti della colata, ma non esclude la possibilità che lungo la



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77  
struttura si possano sviluppare comunque zone di fatturazione senza particolari rigetti  
verticali.

#### 4. Dati geotecnici e geofisici

Le informazioni di carattere geologico disponibili per l'area di studio, derivano da n. 206 indagini puntuali complessive, di cui n. 150 indagini pregresse e n. 56 nuove indagini geofisiche HVSR, realizzate nel presente studio dall'Università di Catania. Le indagini puntuali disponibili (per l'ubicazione si veda la carta delle indagini), archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II", sono schematizzate per tipologia nella sottostante tabella (Tab. 2):

Indagini Puntuali	Geologia (GG)			Geofisica (GF)		Geotecnica in sito (GS)	Idrogeologia (IG)	Totale			
	S	SC	SS	HVSR	DH	SPT	SP	GG	GF	GS	IG
Totale Ind. Punt.	32	5	3	56	3	79	28	40	59	79	28

Tab. 2 - Insieme delle indagini puntuali 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 effettuate per lo studio relativo geologico a supporto del P.R.G. e a indagini effettuate per la progettazione di edifici pubblici e privati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Mascali. In particolare le indagini geognostiche ricadenti nell'area di studio o in zone limitrofe, consistono in n. 35 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, la maggior parte dei quali raggiunge profondità di 15 e 20 metri. Alcuni sondaggi, 087023P18SS90, 087023P9S35 e 087023P8S29, raggiungono profondità più elevate, pari a 91,5 m, 70 m e 30 m. Dei 35 sondaggi esistenti tre hanno raggiunto il substrato argilloso pre-etneo. Le stratigrafie dei

sondaggi disponibili, per quanto schematizzate e poco dettagliate, sono state reinterpretate e utilizzate per la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo (vedi Capitolo 5).

I terreni oggetto di studio sono stati classificati utilizzando il sistema USCS (Tab. 3). Con alcune modifiche, tale classificazione è stata recepita negli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica–Versione 2.0beta–II”, che prevede la suddivisione in cinque gruppi principali a loro volta suddivisi in sottogruppi in relazione ad alcune proprietà indice, tradotta in legenda della Carta geologico–tecnica secondo la Tabella 4.



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
	UL	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-tecnica 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.

Non esistendo, tra i documenti forniti dall'amministrazione comunale di Mascali, una Relazione geologica per il P.R.G. non vengono forniti i parametri geotecnici e geomeccanici dei principali litotipi affioranti ed attraversati dai relativi sondaggi. Infatti, tra la documentazione fornita, sono presenti indicazioni relative all'esecuzione di sondaggi con prelievo di campioni, le cui informazioni si limitano alle sole profondità di prelievo, senza fornire alcuna documentazione allegata relativa alle analisi di laboratorio.

Le uniche informazioni di carattere fisico-meccanico a disposizione, riguardanti i terreni attraversati dai sondaggi, derivano da n. 79 prove SPT (**Allegato 3**) eseguite



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 nell'area di studio ed ubicate principalmente nel settore orientale dell'area di indagine, in corrispondenza di depositi alluvionali terrazzati, di conoide alluvionale e da depositi di ambiente palustre costiero, che nel complesso sono rappresentati da litotipi compresi tra ghiaie sabbiose e limi leggermente argillosi. Malgrado molti settori dell'area di studio non siano stati interessati dall'esecuzione di indagini, il numero di queste e la loro concentrazione in aree non troppo estese permette di effettuare una caratterizzazione accettabile del sottosuolo, relativamente ai terreni alluvionali e costieri di copertura affioranti ad est dell'abitato di Mascali e in particolare lungo la fascia costiera. I terreni investigati tramite le prove SPT sono rappresentati in primo luogo da termini litologici a prevalente frazione sabbiosa (n. 32) e ghiaiosa (n. 23) e secondariamente limosa (n. 11), argillosa (n. 4) e torbe (n. 3), appartenenti, nella maggior parte dei casi, ai depositi alluvionali terrazzati di conoide alluvionale e piana deltizia e subordinatamente ai depositi di ambiente palustre costiero.

I termini a prevalente frazione granulometrica ghiaiosa sono caratterizzati da valori di  $N_{spt}$  relativamente più elevati, con valori medi di circa 33, maggiormente frequenti nei range compresi tra 10 e 20 e tra 30 e 40; va ricordato che cinque di queste prove sono andate a rifiuto. I termini sabbiosi, più numerosi, mostrano valori di  $N_{spt}$  medi di circa 19, sensibilmente più bassi di quelli dei terreni granulometricamente più grossolani, e concentrati principalmente intorno a valori di 10–15 e di 35–40; di queste prove solo una è andata a rifiuto. È interessante notare che le prove eseguite in questo tipo di terreni iniziano, a differenza dei precedenti, a mostrare valori di  $N_{spt}$  inferiori a 5 di cui due pari a 0. Inoltre, solamente in corrispondenza dei terreni ghiaiosi e sabbiosi si sono avute prove andate a rifiuto, con numero di casi decrescente, fino a diventare nullo procedendo

verso granulometrie via via più fini. Per quanto riguarda i terreni a prevalenza limosa, si può osservare che il valore medio di  $N_{spt}$ , pari a circa 17, è in accordo con il trend decrescente che si ha procedendo dai termini ghiaiosi a quelli a granulometria più fine. Invece, le prove eseguite in corrispondenza dei terreni prevalentemente argillosi assumono valori  $N_{spt}$  medi pari a 36, superiore anche ai valori che caratterizzano i terreni ghiaiosi. Nonostante l'esiguo numero di prove SPT eseguite in questi terreni, che renderebbe poco affidabili queste considerazioni, va comunque sottolineato che alti valori di  $N_{spt}$  in questa tipologia di terreni si registrano in corrispondenza sia di livelli argillosi con frazione ghiaiosa relativamente abbondante, sia in corrispondenza delle argille grigio-azzurre molto compatte del substrato sedimentario etneo. Infine, per quanto concerne le prove SPT effettuate sulle torbe, i valori di  $N_{spt}$  assumono valori di circa 13, ulteriormente più bassi di quelli ottenuti per i terreni litologici descritti sopra. I risultati delle prove SPT, distinte per ogni litotipo sono schematizzati nelle tabelle dell'**Allegato 3**.

Per quanto riguarda le indagini geofisiche effettuate nell'area di studio consistono in n. 3 down-hole, appartenenti ai dati pregressi, e n. 56 misure di microtremore ambientale (noise), distribuite sull'intero territorio comunale, realizzate dall'Università di Catania al fine di valutare le frequenze proprie di oscillazione dei diversi siti.

Dei tre down-hole pregressi, oltre all'ubicazione del sito di indagine, coincidente con il sito del corrispondente sondaggio (087023P13DH59; 087023P15DH74; 087023P17DH89), sono stati forniti i valori di  $V_p$  e  $V_s$  dei primi 15 metri del substrato attraversato. I valori delle velocità  $V_s$  mettono in evidenza la presenza in profondità di orizzonti lavici caratterizzati da velocità decisamente superiori agli 800 m/s, fino a 1150 m/s. Inoltre dagli stessi dati è possibile osservare le alte velocità  $V_s$  che caratterizzano le porzioni basali dei depositi alluvionali, costituiti da ghiaia medio-grossa sabbioso-limosa da moderatamente addensata ad addensata, che raggiungono valori fino a 950 m/s.



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

Per quanto riguarda le misure di microtremore ambientale (HVSR), i risultati di questa campagna di misurazioni 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 4** della presente relazione. I risultati ottenuti indicano che le frequenze di risonanza ricadono all'interno di un range abbastanza ampio, compreso tra ~1 e ~18 Hz, con massime concentrazioni all'interno dell'intervallo compreso tra ~1 e ~3 Hz. Per quasi la metà dei casi, vengono segnalati due picchi (solo in un caso tre), alcuni dei quali abbracciano range 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.

E' da notare, infine, che nella maggior parte dei casi si osservano amplificazioni superiori a 2, parte dei quali mostrano valori di  $H/V > 5$ . La maggior parte di questi si registrano a frequenze non troppo basse ( $> 7$  Hz), suggerendo una loro connessione ad una paleomorfologia, impostata sulle argille pleistoceniche del substrato, costituita da paleovalli riempite dalle lave di copertura e dai depositi alluvionali, che affiorano estesamente nell'area di studio.

## 5. Modello del sottosuolo

I dettagli per la stesura del modello geologico del territorio comunale di Mascali sono stati ampiamente discussi nei paragrafi precedenti. Essi derivano esclusivamente da dati geologici di superficie, raccolti nel corso del presente studio di microzonazione, essendo i dati cartografici pregressi e le informazioni di sottosuolo assolutamente inadeguati ai fini dello studio. Le interpretazioni sulla geometria del sottosuolo, riportati nelle sezioni dell'**Allegato 1**, sono state vincolate a considerazioni di carattere stratigrafico, geologico-strutturale e geomorfologico, derivanti da studi di microzonazione sismica condotti in aree limitrofe (Catalano & Tortorici, 2010).

Il territorio analizzato del comune di Mascali può essere suddiviso in due distinte aree, caratterizzate da differenti modelli del sottosuolo.

Le aree costiere (vedi profilo A-A' in **Allegato 1**) sono caratterizzate da accumuli di lave che, poggiando sul substrato argilloso con la possibile interposizione di livelli alluvionali o di piana costiera, tendono progressivamente ad assottigliarsi verso mare, immergendo al disotto dell'attuale piana alluvionale costiera. In linea teorica le lave interposte tra i sedimenti alluvionali antichi ed sub-attuali dovrebbero costituire un sismostrato ad alta velocità, intercalato ad orizzonti a bassa velocità di propagazione delle onde sismiche. In effetti, le velocità delle onde di taglio misurate nelle porzioni basali dei depositi alluvionali e nei livelli apicali delle sottostanti colate laviche (vedi Capitolo 4) hanno fornito valori superiori a 800 m/s, evidenziando la presenza di contrasti di impedenza all'interno dei livelli alluvionali, piuttosto che al contatto tra lave e alluvioni. Le indagini di microtremore ambientale effettuate dall'Università di Catania (ad es. 087023P71 e 087023P74) hanno misurato un picco di amplificazione a frequenze comprese tra ~ 4 e ~ 7 Hz che, in presenza di livelli superficiali a bassa velocità, dovrebbero vincolare contrasti di impedenza poco profondi. Da questo punto di vista i pochi dati di misure dirette pongono il problema di dove collocare realmente la posizione del bedrock sismico. Va sottolineato che i dati raccolti in aree vulcaniche in occasione di



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 precedenti studi di microzonazione (OPCM 3278/2003) nella zona del comune di Santa Venerina hanno evidenziato una estrema variabilità laterale e verticale delle Vs, con frequenti inversioni di velocità, con valori che oscillano dai 450 m/s ai 1150 m/s, in funzione del diverso rapporto tra prodotti scoriacei e lave massive. Anche quando le lave raggiungono valori elevati, comunque non possono essere trattate quale substrato rigido, in quanto poggianti su livelli a bassa velocità. Per analogia, lo stesso discorso può essere esteso ai depositi alluvionali, i cui caratteri meccanici sono fortemente dipendenti dallo stato di addensamento. Nella aree prossime al livello del mare, la presenza della falda a bassa profondità (< 15 m) rende altamente probabile la possibilità di fenomeni di liquefazione cosismica nei sedimenti alluvionali con frazione sabbioso-limosa prevalente. Studi di maggiore dettaglio sulla granulometria delle alluvioni, da condurre nelle successive fasi di approfondimento, potrebbero contribuire a limitare ulteriormente le aree con più elevata probabilità di liquefazione.

Le aree di alto morfologico sono invece caratterizzate dall'estrema variabilità laterale del sottosuolo, connessa alla presenza di valli sepolte che condizionano gli spessori delle lave di copertura (vedi profilo B-B' in **Allegato 1**). Nelle aree degli spartiacque, caratterizzate dall'affioramento del substrato sedimentario e delle lave di base, la copertura lavica è estremamente assottigliata, mentre nelle aree degli assi delle paleovalli, le lave di copertura si ispessiscono almeno oltre i 40 m. Ai fini della risposta di sito, l'alternanza tra paleovalli e dorsali spartiacque sepolte determina la diversa profondità cui si ritrova una importante discontinuità stratigrafica, marcata da possibili inversioni di velocità.

Ulteriori studi da affrontare nei successivi livelli di approfondimento andranno dedicati alla valutazione dei parametri di risposta di sito in tutte quelle situazioni di sottosuolo caratterizzate da una notevole variabilità sia laterale che verticale delle diverse litofacies. Tali condizioni si realizzano in corrispondenza dei fianchi delle valli sepolte, dei ventagli di lava e dei depositi alluvionali sia di piana deltizia che di conoide. Nella microzonazione di primo livello ci si è limitati a delimitare, con l'opportuno ausilio anche di sovrassegni areali e lineari, tutte le aree che potrebbero essere potenzialmente soggette a variazioni laterali repentine dei caratteri litotecnici, cui è corrisposta anche una suddivisione delle microzone omogenee, senza escludere che alcune di esse possano in futuro essere accorpate, una volta verificata, in seguito agli approfondimenti, una omogeneità di risposta sismica locale.

Un dato da chiarire negli approfondimenti successivi è quello della definizione univoca del bedrock sismico che non può essere esclusivamente basato su riscontri di poche misure di velocità di onde sismiche, come nel caso specifico, ma dovrebbe avere un preciso riscontro nella stratigrafia dell'area. Facendo riferimento ai dati raccolti sulle argille del substrato pre-etneo nell'area di Catania, i valori di  $V_s$  ottenuti all'interno dei livelli più superficiali sono di circa 500–600 m/s. Ciò comporta che tutti i livelli poggiati sul substrato argilloso, classificati come terreni di copertura, seppure caratterizzati da velocità delle onde di taglio con valori  $> 800$  m/s non possono essere assimilabili ad un bedrock, che invece andrebbe ricercato nei livelli più profondi e maggiormente consolidati delle argille.

