



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

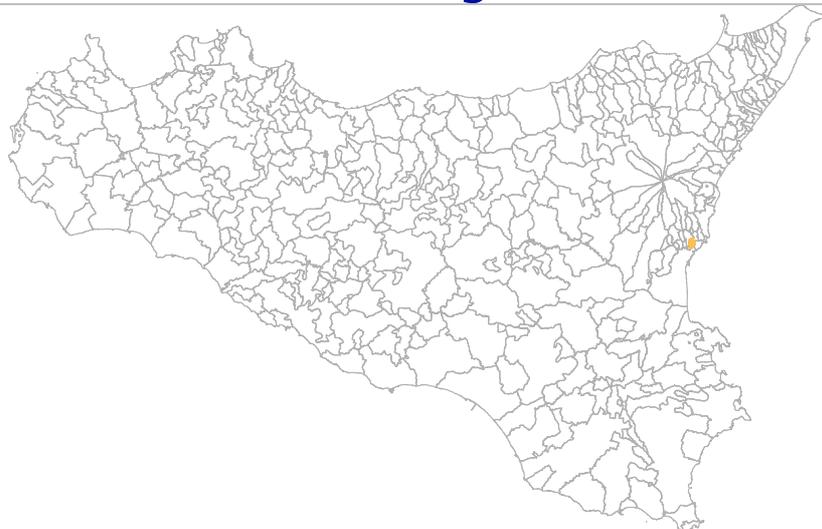
MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di San Gregorio di Catania



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: Marzo 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	23
4. Dati geotecnici e geofisici	50
5. Modello del sottosuolo	56
6. Interpretazioni e incertezze	58
7. Metodologie di elaborazione e risultati	62
8. Elaborati cartografici	75
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	82
10. Bibliografia	83
11. Allegati	90



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 San Gregorio di Catania (codice istat 087042), in Provincia di Catania, oggetto della presente relazione, sono stati eseguiti nell'ambito della Convenzione del 20/12/2011 tra Università di Catania e Dipartimento Regionale di Protezione Civile della Regione Sicilia, che ha previsto l'avvio delle indagini per i comuni siciliani soggetti a più elevata pericolosità sismica. L'attività di microzonazione è stata eseguita seguendo le indicazioni contenute negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008) e tenendo conto anche dei suggerimenti contenuti nel supplemento a "Ingegneria Sismica" (anno XXVIII, n.2, 2011) a cura di Dolce et alii.

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

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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

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

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

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

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

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

Gli studi condotti nel territorio di San Gregorio di Catania si riferiscono al primo livello di approfondimento e sono consistiti nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di una serie di elaborati cartografici (Carta delle indagini, la Carta geologico tecnica per la MS e la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica) richiesti dagli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) e nella compilazione di un database, risultato di una profonda e dettagliata elaborazione delle informazioni esistenti. Il territorio del Comune di San Gregorio di Catania si sviluppa lungo il basso versante sud-orientale del Monte Etna in Sicilia orientale con un'estensione areale di circa 5,685 km² (Fig. 1). In mancanza di indicazioni da parte del Comune, si è stabilito, in accordo con il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, di estendere gli studi di microzonazione sismica di I livello all'intero territorio comunale, come da verbale della riunione tecnica del 24/04/2012 tra l'Università di Catania e il Dipartimento di Protezione Civile. 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 634020 e 634060 (Fig. 1).

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

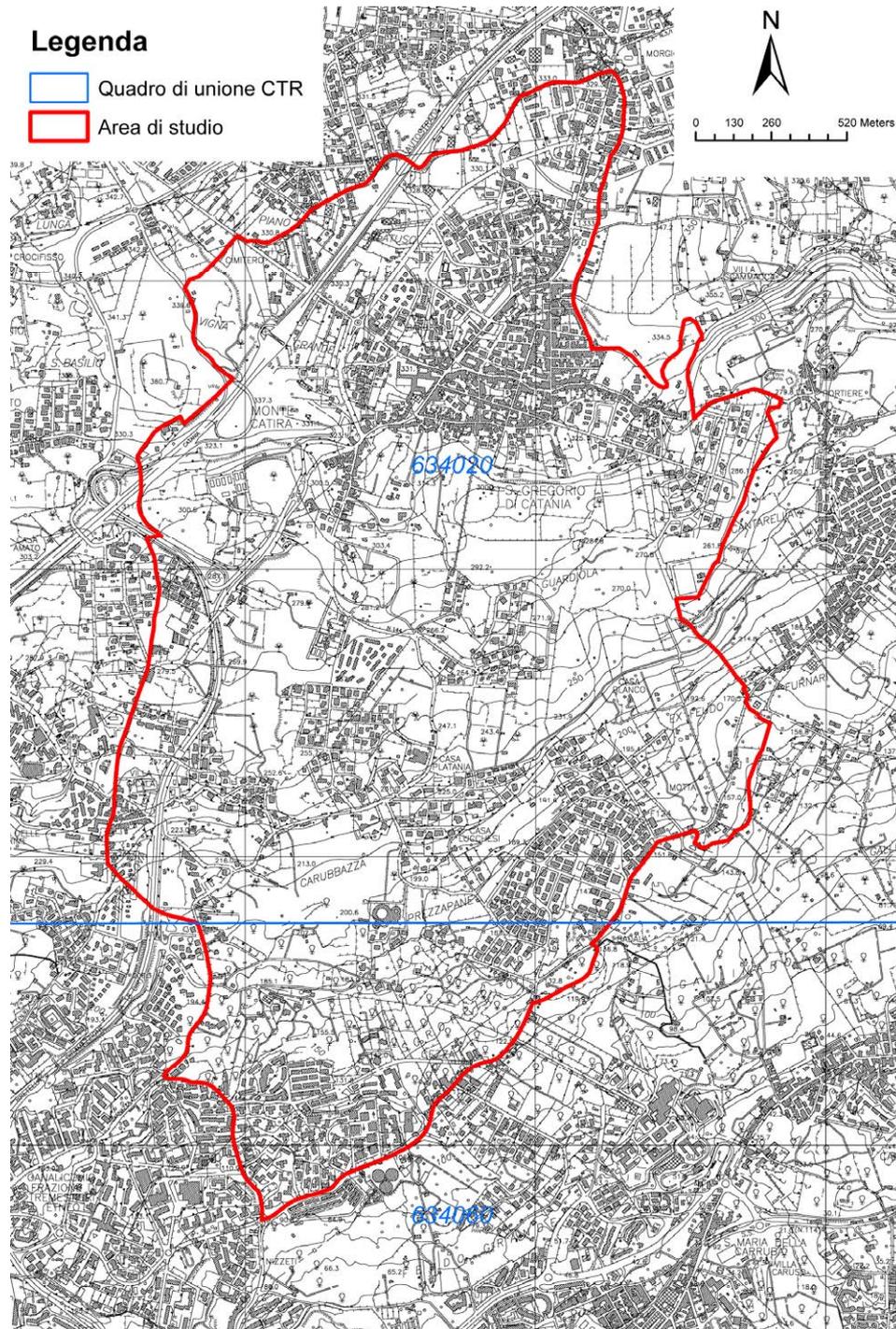


Fig. 1 – Ubicazione dell'area in cui sono stati effettuati gli studi di MS di livello 1 (delimitata in rosso), corrispondente al territorio comunale di San Gregorio di Catania, all'interno delle Sezioni CTR 634020 e 634060.

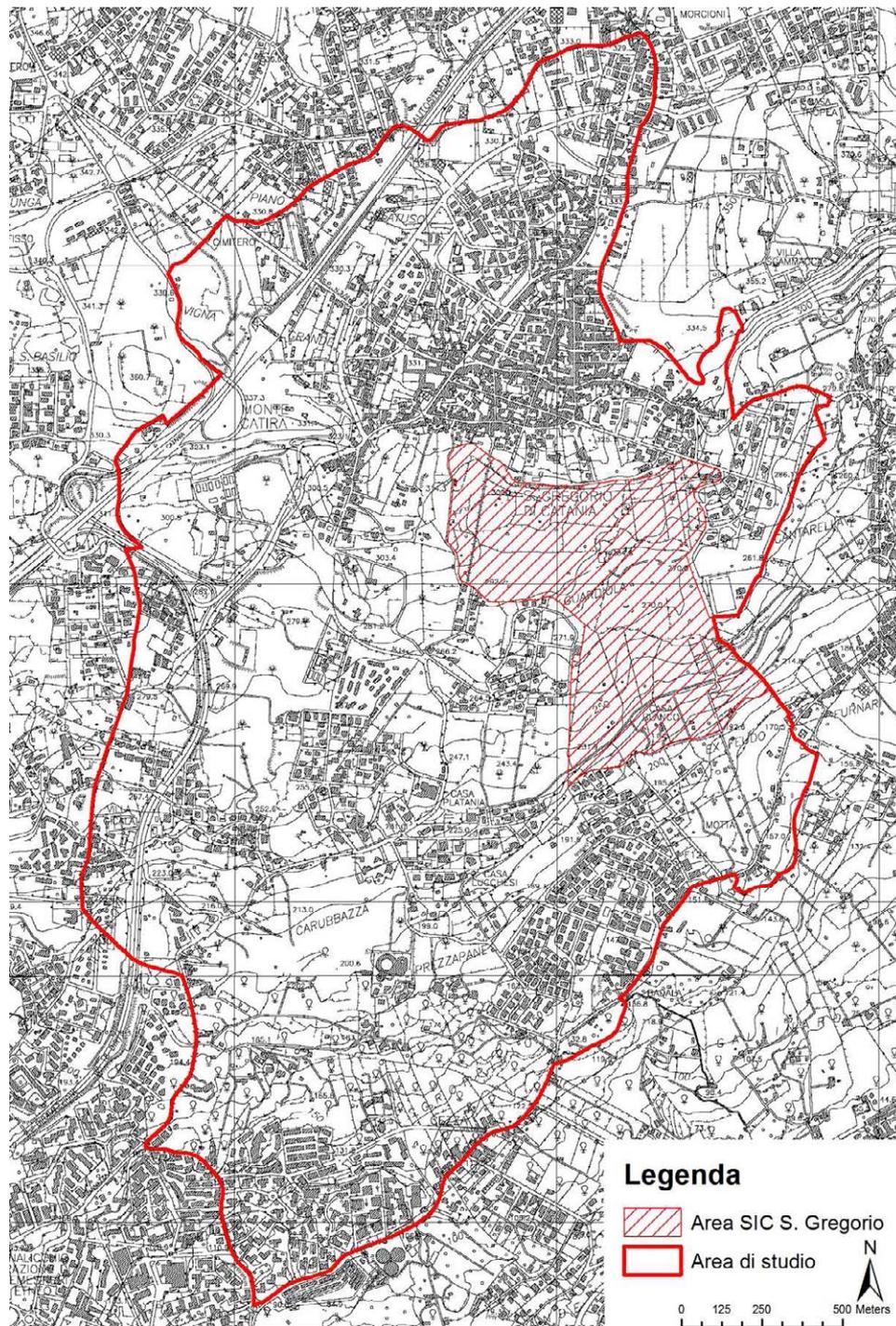


Fig. 2 - Ubicazione nel territorio del Comune di San Gregorio di Catania (delimitato in rosso), dell'area SIC ITA070008 “Complesso Immacolatelle, Micio Conti, boschi limitrofi”, (rigato rosso).

All'interno dell'area di studio ricade una zona SIC denominata “Complesso Immacolatelle, Micio Conti, boschi limitrofi”, codice ITA070008, che si estende per circa 0,54 km² nel settore centro orientale immediatamente a sud del centro urbano principale, fino a raggiungere il confine con l'area comunale di Aci Castello (Fig. 2).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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 San Gregorio di Catania è stato possibile attingere ad una quantità modesta d'informazioni pregresse che sono concentrate in una piccola area situata a nord-ovest del centro abitato principale, e in una fascia che si estende in direzione circa est-ovest attraversando il centro abitato principale, oggetto di studi geofisici effettuati per la valutazione della presenza o meno di strutture tettoniche attive. Seppure non omogeneamente distribuiti, i dati raccolti hanno permesso di 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 di sottosuolo diretto. In questo caso si è fatto riferimento a proiezioni dei dati disponibili in aree limitrofe, sulla base di una scrupolosa interpretazione delle evidenze di superficie, nella previsione di infittire le indagini nei successivi stadi di approfondimento.

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di San Gregorio di Catania, relativi ad indagini effettuate per lo studio geologico a supporto del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) realizzato nel 1995 e a indagini effettuate per la progettazione di edifici pubblici, sono sintetizzati in diversi elaborati di seguito elencati:

Elaborati dello studio geologico per il P.R.G.

- Relazione Geologico-Tecnica
- Allegato 1, Carta Geolitologica e Geomorfologica in scala 1:10.000

- Allegato 2, Carta Geolitologica e Geomorfologica di dettaglio in scala 1:2.000
- Allegato 3, Carta Idrogeologica in scala 1:10.000
- Allegato 4, Sezioni Geologiche interpretative
- Allegato 5, Carta di classificazione del Territorio in scala 1:2.000 - Tavole 1,2,3,4,5,6
- Allegato 6, Carta Geologico-Tecnica piano particolareggiato Centro Urbano scala 1:2.000
- Allegato 7, Risultati Indagini Geognostiche
- Allegato 8, Documentazione Fotografica
- Carta fratture
- Nota Geologico-Tecnica

Elaborati progetto area di accoglienza Guardiola

- Studio geologico di massima
- Programma dettagliato delle indagini
- Computo metrico delle indagini geognostiche
- Relazione Idrogeologica-Ambientale
- Allegato 1, Carta Idrogeologica in scala 1:10.000
- Allegato 2, Carta Geologica, carta tecnica regionale in scala 1:10.000

Elaborati progetto Scuola Media Purrello



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

- Relazione Geologico–Tecnica esecutiva
- Corografia in scala 1:25.000
- Carta Geologica in scala 1:10.000
- Profilo Geologico
- Stratigrafia
- Prove di laboratorio

Elaborati studio idrogeologico Casedde

- Carta idrogeologica in scala 1:10.000
- Studio Idrogeologico–Ambientale

Elaborati progetto palestra fondo Gullo

- Relazione Geologico–Tecnica
- Allegato 1, Ubicazione Planimetrica in scala 1:25.000
- Allegato 2, Carta Geologica in scala 1:5.000
- Allegato 3, Ubicazione indagini in scala 1:1.000

Elaborati progetto Sondaggio palestra Gullo

- Traversa sismica 1,2,3
- Sondaggio sismico 1,2,3
- Down-Hole sondaggio n°1

Elaborati progetto centro divertimenti; Ditta Sofocle s.r.l.

- Relazione Geologica
- Tavola 2, Carta Geologica in scala 1:10.000
- Tavola 3, Inquadramento morfologico
- Tavola 4 Carta di ubicazione dei sondaggi in scala 1:2.000
- Allegato 1, Indagini geognostiche con relativa documentazione fotografica

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

Lo studio è stato integrato da verifiche di terreno e analisi di aerofotogrammetrie, mirate alla verifica della affidabilità del modello geologico proposto. Infine sono state effettuate una serie di misure di microtremiti 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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
presenza di instabilità (PAI Regione Sicilia, Progetto IFFI, Progetto Sinkhole, Pubblicazioni scientifiche), che le caratteristiche sismotettoniche (Progetto Ithaca, DISS3) e di sismologia storica e macrosismica (CPTI11, DBMI11, CFTI), oltre alla cartografia geologica (AA.VV., 1979, 2009; Monaco et al., 2008; 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 San Gregorio di Catania 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 San Gregorio di Catania (CT) sulle mappe di pericolosità sismica si farà esplicito riferimento alle indicazioni ed alle prescrizioni dettate dall'attuale testo normativo vigente (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC – approvate con D.M. 14/01/2008 e pubblicate sulla G.U. n. 29 in data 04/02/2008) che si assume a base del progetto.

E' stata effettuata l'individuazione del Comune di San Gregorio di Catania sui cataloghi sismici, facendo riferimento in particolare al Catalogo Parametrico dei terremoti italiani (CPTI11; Rovida et al., 2011), che nella fattispecie si riferisce al database macrosismico (DBMI11; Locati et al., 2011) e su una base di dati strumentali molto ampia ed aggiornata. Il catalogo parametrico CPTI11 si compone di due sezioni, una delle quali dedicata ai terremoti etnei (1000–2006). Quest'ultima contiene 198 terremoti localizzati all'interno della zona 936 della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2008) relativi

al periodo 1000–2006. Le soglie energetiche della sezione terremoti etnei sono $Io = 5-6$ e $Mw = 3.5$. Per tutti i terremoti della sezione, il valore di Mw e la relativa incertezza sono ottenuti dal valore di Io mediante la relazione di Azzaro et al. (2011). DBMI11 contiene dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011), e in particolare relativi a: a) 1484 terremoti i cui dati sono stati utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11; b) 197 terremoti etnei, i cui dati non sono utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11, in quanto i relativi parametri sono stati adottati direttamente dal Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; <http://www.ct.ingv.it/ufs/macro>; Azzaro et al., 2000; 2006; 2009). Tra gli eventi sismici di maggiore rilevanza sicuramente si può annoverare il terremoto della Val di Noto dell'11 Gennaio 1693, che è quello che più si è impresso nella memoria storica locale dell'intera Sicilia per molte ragioni: la vastità dell'area colpita, la gravità degli effetti, i mutamenti subiti da una intera rete insediativa e infine la straordinaria capacità progettuale che caratterizzò la fase di ricostruzione. Questo disastro sismico costituisce quindi un importante episodio nella storia del popolamento e dell'urbanistica siciliana, nonché un evento di grande interesse per la storiografia e per la sismologia. In figura 3 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento; il Comune di San Gregorio di Catania viene catalogato con intensità X–XI MCS (Barbano, 1985). La figura 4 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 26 eventi significativi per il territorio di San Gregorio di Catania, a partire dall'evento del 1693. La figura 5 riporta il conseguente grafico relativo alla sismicità storica del comune di San Gregorio di Catania.