## **6. Interpretazioni ed incertezze**

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Mascali si riferiscono principalmente a studi geologici relativi alla realizzazione di singole opere pubbliche o private, a meno della documentazione relativa al Piano Particolareggiato del settore sud-



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 orientale del centro abitato e i sondaggi realizzati lungo la fascia litorale (C.da Anguillara) e nelle località Nunziata e Santa Venera, rispettivamente nel settore occidentale e settentrionale dell'area di studio. Tra i dati forniti dall'amministrazione comunale, non è presente alcuna relazione o cartografia (geologica, idrogeologica, geomorfologica, litotecnica, pericolosità sismica) di sintesi, relativa agli studi geologici a supporto del Piano Regolatore Generale, tale da poter fungere da documentazione di riferimento. La ricostruzione del modello geologico del sottosuolo, quindi, ha potuto fare riferimento solamente ai dati derivanti dalle stratigrafie dei sondaggi disponibili. Questi ultimi ricadono quasi esclusivamente lungo la fascia litorale del territorio comunale ed in maniera piuttosto lacunosa su tutto il resto dell'area di studio, a parte il settore sud-orientale del centro abitato di Mascali, per il quale sono presenti cinque sondaggi e tre down-hole distribuiti su un'area piuttosto circoscritta. Tuttavia, come già indicato in precedenza, tali sondaggi forniscono spesso solo stratigrafie molto schematizzate e poco dettagliate che, se associate all'assenza di dati geotecnici, geomeccanici e alla scarsità di quelli geofisici, risultano poco vincolanti e poco spendibili per la ricostruzione di un adeguato modello geologico del sottosuolo.

Come già detto nel Capitolo 4, alcune incertezze sono legate alle prove SPT, per le quali, nella documentazione messa a disposizione, non si fornisce il valore esatto della profondità alla quale sono state effettuate le prove. L'esecuzione di queste ultime viene segnalata nella scheda del relativo sondaggio, lungo la ricostruzione della colonna stratigrafica. Anche in questo caso, i dati sono stati comunque presi in considerazione ed inseriti nel database, dato che rappresentano l'unica fonte da cui trarre informazioni sul

comportamento fisico-meccanico dei litotipi interessati. Per le ragioni appena esposte, si è scelto di attribuire a tali indagini un valore di attendibilità pari a 2.

Come visto nel Capitolo 4, la totale assenza di analisi di laboratorio ha impedito la caratterizzazione geotecnica e granulometrica dei terreni affioranti, ed in particolare del substrato argilloso e dei depositi epiclastici, alluvionali e marini. Questo sarà, dunque, uno degli obiettivi imprescindibili nelle successive fasi d'approfondimento.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico, i dati relativi alla soggiacenza della falda, ove presenti tra i vari dati di sondaggi forniti, non presentano valori esatti. La profondità alla quale si attesta la falda freatica è stata comunque considerata proiettando graficamente il livello freatico, segnalato nella scheda tecnica del sondaggio, direttamente sulla scala metrica di riferimento. Per tali ragioni a questi parametri è stato associato un valore di attendibilità pari a 2.

Per quanto riguarda il substrato geologico pre-etneo, costituito dalle argille grigio-azzurre del Pleistocene inferiore e medio, affiorante nel settore settentrionale ed occidentale dell'area di studio, questo è intercettato solamente in tre sondaggi. Uno tra questi, ubicato subito ad ovest del centro abitato di Mascali, raggiunge probabilmente il substrato argilloso ad una profondità di circa 85 m, mentre i restanti due sondaggi, 087023P21S98 e 087023P22SS101, ubicati in località Nunziata, incontrano quest'ultimo rispettivamente a circa 6,5 e 9 m di profondità, subito al di sotto di un livello argilloso alterato di spessore compreso tra 1 e 2 m. Nella ricostruzione del modello geologico del sottosuolo (vedi Capitolo 5), la profondità del substrato geologico è stata dunque desunta dagli affioramenti mappati nei suddetti settori poco estesi dell'area di studio. Forti dubbi permangono nel settore orientale e meridionale, dove non è stato possibile ricostruire l'andamento del substrato geologico (vedi profilo **AA'** - **Allegato 1**).

La scarsa disponibilità di indagini sismiche, rappresentate solamente da n. 3 down-hole eseguiti nell'area sud-orientale dell'abitato di Mascali, e la limitata estensione areale



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 della loro ubicazione, ha impedito di definire una caratterizzazione del sottosuolo arealmente estesa, tale da poter essere tenuta in considerazione per l'intera area di studio. Inoltre, anche nei pochi siti sopra citati, non è stato possibile definire la profondità e la geometria del bedrock sismico o il comportamento dei diversi corpi vulcanici (bancate laviche) che costituiscono le lave di copertura (vedi Capitolo 3). Per quanto riguarda le velocità  $V_s$  fornite dai down-hole a disposizione (087023P13DH59; 087023P15DH74; 087023P17DH89), va detto che queste raggiungono valori attribuibili al bedrock sismico ( $>800$  m/s) a partire da 7 e 11 m di profondità dal p.c. (7 m per i down-hole 087023P15DH74 e 087023P17DH89 e 11 m per l'indagine 087023P13DH59). Questi dati, però, non vengono confermati dal confronto con la stratigrafia dei corrispondenti sondaggi (087023P13S53; 087023P15S68; 087023P17S82), in quanto alle suddette profondità sono presenti i depositi alluvionali di copertura affioranti in quell'area, i quali presentano spessori potenti fino a circa 12-14 m. La definizione della profondità del bedrock sismico resta dunque un obiettivo imprescindibile dei successivi livelli di approfondimento.

## **7. Metodologie di elaborazione e risultati**

Non disponendo degli elaborati cartografici geologici, geomorfologici, idrogeologici e di pericolosità sismica relativi agli studi geologici a supporto di piani urbanistici, validi e in scala adeguata (1:10000 e 1:2000) ai fini del presente studio, a meno di locali studi geologici relativi a opere pubbliche e private, delle varie carte tematiche fornite dall'Amministrazione Comunale di Mascali solamente le carte dell'ubicazione delle

indagini sono state georeferenziate ed inserite in un progetto Esri ArcGis, garantendo la corrispondenza delle coordinate geografiche, della scala e quindi delle distanze. Naturalmente, nella stesura degli elaborati cartografici prodotti nel presente studio, per quanto riguarda la mappatura dei terreni affioranti e dei principali lineamenti tettonici, è stato condotto un rilievo geologico di dettaglio “*ex novo*”, unitamente all’analisi di aerofotogrammetrie e ad analisi della cartografia disponibile nella letteratura geologica. Grazie all’integrazione tra questi rilievi, 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 e le zone suscettibili di instabilità, 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). Un ruolo fondamentale per la determinazione di tali zone è stato svolto dalle sezioni geologiche a scala 1:5.000, dove si è cercato di evidenziare quegli elementi di non immediata lettura nella Carta geologico–tecnica quali, per esempio, i rapporti geometrici tra i depositi alluvionali e le colate laviche e le forti variazioni degli spessori dei corpi lavici dovuti alla presenza di alti morfologici, paleovalli e faglie.

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  $15^\circ$  (Fig. 23). 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., 1986) che nel caso specifico è un quadrato di 100 metri di lato (Fig. 24). Nell’area di studio solo nei settori occidentali si realizzano dislivelli superiori a 30 m. Di conseguenza solo per

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77  
alcune aree circoscritte di questo settore sono stati individuati pendii soggetti a potenziali fenomeni di amplificazione topografica, come visibile in Figura 25, ottenuta combinando le due carte precedentemente elaborate. Anche le sezioni topografiche in scala 1:5.000 (**Allegato 5**), dirette circa E-O e NE-SO, realizzate nei vari settori dell'area di studio, ortogonalmente alle scarpate con pendenza maggiore di 15°, mostrano i settori in cui queste ultime superano i 30 m di altezza.

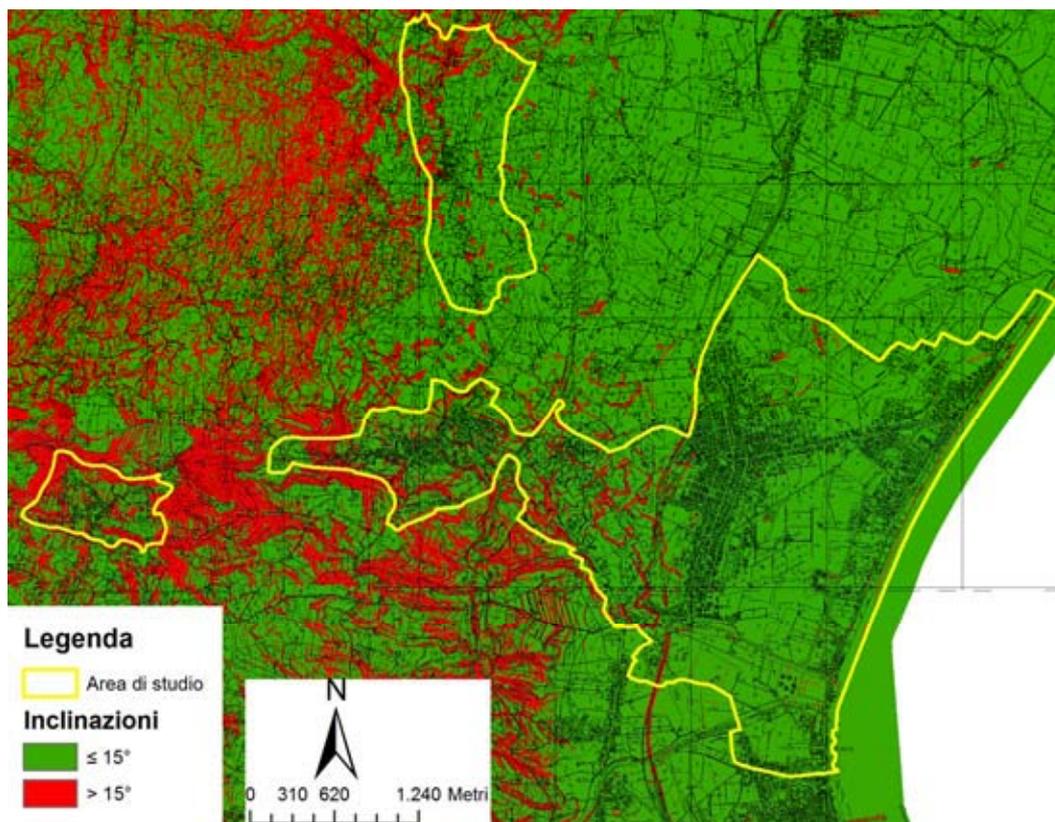


Fig. 23 – Carta delle inclinazioni dell'area di studio. Sono distinte inclinazioni  $< 15^\circ$ , in verde, e  $> 15^\circ$ , in rosso.

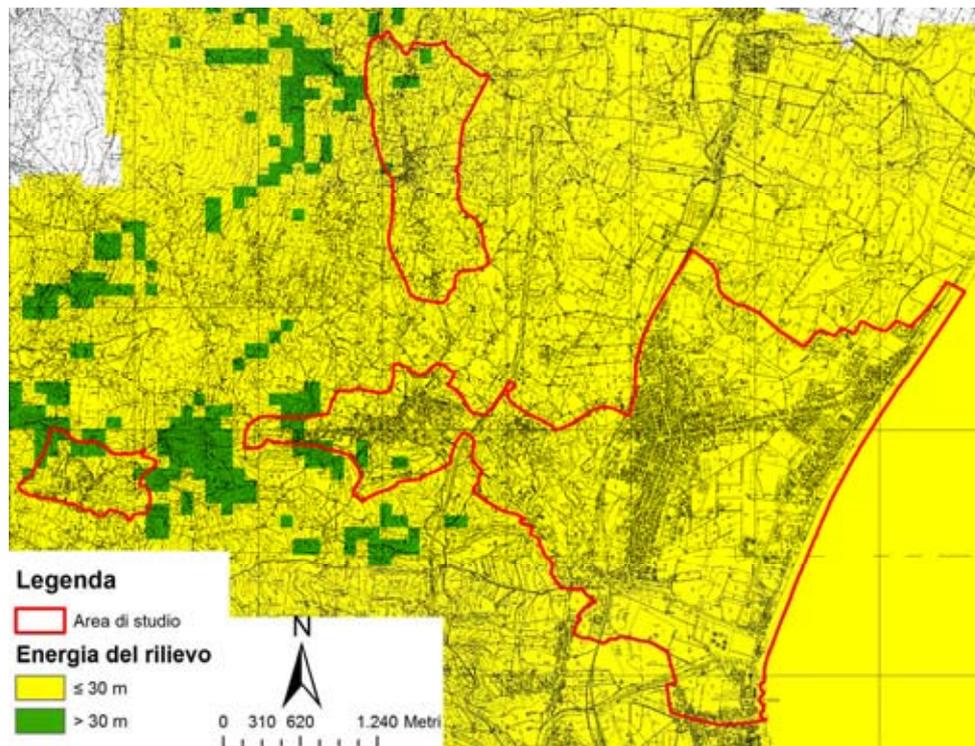


Fig. 24 - Carta dell'energia del rilievo dell'area di studio. Sono distinti dislivelli < 30 m, in giallo, e > 30 m, in verde.