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

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

Fig. 3 – 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
10-11	<u>1693 01 11 13:30</u>	Sicilia orientale	185	11 7.41 ±0.15
8-9	<u>1818 02 20 18:15</u>	Catanese	128	9-10 6.23 ±0.12
NF	<u>1906 06 02 00:10</u>	MASSA ANNUNZIATA	19	6 3.71 ±0.26
5	<u>1914 05 08 18:01</u>	LINERA	82	9-10 5.29 ±0.26
4	<u>1931 08 03 21:12</u>	FIANDACA	40	6-7 3.94 ±0.26
NF	<u>1947 05 11 06:3</u>	Calabria centrale	254	8 5.70 ±0.13
NF	<u>1975 01 16 00:0</u>	Stretto di Messina	346	7-8 5.20 ±0.09
NF	<u>1977 06 05 13:5</u>	MISTRETTA	108	6 4.72 ±0.11
3	<u>1980 01 23 21:2</u>	MODICA	122	5-6 4.58 ±0.14
2-3	<u>1980 09 28 15:04</u>	C.DA INCHIUSO	27	6 3.71 ±0.26
5-6	<u>1983 07 20 22:03</u>	VIAGRANDE	106	7 4.16 ±0.26
NF	<u>1983 11 30 14:25</u>	BALLO	45	5-6 3.49 ±0.26
2-3	<u>1984 10 19 17:43</u>	ZAFFERANA ETNEA	124	7 4.16 ±0.26
4	<u>1984 10 25 01:11</u>	FLERI	122	8 4.61 ±0.26
NF	<u>1986 01 12 23:37</u>	S. VENERINA	53	6-7 3.94 ±0.26
NF	<u>1986 02 01 22:52</u>	S. G. BOSCO	48	6-7 3.94 ±0.26
NF	<u>1986 02 02 16:10</u>	S. G. BOSCO	63	7 4.16 ±0.26
3	<u>1987 08 13 07:22</u>	MALETTTO	35	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1988 10 28 18:48</u>	PIANO PERNICANA	66	6 3.71 ±0.26
2-3	<u>1988 11 21 02:19</u>	C.DA TRIGONA	21	6 3.71 ±0.26
5	<u>1990 12 13 00:2</u>	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09
NF	<u>1997 11 11 07:27</u>	S. MARIA LA STELLA	35	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1997 11 11 18:44</u>	S. MARIA LA STELLA	35	5-6 3.49 ±0.26
3	<u>1999 12 26 14:19</u>	C.DA ILICE	43	5-6 3.49 ±0.26
3	<u>2001 10 28 09:03</u>	S. M. AMMALATI	67	6 3.71 ±0.26
NF	<u>2002 03 24 23:05</u>	VERSANTE ORIENTALE	40	5-6 3.49 ±0.26

Fig. 4 – Eventi sismici significativi per il Comune di San Gregorio di Catania, 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.

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

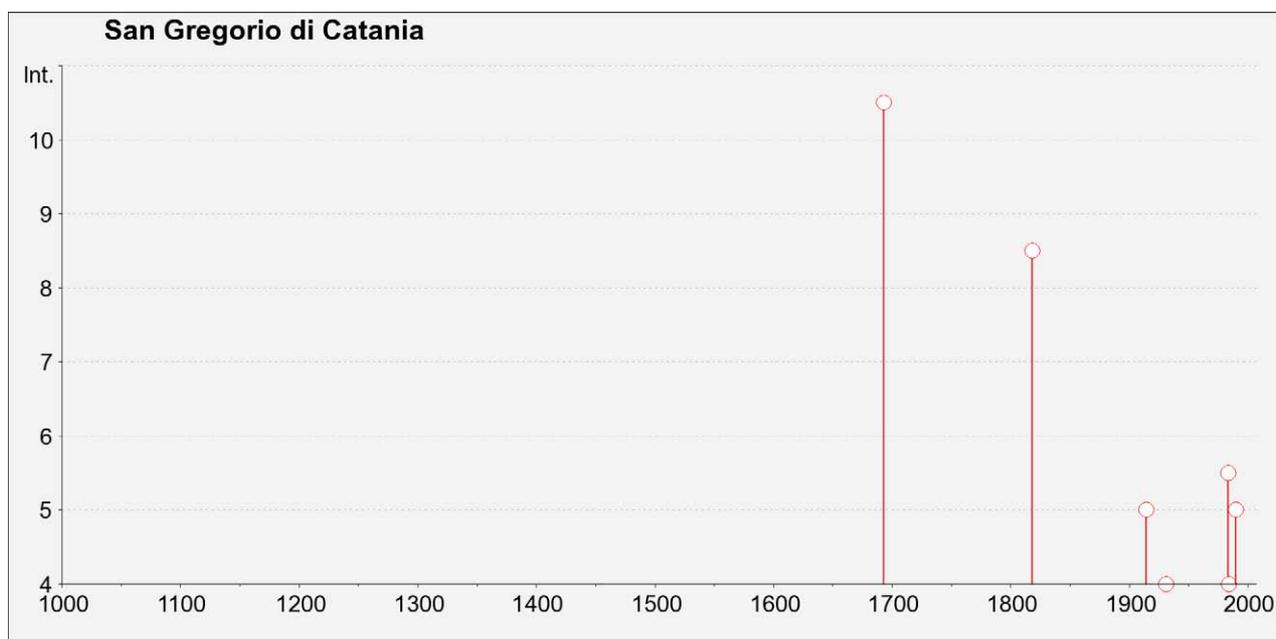


Fig. 5 – Grafico relativo alla sismicità storica del comune di San Gregorio di Catania.

Catalogazione del Comune di San Gregorio di Catania sulla mappa interattiva di pericolosità sismica

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha stabilito, approvato ed emesso in data 27/07/2007 il documento “pericolosità sismica e criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale” con il quale è stata ridefinita la mappatura sismica. La nuova mappatura sismica nazionale consiste in un dettagliato reticolo di riferimento individuato su maglia quadrata di lato 10 km; per ogni punto del reticolo si conoscono le accelerazioni massime attese al bedrock per diversi periodi di ritorno dell’evento sismico. La mappa interattiva di pericolosità sismica (Meletti et al., 2007) su reticolo è attualmente disponibile su <http://esse1.mi.ingv.it>; è altresì disponibile in allegato alle nuove norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) la tabella di riferimento che riporta puntualmente i parametri sismici di progetto al variare del periodo di ritorno dell’evento

sismico di progetto. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione). Le mappe in $a(g)$ sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. Le mappe in $Se(T)$ sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime.

L'area di studio del Comune di San Gregorio di Catania è univocamente individuata dalle coordinate geografiche internazionali:

LATITUDINE : 37.56

LONGITUDINE : 15.136

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 6 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

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 e 2500 anni). Si riportano nelle figure 7-9 rispettivamente le mappe interattive di pericolosità sismica del territorio di San Gregorio di Catania con riferimento al valore di PGA per una probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%, del 5% e del 2%.

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

Fig. 6 – Probabilità d'eccedenza in 50 anni del valore di PGA riportato sulle mappe interattive di pericolosità sismica, il corrispondente periodo di ritorno e la corrispondente frequenza annuale di superamento.

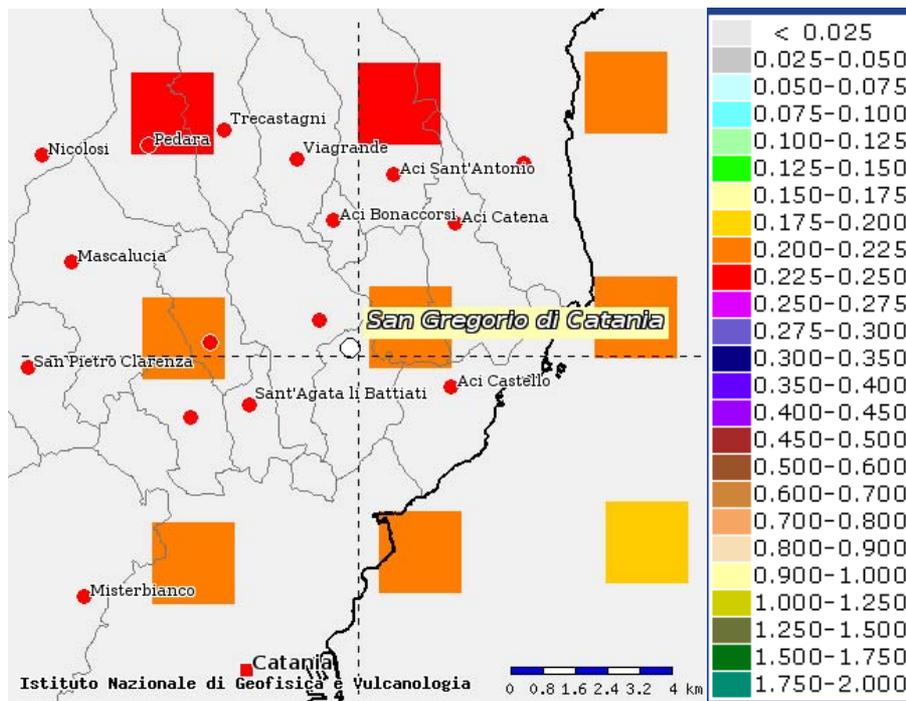


Fig. 7 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di San Gregorio di Catania. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

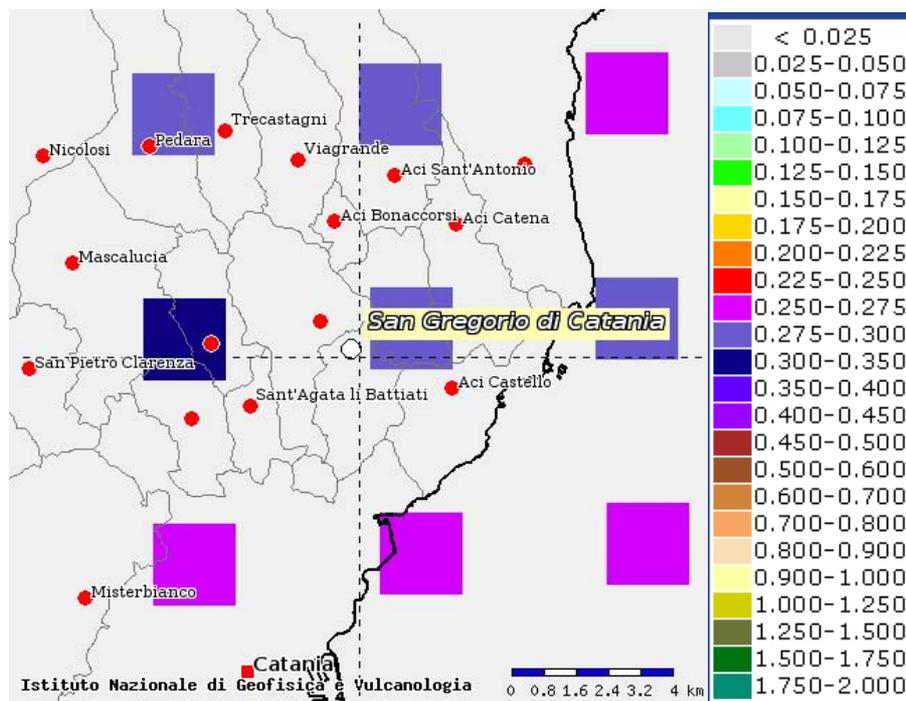


Fig. 8 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di San Gregorio di Catania. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

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

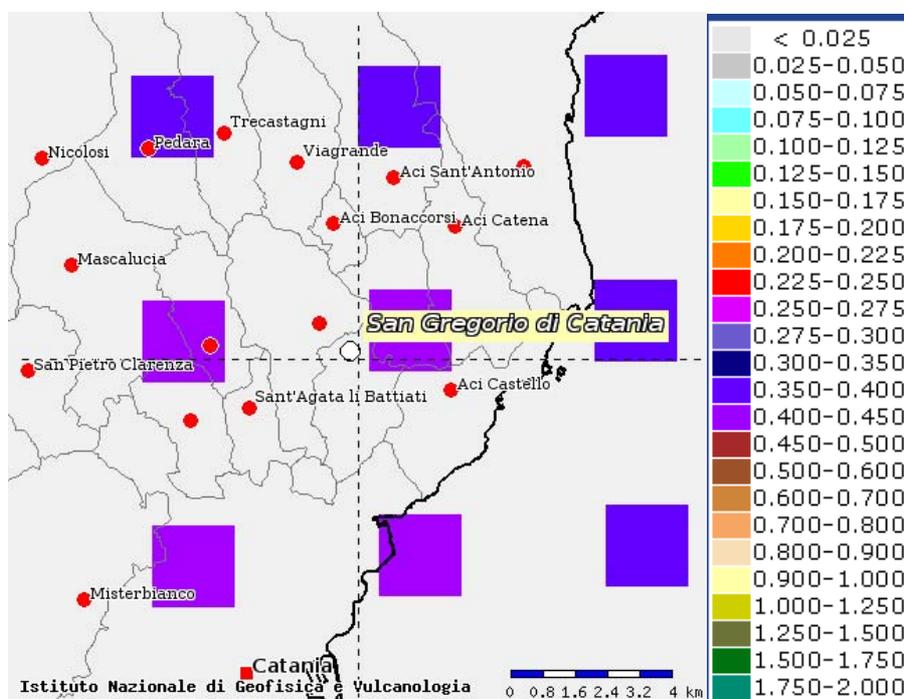


Fig. 9 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di San Gregorio di Catania. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento a_g , probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

I risultati ottenuti per il territorio di San Gregorio di Catania vengono sintetizzati nella tabella 1 di seguito riportata e consentono di calcolare la curve di pericolosità sismica al sito (Fig. 10).

T_R [anni]	a_g [g/10]
475	0.200–0.225
975	0.275–0.300
2475	0.400–0.450

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

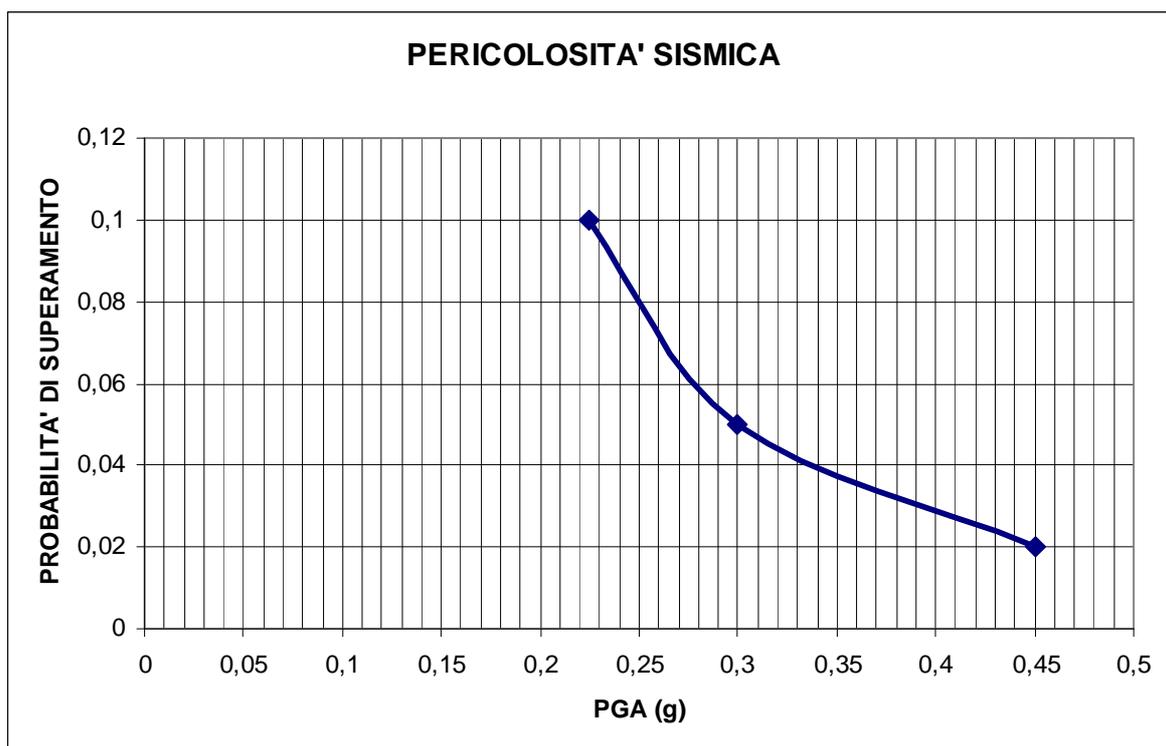


Fig. 10 – Curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di San Gregorio di Catania. La curva rappresenta il valore della mediana.