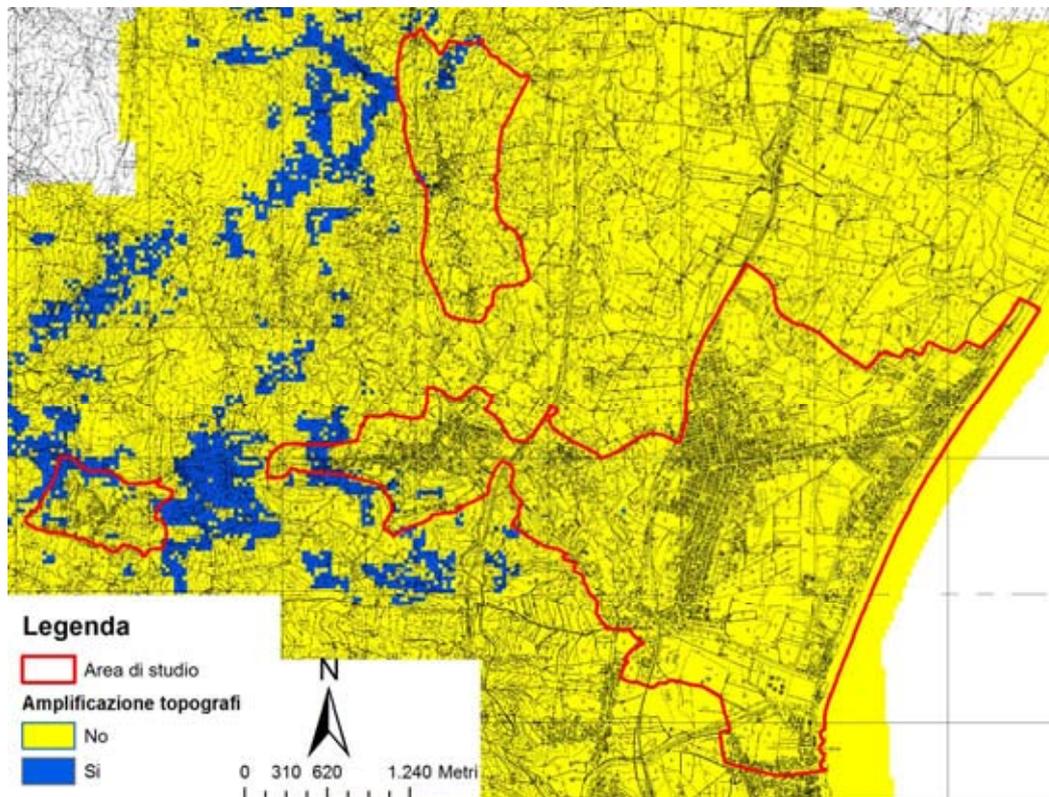


Fig. 25 - Carta dell'amplificazione topografica dell'area di studio. Le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografica sono evidenziate in blu.

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

Per quanto riguarda le instabilità manifeste e potenziali, si è fatto riferimento agli studi pregressi del PAI. Il comune di Mascali ricade, infatti, nell'“Area Territoriale tra i bacini del F. Alcantara e del F. Simeto - 095”. Nella “Carta dei dissesti” del PAI non è stato censito alcun fenomeno franoso ricadente nell'area di studio (Fig. 26). Ciò ha trovato riscontro anche nelle analisi morfologiche condotte nell'area tramite analisi aerofotogrammetrica e verifiche di terreno, per cui non sono state cartografate instabilità di versante.

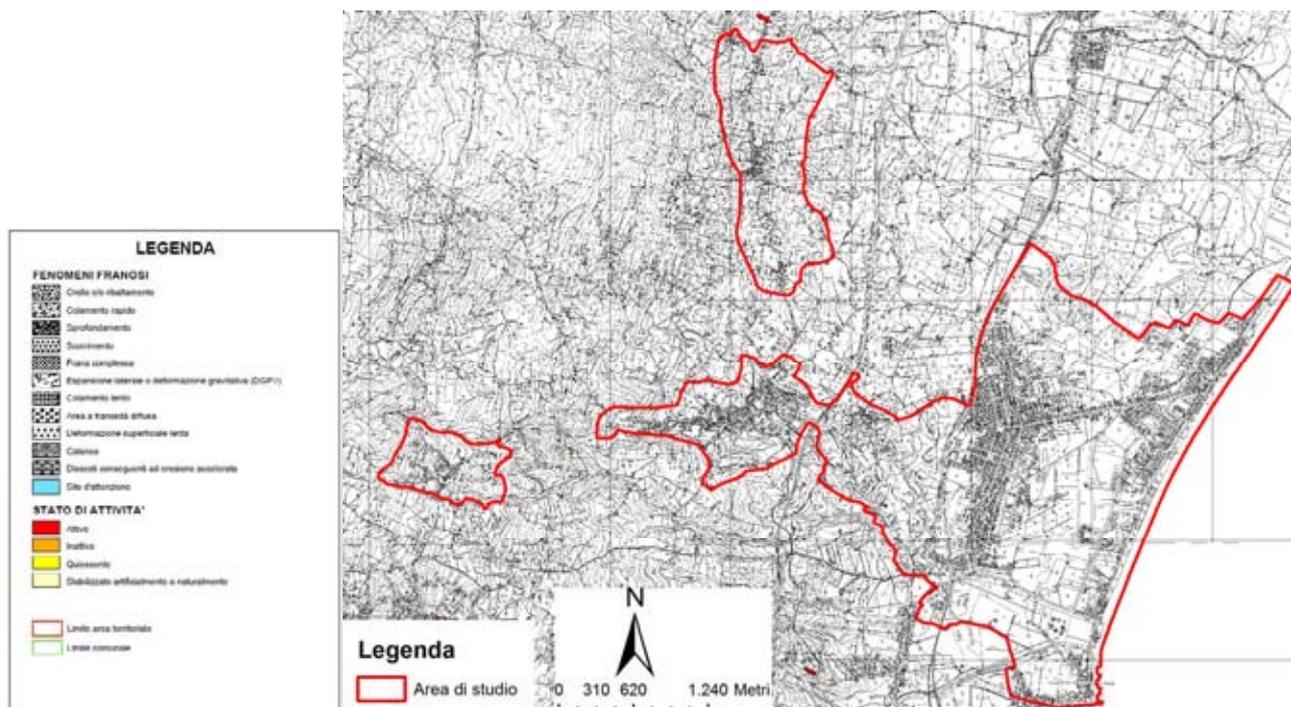


Fig. 26 - Carta dei dissesti del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'area territoriale tra i bacini del F. Alcantara e F. Simeto, con particolare riferimento all'area di studio del Comune di Mascali.

Altre tipologie di instabilità sono strettamente connesse alla presenza delle faglie che ricadono all'interno dell'area di studio dove sono presenti “Aree interessate da

deformazioni dovute a faglie attive e capaci” (Tipo\_i = 3060), rappresentate da fasce ampie 100 metri. Alla terminazione sud-occidentale del centro abitato di Mascali si ravvisa anche la presenza di una ristretta area in cui si assiste alla sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità. Nello specifico si tratta di un’area caratterizzata sia da deformazioni dovute a faglie attive e capaci che da potenziale liquefazione.

Un discorso più articolato deve essere condotto riguardo al 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. 27):

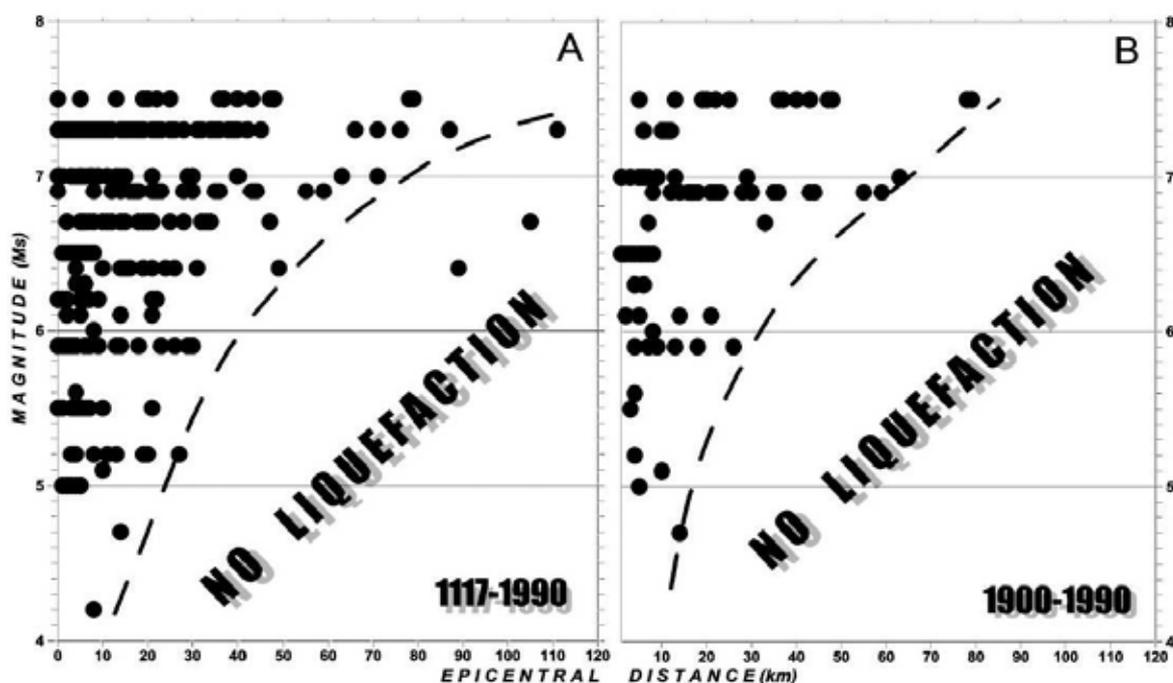


Fig. 27 – Distribuzione di fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, in termini di Magnitudo e distanza epicentrale, per i periodi 1117–1990 e 1900–1990. (da Galli, 2000).



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

Nell'ambito della zonazione sismogenetica dell'area italiana (Gruppo di lavoro, 2004), il territorio comunale di Mascali, così come tutta l'area etnea, ricade all'interno della zona 936 (Fig. 28). Questa zona racchiude diversi eventi sismici di Magnitudo medio bassa ( $M_w = 3-4$ ), mentre nel 1818 e nel 1848 si sono verificati due terremoti caratterizzati da  $M_w \sim 6$  e  $M_w \sim 5$ , rispettivamente (CPTI11; 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 sismogenica "ITDS008 - Taormina" orientata NE-SO e caratterizzata da una  $M_w = 7$  (Catalano et al., 2008), la cui terminazione meridionale si trova a circa 7 km dal territorio comunale di Mascali (Fig. 19). Inoltre, nel DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010), a circa 13 km di distanza nell'*off-shore* ionico, viene segnalata la presenza della sorgente sismogenica "ITDS011 - Western Ionian" (Fig. 19), per la quale dati di letteratura indicano una  $M \geq 7$  (Bianca et al., 1999; Catalano et al. 2008), mentre nell'entroterra, ~ 20 km a sud dell'area di studio, è riportata la sorgente "ITIS106 - Gravina di Catania", cui sono stati associati eventi di  $M=6$ .

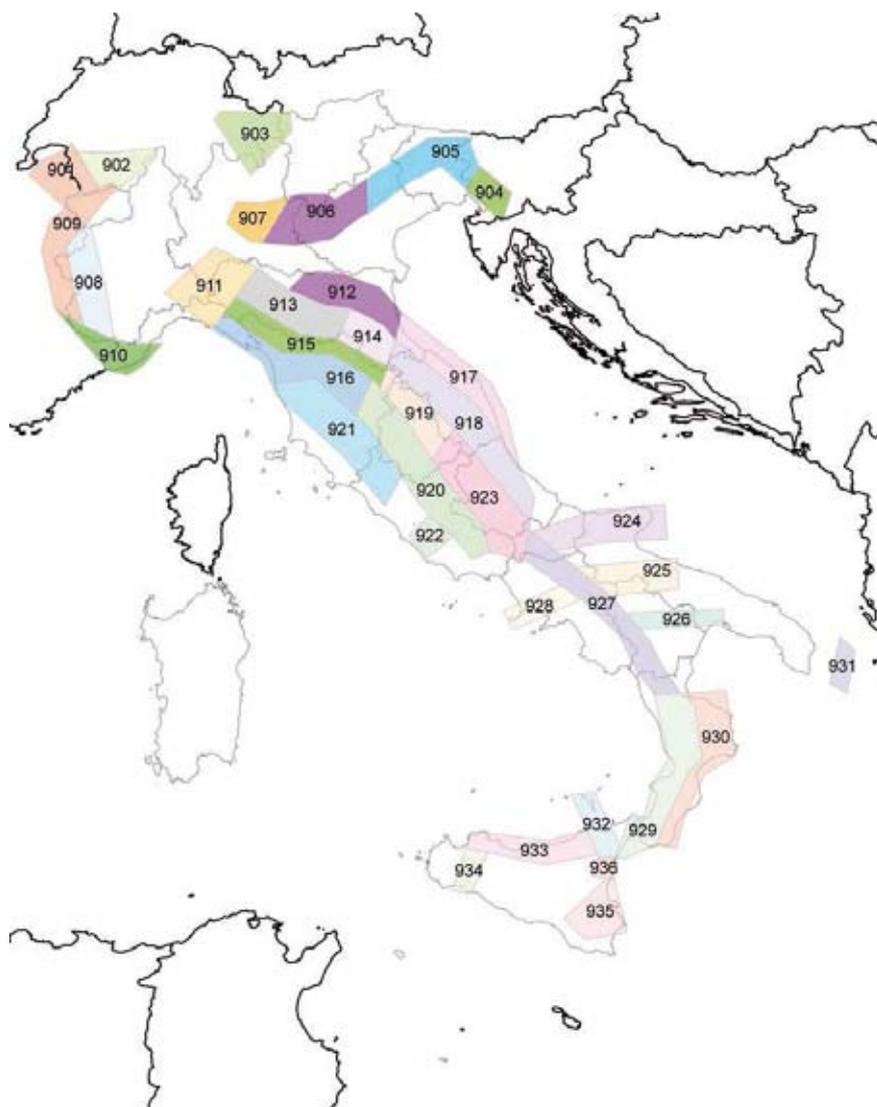


Fig. 28 - Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

In ogni caso, possiamo concludere che il possibile verificarsi di eventi sismici di Magnitudo compresa tra 5 e 7 in zone abbastanza prossime all'area oggetto di studio potrebbe innescare fenomeni di liquefazione, in presenza di terreni sciolti (ghiaie, sabbie) e di una falda superficiale (<15-20 m). Nell'area di studio, questa tipologia di terreni è rappresentata dai depositi alluvionali, affioranti estesamente nel centro abitato di Mascali, in località Nunziata e lungo tutta la fascia costiera, dove a questi terreni si sostituiscono i depositi palustri costieri. Ulteriori terreni sciolti sono costituiti dai depositi sabbioso-ghiaiosi epiclastici e piroclastici, affioranti a sud di località Nunziata e in località Puntalazzo. Nel Capitolo 4 si è già fatto cenno ai sondaggi che hanno messo in evidenza



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

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

la presenza di una falda freatica che, nonostante l'assenza di valori esatti di soggiacenza di questa (Capitolo 6), si attesta a pochi metri dal piano campagna, mediamente a circa 2-3 m nella fascia costiera (Località: Anguillara, Fondachello) e a circa 10 m nel settore sud-orientale del centro abitato di Mascali. Tali aree sono state, dunque, inserite nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" come zone potenzialmente soggette a liquefazione. Un discorso differente va affrontato per i terreni sciolti affioranti più a monte. Per tali terreni l'unico dato idrogeologico disponibile è fornito dall'indagine 087023P21SS98, nella quale viene segnalata la presenza di una falda acquifera ad una profondità di 4 m. Nello stesso sondaggio, alla profondità di 4.40 m, vengono segnalati livelli argillosi impermeabili. Considerando il battente idrico di 0.40 m, la presenza d'acqua in questo sondaggio non può essere associata all'esistenza di una vera e propria falda acquifera. Tale considerazione viene supportata dal fatto che altri due sondaggi (087023P22SS101 e 087023P23S102), ubicati poco più a nord, non evidenziano la presenza di alcuna falda freatica e dalla Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna (Ferrara, 2001), in cui tale area viene collocata tra le curve isopiezometriche di 50 e 25 m. In ogni caso, per tali aree, con particolare riferimento a quelle totalmente prive di dati, nei successivi stadi di approfondimento sarà necessario programmare indagini, sia dirette che geofisiche, al fine di identificare e ricostruire in dettaglio l'andamento della falda.

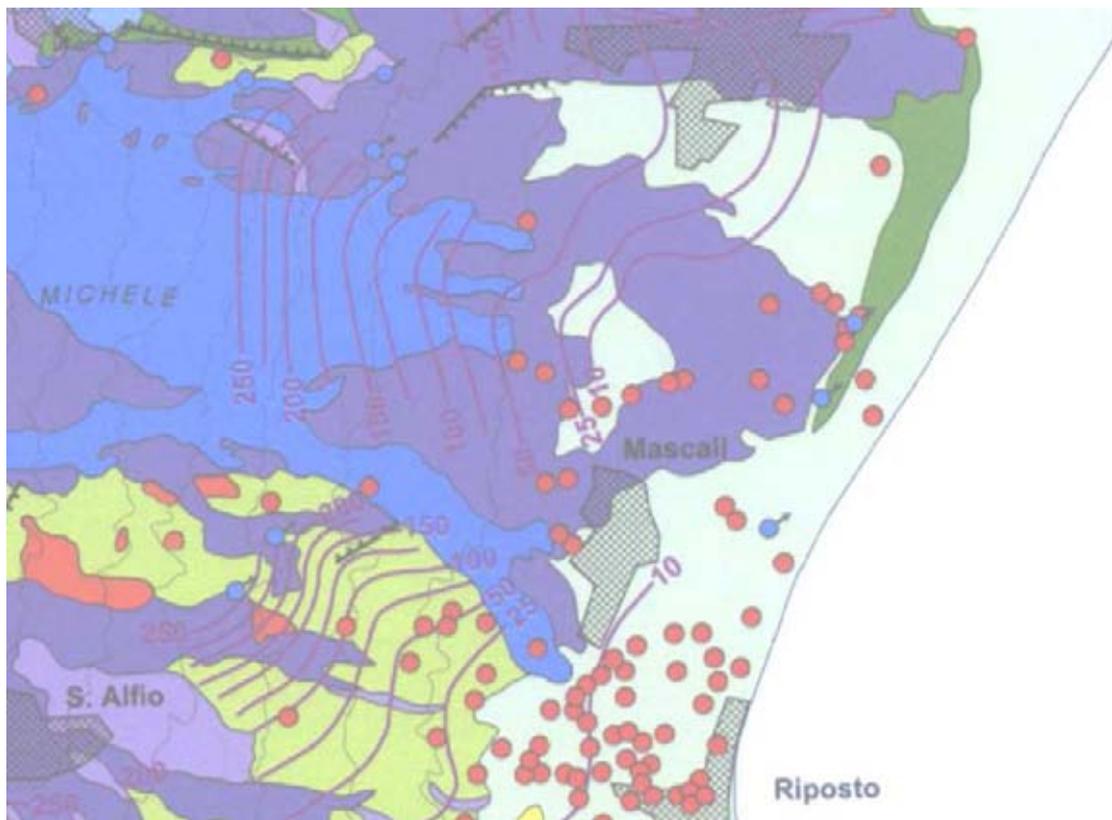


Fig. 29– Stralcio della Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna (Ferrara, 2001 mod).

## 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 Mascali, consistono di indagini puntuali, eseguite esclusivamente in foro. 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”



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 e rappresentati secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II”. All’interno del database sono stati inseriti n. 91 “Siti\_puntuali” (35 relativi a dati pregressi e 56 a misure HVSR realizzate dall’Università di Catania nel corso del presente studio).

Per quanto riguarda le “Indagini\_puntuali” sono state inserite n. 206 indagini che constano di n. 56 indagini HVSR, n. 35 sondaggi a carotaggio continuo in alcuni dei quali sono state eseguite un totale di 79 prove SPT e solo in corrispondenza di 3 sondaggi sono state effettuate indagini geofisiche down-hole.

### *8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica*

La successione geolitologica dell’area di studio, già ampiamente descritta nei capitoli precedenti, è stata ricostruita sulla base della composizione di rilievi geologici a differente scala e sull’interpretazione dei sondaggi geognostici disponibili che, seppure mal distribuiti arealmente, sono stati adoperati per distinguere i diversi terreni di copertura e le diverse unità litologiche, limitatamente ad aree circoscritte distribuite soprattutto lungo il settore orientale dell’area di studio. Tali unità litologiche sono state rappresentate 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 anche laddove tali terreni non sono stati cartografati, perché di spessore inferiore ai 3 metri, il substrato geologico è sovente ricoperto da suolo di alterazione e localmente da materiali di riporto.

Per quanto riguarda i terreni vulcanici, essi sono stati considerati unità di copertura (LC) sulla base della loro giacitura rispetto alle altre formazioni superficiali. La loro rappresentazione ha seguito i nuovi standard concordati con la committenza, in attesa di un'integrazione delle linee guida nazionali, alla quale si auspica possano utilmente contribuire gli stessi dati contenuti in questo studio.

Infine per quanto riguarda il substrato geologico, nell'area di studio esso è costituito sia dalle argille grigio-azzurre sia da alternanza di colate laviche di base e prodotti piroclastici. L'unico affioramento di quest'ultimo, molto circoscritto, viene segnalato ad ovest di località Nunziata, mentre il substrato argilloso pre-etneo affiora in maniera relativamente più estesa del precedente sia in località Nunziata che nel settore settentrionale dell'area di studio, poco a nord di località Santa Venera.

In particolare, sono stati inseriti sia nuovi elementi lineari (limite di colata lavica) che elementi areali (ventaglio di lava), i quali, insieme agli altri già previsti, consentono una visualizzazione immediata degli elementi della morfologia sub-vulcanica.

### *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;



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

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;
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 notevole variabilità laterale dei terreni di copertura affioranti ha comportato la definizione di 18 distinte microzone riferite ad aree stabili suscettibili di amplificazione, nonché 3 distinte zone suscettibili di instabilità.

La copertura lavica, costituita da colate sovrapposte poggianti su un substrato articolato ricadono 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 plausibile che il concetto di microzona omogenea, nel caso dei terreni vulcanici vada intesa come area all'interno della quale 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 di paleovalle incisa nel substrato argilloso o nel caso dei bordi di colata, che potrebbero spiegare i fenomeni di amplificazione a frequenze relativamente elevate osservati nelle misure di microtremore ambientale. Queste eterogeneità litologiche laterali, molto comuni in ambiente vulcanico, andrebbero considerate 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 le sottoelencate aree stabili soggette ad amplificazione:

- **Zona 0** Substrato geologico fratturato costituito da un'alternanza di colate laviche di base fratturate e prodotti piroclastici con spessore indefinito oltre 30 m circa in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30$  m .
- **Zona 1** Argille siltoso-marnose grigio-azzurre (a) del Pleistocene inferiore-medio che raggiungono spessori notevoli oltre i 50 m e rappresentano il substrato pre-etneo.
- **Zona 2** Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie, ghiaie e limi spessi fino a 8 m, che poggiano sulla successione della zona 1.
- **Zona 3** Lave di copertura indefinite (a) su morfologie del substrato articolate all'interno di paleovalli, poggianti su un'alternanza di colate e depositi alluvionali. Lo spessore è indefinito.
- **Zona 4** Depositi alluvionali costituiti da sabbie ghiaiose aventi spessore inferiore ai 10 m, alternati a lave di riempimento di paleovalli.
- **Zona 5** Argille siltoso-marnose grigio-azzurre (a) del Pleistocene inferiore-medio che raggiungono spessori notevoli oltre i 50 m e rappresentano il substrato pre-etneo in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30$  m .



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

- **Zona 6** Lave di copertura indefinite (a) su morfologie del substrato articolate costituite da una fitta alternanza di banchi massivi e livelli scoriacei metrici in strati inclinati che danno luogo a ventagli di lava che mantellano pre-esistenti pendii acclivi, con spessori variabili da un minimo di pochi m all'apice a un massimo di 50 m al piede del ventaglio, poggianti su diversi termini del substrato geologico le cui geometrie sepolte andranno definite nell'ambito degli studi di secondo livello..
- **Zona 7** Lave di copertura indefinite (a) su morfologie del substrato articolate che ricoprono la successione della zona 6.
- **Zona 8** Lave di copertura indefinite (a) su morfologie del substrato articolate che mantellano diversi termini del substrato le cui geometrie sepolte andranno definite nell'ambito degli studi di secondo livello.
- **Zona 9** Depositi epiclastici eterometrici costituiti da sabbie, ghiaie e limi che ricoprono la successione della zona 8.
- **Zona 10** Depositi epiclastici eterometrici costituiti da sabbie, ghiaie e limi che ricoprono la successione della zona 1.
- **Zona 11** Lave di copertura indefinite (a) su morfologie del substrato articolate che ricoprono la successione della zona 9.
- **Zona 12** Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate, che ricoprono la successione della zona 10.
- **Zona 13** Lave di copertura indefinite (a) su morfologie del substrato articolate che mantellano diversi termini del substrato le cui geometrie sepolte andranno definite nell'ambito degli studi di secondo livello in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30$  m .
- **Zona 14** Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie e ghiaie che ricoprono la successione della zona 6.
- **Zona 15** Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie e sabbie che ricoprono la successione della zona 6.
- **Zona 16** Depositi epiclastici eterometrici costituiti da sabbie, ghiaie e limi in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30$  m che ricoprono la successione della zona 1.
- **Zona 17** Depositi epiclastici eterometrici costituiti da sabbie, ghiaie e limi in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30$  m che ricoprono la successione della zona 8.

Le tre zone di instabilità comprendono le aree soggette a liquefazioni, ampiamente distribuite lungo tutto il settore orientale dell'area di studio, fasce ristrette allungate parallelamente alle faglie potenzialmente attive presenti nell'area e, infine, le zone in cui si assiste ad una sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità. Le zone allungate parallelamente alle faglie potenzialmente attive non hanno il significato di zone di rispetto, ma stanno ad indicare una deformazione non concentrata lungo discrete linee di dislocazione, ma piuttosto diffusa in un'area nell'intorno delle strutture.

L'**Allegato 6** 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 Mascali, 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. 2 e 3).

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) e il Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; Azzaro et al., 2000; 2006; 2009). Tra quelli principali, procedendo dal più antico al più recente, si elencano:

- Il terremoto del Gennaio 1693, del quale, secondo il ristretto allegato alla lettera del Viceré del 22 Gennaio, la scossa del 9 fu molto violenta, ma non causò danni considerevoli; il sisma dell'11 gennaio provocò il crollo quasi completo del paese, ma pochissime vittime poiché gran parte della popolazione era uscita dall'abitato per una processione. La relazione allegata alla successiva lettera del Viceré del 14 Maggio riporta notizie più precise: su un totale di 3000 abitazioni, 125 crollarono e



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

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

140 furono gravemente danneggiate. La terra si aprì emettendo liquidi bituminosi e zolfo; comparvero alcune sorgenti d'acqua; sul litorale le fonti subirono variazioni di portata e le acque aumentarono di temperatura; in località Lazzaretto una grande fenditura, in seguito alla fuoriuscita di acqua mista a zolfo e sabbia, si trasformò in una pozza.

- Per la scossa del 20 Febbraio 1818 la località fu inserita, nel quadro riassuntivo delle perizie, tra quelle in cui si verificarono danni di media entità rispetto a quelli relazionati per le località epicentrali; le vittime causate dalle scosse del periodo sismico ammontarono a 11. L'elenco dei danni al territorio di Mascali annovera una decina edifici religiosi e pubblici, che risultarono ad alto rischio di crollo ed altri sei riportarono lesioni. Le case private danneggiate furono 1695, delle quali il 40% risultarono crollate o prossime al crollo, mentre le restanti subirono lesioni. Lo stesso documento riporta i danni che interessarono gli edifici sparsi nella campagna attorno al centro abitato principale. Viene anche sottolineata l'importanza dei danni subiti anche nei vicini centri abitati di Dagala, Macchia, S. Maria la Strada, S. Alfio, Nunziata, Monacella e S. Leonardello.
- La scossa del 28 Dicembre 1908 fu forte e causò spavento nella popolazione e lesioni gravi agli edifici.