Il territorio del Comune di San Gregorio di Catania è stato individuato sul database DBMI11 (con 26 eventi sismici significativi tra il 1693 ed il 2002) con una intensità macrosismica espressa nella scala MCS che raggiunge il suo valore massimo in MCS = X–XI in corrispondenza del terremoto della Val di Noto del 1693. La localizzazione territoriale sulle mappe interattive di pericolosità sismica ha consentito di ricavare i valori di ag 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%, 0.275–0.300 per il 5% e 0.400–0.450 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 San Gregorio di Catania.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Il territorio di San Gregorio di Catania ricade nel settore sud-orientale dell'Etna ed è costituito prevalentemente dai prodotti lavici etnei, attribuibili a unità di differente età, che ricoprono con spessori estremamente variabili il substrato sedimentario pre-etneo, di natura argillosa e sabbiosa. Nel territorio comunale si possono distinguere due settori morfologicamente distinti, ad ognuno dei quali corrisponde una differente geometria degli orizzonti vulcanici, in relazione al substrato. Tutta l'area settentrionale, dove è ubicato il centro storico, è caratterizzata da una morfologia sub pianeggiante, collocata intorno alla quota di 330 m s.l.m.. Nella porzione meridionale del territorio comunale, è riconoscibile un'area a bassissima acclività, debolmente degradante verso SE, da circa 310 m s.l.m. fino alla quota di circa 230 m, dove è possibile distinguere una chiara rottura di pendio che definisce l'orlo della scarpata che delimita la parte alta del versante costiero ionico, esteso tra i territori comunali confinanti di Catania e di Aci Castello. I due settori del territorio comunale sono divisi topograficamente da una ripida scarpata orientata circa E-W che separa il ripiano orografico dove è ubicato il centro storico e le aree di località Guardiola Cantarella, estendendosi verso ovest al versante meridionale del Monte Catira.

Secondo la "Carta geologica del Monte Etna" alla scala 1:50000 (AA.VV., 1979; Fig. 11) la scarpata che separa i due settori corrisponde al fianco meridionale di una culminazione del substrato sedimentario pre-etneo di natura argillosa (Qa in Fig. 11) e delle sovrastanti lave alcaline basali (Ita in Fig. 11) che dal territorio di San Gregorio di Catania si estende a tutto il settore meridionale dell'adiacente comune di Valverde.

Secondo tale interpretazione, l'area sub-pianeggiante del centro storico (Piano Gelatuso) sarebbe il prodotto dell'accumulo di lave recenti (lpr in Fig. 11) contro la culminazione.

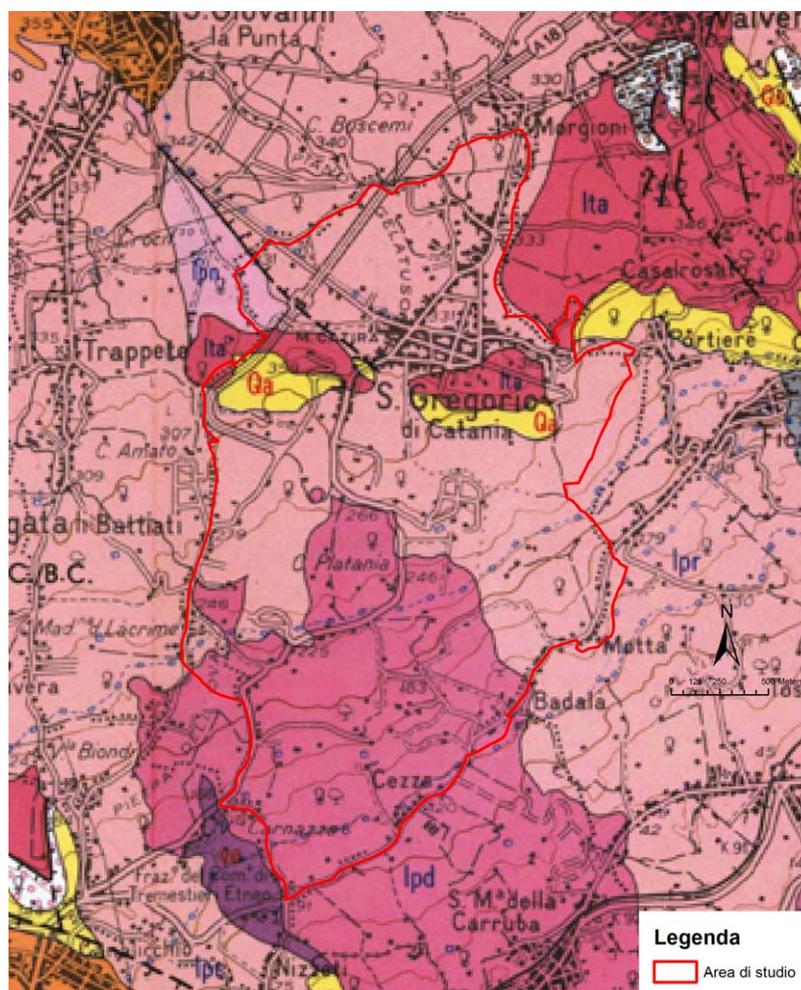


Fig. 11 – Stralcio della Carta geologica del Monte Etna (AA.VV., 1979 mod).

La carta mostra chiaramente come parte delle colate recenti abbia aggirato o scavalcato la culminazione andando ad invadere le porzioni meridionali del territorio comunale, dove il versante degradante verso la costa, costituito da successioni argillose, affioranti nei territori comunali limitrofi di Catania e di Tremestieri Etneo, è interamente mantellato da diverse unità laviche (lpr, lpd e ve in Fig. 11), riferibili a differenti stadi di evoluzione dell'attuale strato vulcano (<40 ka; Gillot et al., 1994).

Nello studio geologico allegato al PRG, in accordo con i dati di superficie riportati in AA.VV. (1979), la geometria del sottosuolo del centro storico è stata rappresentata nella sezione geologica A-A' (allegato 4 al PRG; Fig. 12), orientata WNW-ESE, che mostra

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

l'appoggio delle colate laviche recenti e dei depositi alluvionali associati, a giacitura sub-orizzontale, contro il fianco di una monoclinale di lave antiche immergenti verso ovest e culminante nel territorio di Valverde.

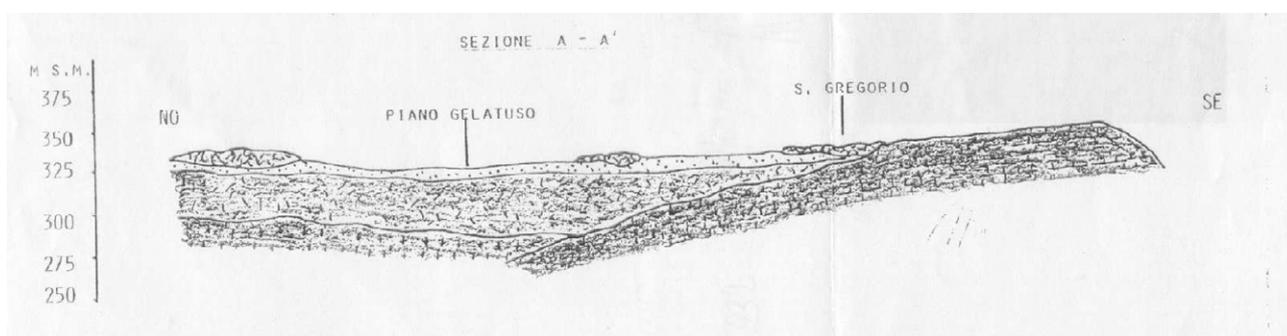


Fig. 12 - sezione geologica A-A' dell'allegato 4 al PRG.

Il sottosuolo del centro abitato è stato quindi interpretato come un basso strutturale interamente colmato da prodotti lavici ed alluvionali recenti con giacitura discordante sul substrato lavico più antico. La monoclinale di lave antiche rappresentate nel profilo ha una evidente espressione in superficie nel versante occidentale del Monte d'Oro, degradante dal territorio di Valverde fino al bordo orientale del comune di San Gregorio di Catania. Secondo Monaco & Ventura (1995), la monoclinale costituirebbe il fianco di un antico edificio vulcanico, l'Edificio di Valverde, i cui resti formano non solo la culminazione delle lave antiche, immediatamente ad ovest del centro di San Gregorio (Fig. 13), ma comprendono anche le analoghe successioni esposte a nord di Guardiola Cantarella, all'interno del territorio comunale. Tale interpretazione comporterebbe che il ripiano orografico su cui è ubicato il centro storico sarebbe il prodotto dell'accumulo delle colate laviche sbarrate dalla presenza dei resti dell'edificio di Valverde.

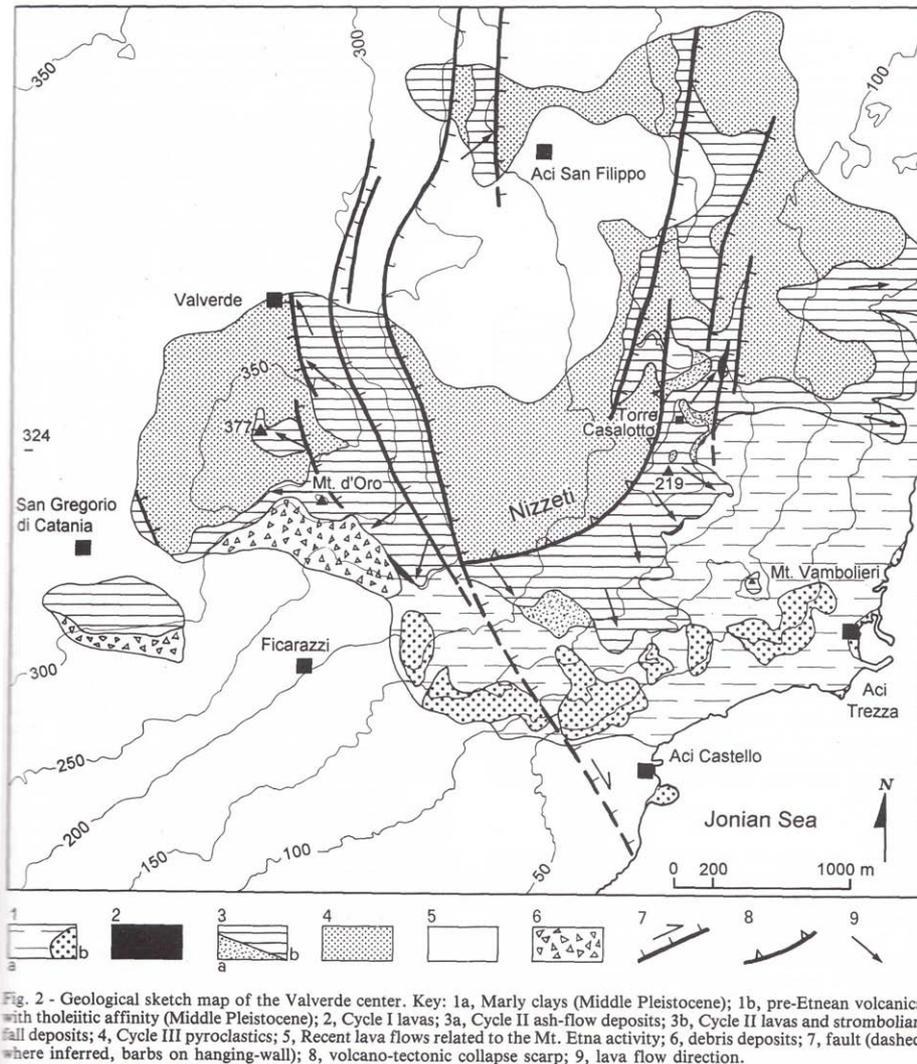


Fig. 13 - Schema geologico dell'edificio di Valverde (da Fig. 2 di Monaco & Ventura, 1995)

Negli studi geologici del PRG, un significato differente viene invece assegnato al contatto tra lave recenti e lave antiche, lungo il bordo meridionale del Piano Gelatuso, che sarebbe controllato da una faglia ad orientazione circa E-W, con effetti di deformazione attiva concentrate lungo una zona di fratturazione per creep-asismico (Fig. 14). Questa si originerebbe dalla terminazione meridionale della faglia, ad orientazione NW-SE, riportata in AA.VV. (1979)(Fig. 11) lungo il bordo nord-orientale della dorsale di M. Catira e denominata Faglia di Trecastagni da Azzaro (1999).

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



Fig. 14 - Stralcio della Carta geologico-tecnica del Piano Particolareggiato Centro Storico (All. 6 al PRG, 1995) con evidenziate le fasce di fatturazione attive all'interno del centro abitato.

Il ruolo di alto strutturale di origine tettonica del bordo meridionale del Piano Gelatuso sarebbe dimostrato, in accordo con quanto riportato anche nella cartografia precedente, dalla presenza delle argille del substrato pre-etneo, segnalate negli allegati cartografici allo studio, alla base del versante meridionale del M. Catira e lungo la scarpata a monte di Guardiola Cantarella.

Gli studi geologici allegati al PRG mostrano, inoltre, sostanziali elementi di novità rispetto alla cartografia precedente per quanto riguarda i settori meridionali del territorio comunale, dove lungo il versante costiero, in località Prezzapane, viene segnalata la presenza di un ampio settore risparmiato dalle colate laviche recenti, in cui è esposta in

affioramento una falesia sub-verticale, modellata su lave antiche a giacitura sub-orizzontale, alla base della quale si ritrovano “Tufiti e depositi alluvionali con ciottoli a matrice sabbiosa” (Fig. 15).

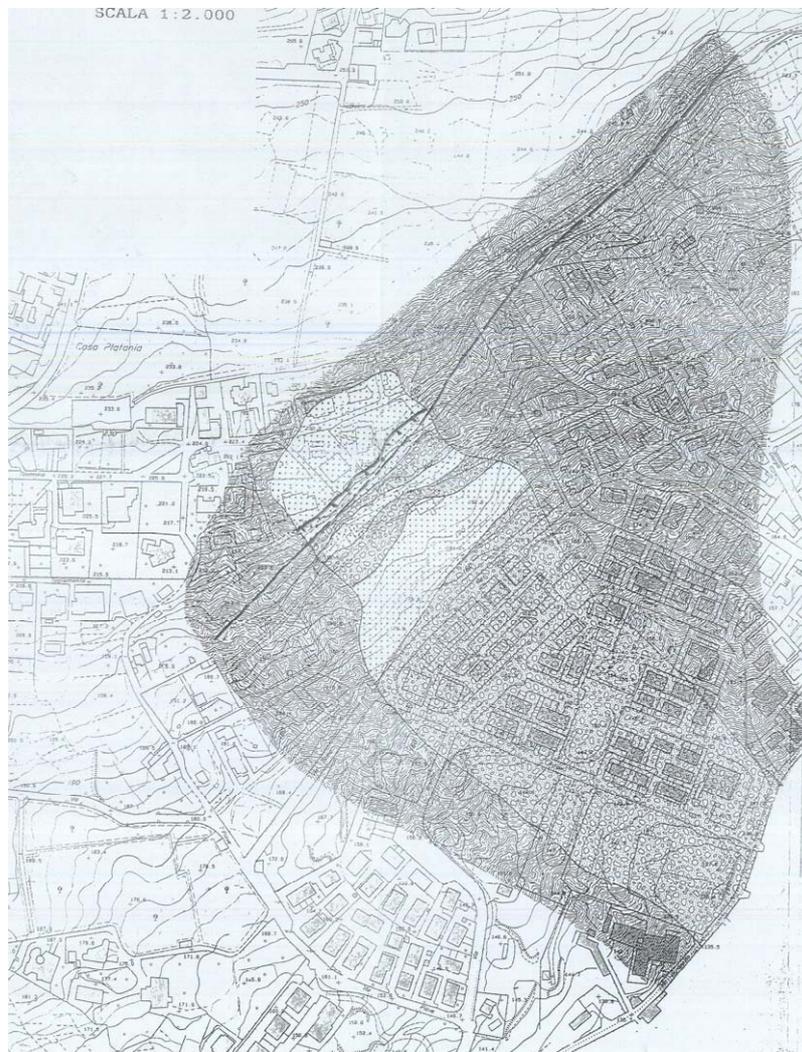


Fig. 15 – Stralcio della Carta geolitologica e geomorfologica alla scala 1:2000 (Zona di Prezzapane) (All. 2 al PRG, 1995) con evidenziati gli affioramenti di lave antiche (puntinato) e degli associati depositi tufitici (pallinato) al di sotto delle lave recenti che mantellano il versante costiero ionico.

Secondo gli studi del PRG, la falesia sulle lave antiche costituirebbe una scarpata di faglia originatasi lungo una faglia normale con direzione NE-SW che, benché altrove nascosta dalle lave di copertura, in effetti controllerebbe l'intero tratto del versante costiero compreso nel territorio comunale. Questa interpretazione appare poco supportata dalle geometrie riportate nella sezione geologica C-C' dell'allegato 4 al PRG,

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

lungo la quale le evidenze della faglia in corrispondenza della scarpata sembrano poco chiare, mentre è possibile apprezzare che le “Tufiti” vanno a ricoprire una superficie di erosione modellata sulle lave antiche, con contatto discordante.