Molti altri eventi sismici hanno colpito in passato l'area del Comune di Mascali, ma di questi non si è in possesso di documenti utili per descrivere e localizzare i danni subiti dagli edifici e da altri manufatti. In alcuni casi, le poche informazioni disponibili hanno permesso di effettuare stime sull'intensità degli eventi.

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.

## 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.

Azzaro R.; 1999 – Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics. *J. Geodynamics*, 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., 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



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

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.

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/>

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

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 Iseismic Maps of Italian Earthquakes, PFG-CNR, Quad. Ric. Scie. 2A, 114, Bologna.

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, 251, 170–186.

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.

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., Catalano S.; 2000 – Stratigraphical and morphological criteria for the reconstruction of UBSU in the peripheral area of MT. Etna (Italy). Mem. Soc. Geol. It., 55, 381–387.

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.; 2003 – Late Quaternary uplift of northeastern Sicily: relation with the active normal faulting deformation. Journal of Geodynamics 36, 445–467.

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

De Guidi G., Catalano S., Monaco C., Tortorici L.; 2003 – Morphological evidence of Holocene coseismic deformation in the Taormina region (NE Sicily). Journal of Geodynamics, 36, 193–211.

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



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – All rights reserved.

Di Stefano A., Branca S.; 2002 – Long-term uplift rate of the volcano basement (southern Italy) based on biochronological data from Pleistocene sediments. *Terra Nova*, 14, 61–68.

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).

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.

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., 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., Tapponnier P., Tortorici L., Gillot P.Y.; 1997 – Late Quaternary slip rates on the Acireale–Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 147, 125–139.

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).

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>



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

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).

<http://sgi1.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>

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](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>

## **11. Allegati**

Allegato 1 – Sezioni geologiche

Allegato 2 – Sondaggi

Allegato 3 – Parametri geotecnici

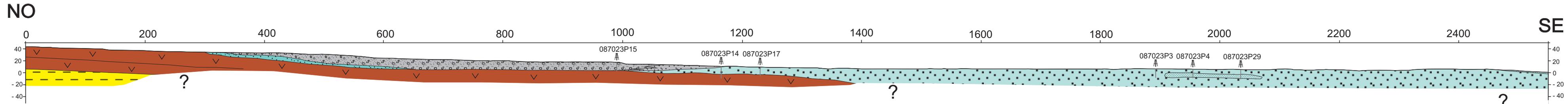
Allegato 4 - Misure di microtremore ambientale

Allegato 5 - Profili topografici Mascali

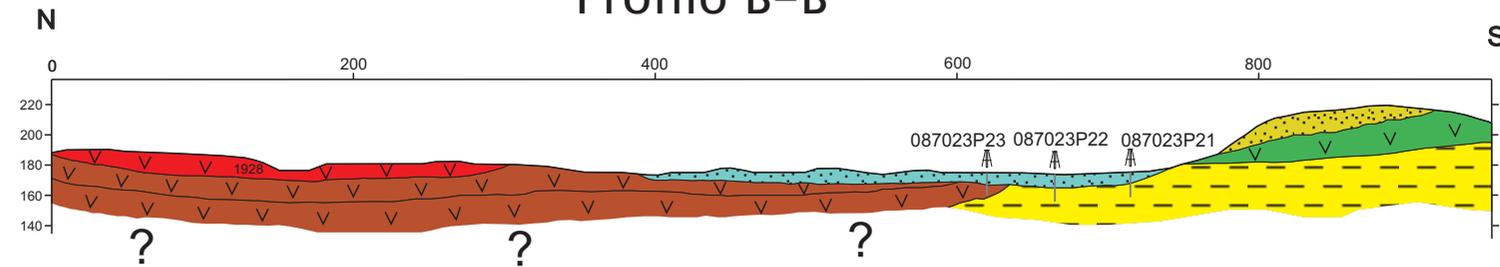
Allegato 6 - Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

# Allegato 1 – Sezioni geologiche

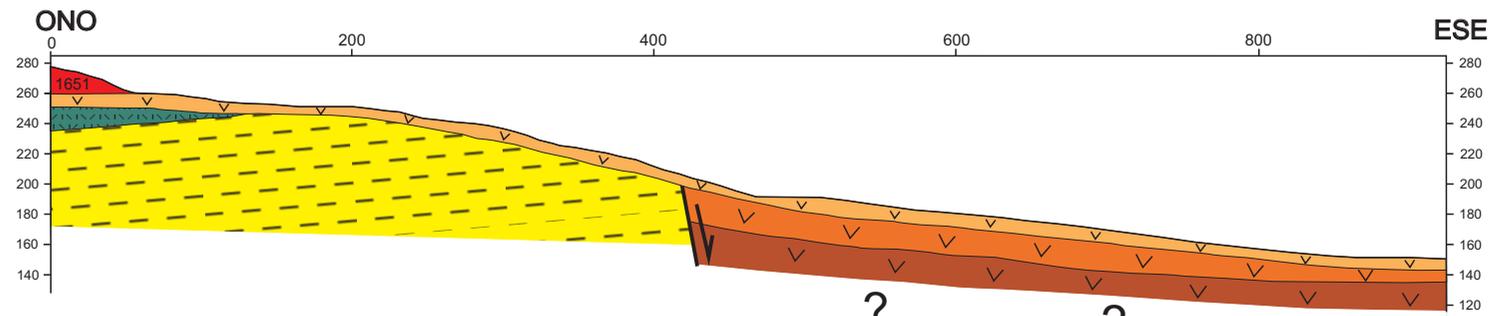
## Profilo A-A'



## Profilo B-B'



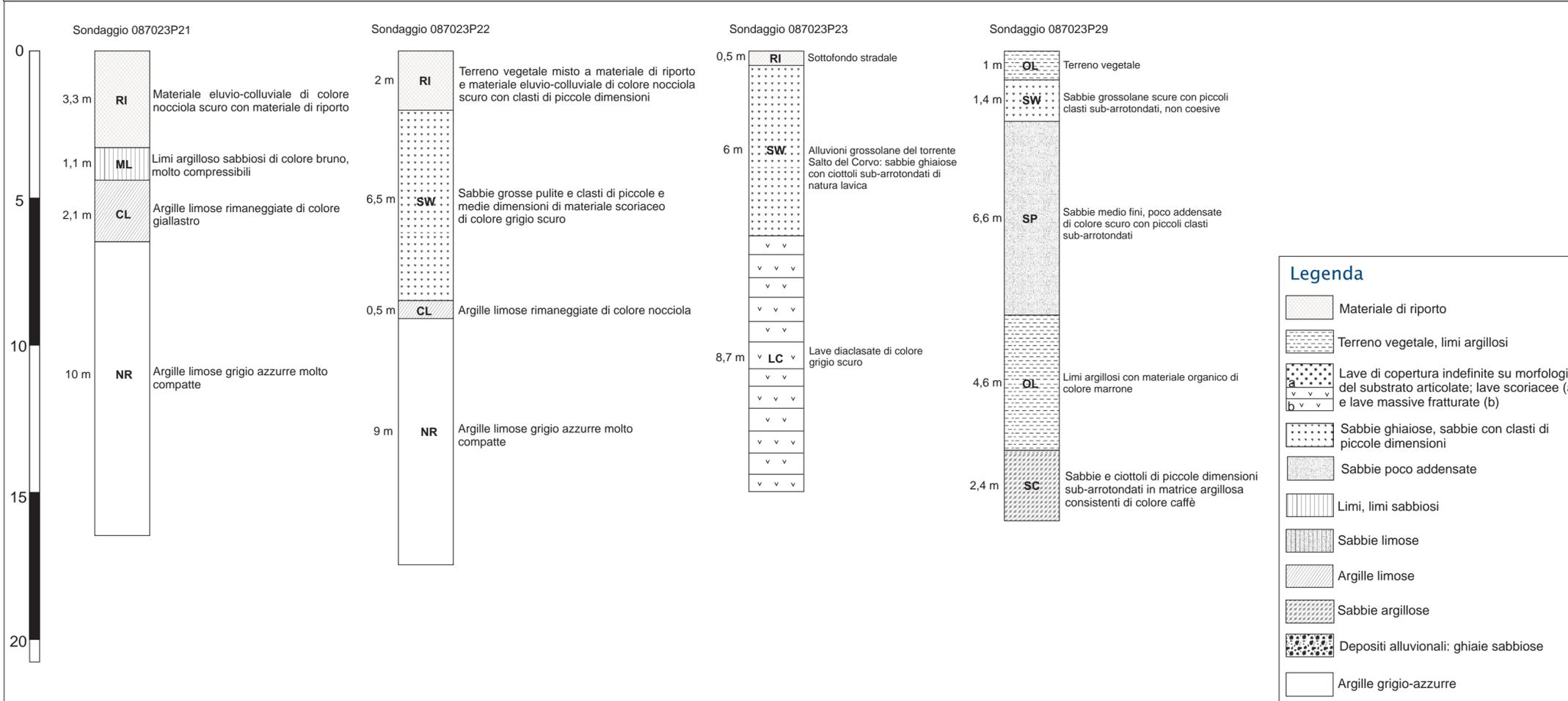
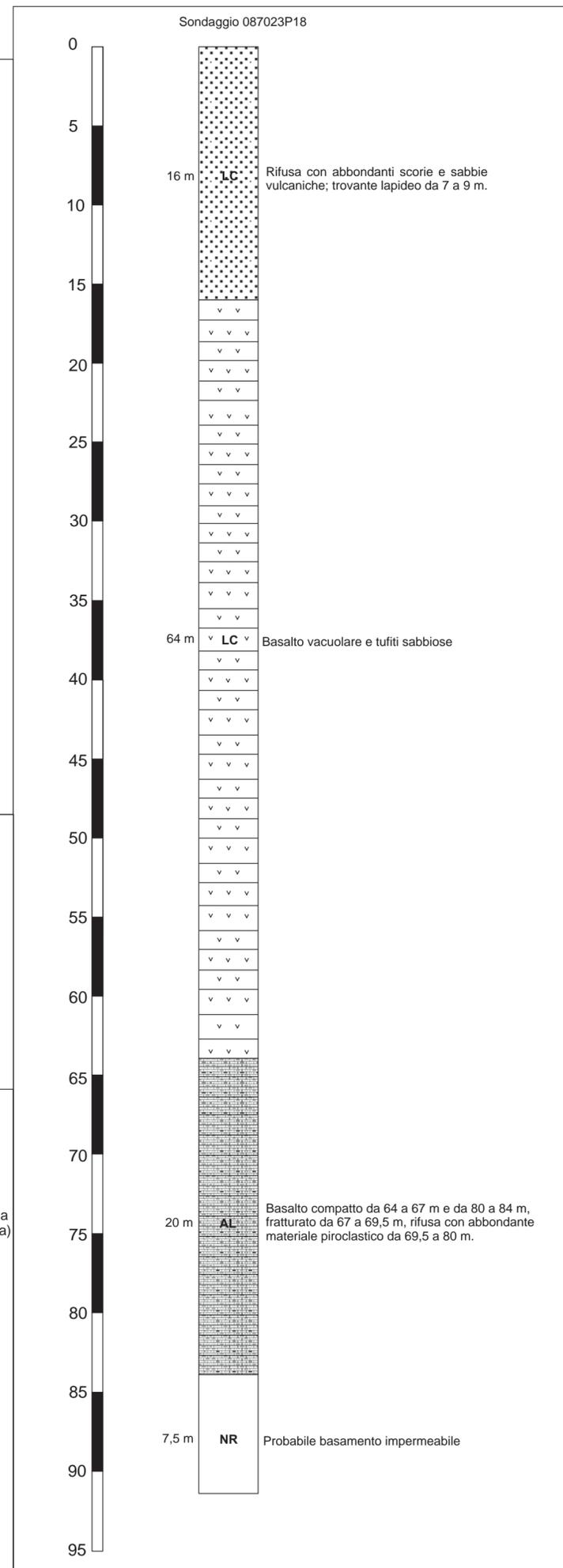
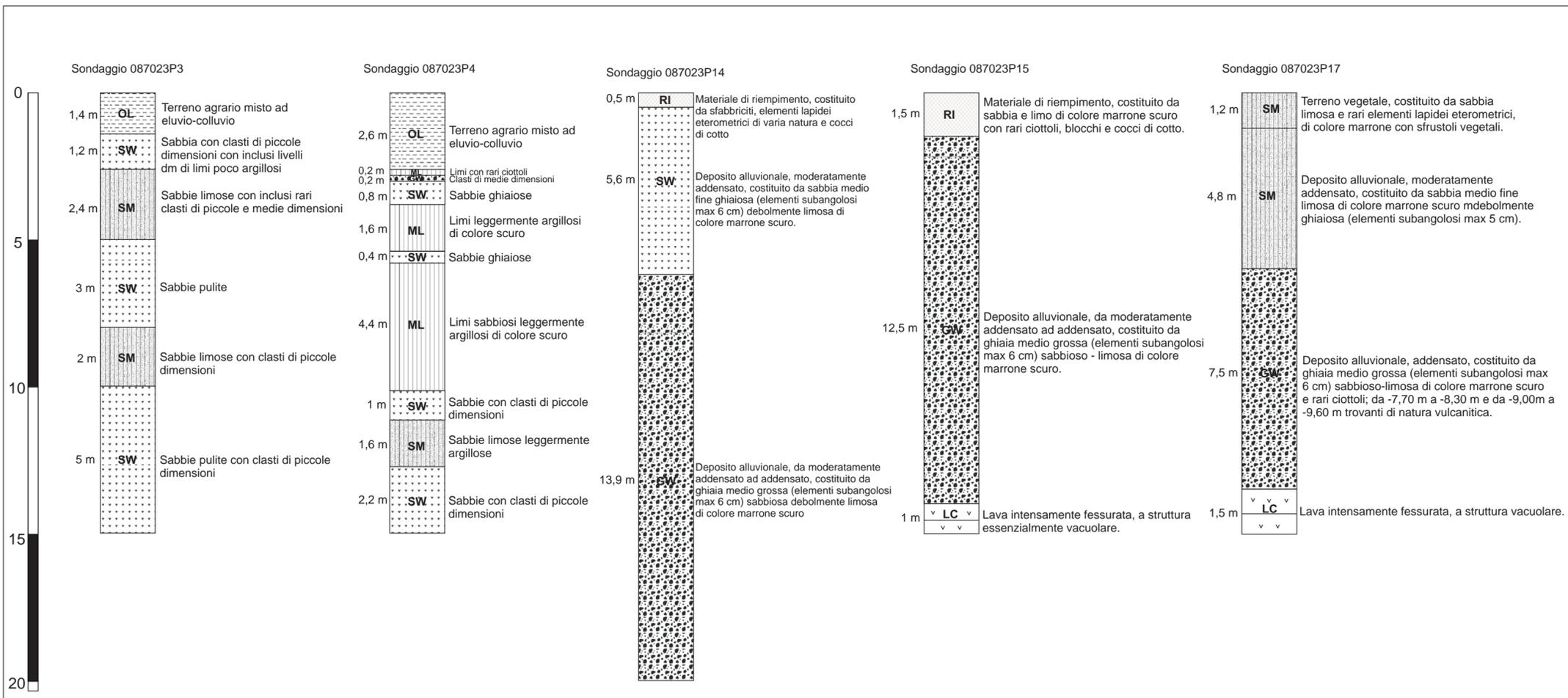
## Profilo C-C'