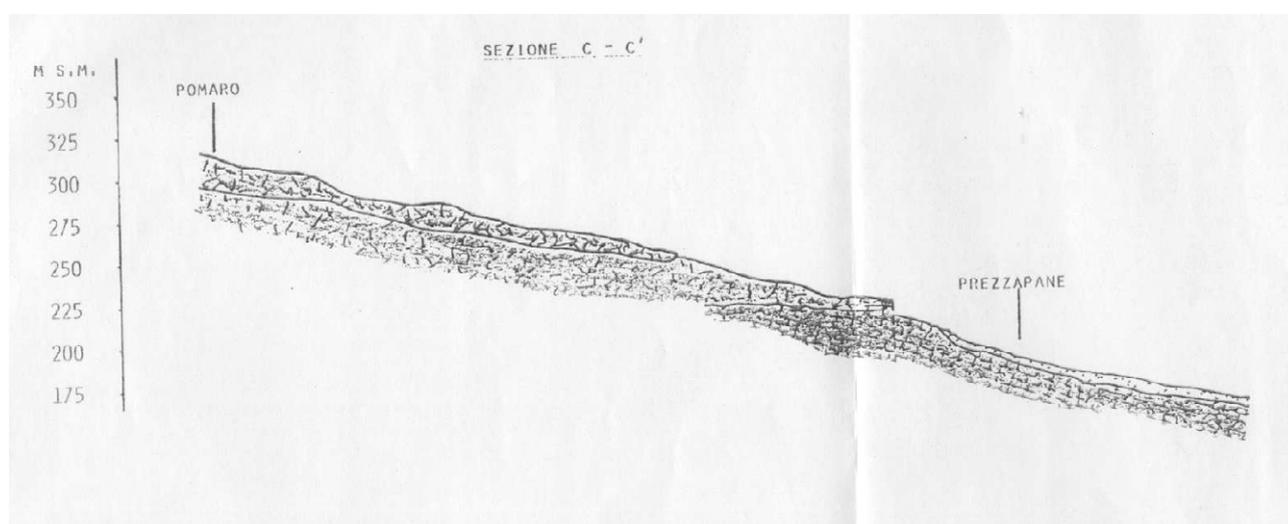


Fig. 16 - sezione geologica C-C' dell'allegato 4 al PRG.

Tali geometrie sono maggiormente congruenti con le interpretazioni dell'area proposte nel Foglio Geologico 634 “Catania” (AA.VV., 2009) (località Badalà in Fig. 17) nel quale la scarpata modellata sulle lave antiche viene interpretata quale paleo-falesia di origine marina cui sono associati i depositi terrigeni alla base, interpretati come depositi marini terrazzati (GII in Fig. 17). Tale interpretazione negherebbe di fatto la presenza di una struttura affiorante o sepolta lungo la base del versante costiero.

Nello stesso documento cartografico, sono ribadite le geometrie di superficie e di sottosuolo già riprodotte nelle cartografie pre-esistenti, nel settore settentrionale del territorio comunale, dove viene confermata la correlazione tra le lave di Valverde e quelle affioranti nella dorsale di M. Catira (UTM in Fig. 17) e la presenza alla loro base delle

argille del substrato (FAG in Fig. 17). Gli Autori riconoscono, inoltre, parte delle linee di faglia connesse alle zone di fatturazione attiva, già proposte nell'ambito degli studi per il PRG, evidenziando che il versante nord-orientale del M. Catira è controllato dalla terminazione meridionale della Faglia di Trecastagni, orientata NW-SE, che si connette ad un segmento orientato circa E-W, che costituisce il contatto tra lave antiche e recenti, lungo il bordo meridionale di Piano Gelatuso.



Fig. 17 - Stralcio del Foglio Geologico 634 "Catania" (AA.VV., 2009 mod).

Una geometria leggermente differente delle faglie, in cui si riconoscono due segmenti distinti, viene proposta dagli stessi autori in un successivo documento cartografico (Branca et al., 2011)(Fig. 18). In questa carta risultano molto ridimensionati gli affioramenti delle argille alla base di M. Catira e in località Guardiola Cantarella, in

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
quanto il contatto lave-substrato sedimentario sarebbe in gran parte mascherato da una
imponente fascia detritica.

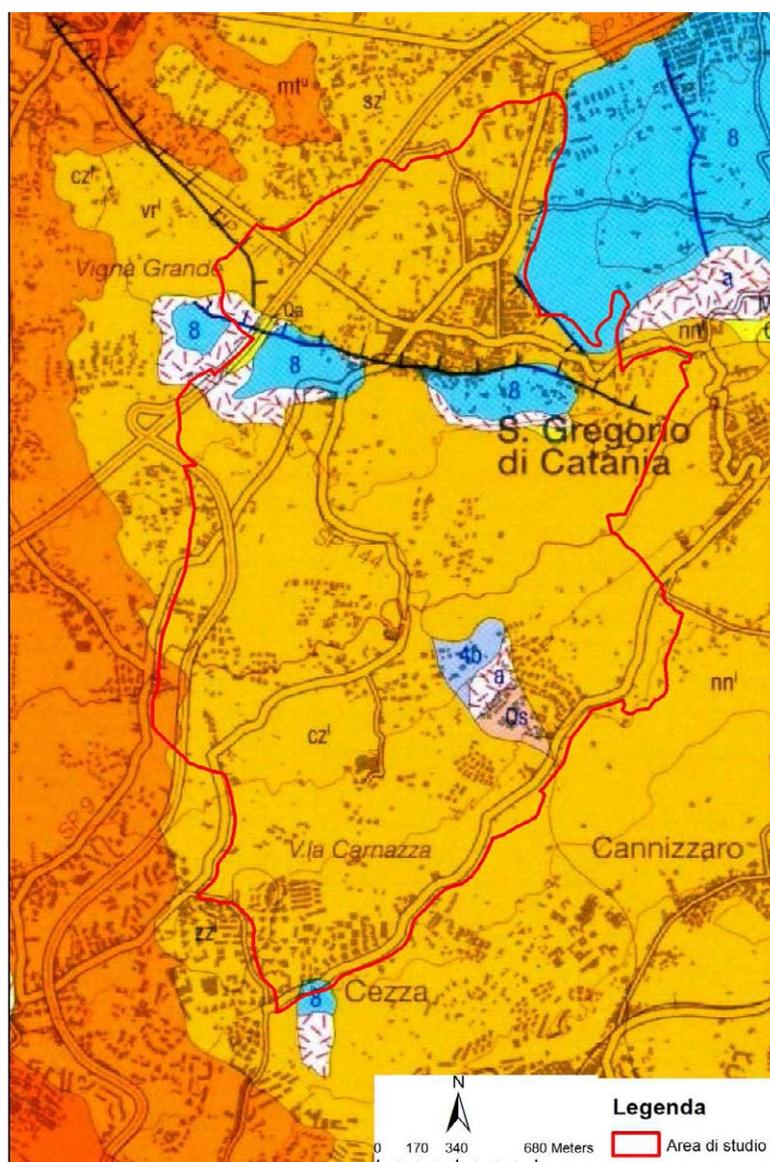


Fig. 18 – Stralcio della Carta Geologica del Vulcano Etna (Branca et al., 2011).

I due segmenti di faglia riportati in Branca et al. (2011) sono stati denominati rispettivamente Faglia di Trecastagni e Faglia di San Gregorio ed inseriti tra le faglie attive della regione etnea da Azzaro et al. (2012)(Fig. 19).

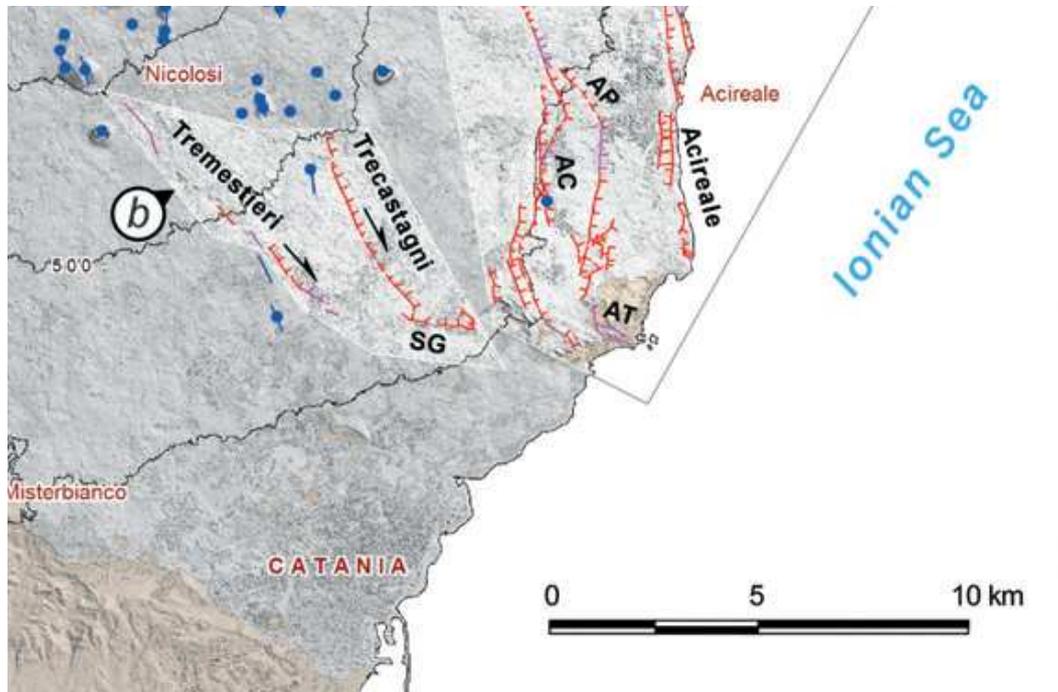


Fig. 19 – Stralcio della carta vulcano-tettonica dell'Etna (da Fig. 2 di Azzaro et al., 2012)

Azzaro et al. (2013) evidenziano inoltre che i due segmenti di faglia che attraversano l'abitato di San Gregorio di Catania sarebbero sostanzialmente asismici ed interessati da movimenti di creep, direttamente ricollegabili a fenomeni di instabilità gravitativi del versante orientale dell'Etna.

Il collegamento cinematico tra la Faglia di Trecastagni e la Faglia di San Gregorio è segnalato anche nella Carta Morfotettonica dell'Etna (Monaco et al., 2008) (Fig. 20). La carta evidenzia inoltre la continuità laterale fino alla costa ionica del segmento orientato E-W, cui viene assegnato un movimento prevalentemente trascorrente destro. In questo documento cartografico, si segnala inoltre che il versante meridionale di M. Catira fino a Guardiola Cantarella, costituita dalle lave antiche e dalle sottostanti argille, costituisce una paleo-falesia di origine marina, alla cui base di rinvengono depositi marini terrazzati. Considerata l'età della messa in posto delle lave alcaline antiche (< 168 ka; Gillot et al., 1994), il terrazzo di Guardiola Cantarella dovrebbe essere assegnato ad un'età almeno

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
tirreniana (125 ka), vincolando così tassi di sollevamento tettonico recenti molto elevati
(≥ 2.4 mm/a), indicativi di un contributo locale connesso a processi di deformazione
attiva.

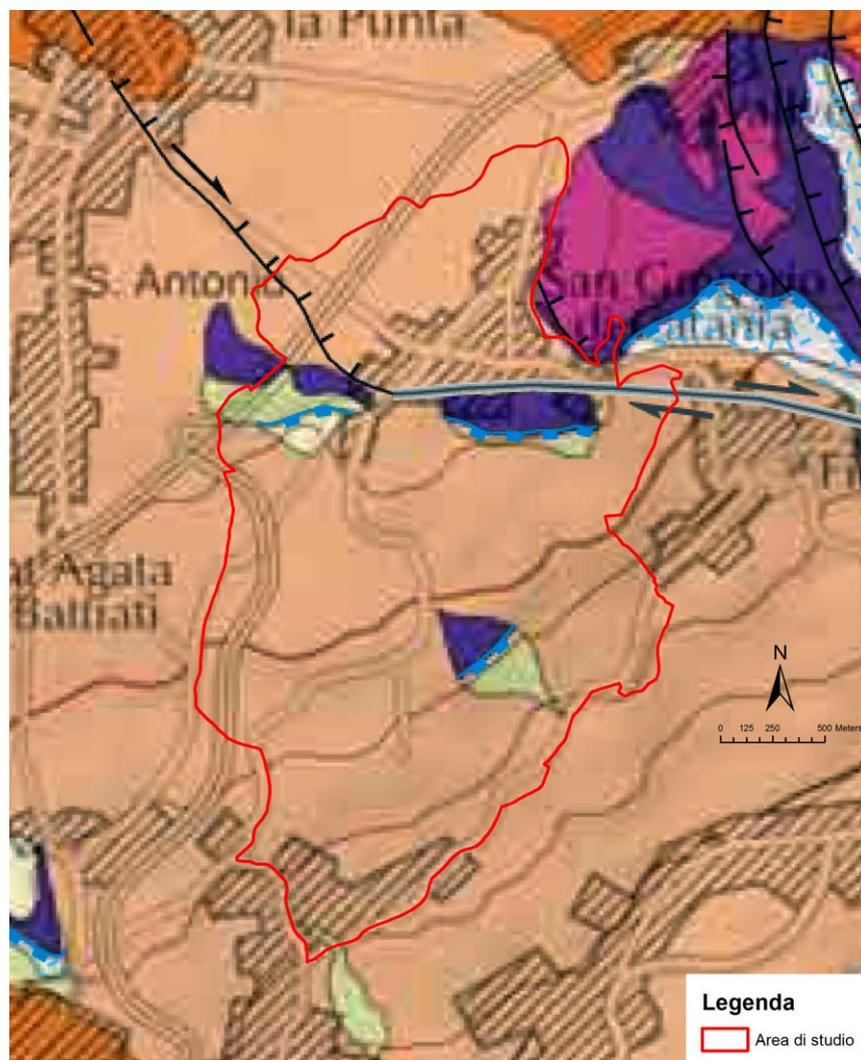


Fig. 20 – Stralcio della Carta Morfotettonica del Monte Etna (Monaco et al., 2008 mod).

Nel database Ithaca (ITaly HAZard from CApable faults) è stata accreditata quale faglia attiva e capace solo il segmento relativo alla Faglia di Trecastagni. A questa struttura, la cui lunghezza complessiva viene stimata in circa 5.5 km con una profondità di circa 5 km, viene associata una $M=3.6$ con prevedibili effetti di intensità pari a VII–VIII.



PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	This fault is located in the southeastern sector of the Mt. Etna volcano, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Trecastagni fault is a volcano-tectonic structure and shows recent activity, revealed by ground effects collected during field surveys. The fault is characterized by coseismic (northern and central sectors) and aseismic (southern sector) ruptures.
FAULT NAME	Trecastagni
FAULT CODE	11300
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Trecastagni
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	330
DIP	90
LENGTH (Km)	5,5
GEOMETRY	
SEGMENTATION	III
DEPTH (Km)	5
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	8
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0.9
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	Date I (MSK) 1980/09/16 VI 1980/09/28 VI 1988/11/21 VI
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	3.4
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	VII-VIII
STUDY QUALITY	HIGH
NOTES	M in luogo di Mw by sicilia008

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

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
11300	AZZARO R.	Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics.	J. Geodynamics, 28, 193-213.	1999
11300	AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a seismotectonic model.	Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143, American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	2004
11300	AA.VV.	Carta geologica del Monte Etna. Scala 1:50.000.	CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica - Istituto Internazionale di Vulcanologia.	1979
11300	LO GIUDICE E.	Particolari aspetti del rischio sismico nell'area Etna.	Istituto Internazionale di Vulcanologia, Pubblicazione n. 281, 1988, 59-85.	1988
11300	AZZARO R., BARBANO M.S., ANTICHI D. & RIGANO' R.	Macroseismic catalogue of Mt. Etna earthquakes from 1832 to 1998.	Acta Vulcanologica, Vol. 12 (1-2) 2000, 3-36.	2000
11300	G. PATANE' & S. IMPOSA	Atlas of isoseismal maps of etnean earthquakes from 1971 to 1991	CNR - GNGTS Università degli Studi di Catania	1995

Fig. 21 – Faglie attive che ricadono nel comune di San Gregorio di Catania, segnalate nel database Ithaca (http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#)

Se si considerano i dati di sismicità storica riportata nel Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnai dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009)(Fig. 22) è possibile constatare che gli eventi associati alla Faglia di Trecastagni sono concentrati alla terminazione settentrionale della struttura, mentre la porzione meridionale, prossima all'abitato di San Gregorio di Catania sembra essere rimasta silente. Nonostante ciò, sia le evidenze di corto periodo (fatturazione al suolo) che quelle di lungo periodo (rigetto cumulativo) chiaramente indicano lo stato di attività della struttura.

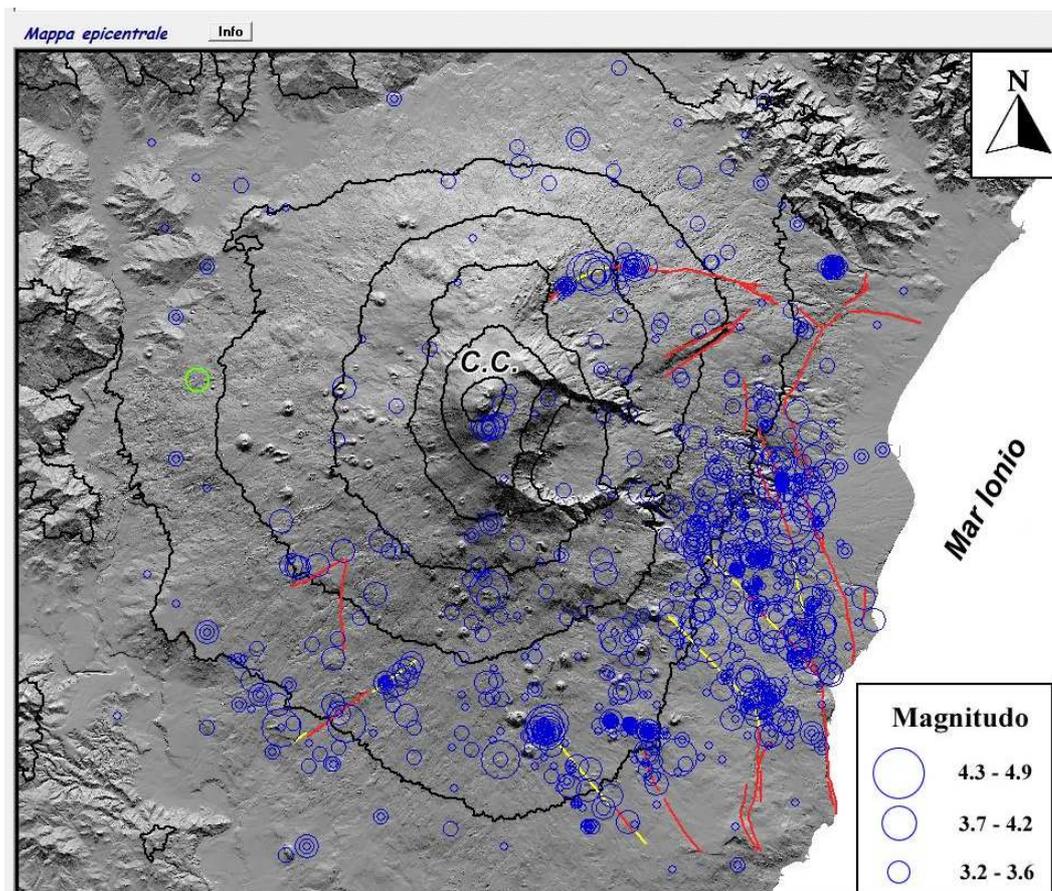


Fig. 22 - Carta sismo-tettonica del Monte Etna riportata nel Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnai dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009).

La storia sismica del comune di San Gregorio di Catania è stata in gran parte determinata da movimenti lungo sorgenti poste al margine del territorio comunale. In particolare il DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) Version 3.1.1 (DISS Working Group 2010) riporta una sorgente sismogenica (ITIS106 - Gravina di Catania), la cui proiezione in superficie interessa gran parte del territorio comunale (Fig. 23). I parametri geometrici e cinematici, significativi per valutare il potenziale della sorgente sono riportati nella scheda di Fig. 24.

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

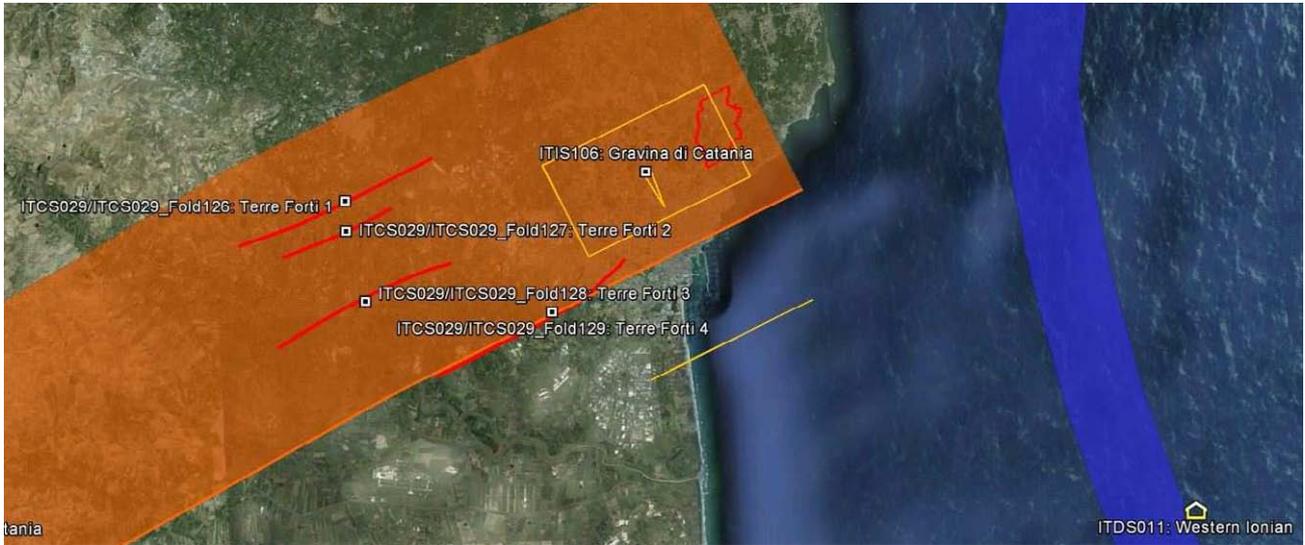


Fig. 23 – Ubicazione delle sorgenti sismogeniche ITIS106 – Gravina di Catania e ITDS011 – Western Ionian rispetto all'area comunale di Valverde (in rosso) (DISS Working Group 2010, mod.).

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

Fig. 24 – Scheda classificativa della sorgente sismogenica ITIS106 – Gravina di Catania del Diss 3.1.1 (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. 23), 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 ed ubicata lungo il bordo settentrionale dei Monti Iblei.

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

database delle sorgenti, sembra avere un riscontro oggettivo nelle variazioni del tasso di sollevamento misurato che aumenta repentinamente dalla Piana di Catania verso la costa (Catalano et al., 2004), risultando massima nell'area costiera della Sicilia orientale, tra Catania e Acireale (Firth et al., 1996). Tale comportamento suggerirebbe la presenza di una sorgente nell'immediato off-shore dell'area, rappresentata da linee di faglia sommerse e responsabile della componente aggiuntiva del sollevamento.

Un aspetto di primaria importanza ai fini delle considerazioni sulla pericolosità sismica del comune di San Gregorio di Catania riguarda la possibile connessione tra le faglie attive del vicino territorio di Valverde e le faglie del Rift Siculo-Calabro, già ipotizzata in Monaco et al. (1997) e successivamente ripresa da Bianca et al. (1999), Monaco & Tortorici (2000) e Catalano et al. (2008)(Fig. 25). Secondo questi Autori, le faglie di Valverde costituirebbero parte dello stesso sistema cui è attribuibile la sorgente dibattuta ITDS011 - Western Ionian. Va comunque sottolineato che la Faglia di Valverde e l'adiacente Faglia di Nizzeti, riconducibili in profondità ad una unica struttura, presentano lunghezze limitate che presuppongono, anche in caso di riattivazioni co-sismiche, una loro potenzialità in termini di magnitudo degli eventi associati non particolarmente elevata, anche se la prossimità della sorgente all'abitato dovrebbe indurre a porre tra le priorità assolute la necessità di condurre ulteriori approfondimenti per aggiornare i cataloghi e definire meglio la reale pericolosità delle strutture.

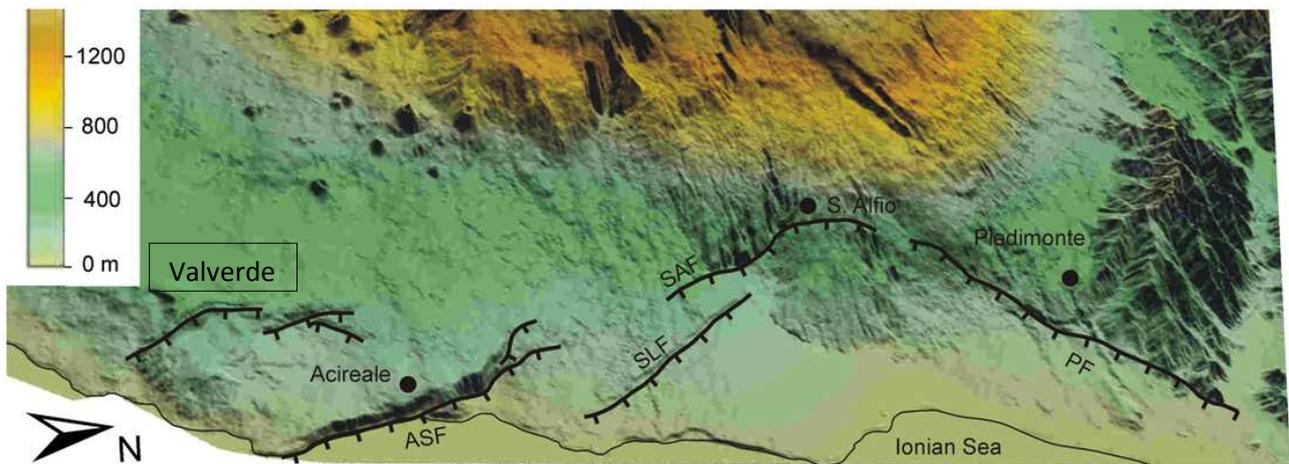


Fig. 25 - Geometria delle faglie del ramo etneo del Rift Siculo-Calabro (da Catalano et al., 2008, mod.).

La successione geolitologica affiorante nel territorio comunale di San Gregorio di Catania è stata ricostruita sulla base di un rilievo geologico originale finalizzato a risolvere tutte le incongruenze evidenziate dalla comparazione tra i diversi documenti cartografici pregressi. Un quadro di sintesi delle unità litostratigrafiche riconosciute è offerto dalle sezioni geologiche dell'**Allegato 1**, dove è possibile ricavare le informazioni sulla natura del substrato sedimentario nelle diverse aree del territorio comunale, nonché la successione dei prodotti vulcanici e i loro rapporti geometrici con il substrato e i differenti orizzonti clastici riconosciuti. Nella definizione delle unità vulcano-stratigrafiche sono stati applicati i criteri già adottati in precedenti studi di microzonazione in aree limitrofe (Catalano & Tortorici, 2010) che tengono conto dell'età delle lave rispetto alle principali fasi glacioeustatiche che hanno profondamente condizionato la stratigrafia di tutto il versante orientale dell'Etna. Lo schema stratigrafico applicato è basato sul riconoscimento di orizzonti epiclastici di spessore variabile, generalmente poggianti su superfici di erosione profondamente incise, la cui deposizione si è concentrata in periodi di tempo ristretti, coincidenti con le fasi di risalita eustatica dei principali picchi caldi tardo-quadernari, corrispondenti agli stadi isotopici 5.5 (Tirreniano; 125 ka), 3.3 (60 ka) e 1 (Olocene; < 10 ka). I rapporti tra lave ed epiclastiti, ben vincolati dagli affioramenti nelle zone della Timpa di Acireale e puntualmente riconosciuti nelle numerose stratigrafie di sondaggi nella zona di Santa Venerina, a nord di San Gregorio di Catania, hanno evidenziato che i grossi fenomeni di smantellamento degli edifici vulcanici



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 e redistribuzione del detrito alla base dei versanti è collegato alle fasi climatiche, associabili stratigraficamente ai depositi dei differenti cicli eustatici. Rapporti giaciturali tra lave e corpi detritici epiclastici significativi per una suddivisione della successione lavica in più unità sono stati riconosciuti anche negli affioramenti del territorio di San Gregorio di Catania e confermati nelle stratigrafie dei pochi sondaggi geognostici disponibili che, per la loro disomogenea distribuzione sul territorio, sono risultati utili per convalidare il modello lito-stratigrafico, piuttosto che per vincolare una puntuale ricostruzione dell'andamento del sottosuolo. In questo senso va sottolineato che, in gran parte del territorio comunale, le geometrie riprodotte nelle sezioni geologiche è frutto dell'interpretazione, seppure accurata, dei soli dati di superficie. Ne consegue che l'eventuale acquisizione di nuovi dati, nelle successive fasi di approfondimento, potrebbe risultare fondamentale per tarare gli spessori dei differenti orizzonti raffigurati nelle sezioni.

Dalle sezioni geologiche appare evidente la netta differenziazione della geometria del sottosuolo nei settori meridionali e settentrionali del territorio comunale, in pieno accordo con quanto già desumibile dalle cartografie precedenti. In particolare i rilievi geologici condotti hanno permesso di chiarire che i depositi clastici affioranti lungo il versante costiero in località Prezzapane (cfr. Fig. 15 e sezione C-C' di Fig. 16 con carta geologico-tecnica e sezione C-C' dell'**Allegato 1**) costituiscono affioramenti di una successione sabbiosa posta alla base delle lave antiche, rappresentando così gli orizzonti più recenti del substrato sedimentario, al tetto della successione argillosa, esposta in un affioramento lungo lo stesso versante, all'estremità meridionale del territorio comunale, dal quale è stata desunta la profondità del contatto basale delle sabbie. Secondo gli

schemi più aggiornati dei depositi quaternari dell'area di Catania (Monaco et al., 2000; Catalano et al., 2004; Catalano & Tortorici, 2010), le sabbie dovrebbero costituire i depositi marini terrazzati dello stadio isotopico 7 (240 ka), il cui bordo interno dovrebbe attestarsi a quote superiori ai 300 m s.l.m., in considerazione delle stime dei tassi di sollevamento nell'area costiera di Catania (1,3–1.4 mm/a; Monaco et al., 2000; 2002; Catalano et al., 2004). Pertanto, in mancanza di informazioni dirette di sottosuolo, la continuità laterale delle sabbie al di sotto della copertura lavica è stata ipotizzata in tutto il settore meridionale del territorio comunale. In questa stessa area, la copertura lavica è costituita in gran parte dalle colate laviche pre-Tirreniane (**ALS** in carta geologico-tecnica), localmente associate a prodotti piroclastici, che costituiscono anche l'ossatura del versante costiero, dove si riconoscono in tutte le aree risparmiate dalle invasioni laviche successive, tra la località Carrubazza e la località casa Blanco. Le lave pre-Tirreniane, datate in aree limitrofe tra i 146 ka e i 132 ka (località Villa Papale, Gillot et al. 1994; località Torre di Casalotto, Branca et al., 2008), sono modellate da superfici di abrasione marina, ricoperte da depositi clastici costieri (**SWtm** nella carta geologico-tecnica), ascrivibili al terrazzo dello stadio isotopico 5.5 (125 ka) del Tirreniano, che si segue con discreta continuità dalla zona della Piana di Catania fino alle aree costiere di Acicastello (Monaco et al., 2000; Catalano et al., 2004; Catalano & Tortorici, 2010). La quota massima cui si rinvenivano i depositi tirreniani (195 m s.l.m.) vincola un tasso di sollevamento medio di circa 1.5 mm/a, in buon accordo con la tendenza ad un progressivo aumento tra la zona di Catania, dove la linea di costa tirreniana è attestata a circa 170 m s.l.m. (Monaco et al., 2000), e Acicastello, dove i terreni tirreniani superano i 200 m di quota. Nelle aree meridionali del territorio comunale di San Gregorio di Catania sono state riconosciute anche le colate laviche tirreniane che, lungo tutto il versante orientale dell'Etna, ricoprono i depositi continentali correlativi del terrazzo marino dello stadio 5.5, costituiti da tufiti e lahars, ampiamente esposti nella Timpa di Acireale e riscontrati in tutte le aree limitrofe, che sigillano una superficie di erosione modellata sulle lave pre-Tirreniane (Catalano & Tortorici, 2010). Il contatto tra lave tirreniane e

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
tufiti, indicate nel presente studio quali Vulcanoclastiti tirreniane (**GMIh**), è esposto in
superficie in corrispondenza di un fronte di cava ubicato immediatamente a sud del M.
Catira (Fig. 26), ed è stato attraversato da alcune perforazioni (Elaborati progetto centro
divertimenti; Ditta Sofocle s.r.l.) delle quali si conosce l'ubicazione di massima e i log
stratigrafici, ma non l'esatta posizione, necessaria per il pieno utilizzo dei dati.



Fig. 26 – Contatto basale, marcato da un'evidente superficie di erosione, delle lave tirreniane sulle vulcanoclastiti tirreniane.

La successione dei prodotti lavici nei settori meridionali è completata da una serie di colate laviche recenti e storiche. Queste formano vasti espandimenti al tetto di morfologie sub-pianeggianti, ventagli di lava allo sbocco di canali o alla base di versanti acclivi, laddove colmano dislivelli nella topografia pre-esistente e, infine, mantellano con geometria sub-parallela alla paleo-topografia di base, le zone di attraversamento di orli di scarpata, come nel caso del versante costiero ionico.