### LEGENDA

- a Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaia medio grossa sabbioso-limosa (a) passante a sabbie ghiaiose debolmente limose (b)
- b Depositi di piana deltizia sabbioso-ghiaiosi (a) con intercalazioni di limi sabbiosi leggermente argillosi (b), passanti a limi argillosi in materiale organico di ambiente palustre costiero (c)
- Colate laviche storiche datate
- Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbia ghiaiosa con ciottoli sub-arrotondati
- Colate laviche superiori
- Depositi epiclastici costituiti da sabbie e ghiaie
- Colate laviche intermedie
- Colate laviche di base
- Argille grigio-azzurre (Pleistocene inferiore - medio)
- Faglia normale

# Allegato 2 – Sondaggi



## Allegato 3: Parametri geotecnici

ID_INDP	intervallo di prova (m)	Numero di colpi	Nspt	descrizione litotipo	litotipo
087023P1SPT2	3,0 - 3,15	0	2	sabbie limose con materiale organico	SM
	3,15 - 3,30	1			
	3,30 - 3,45	1			
087023P1SPT3	7,0 - 7,15	5	14	sabbie limo-argillose di colore scuro con inclusiottoli di piccole dimensioni	SC
	7,15 - 7,30	6			
	7,30 - 7,45	8			
087023P1SPT4	12,0 - 12,15	4	9	limi di colore scuro sufficientemente addensati con piccoli clasti subarrotondati	ML
	12,15 - 12,30	4			
	12,30 - 12,45	5			
087023P2SPT9	2,20 - 2,35	1	9	sabbie limose con piccoli clasti	SW
	2,35 - 2,50	2			
	2,50 - 2,65	7			
087023P2SPT10	6,60 - 6,75	8	33	sabbie leggermente limose con clasti di piccole dimensioni	SM
	6,75 - 6,90	17			
	6,90 - 7,05	16			
087023P2SPT11	11,60 - 11,75	15	75	limi compatti con intercalazioni di livelli centimetrici di piccoli clasti	ML
	11,75 - 11,90	30			
	11,90 - 12,05	45			
087023P3SPT15	4,0 - 4,15	3	8	sabbie leggermente limose con clasti di piccole dimensioni	SM
	4,15 - 4,30	4			
	4,30 - 4,45	4			
087023P3SPT16	10,60 - 10,75	2	4	sabbie pulite con clasti di piccole dimensioni	SW
	10,75 - 10,90	2			
	10,90 - 11,05	2			
087023P3SPT17	13,00 - 13,15	5	9	sabbie pulite con clasti di piccole dimensioni	SW
	13,15 - 13,30	5			
	13,30 - 13,45	4			
087023P4SPT21	4,40 - 4,55	1	6	limi leggermente argillosi di colore scuro	ML
	4,55 - 4,70	3			
	4,70 - 4,85	3			
087023P4SPT22	8,20 - 8,35	1	7	limi	ML
	8,35 - 8,50	3			
	8,50 - 8,65	4			
087023P8SPT30	2,50 - 2,65	7	13	deposito alluvionale, costituito da ghiaia grossa sabbiosa, poco limosa e rari ciottoli (max 14 cm)	GW
	2,65 - 2,80	7			
	2,80 - 2,95	6			
087023P8SPT31	4,50 - 4,65	6	18	deposito alluvionale costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa poco limosa	GW
	4,65 - 4,80	8			
	4,80 - 4,95	10			
087023P8SPT32	6,50 - 6,65	11	38	deposito alluvionale costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa poco limosa	GW
	6,65 - 6,80	13			
	6,80 - 6,95	25			
087023P8SPT33	10,50 - 10,65	13	38	deposito alluvionale costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa poco limosa	GW
	10,65 - 10,80	17			
	10,80 - 10,95	21			
087023P8SPT34	15,00 - 15,15	21	> 50	deposito alluvionale costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa poco limosa	GW
	15,15 - 15,30	30			
	15,30 - 15,36	R			

ID_INDP	intervallo di prova (m)	Numero di colpi	Nspt	descrizione litotipo	litotipo
087023P10SPT38	2,50 - 2,65	13	25	deposito alluvionale costituito da sabbia medio fine ghiaiosa debolmente limosa con rari ciottoli (max 13 cm)	SW
	2,65 - 2,80	16			
	2,80 - 2,95	9			
087023P10SPT39	5,00 - 5,15	19	39	deposito alluvionale costituito da sabbia fine limosa debolmente ghiaiosa	SM
	5,15 - 5,30	14			
	5,30 - 5,45	25			
087023P10SPT40	7,50 - 7,65	14	49	deposito alluvionale costituito da sabbia medio grossa ghiaiosa (max 5 cm) debolmente limosa	SW
	7,65 - 7,80	23			
	7,80 - 7,95	26			
087023P10SPT41	10,00 - 10,15	23	> 50	deposito alluvionale costituito da sabbia medio grossa ghiaiosa (max 5 cm) debolmente limosa	SW
	10,15 - 10,27	R			
	--				
087023P11SPT44	4,00 - 4,15	1	0	sabbie ghiaiose in matrice argillosa di colore verde scuro	SW
	4,15 - 4,30	0			
	4,30 - 4,45	0			
087023P11SPT45	9,00 - 9,15	12	30	sabbie ghiaiose con piccoli ciottoli in matrice argillosa	SW
	9,15 - 9,30	14			
	9,30 - 9,45	16			
087023P11SPT46	16,00 - 16,15	34	90	ghiaie e ciottoli di piccole dimensioni sub-arrotondati in matrice limo-argillosa molto consistente	GW
	6,15 - 6,30	42			
	6,30 - 6,45	48			
087023P12SPT49	4,00 - 4,15	1	0	sabbie ghiaiose in matrice argillosa di colore verde scuro	SW
	4,15 - 4,30	0			
	4,30 - 4,45	0			
087023P12SPT50	8,00 - 8,15	4	28	sabbie ghiaiose con piccoli ciottoli in matrice argillosa	SW
	8,15 - 8,30	12			
	8,30 - 8,45	16			
087023P12SPT51	15,00 - 15,15	22	50	ghiaie e ciottoli di piccole dimensioni sub-arrotondati in matrice limo-argillosa molto consistente	GW
	15,15 - 15,30	26			
	15,30 - 15,45	24			
087023P13SPT54	2,00 - 2,15	4	10	deposito alluvionale moderatamente addensato costituito da sabbia limosa debolmente ghiaiosa	SM
	2,15 - 2,30	5			
	2,30 - 2,45	5			
087023P13SPT55	4,00 - 4,15	6	13	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa limosa	GM
	4,15 - 4,30	6			
	4,30 - 4,45	7			
087023P13SPT56	6,00 - 6,15	8	20	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa limosa	GM
	6,15 - 6,30	11			
	6,30 - 6,45	9			
087023P13SPT57	8,00 - 8,15	9	34	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa limosa	GM
	8,15 - 8,30	16			
	8,30 - 8,45	18			
087023P14SPT61	2,00 - 2,15	8	14	deposito alluvionale moderatamente addensato costituito da sabbia medio fine ghiaiosa debolmente limosa	SW
	2,15 - 2,30	8			
	2,30 - 2,45	6			
087023P14SPT62	4,40 - 4,55	7	20	deposito alluvionale moderatamente addensato costituito da sabbia medio fine ghiaiosa debolmente limosa	SW
	4,55 - 4,70	10			
	4,70 - 4,95	10			
087023P14SPT63	7,50 - 7,65	10	> 50	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	7,65 - 7,80	11			
	7,80 - 7,93	R			
087023P14SPT64	9,50 - 9,65	12	30	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	9,65 - 9,80	14			
	9,80 - 9,95	16			
087023P14SPT65	11,50 - 11,65	10	35	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	11,65 - 11,80	16			
	11,80 - 11,95	19			
087023P14SPT66	13,50 - 13,65	18	> 50	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	13,65 - 13,80	28			
	13,80 - 13,91	R			

ID_INDP	intervallo di prova (m)	Numero di colpi	Nspt	descrizione litotipo	litotipo
087023P15SPT69	2,50 - 2,65	9	23	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	2,65 - 2,80	13			
	2,80 - 2,95	10			
087023P15SPT70	5,50 - 5,65	6	21	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	5,65 - 6,80	9			
	5,80 - 5,95	12			
087023P15SPT71	7,50 - 7,65	10	35	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	7,65 - 7,80	16			
	7,80 - 7,95	19			
087023P15SPT72	9,50 - 9,65	13	42	deposito alluvionale da moderatamente addensato ad addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbiosa debolmente limosa	GW
	9,65 - 9,80	19			
	9,80 - 9,95	23			
087023P16SPT76	2,00 - 2,15	4	9	deposito alluvionale da poco addensato ad addensato, costituito da sabbia medio fine ghiaiosa	SW
	2,15 - 2,30	5			
	2,30 - 2,45	4			
087023P16SPT77	4,0 - 4,15	3	7	deposito alluvionale da poco addensato ad addensato, costituito da sabbia medio fine ghiaiosa	SW
	4,15 - 4,30	3			
	4,30 - 4,45	4			
087023P16SPT78	6,00 - 6,15	5	12	deposito alluvionale da poco addensato ad addensato, costituito da sabbia medio fine ghiaiosa	SW
	6,15 - 6,30	6			
	6,30 - 6,45	6			
087023P16SPT79	8,00 - 8,15	7	18	deposito alluvionale da poco addensato ad addensato, costituito da sabbia medio fine ghiaiosa	SW
	8,15 - 8,30	9			
	8,30 - 8,45	9			
087023P16SPT80	10,00 - 10,15	11	32	deposito alluvionale costituito da ghiaia medio grossa da sabbiosa a debolmente sabbioso-limosa	GW
	10,15 - 10,30	14			
	10,30 - 10,45	18			
087023P17SPT83	2,00 - 2,15	6	14	deposito alluvionale moderatamente addensato costituito da sabbia medio fine limosa debolmente ghiaiosa	SM
	2,15 - 2,30	6			
	2,30 - 2,45	8			
087023P17SPT84	4,00 - 4,15	7	19	deposito alluvionale moderatamente addensato costituito da sabbia medio fine limosa debolmente ghiaiosa	SM
	4,15 - 4,30	9			
	4,30 - 4,45	10			
087023P17SPT85	6,00 - 6,15	9	> 50	deposito alluvionale addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbioso limosa con rari ciottoli e trovanti di natura vulcanica	GW
	6,15 - 6,26	R			
	--	--			
087023P17SPT86	8,50 - 8,65	13	40	deposito alluvionale addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbioso limosa con rari ciottoli e trovanti di natura vulcanica	GW
	8,65 - 8,80	19			
	8,80 - 8,95	21			
087023P17SPT87	10,50 - 10,65	17	> 50	deposito alluvionale addensato costituito da ghiaia medio grossa sabbioso limosa con rari ciottoli e trovanti di natura vulcanica	GW
	10,65 - 10,80	28			
	10,80 - 10,92	R			