La brusca variazione altimetrica che separa le aree meridionali da quelle settentrionali del territorio comunale è contraddistinta da una evidente dislocazione delle lave pre-tirreniane. Alla base del M. Catira, i dati di superficie e di sottosuolo prima discussi vincolano la presenza delle vulcanoclastiti tirreniane ad una quota di circa 290 m s.l.m., al disotto della quale è possibile ipotizzare la presenza dell'intera successione delle colate laviche pre-tirreniane, con uno spessore paragonabile a quello delle successioni esposte in aree limitrofe e ad una quota confrontabile con quella delle successioni affioranti lungo il versante ionico. Al contrario, in corrispondenza della dorsale di M. Catira e nel versante a monte di Guardiola Cantarella, le lave pre-tirreniane affiorano almeno 40 m più in alto, raggiungendo la quota di oltre 330 m s.l.m.. La valutazione reale dell'entità della dislocazione verticale deve tenere inoltre conto che nel sottosuolo alla base del versante le lave recenti hanno sepolto i livelli apicali della successione pre-tirreniana, mentre nell'alto topografico sono esposti i livelli basali esumati in seguito all'erosione dei livelli più alti, anche se non è stato possibile riconoscere in affioramento le argille del substrato alla base delle lave pre-tirreniane, come segnalato in tutta la cartografia pregressa, per la presenza di ingenti volumi di materiale detritico. Il contatto diretto delle lave sulle argille, senza l'interposizione delle sabbie riconosciute nei settori meridionali è comunque verificabile nel territorio limitrofo del comune di Valverde. Quindi in corrispondenza del versante meridionale di M. Catira è possibile ipotizzare la presenza di una struttura, suturata dalle lave recenti e storiche, responsabile dell'interruzione delle sabbie del substrato contro un alto strutturale di argille e di un rigetto verticale delle lave pre-tirreniane superiore ai 40 m. E' interessante notare che immediatamente a nord del Monte Catira, un ulteriore rigetto verticale delle lave pre-tirreniane avviene in corrispondenza della terminazione meridionale della Faglia di Trecastagni e della Faglia di San Gregorio, ancora oggi caratterizzate da movimenti attivi. Nelle perforazioni effettuate in corrispondenza di Piano Gelatuso (vedi **Allegato 2**), l'appoggio delle lave tirreniane sulle vulcanoclastiti tirreniane, poste al tetto delle lave pre-tirreniane, è stato attraversato ad una quota di 310 m s.l.m.. Ciò vincola un rigetto



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

verticale attraverso le strutture bordiere del Piano Gelatuso di almeno 20 m. Pertanto, la dorsale di M. Catira e la sua prosecuzione verso est costituisce un alto strutturale delimitato verso sud da una faglia ad andamento circa E-W e a nord dalle Faglie di Trecastagni e San Gregorio. Nella ricostruzione della geometria della struttura si è tenuto conto della loro età e della cinematica che generalmente è associata alle diverse famiglie di strutture. Su questa base, la struttura bordiera ad orientazione E-W è stata interpretata come una rampa di thrust, attiva durante il Pleistocene medio-superiore. La terminazione orientale di tale struttura è stata riconosciuta nel corso di analoghi studi di microzonazione, nell'adiacente territorio comunale di Aci Castello, dove delimita l'alto strutturale del substrato argilloso della Collina di Vampolieri. A questa struttura può essere ricollegata anche la culminazione di Valverde, che mostra una geometria di una ampia anticlinale connessa alla rampa. La geometria originale del tetto del thrust è oggi parzialmente modificata dalla presenza della Faglia di San Gregorio. Questa struttura è stata interpretata come il risultato della parziale riattivazione di un tratto della rampa pre-esistente intercettata dalla terminazione meridionale della Faglia di Trecastagni. L'inversione tettonica del movimento lungo la rampa avrebbe causato, nelle porzioni più superficiali, la propagazione dalla rampa profonda di un piano di faglia ad alto angolo, attraverso il tetto del thrust che è stato in larga parte ribassato. La distribuzione e la geometria delle colate che riempiono il Piano Gelatuso, comprese verso est dalla monoclinale delle lave pre-tirreniane dell'alto di Valverde (vedi sezione C-C' allegato 4 al PRG e sezione A-A' dell'**Allegato 1**) e, verso ovest e sud, dalle Faglie di Trecastagni e San Gregorio, sono da mettere direttamente in relazione al movimento lungo le due faglie bordiere. Seguendo l'ordine di sovrapposizione delle colate è possibile notare che i flussi

più recenti sono progressivamente più spostati verso le faglie e che tra una colata e l'altra è possibile riconoscere la presenza di depositi alluvionali costantemente poggiati contro il fianco occidentale delle colate sottostanti. Tale geometria è sintomatica della progressiva crescita delle strutture con un basculamento verso ovest del tetto della faglia, a formare un'area di depocentro, sede di accumulo di lave e depositi alluvionali, sempre più spostata in prossimità delle linee di faglia generatrici del movimento. La crescita della struttura avrebbe dato luogo ad una ampia anticlinale di roll-over nel tetto ribassato, coerente con la presenza della faglia antitetica, orientata NW-SE, riconosciuta lungo il confine con il comune di Valverde.

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

Substrato Geologico

Il substrato geologico in tutto il territorio comunale è di natura non rigida (NR) essendo costituito dalle argille marnose del Pleistocene medio, presenti esclusivamente in sottosuolo o dai sovrastanti depositi marini sabbiosi, affioranti in un breve tratto nel settore sud-orientale del territorio comunale. In generale, in tutta l'area meridionale è stata ricostruita una successione del substrato sedimentario in cui si riconoscono entrambi i termini, mentre nei settori settentrionali mancano del tutto i livelli sabbiosi sommitali e le lave etnee poggiano direttamente sui livelli argillosi. Nell'area non è esposta la base della successione Pleistocenica, per cui non è possibile valutarne lo spessore totale né stabilire la natura del substrato. Nelle aree limitrofe di Catania,



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

l'omologa successione sepolta sotto le alluvioni della Piana del Fiume Simeto raggiunge uno spessore di circa 800 m e poggia su livelli Giurassici delle successioni carbonatiche dei Monti Iblei (Pozzo Catania 10; Yellin-Dror et al. 1997; Torelli et al., 1998). In tutta la Sicilia orientale, la successione argillosa è stata datata da circa 1.2 a 0.6 Ma (Di Stefano & Branca, 2002). Nell'adiacente territorio di Acicastello, le argille ospitano orizzonti vulcanici datati tra 0,58 e 0,46 Ma. Ciò suggerisce che i livelli affioranti nella zona tra Acicastello e San Gregorio di Catania rappresentino i livelli sommitali dell'intera successione e che la profondità della base sia valutabile nell'ordine delle diverse centinaia di metri.

Al tetto del substrato sedimentario poggia un'alternanza (**ALS**) di orizzonti lavici massivi molto fratturati e di livelli piroclastici, a giacitura sub-orizzontale, indicati nei profili geologici (**Allegato 1**) come Lave e Piroclastiti pre-tirreniane che, seppure poggianti su una chiara superficie di erosione sono state comprese nel substrato geologico e classificate quale alternanza di litotipi, per la loro continuità laterale al tetto dei terreni sedimentari.

Terreni di copertura

Nel territorio di San Gregorio di Catania sono state rilevate 4 tipologie diverse di coperture. Tra queste sono state contemplate tutte le lave (**LC**) che, ricoprendo formazioni superficiali di natura clastica, determinano ripetute inversioni nei profili verticali di velocità delle onde sismiche. Il livello più antico di lave di copertura è costituito dalle lave tirreniane (vedi **Allegato 1**) che ricoprono i depositi vulcanoclastici al tetto delle lave pre-tirreniane.

Nel caso delle coperture laviche (LC), nella prospettiva della microzonazione di primo livello si è tenuto 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 sono dunque resi necessari 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. 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. 27).

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

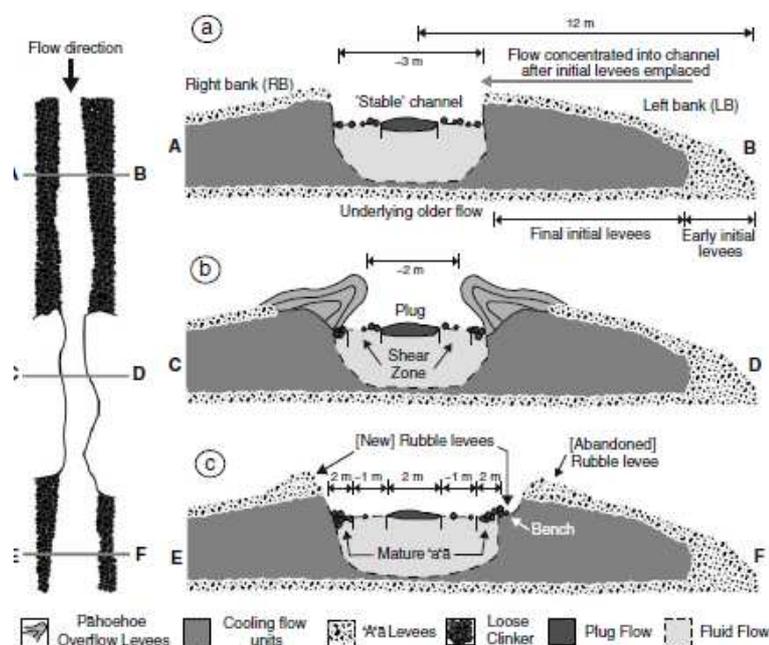


Fig. 27 – Profili di flusso attraverso colate laviche canalizzate nei suoi diversi settori (da Bailey et al. , 2006).

Tra i depositi di copertura sono stati inseriti livelli superficiali di vulcanoclastiti (**SM**), depositi alluvionali (**SW**) e il materiale di riporto (**RI**).

Una falda detritica (**GMfd**) anche di ingente spessore si è accumulata alla base del versante meridionale di M. Catira e lungo il versante a monte della località Guardiola Cantarella. Costituita da una matrice caotica prevalente di argille a bassa consistenza, contenente blocchi a spigoli vivi di lave massive, di dimensioni variabili da decimetrico a metrico, questa coltre si è probabilmente originata da fenomeni di frammentazione delle coperture laviche accumulate sulle argille ancora non consolidate e drenate che, portate a rottura, hanno prodotto cedimenti ed espandimenti laterali delle sovrastanti lave e il loro successivo crollo e commistione con la matrice argillosa. Questa tipologia di detrito, molto diffusa in tutte le aree caratterizzate dall'appoggio delle lave pre-tirreniane sulle argille del substrato, è sovente interessato da movimenti lenti del versante che si

manifestano chiaramente nelle zone urbanizzate o in presenza di manufatti. Generalmente, come nel caso del versante del M. Catira, la falda detritica sutura il contatto argille-lave, che rappresenta il limite di permeabilità definito alla base dell'acquifero etneo. Questo aspetto è predisponente a fenomeni di instabilità della massa detritica che possono coinvolgere, in particolari condizioni topografiche, anche le sovrastanti lave di copertura.

4. Dati geotecnici e geofisici

I dati geotecnici e geofisici disponibili per l'area di studio, derivano da n. 58 indagini complessive, di cui n. 35 indagini pregresse e n. 23 nuove indagini geofisiche HVSR, realizzate nel presente studio dall'Università di Catania. Le indagini, archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II", si suddividono in n. 30 indagini puntuali e n. 28 indagini lineari. L'insieme delle indagini puntuali e lineari disponibili (per l'ubicazione si veda la carta delle indagini) sono schematizzate per tipologia nella sottostante tabella 2:

	Geologia (GG)		Geofisica (GF)		Geotecnica di lab. (GL)	TOTALE		
Totale Ind. Punt.	S	SC	HVSR (Unict)	DH	SM	GG	GF	SM
30	2	1	23	1	3	3	24	3

	Geofisica (GF)		TOTALE
Totale Ind. Lineari	SR	RAD	GF
28	3	25	28

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

I dati pregressi derivano da indagini realizzate per lo studio geologico a supporto del P.R.G. e da indagini effettuate per la progettazione di diversi edifici pubblici, messi a disposizione dall'amministrazione comunale di San Gregorio di Catania. In particolare le indagini geognostiche, ricadenti nel settore settentrionale dell'area di studio, consistono in n. 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, 087042P1 e 087042P2, caratterizzati da profondità di 30 e 10 metri, rispettivamente. Nel corso della seconda perforazione, sono stati raccolti n. 3 campioni indisturbati, in seguito sottoposti ad analisi di



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

laboratorio, consistenti in prove di compressione monoassiale. Trattandosi di campioni di basalto mediamente massivo prelevati nello stesso livello delle lave di copertura, le prove hanno fornito valori di peso di volume molto simili, che si attestano intorno ai 24 KN/m³ (vedi Tab. 1 dell'**Allegato 3**).

Nella relazione geologica per il P.R.G. di San Gregorio di Catania e nelle altre relazioni geologiche in nostro possesso, vengono forniti i parametri geotecnici e geomeccanici dei principali litotipi affioranti. Si tratta del peso di volume, coesione, angolo di attrito interno, compressione semplice e coefficiente di sottofondo. E' da rimarcare però che i valori riportati in tali studi, e riassunti nella tabella 2 dell'**Allegato 3**, non derivano da indagini geotecniche dirette, ma sono dati desunti sia dalla Letteratura geologica e geotecnica, che da studi realizzati in altri <<siti aventi caratteristiche assimilabili>>. La scarsa attendibilità dei dati riportati nella tabella 2 dell'**Allegato 3**, ha dunque impedito il loro utilizzo per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni affioranti nell'area oggetto del presente studio.

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 A GRANA FINE		TERRENI A GRANA GROSSA	
Passante al setaccio n.200 > 50 %		Trattenuto al setaccio n.200 > 50%	
$w_1 \geq 50\%$	$w_1 < 50\%$	% Sabbia % Ghiaia Passante al setaccio n. 4 > 50%	% Ghiaia > % Sabbia Trattenuto al setaccio n.4 > 50%
Organico w_1 (essiccato)/ w_1 (naturale)	Inorganico	pass. 200 > 12%	pass. 200 < 5%
			$Cu \geq 4 e / o \ Cc < 3$
			$Cu \geq 4 e / o \ Cc > 3$
			$Cu \geq 4 e / o \ 1 < Cc < 3$
			% fine ML o MI
			% fine CL o CH
			% fine ML o MH
			% fine CL o CH
			% fine ML o MH
			% fine M e C
			% fine CL o CH
			GC-GM
			GM
			Ghiaia limosa, miscela di ghiaia sabbia e limo
			Ghiaia argillosa poco assortita
			Ghiaia limosa, miscela di ghiaia sabbia e limo
			Ghiaia limosa e argillosa
			Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
			Sabbie pulite con granulometria ben assortita sabbie ghiaiose
			Sabbie pulite con granulometria poco assortita miscela di ghiaia e sabbia
			SP
			SW
			$Cu \geq 6 e / o \ 1 < Cc < 3$
			$Cu \geq 6 e / o \ Cc > 3$
			% fine ML o MH
			% fine CL o CH
			% fine ML o MH
			% fine CL o CH
			% fine ML o MH
			% fine CL o CH
			% fine ML o MH
			% fine M e C
			% fine CL o CH
			SC-SM
			SM
			Sabbie limose miscela di sabbia e limo
			Sabbie limose e argillose
			Sabbia argillosa miscela di sabbia e argilla
			SC
			CL
			Argille inorganiche di medio-bassa plasticità
			Ip > 7 sopra Linea A
			4 < Ip < 7 sopra Linea A
			CL-ML
			Argilla limosa o limo argilloso di bassa plasticità
			ML
			Limi inorganici, limi argillosi di bassa plasticità
			OH
			Argille organiche di medio alta plasticità, limi organici
			CH
			Argille inorganiche di elevata plasticità
			MH
			Limi inorganici
			OL
			Limi organici argille limose organiche di bassa plasticità

Tab.3 – Classificazione dei terreni secondo il sistema USCS

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

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

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

I terreni affioranti nell'area e riconosciuti nella stratigrafia dei sondaggi sono stati, quindi, raggruppati secondo le categorie previste dalla legenda. Per ogni categoria riconosciuta, si sono raccolte tutte le informazioni disponibili sui principali caratteri geotecnici che sono stati riassunti nella serie di schede riportate nell'**Allegato 3** alla presente relazione. Nelle schede, per ciascun campione è riportato il sondaggio contraddistinto dall'“identificativo indagine puntuale” (ID_INDPU), la profondità di prelievo

e la litologia. Va inoltre ricordato che tra i dati acquisiti non sono presenti informazioni relative al substrato geologico rigido.

I dati geofisici disponibili derivano da un down-hole realizzato nel sito 087042P1 (profondità 30 m), da n. 25 prospezioni elettromagnetiche effettuate tramite G.P.R. (Georadar)(RAD) e n. 3 profili sismici a rifrazione (SR).

L'indagine down-hole di cui siamo in possesso ha permesso una valutazione delle velocità Vs nei litotipi attraversati dal sondaggio 087042P1S1 (vedi Tab. 6 dell'**Allegato 3**) ed in particolare nel materiale di riporto, nelle colate laviche oloceniche e tirreniane, nelle alluvioni oloceniche e nei prodotti vulcanoclastici tirreniani. Le Vs misurate sia nelle lave oloceniche che in quelle tirreniane sono inferiori a 670 m/s, confermando l'attribuzione di tali litotipi ai terreni di copertura. Inoltre, i bassi valori di Vs osservati nelle porzioni superficiali delle colate laviche, a volte inferiori a quelli misurati nei terreni di riporto e nei terreni sabbioso-ghiaiosi, confermano la presenza nei corpi lavici di livelli scoriacei (vedi Capitolo 3).

<<Non potendo indicare con una linea la faglia, si è preferito delimitare una striscia di territorio comprendente le lineazioni evidenziate dall'indagine georadar, definibile come "area interessata da disturbi tettonici">>, così recita la relazione geologica allegata al P.R.G. di San Gregorio di Catania. Effettivamente, nonostante la qualità delle prospezioni elettromagnetiche non sia ottimale, quei profili realizzati ortogonalmente la Faglia di San Gregorio (ad es. 087042L2, 087042L4, 087042L5, 087042L7, etc.) mostrano la presenza di fasce più o meno ampie di fratturazione probabilmente legate alla dislocazione tettonica della faglia stessa. Nel presente studio è stato possibile segnare in carta la traccia della faglia sulla base delle dislocazioni dei terreni affioranti nei blocchi di tetto e di letto della struttura (vedi Capitolo 3 e **Allegato 1**).

Per quanto riguarda i profili sismici a rifrazione, realizzati a distanza di pochi metri l'uno dall'altro in occasione della progettazione della palestra di una scuola elementare



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
sita in via Fondo di Gullo, nonostante la loro estensione limitata (24 metri) e la profondità investigata (5 metri), forniscono indicazioni utili riguardo le velocità V_s e V_p e i parametri elastici dei terreni attraversati (vedi Tabb. 3-4-5 dell'**Allegato 3**). E' stato, infatti, individuato uno strato costituito da terreni di riporto sovrapposto ad un altro strato che viene indicato nelle indagini come rappresentato da prodotti lavici fratturati. In realtà, la stretta similitudine tra alcuni parametri, quali le velocità delle onde sismiche e il peso di volume, relativi ai due strati, sembrerebbe suggerire che il livello sottostante sia costituito dalle scorie superficiali di una colata lavica.

Al fine di valutare le frequenze proprie di oscillazione dei diversi siti, l'Università di Catania ha effettuato n. 23 misure di microtremore ambientale (noise), distribuite sull'intero territorio comunale, i cui risultati sono sintetizzati nell'allegata carta delle frequenze, nella quale 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 molto ristretto, compreso tra $\sim 0,4$ e ~ 4 Hz. In alcuni casi, vengono segnalati due o tre picchi, alcuni dei quali abbracciano valori di frequenza più elevati. Tali picchi sono associati a frequenze proprie di oscillazioni differenti, riferibili a discontinuità stratigrafiche ubicate a profondità variabili da sito a sito. Le frequenze più basse di amplificazione sono probabilmente legate all'assetto geologico profondo dell'area in esame, viceversa le frequenze più alte possono essere ricondotte a disturbi superficiali quali la presenza di terreni detritici di

copertura o depositi caotici di frana o fenomeni di origine antropica. A titolo di esempio, si segnalano le indagini 087042P6 e 087042P7, ubicate al contatto tra i depositi alluvionali e le colate laviche da essi ricoperte, che mostrano tre picchi; uno ad elevata frequenza (circa 16 e 18 Hz) e due a basse frequenze (comprese tra 1 e 3 Hz).

5. Modello del sottosuolo

Il modello geologico di sottosuolo del territorio comunale di San Gregorio di Catania, i cui dettagli sono stati già ampiamente descritti nei paragrafi precedenti, è chiaramente condizionato dalla presenza dei due distinti assetti geologici riconosciuti nelle aree settentrionali e meridionali. I dati di superficie sono stati sufficienti a ricostruire il modello di sottosuolo delle aree meridionali del territorio comunale, dove gli elementi significativi della successione stratigrafica sono esposti, seppure in maniera discontinua, lungo il versante ionico. Nella stesura del modello del sottosuolo adottato, i dati diretti hanno avuto un ruolo secondario, anche se sono risultati particolarmente utili per il riconoscimento di alcuni dei livelli guida adottati per la distinzione tra lave di substrato e lave di copertura e per la valutazione dei rigetti lungo le strutture tettoniche recenti ed attive.

Nelle interpretazioni 3D delle discontinuità stratigrafiche nella parte meridionale del territorio comunale, è stato fondamentale il contributo dell'enorme mole di conoscenze acquisite in tutta la regione limitrofa, sull'evoluzione tettonica e morfologica dell'area, che ha consentito di stabilire una relazione tra età dei prodotti coinvolti e geometria delle discontinuità. Seppure è stato raggiunto un grado di attendibilità discreto, confermato dalla coerenza tra dato geologico di superficie e le geometrie profonde riprodotte lungo le sezioni geologiche e la loro compatibilità con la storia evolutiva recente, l'acquisizione di nuovi dati di sottosuolo potrà permettere, nel corso degli studi di livello superiore, un miglior vincolo sia della ubicazione dei diversi elementi geometrici in cui si articola il sottosuolo sia degli spessori dei diversi orizzonti riconosciuti, oggi valutati solo sulla base delle esposizioni delle successioni in superficie.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Nei settori settentrionali è stata cruciale la revisione dei dati geologici disponibili con la delimitazione dei singoli flussi lavici presenti nell'area e la ricostruzione della sequenza della loro messa in posto, per definire una geometria complessiva dei rapporti tra unità laviche massive e depositi continentali clastici. Il quadro risultante è caratterizzato da un'estrema eterogeneità sia verticale che laterale dei caratteri meccanici delle rocce, che fanno prevedere frequenti discontinuità delle velocità delle onde sismiche, con fenomeni di inversioni di velocità nei livelli di sottosuolo prossimi alla superficie.

In tutto il territorio comunale non è stato possibile definire la profondità del substrato rigido, con caratteri tipici di un bedrock sismico. Tale substrato probabilmente ricade all'interno della potente successione argillosa che costituisce il substrato sedimentario pre-vulcanico. In mancanza di misure dirette sulla velocità delle onde sismiche, facendo riferimento a dati raccolti nell'area di Catania, i valori di V_s ottenuti all'interno dei livelli più superficiali delle argille sono di circa 500–600 m/s, per cui il bedrock sismico va ricercato nei livelli più profondi della successione, in corrispondenza dei quali si raggiungono stabilmente velocità superiori agli 800 m/s.

Anche gli orizzonti lavici assegnati al substrato, seppure in mancanza di dati diretti misurati, in considerazione del loro stato di estrema fatturazione e della presenza di ripetute intercalazioni di livelli vulcanoclastici, sono probabilmente caratterizzate da velocità inferiori agli 800 m/s, in analogia a quanto misurato all'interno delle colate laviche di copertura. Sulla base di queste considerazioni, in mancanza di misure dirette che confermino il contrario, si è ritenuto opportuno non classificare le lave di substrato come substrato rigido con significato di "bedrock" sismico.

I livelli di copertura, costituiti da alternanze di orizzonti clastici e lave, sono contraddistinti da ripetute inversioni delle velocità delle onde sismiche. Tale prerogativa non rientra nei modelli correntemente applicati nella valutazione delle amplificazioni di tipo stratigrafico e pone molti interrogativi che andranno risolti nelle indagini di approfondimento successive. Va sottolineato che i dati raccolti in aree vulcaniche in occasione di 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. Ciò è confermato dalle misure di microtremore ambientale effettuate su lave massive affioranti che hanno evidenziato effetti di amplificazione, più o meno marcati, con frequenze generalmente prossime ai 3 Hz. Amplificazioni a frequenze più elevate si registrano in aree contraddistinte dalla presenza di una copertura detritica sulle lave. Appare evidente che nei successivi livelli di approfondimento sarà necessario interpretare il ruolo delle inversioni delle velocità nella selezione delle frequenze di oscillazione proprie dei siti e di verificare quali sono gli elementi delle successioni laviche che invece determinano le differenti ampiezze di oscillazione.

6. Interpretazioni ed incertezze

Nel territorio comunale di San Gregorio di Catania, i dati pregressi utilizzati si riferiscono a indagini effettuate per lo studio geologico a supporto del Piano Regolatore Generale (P.R.G.), e ad indagini effettuate per la progettazione di diversi edifici pubblici. Il modello geologico ricostruito sulla base della profonda revisione dei rilievi geologici condotti per la realizzazione del P.R.G. ha trovato puntuale riscontro nelle stratigrafie dei sondaggi disponibili per l'area, anche se va segnalato il numero (2) estremamente ridotto di indagini dirette disponibili. Tali indagini sono ubicate nel settore settentrionale del



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 territorio comunale, ad una distanza di circa 50 metri l'una dall'altra, ai due lati di Via Fondo di Gullo, dove affiorano le lave di copertura oloceniche. Poco più a sud-ovest, all'interno dell'aranceto che si trova immediatamente a sud di Monte Catira, per la progettazione del centro divertimenti, sono state realizzate tre indagini geognostiche che raggiungono una profondità di 20 metri. A causa della mancanza della Tavola 4 "Carta di ubicazione dei sondaggi in scala 1:2.000", non è stato possibile localizzare con precisione tali indagini che, conseguentemente, non sono state inserite nel database di Access denominato "Cdl_tabelle" e rappresentati secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II". Ciononostante, essi sono stati utilizzati per la definizione dell'assetto geologico profondo di quest'area del territorio comunale.

Per quanto riguarda le indagini geofisiche, i profili elettromagnetici realizzati attraverso metodologia Georadar e i profili sismici a rifrazione hanno consentito di investigare esclusivamente gli orizzonti lavici più superficiali (vedi Capitolo 4).

Da quanto finora esposto, risulta chiaro che i dati pregressi messi a disposizione dall'amministrazione comunale di San Gregorio di Catania sono risultati insufficienti nella definizione delle geometrie 3D dei corpi litologici sepolti sotto le lave recenti (vedi Capitolo 5). Anche le "Sezioni Geologiche interpretative" realizzate, in direzione NO-SE, nello studio geologico per il P.R.G. non sono state archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II" in quanto la loro qualità e quella del supporto cartografico non è stata ritenuta sufficiente (es. in Fig. 28).

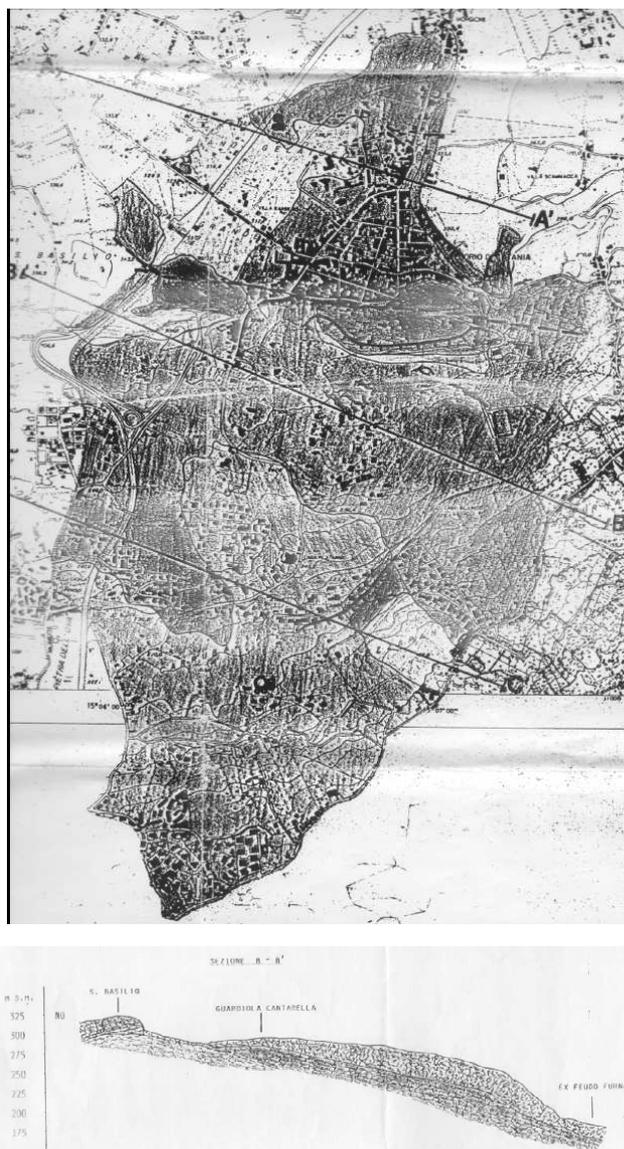


Fig. 28 – Allegato 1 “Carta Geolitologica e Geomorfologica in scala 1:10.000” e stralcio dell’Allegato 4 “Sezioni Geologiche interpretative” della relazione geologica per il P.R.G. di San Gregorio di Catania.

Si è, dunque, ricorso alle conoscenze pregresse di tutta la regione limitrofa, riguardo l’evoluzione tettonica e morfologica dell’area, che hanno consentito di stabilire i criteri per la ricostruzione della morfologia subvulcanica e dell’andamento del substrato sedimentario al di sotto della copertura lavica che caratterizza l’area. Naturalmente, nel corso degli studi di livello superiore, si rende necessario acquisire nuovi dati di sottosuolo al fine di poter meglio stabilire le geometrie sepolte e gli spessori dei diversi corpi geologici, oggi valutati solo sulla base dei loro affioramenti in superficie.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Per archiviare le stratigrafie dei sondaggi secondo gli “Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Versione 2.0beta-II”, si è scelto di reinterpretare i dati sulla base dei rilievi aerofotogrammetrici e, soprattutto, di campagna. Così, i terreni da noi raggruppati all’interno depositi alluvionali olocenici (vedi **Allegati 1 e 2**) e catalogati con la sigla “SW”, vengono descritti sia come “sabbie vulcaniche grigie con trovanti”, nell’indagine 087042P2, che come “materiale sciolto rossastro con frammenti lavici”, nell’indagine 087042P1. Nello stesso sondaggio, più in profondità, si ritrova nuovamente un livello descritto come “materiale sciolto rossastro con frammenti lavici”, questa volta interpretato come prodotti vulcanoclastici tirreniani (GM). In questi casi nella tabella “Parametri_Puntuali” del database di Access denominato “Cdl_tabelle” è stato assegnato un grado di attendibilità pari a “2” per ogni litotipo distinto.

Come visto nel Capitolo 4, è stato possibile determinare le principali caratteristiche fisico-meccaniche di n. 3 campioni prelevati nell’indagine 087042P2. Nelle successive fasi di approfondimento bisognerà, dunque, analizzare anche, il materiale detritico, i prodotti vulcanoclastici e i depositi alluvionali. Questi ultimi dovrebbero essere meglio caratterizzati anche dal punto di vista granulometrico e si dovrebbe procedere ad una accurata definizione delle curve isopiezometriche della falda superficiale in tali terreni, al fine di poter individuare quelle aree potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione (vedi Capitolo 7).

Tra i dati provenienti da studi precedenti, particolare interesse è rivestito dal down-hole realizzato nel sondaggio 087042P1. Analizzando, infatti, le Vs medie nei diversi litotipi, appare evidente che la stratigrafia dei terreni vulcanici degli ultimi metri dalla superficie è caratterizzata da ripetute inversioni delle velocità delle onde sismiche.

Questo fenomeno trova conferma nei dati raccolti in aree vulcaniche in occasione di precedenti studi di microzonazione (OPCM 3278/2003) nella zona del comune di Santa Venerina (vedi Capitolo 5). Tale prerogativa non rientra nei modelli correntemente applicati nella valutazione delle amplificazioni di tipo stratigrafico e pone molti interrogativi che andranno risolti nelle indagini di approfondimento successive, che dovranno essere volte ad una accurata misura delle Vs nei diversi corpi geologici.

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

7. Metodologie di elaborazione e risultati

I dati di base e gli elaborati cartografici utilizzati (vedi elenco in Capitolo 1), riguardanti diversi aspetti dell'assetto geologico dell'area comunale (geologia, idrogeologia, geomorfologia, tettonica e geotecnica), sono caratterizzati da un dettaglio variabile dalla grande scala (1:10.000) alla piccola scala (1:2.000). Tutte le carte tematiche sono state georeferenziate ed inserite in un progetto EsriArcGis, ottenendo così la visualizzazione e la sovrapposizione dei diversi elaborati garantendo la corrispondenza delle coordinate geografiche, della scala e quindi delle distanze. Naturalmente, nella stesura degli elaborati cartografici prodotti nel presente studio, il peso delle informazioni di maggiore dettaglio risulta essere preponderante. Per l'individuazione delle coperture detritiche, dei movimenti franosi si è fatto riferimento principalmente all'analisi fotogrammetrica e contemporaneamente al contributo fornito da studi pregressi. Per quanto riguarda, invece, la mappatura dei terreni affioranti e dei principali lineamenti tettonici, a seguito di accurate verifiche di terreno unitamente all'analisi di aerofotogrammetrie, si è dovuto procedere ad una sostanziale revisione dei dati forniti. Grazie all'integrazione tra gli accurati rilievi di terreno e le osservazioni derivanti dall'analisi fotogrammetrica è stato possibile ricostruire la successione geolitologica dell'area di studio (vedi Capitolo 3).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Una volta distinte le diverse unità geolitologiche affioranti e stabiliti i loro rapporti geometrici nel sottosuolo è stato possibile definire le zone stabili suscettibili di amplificazione locale, sulla base degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) e dei Contributi per l’aggiornamento degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Dolce et al, 2011). Dato il numero esiguo di indagini a nostra disposizione, un ruolo fondamentale per la determinazione di tali zone è stato svolto dalle sezioni geologiche a scala 1:5.000 (**Allegato 1**), dove si è cercato di evidenziare quegli elementi di non immediata lettura nella “Carta geologico tecnica” quali i rapporti geometrici tra i depositi alluvionali, vulcanoclastici e piroclastici rispetto alle colate laviche sia di copertura che del substrato, e la presenza di ventagli di lava sepolti, che determinano forti variazioni degli spessori e della giacitura dei corpi lavici stessi, e di una faglia inversa sepolta, suturata dalle lave oloceniche. Per quanto riguarda l’amplificazione per effetti topografici e morfologici viene proposta una procedura che, a partire dal Modello Digitale del Terreno (DEM) e attraverso una serie di elaborazioni effettuate utilizzando software GIS, consente di identificare quei pendii caratterizzati da una inclinazione $> 15^\circ$ e da un dislivello superiore a circa 30 m. Il primo step di tale procedura consiste nell’elaborazione di una carta delle inclinazioni in cui vengono distinti due campi con inclinazione minore e maggiore di 15° (Fig. 29). Nel secondo step è stata costruita una carta dell’energia del rilievo, definita come il dislivello massimo (in metri) esistente in ciascuna superficie unitaria (Ciccacci et al., 1988) che nel caso specifico è un quadrato di 100 metri di lato (Fig. 30). Infine, combinando le due carte fin qui elaborate, è stata ottenuta la carta in cui sono evidenziati i pendii soggetti a potenziali fenomeni di amplificazione topografica (Fig. 31).