ID_INDP	intervallo di prova (m)	Numero di colpi	Nspt	descrizione litotipo	litotipo
087023P19SPT93	3,00 - 3,15	0	3	limi sabbiosi di colore grigio	ML
	3,15 - 3,30	1			
	3,30 - 3,45	2			
087023P19SPT94	7,00 - 7,15	2	6	sabbie argillose di colore marrone	SC
	7,15 - 7,30	2			
	7,30 - 7,45	4			
087023P19SPT95	15,00 - 15,15	10	33	sabbie in matrice argillosa di colore scuro	SC
	15,15 - 15,30	12			
	15,30 - 15,45	21			
087023P21SPT99	9,00 - 9,15	9	32	argille limose grigio azzurre molto compatte	NR
	9,15 - 9,30	15			
	9,30 - 9,45	17			
087023P24SPT104	3,20 - 3,35	3	8	sabbie e clasti di piccole dimensioni di colore marrone	SW
	3,35 - 3,50	5			
	3,50 - 3,65	3			
087023P24SPT105	13,40 - 13,55	17	40	sabbie pulite addensate color caffè	SW
	13,55 - 13,70	21			
	13,70 - 13,85	19			
087023P25SPT108	3,20 - 3,35	3	8	limi in materiale organico	OL
	3,35 - 3,50	5			
	3,50 - 3,65	3			
087023P25SPT109	7,00 - 7,15	5	10	sabbie fini in matrice argillosa di colore marrone	SC
	7,15 - 7,30	6			
	7,30 - 7,45	4			
087023P26SPT112	3,20 - 3,35	3	8	sabbie fini pulite di colore scuro	SP
	3,35 - 3,50	5			
	3,50 - 3,65	3			
087023P26SPT113	14,60 - 14,75	10	39	sabbie fini di colore con piccoli clasti sub-arrotondati addensate	SP
	14,75 - 14,90	15			
	14,90 - 15,05	24			
087023P27SPT116	10,40 - 10,55	12	51	limi sabbiosi di colore marrone	OL
	10,55 - 10,70	21			
	10,70 - 10,85	30			
087023P28SPT119	3,20 - 3,35	3	8	sabbie fini poco addensate con materiale organico di colore nocciola scuro	PT
	3,35 - 3,50	3			
	3,50 - 3,65	5			
087023P28SPT120	13,60 - 13,75	7	21	livelli sabbiosi in materiale organico mediamente consistenti di colore scuro	PT
	13,75 - 13,90	9			
	13,90 - 14,05	12			

ID_INDP	intervallo di prova (m)	Numero di colpi	Nspt	descrizione litotipo	litotipo
087023P29SPT123	3,20 - 3,35	3	11	sabbie medio fini poco addensate di colore scuro	SP
	3,35 - 3,50	5			
	3,50 - 3,65	6			
087023P29SPT124	13,60 - 13,75	8	30	sabbie e ciottoli di piccole dimensioni sub-arrotondati in matrice argillosa consistenti di color caffè	SC
	13,75 - 13,90	12			
	13,90 - 14,05	18			
087023P30SPT127	5,20 - 5,35	8	32	sabbie grossolane di colore scuro con clasti sub-arrotondati di piccole e medie dimensioni in matrice limo argillosa	SW
	5,35 - 5,50	20			
	5,50 - 5,65	12			
087023P30SPT128	13,60 - 13,75	8	31	sabbie ghiaiose con ciottoli di piccole dimensioni di natura lavica sub-arrotondati	SW
	13,75 - 13,90	12			
	13,90 - 14,05	19			
087023P31SPT131	3,20 - 3,35	2	11	materiale organico di colore scuro	PT
	3,35 - 3,50	4			
	3,50 - 3,65	7			
087023P31SPT132	12,00 - 12,15	33	55	limi sabbiosi molto consistenti di colore caffè	ML
	12,15 - 12,30	28			
	12,30 - 12,45	27			
087023P32SPT135	3,20 - 3,35	2	11	limi argillosi con incluse sabbie di colore grigio	ML
	3,35 - 3,50	4			
	3,50 - 3,65	7			
087023P32SPT136	13,60 - 13,75	8	31	sabbie limo argillose di colore scuro	SM
	13,75 - 13,90	12			
	13,90 - 14,05	19			
087023P33SPT139	3,40 - 3,55	1	0	limi argillosi mediamente sabbiosi di colore grigio scuro	ML
	3,55 - 3,70	0			
	3,70 - 3,85	0			
087023P33SPT140	15,00 - 15,15	34	90	ghiaia e ciottoli di piccole dimensioni sub arrotondati in matrice argillosa molto addensati	GC
	15,15 - 15,30	42			
	15,30 - 15,45	48			
087023P34SPT143	4,20 - 4,35	1	0	limi argillosi leggermente sabbiosi di colore grigio	ML
	4,35 - 4,50	0			
	4,50 - 4,65	0			
087023P34SPT144	8,00 - 8,15	2	10	sabbie grosse limo argillose a spigoli vivi	SM
	8,15 - 8,30	4			
	8,30 - 8,45	6			
087023P34SPT145	15,00 - 15,15	7	53	ghiaie sabbiose a spigoli vivi in matrice argillosa e ben addensati	GC
	15,15 - 15,30	21			
	15,30 - 15,45	32			
087023P35SPT148	4,0 - 4,15	1	2	sabbie grosse pulite e clasti di piccole e medie dimensioni di materiale scoriaceo di colore grigio scuro	SW
	4,15 - 4,30	2			
	4,30 - 4,45	0			
087023P35SPT149	8,00 - 8,15	3	8	limi sabbiosi argillosi di colore scuro	ML
	8,15 - 8,30	4			
	8,30 - 8,45	4			
087023P35SPT150	15,60 - 15,75	12	44	ghiaie e ciottoli di piccole dimensioni sub arrotondati in matrice argillosa molto addensati	GC
	15,75 - 15,90	18			
	15,90 - 16,05	26			

Tabella 1: Valori del numero di colpi e del parametro “Nspt” registrati durante l’esecuzione di prove penetrometriche dinamiche realizzate all’interno del territorio comunale di Mascali a supporto di diversi studi geologici del sottosuolo.

<b>ID_INDPU: 087023P13DH59</b>		
<b>Down - Hole S.1</b>		
<b>Profondità</b>	<b>Vp (m/s)</b>	<b>Vs (m/s)</b>
-1	154,28	89,07
-3	234,82	135,57
-5	927,10	535,25
-7	1152,89	665,62
-9	1376,66	794,81
-11	1534,08	885,70
-13	1568,80	905,74
-15	1991,16	1149,60

<b>ID_INDPU: 087023P15DH74</b>		
<b>Down - Hole S.3</b>		
<b>Profondità</b>	<b>Vp (m/s)</b>	<b>Vs (m/s)</b>
-1	231,83	133,85
-3	417,92	241,28
-5	889,36	513,47
-7	1493,88	862,49
-9	1703,20	983,34
-11	1728,84	998,14
-13	1902,90	1098,64
-15	1879,16	1084,93

<b>ID_INDPU: 087023P17DH89</b>		
<b>Down - Hole S.5</b>		
<b>Profondità</b>	<b>Vp (m/s)</b>	<b>Vs (m/s)</b>
-1	173,87	133,85
-3	307,01	241,28
-5	833,62	513,47
-7	995,92	862,49
-9	1760,22	983,34
-11	1893,50	998,14
-13	1975,51	1098,64
-15	2035,20	1084,93

Tabelle 2-4: Tabelle dei valori di velocità delle onde sismiche "P" e "S" relativi all'esecuzione di n. 3 prove down hole in foro realizzati durante la campagna di indagini geognostiche eseguite per i lavori di urbanizzazione del "Piano Particolareggiato Via San Giuseppe lato Sud" del Comune di Mascali.

## Allegato 4 – Misure di microtremore ambientale

Negli ultimi decenni si è assistito ad un notevole sviluppo delle tematiche relative agli studi microzonazione sismica sebbene l'osservazione degli effetti del danneggiamento sismico, a causa delle condizioni locali dei terreni, ha origine molto antiche 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).

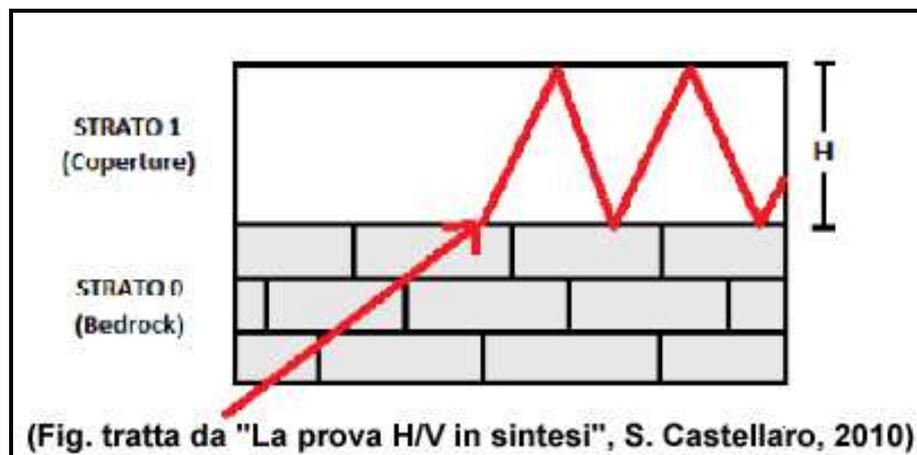
Ciò premesso, riconosciuta l'importanza degli effetti di sito, al progettista serve conoscere la *funzione di trasferimento* al sito, ossia come il moto dal bedrock si trasferisce in superficie; ne consegue che la condizione ideale risulta la misurazione e non il calcolo (che richiederebbe la modellazione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

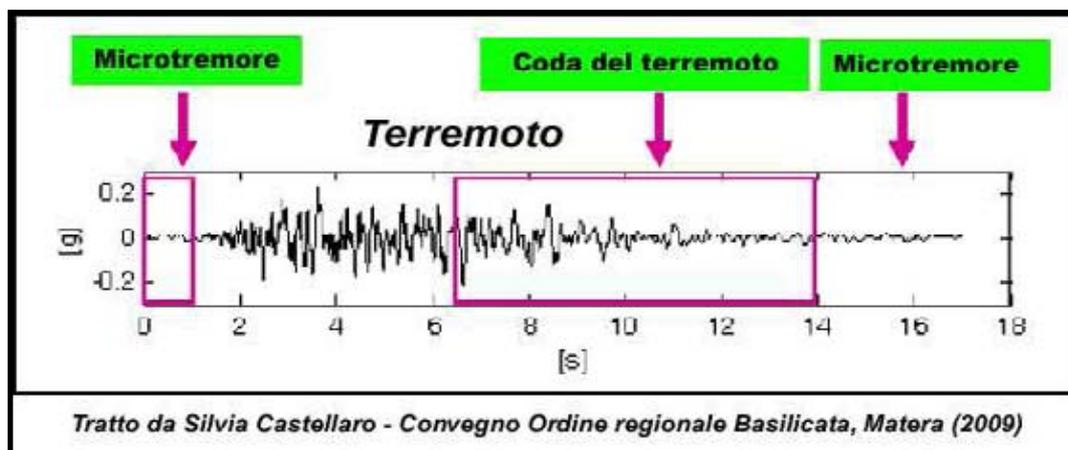
A tal proposito va rilevato, quindi, come lo studio del microtremore ambientale (noise), attraverso le prove di sismica passiva a stazione singola H/V (o HVSR), sia in grado di mettere in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica; tale prova, comunemente 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<sub>terremoto</sub> e quelle degli H/V<sub>tremore</sub> 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.), Vs 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 Vs 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  $H/V_{\text{tremore}}$  pur differendo le ampiezze per i motivi su esposti.

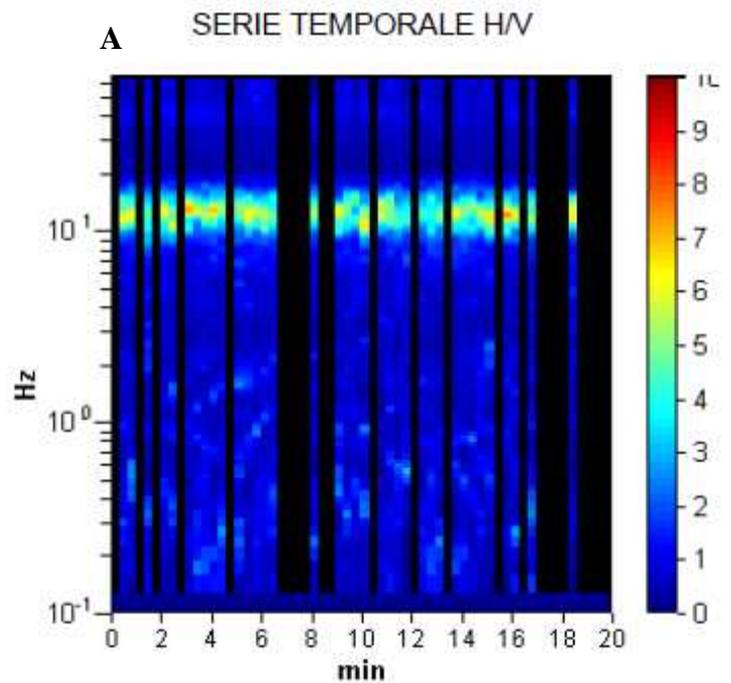
Nello specifico, considerando l'estensione e la topografia dell'area, questo studio ha comportato l'esecuzione di "56" misure, secondo le indicazioni del progetto di ricerca europeo SESAME ("Guidelines for the implementation of the H\|V spectral ratio technique on ambient vibrations" - European Commission, 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.

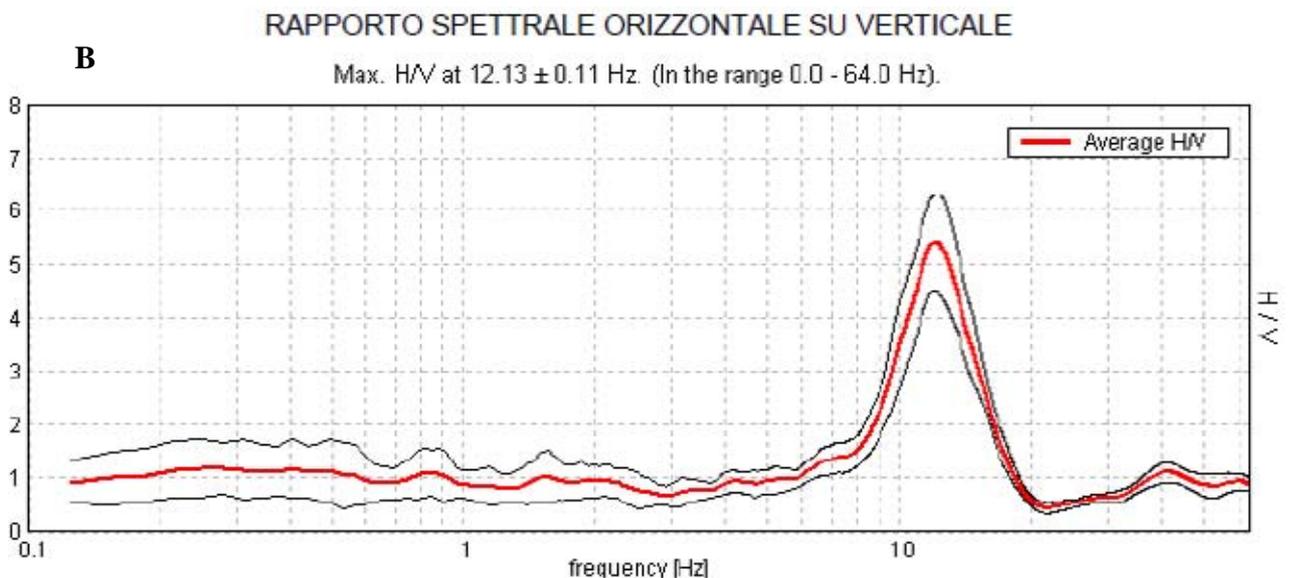
Occorre, altresì, ricordare che il posizionamento dello strumento su suolo artificiale rigido (asfalto, cemento, pavimentazioni) assume un certo rilievo nel definire il grado di amplificazione locale in quanto la misura eseguita su un suolo artificiale più rigido del terreno sottostante genera un'inversione 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 tomografo-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. Mascali - 087023P70, 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 087023P70 a Mascali.

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 56 siti di misura ubicati all'interno dell'area di studio. Si può osservare che la maggior parte delle frequenze di picco oscillano fra valori di 0.6 Hz e ~6 Hz, anche se, data l'elevata mole di dati, è stato riscontrato un discreto numero di valori più elevati. In alcuni casi, all'interno del range di frequenza considerato (0.6 - 20 Hz), vengono segnalati due o tre picchi, alcuni dei quali abbracciano valori di frequenza molto elevati. E' da notare, inoltre, l'estrema variabilità delle amplificazioni registrate, che oscillano da valori di H/V di poco inferiori a 2 a valori molto elevati, raggiungendo il valore massimo di 15,55 nell'indagine 087023P75.

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 <sub>0</sub>	H <sub>0</sub> /V <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	H <sub>1</sub> /V <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> /V <sub>2</sub>
087023P36	1	514989,15	4182178,94	2,16	2,79	5,57	2,31		
087023P37	2	515191,23	4182024,96	2,51	2,38	4,13	3,13		
087023P38	3	515135,92	4181784,60	9,19	3,04				
087023P39	4	515237,20	4181292,13	14,06	6,19				
087023P40	5	515331,18	4181065,98	3,25	2,14				
087023P41	6	515461,91	4180924,23	2,59	2,21	14,14	2,24		
087023P42	7	515347,98	4180593,14	15,78	3,66				
087023P43	8	515381,29	4180217,96	8,98	2,40	12,09	3,61	21,56	6,23
087023P44	9	517233,37	4179952,06	12,38	6,01				
087023P45	10	517318,66	4179817,83	3,30	2,26	11,88	4,15		
087023P46	11	519098,89	4179821,54	1,75	2,47				
087023P47	12	518850,58	4179511,86	1,63	4,89				
087023P48	13	515466,86	4179565,86	9,63	3,58				
087023P49	14	515954,29	4179407,88	17,72	3,07				
087023P50	15	517934,79	4179358,98	2,47	2,10	5,28	3,55		
087023P51	16	515185,70	4179285,34	8,44	4,50				
087023P52	17	516010,19	4179268,38	0,62	2,17	13,41	8,32		
087023P53	18	518714,59	4179214,24	2,16	3,98				
087023P54	19	516122,12	4179141,98	12,06	4,27				
087023P55	20	517172,57	4179187,28	13,75	2,90				
087023P56	21	517720,13	4179183,68	5,00	2,72	6,62	2,64		
087023P57	22	518179,12	4179085,00	8,56	3,03				
087023P58	23	515194,78	4179138,74	1,08	1,95	12,06	5,67		
087023P59	24	516059,09	4179045,16	12,09	4,88				
087023P60	25	515178,02	4179031,73	13,75	3,75				
087023P61	26	515408,30	4178997,52	6,75	2,43				
087023P62	27	514424,21	4178945,16	9,38	1,93				
087023P63	28	514853,09	4178927,67	0,95	1,96	23,69	2,49		
087023P64	29	517252,54	4178936,74	10,75	4,62				
087023P65	30	517966,02	4178839,94	1,82	2,29	5,00	7,25		
087023P66	31	518451,28	4178846,72	1,53	6,34				
087023P67	32	518744,79	4178853,55	6,56	2,73	14,48	2,34		
087023P68	33	512457,08	4178861,96	2,00	3,45				
087023P69	34	516957,39	4178717,97	7,19	2,26				
087023P70	35	517162,05	4178682,37	12,13	5,41				
087023P71	36	517528,61	4178737,39	4,47	5,10	5,71	4,26		
087023P72	37	518611,37	4178713,70	4,59	2,10				
087023P73	38	512781,10	4178647,52	1,40	3,10	12,75	3,18		
087023P74	39	517575,52	4178609,69	6,72	7,29	9,27	4,44		
087023P75	40	518440,49	4178648,46	1,25	15,55				
087023P76	41	512319,32	4178459,37	1,06	3,18				
087023P77	42	512582,66	4178478,35	1,72	3,24				
087023P78	43	517424,67	4178456,76	6,19	13,38				
087023P79	44	518222,27	4178416,19	1,25	3,97				
087023P80	45	517010,16	4178395,80	12,25	9,25				
087023P81	46	517219,95	4178342,03	10,31	10,15				
087023P82	47	512417,67	4178270,45	1,09	3,27	14,94	2,68		
087023P83	48	516930,04	4178157,60	6,97	11,38				
087023P84	49	518395,96	4178168,13	8,88	2,55	14,71	2,53		
087023P85	50	512558,61	4178110,09	1,19	2,73	17,78	6,85		
087023P86	51	517238,94	4178042,02	1,14	2,34	5,63	4,03		
087023P87	52	518052,29	4178065,25	0,83	2,25	1,72	2,73		
087023P88	53	518202,83	4177680,27	7,44	2,86	14,25	2,57		
087023P89	54	517940,08	4177075,54	0,61	2,12	3,22	2,37		
087023P90	55	517532,39	4176702,00	0,60	1,88	11,18	2,22		
087023P91	56	518003,61	4176755,79	0,60	1,68	5,22	2,62		

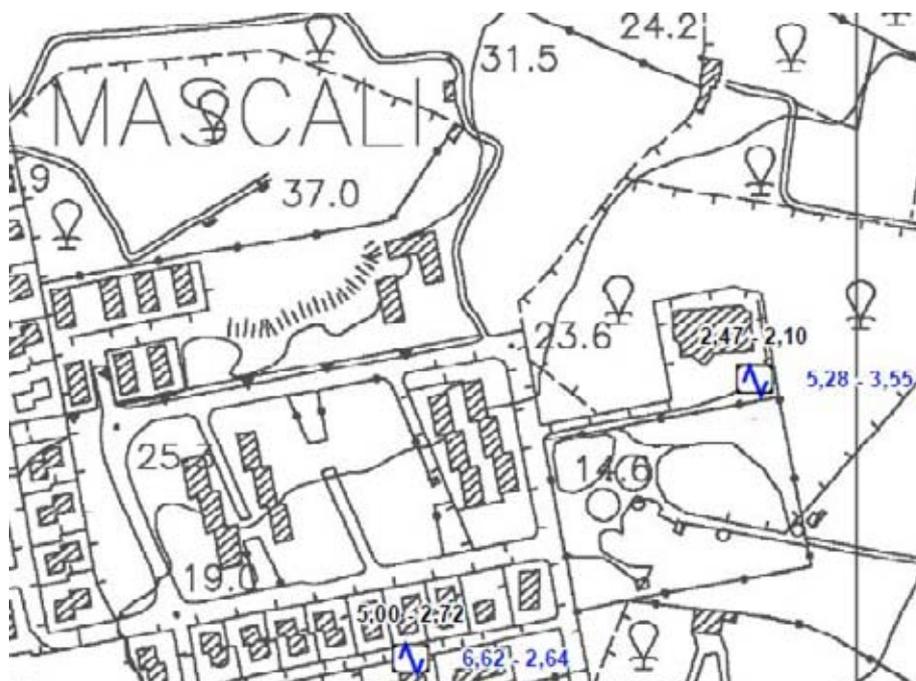
**Tabella 1:** siti di misura a stazione singola dei microtremori ricadenti nell'area di studio del comune di Mascali.

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 esposte 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:

- $0.6 \leq f < 2.0$  Hz questa fascia riguarda strutture di dimensioni grandi ( $> 10 \div 20$  piani, indicativamente);
- $2.0 \leq f < 10.0$  Hz questa fascia riguarda strutture di dimensioni medio-piccole (1-10 piani, indicativamente);
- $10.0 \leq f < 20.0$  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, mostrandone i valori di frequenza ed ampiezza dei picchi significativi (due 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).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	12.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	8730.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Supcrato 0 volte su 583	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	0.438 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	15.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.41 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00432  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05235 < 0.60625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4397 < 1.58	OK	

$l_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log HV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Iz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	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 087023P70 di Mascali 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]			
$f_0 > 10 / L_w$	12.09 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6288.8 > 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 582 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.25 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	17.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.88 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$ 0.58883  < 0.05$ $7.12119 < 0.60469$		NO NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9227 < 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
$\sigma_f$	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 $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [1/2]	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 087023P59 di Mascali 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 – Acritical review of 10 years of microtremor HVSR technique. *Boll. Geofis. Teorica Appl.*, 42, 255–266.

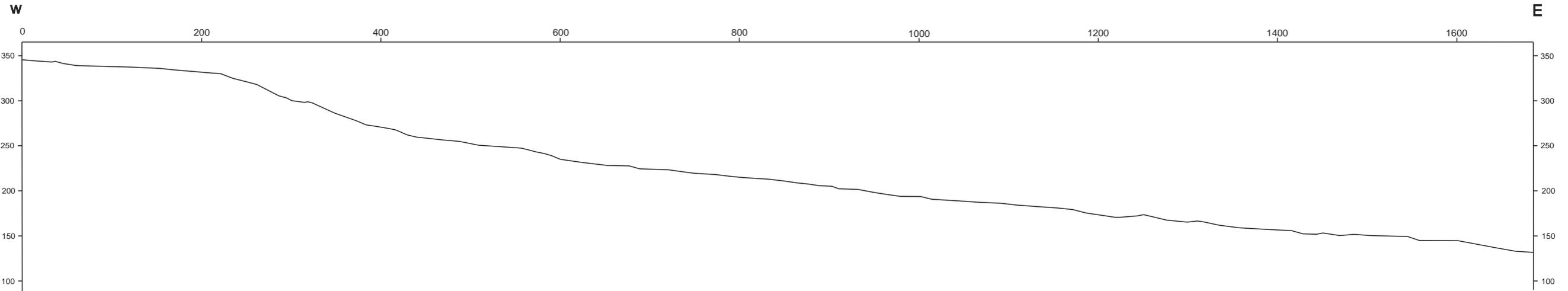
Nakamura Y.; 1989 – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *Q.R.Railway Tech. Res. Inst.*, 30, 25–33.

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

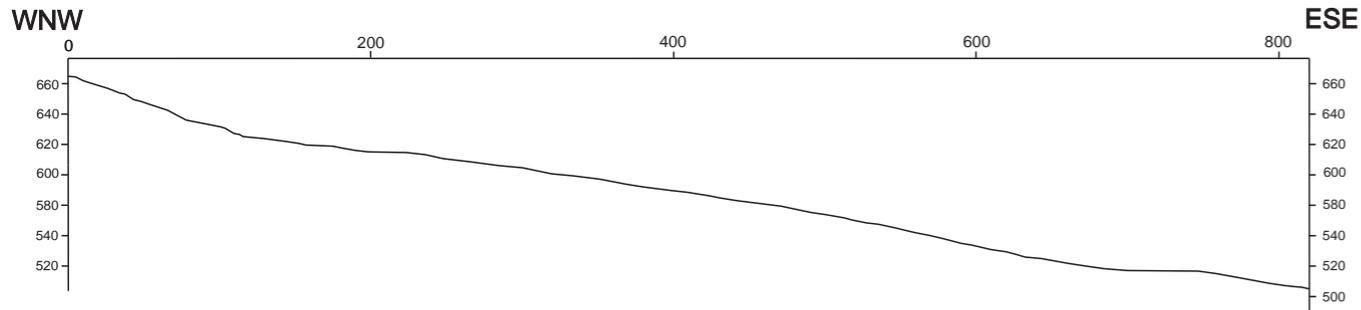
SESAME Working Group (2004) - Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. <http://sesamefp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>.

# Allegato 5 – Profili topografici Mascali

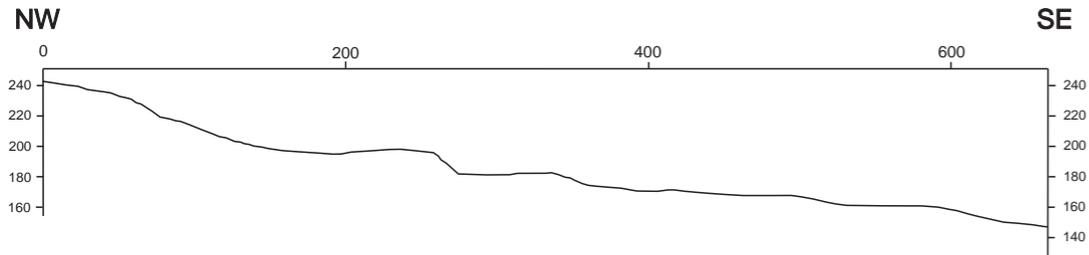
## Profilo topografico 1



## Profilo topografico 2



## Profilo topografico 3



# Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

## Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