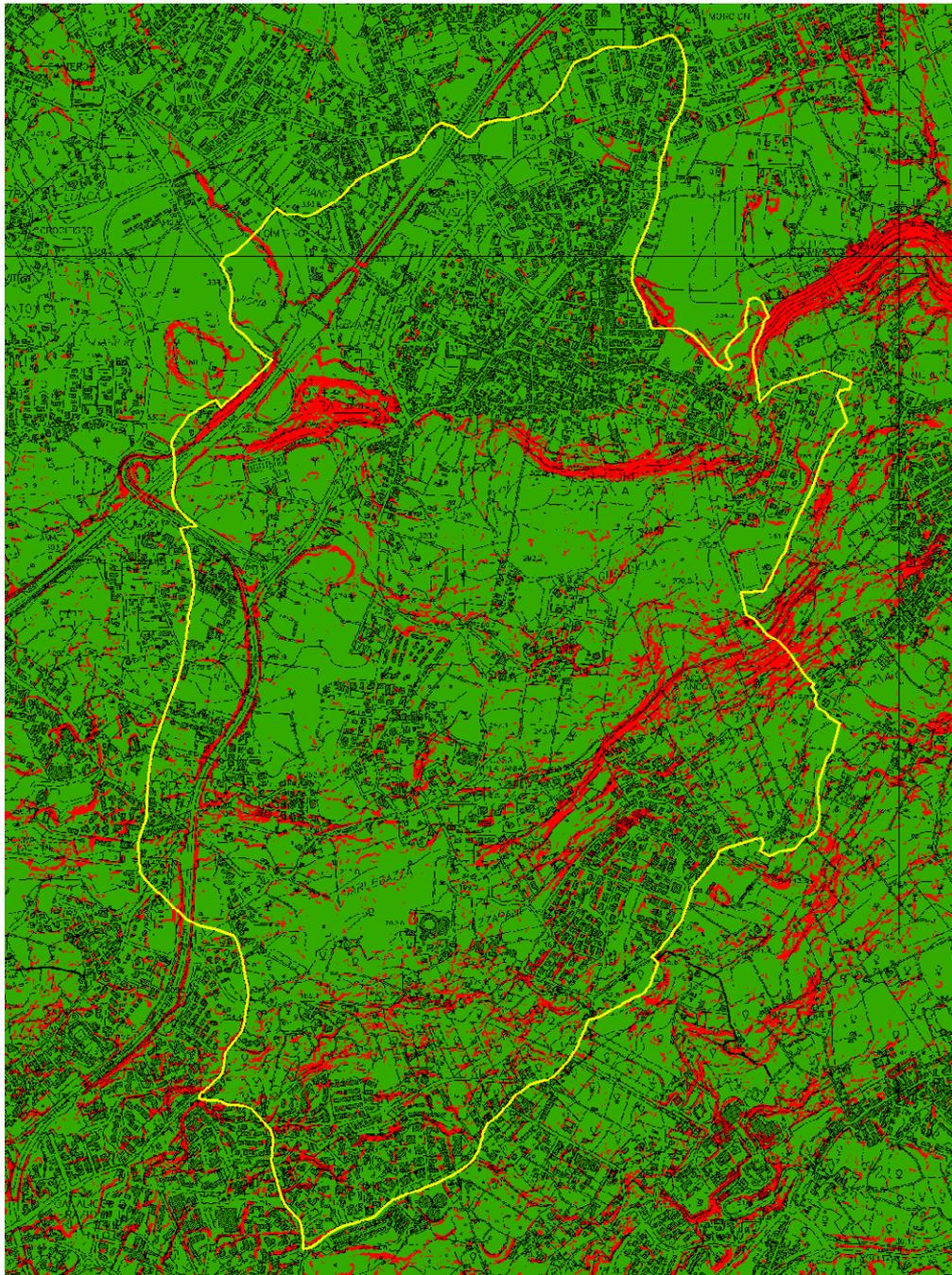


Fig. 29 - Carta delle inclinazioni dell'area di studio. Sono distinte inclinazioni $< 15^\circ$, in verde, e $> 15^\circ$, in rosso.

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

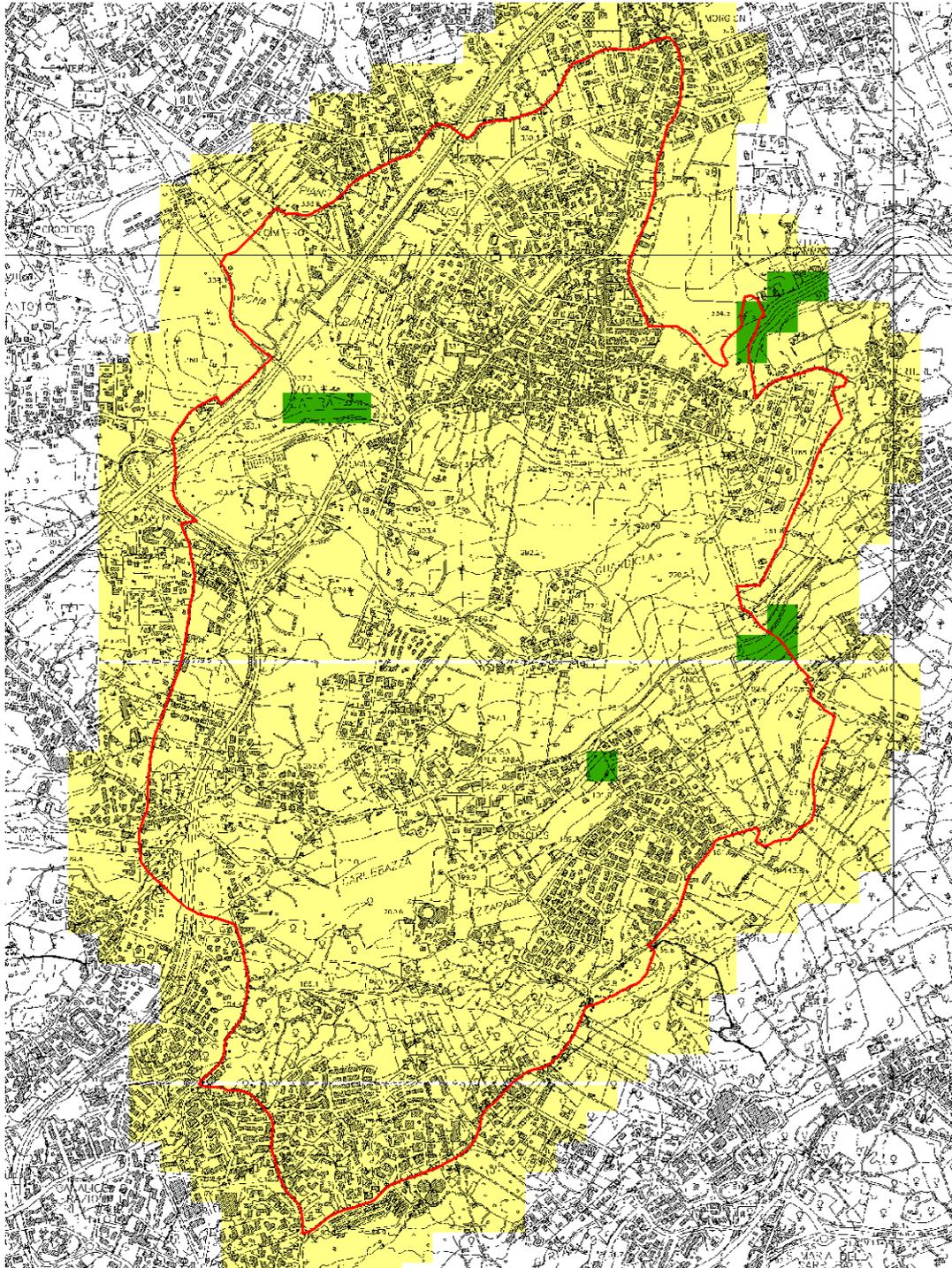


Fig. 30 – Carta dell'energia del rilievo dell'area di studio. Sono distinti dislivelli < 30 m, in giallo, e > 30 m, in verde.

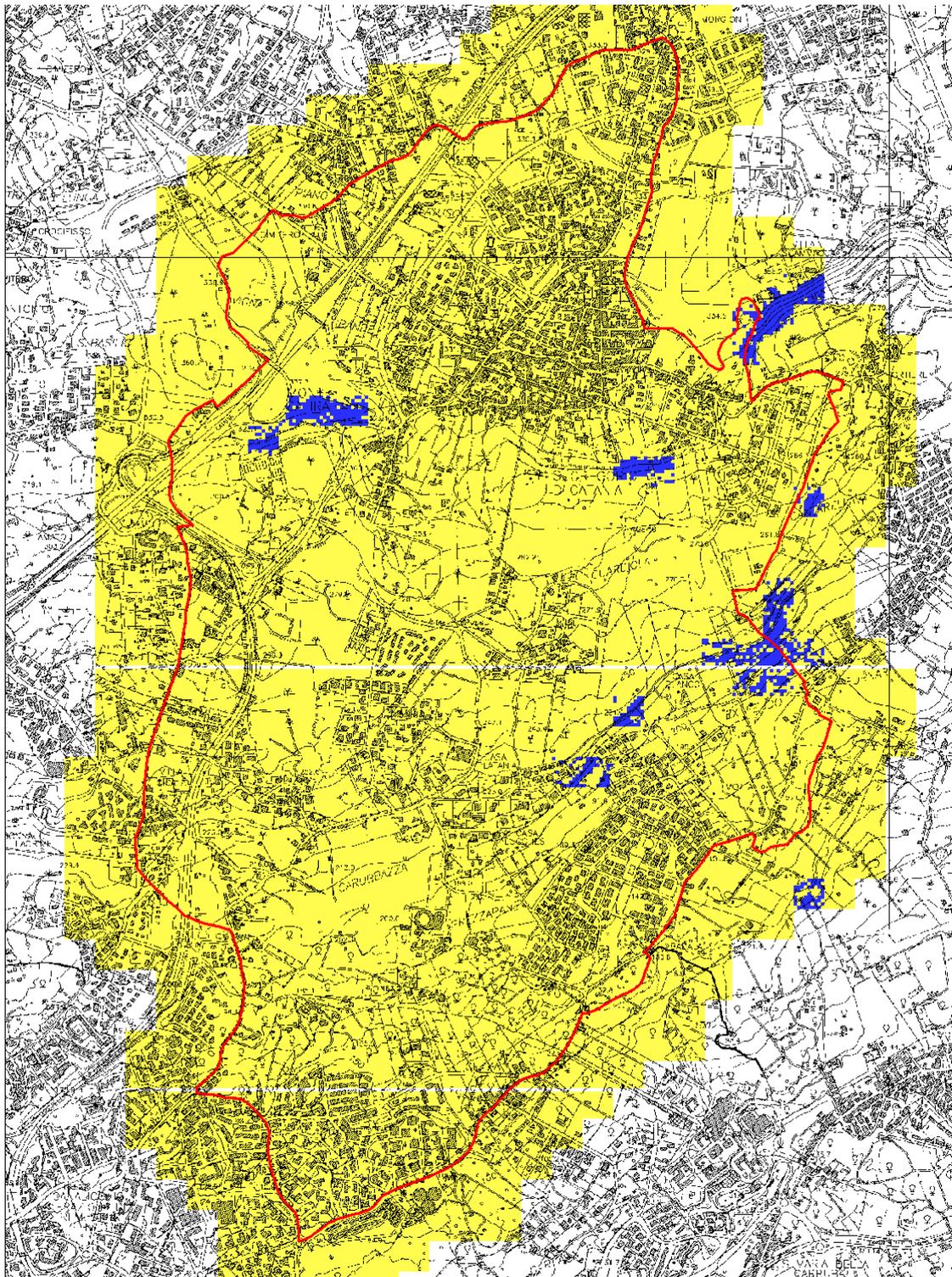


Fig. 31 - Carta dell'amplificazione topografica dell'area di studio . Le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografica sono evidenziate in blu.

Risulta evidente che tali pendii sono concentrati lungo scarpate erosionali impostate in rocce laviche sia oloceniche che pre-tirreniane; e precisamente la scarpata immediatamente a sud del centro abitato, orientata circa est-ovest, e la scarpata che si

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 estende in direzione NE-SO tra Casa Bianco e Casa Platania. Ortogonalmente a queste scarpate sono state realizzate due sezioni topografiche in scala 1:5.000 (**Allegato 5**), dirette NO-SE, come richiesto negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Per quanto riguarda le instabilità manifeste e potenziali, si è fatto riferimento agli studi pregressi del PAI che hanno trovato riscontro anche dalle analisi morfologiche condotte nell’area tramite analisi di fotogrammetrie e verifiche di terreno nelle aree soggette ad instabilità di versante. Nella “Carta dei dissesti” (Fig. 32) e nella “Carta della pericolosità e del rischio” (Fig. 33) del PAI (Area Territoriale tra i bacini del F. Simeto e del F. Alcantara - 095) vengono riportati 6 dissesti, elencati nella tabella 5.

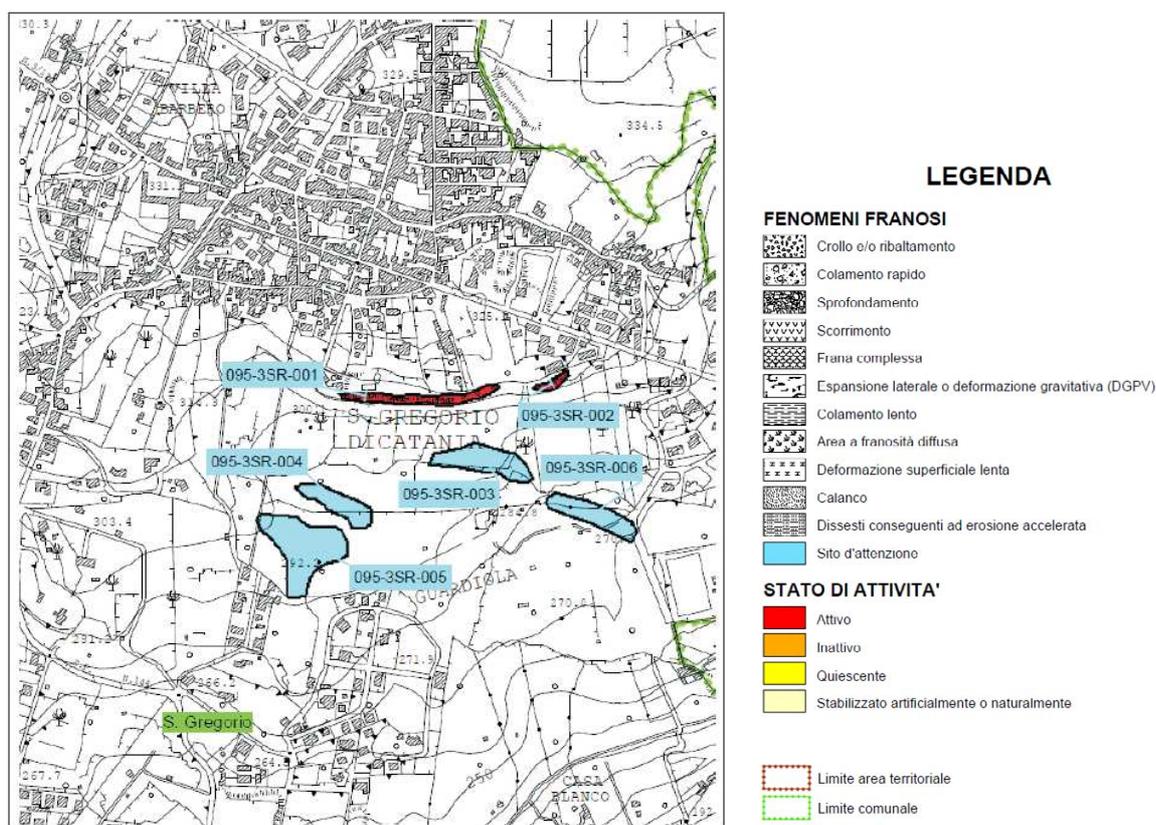


Fig. 32 - Stralcio della “Carta dei dissesti N° 23” (A095 D 634020) del PAI.

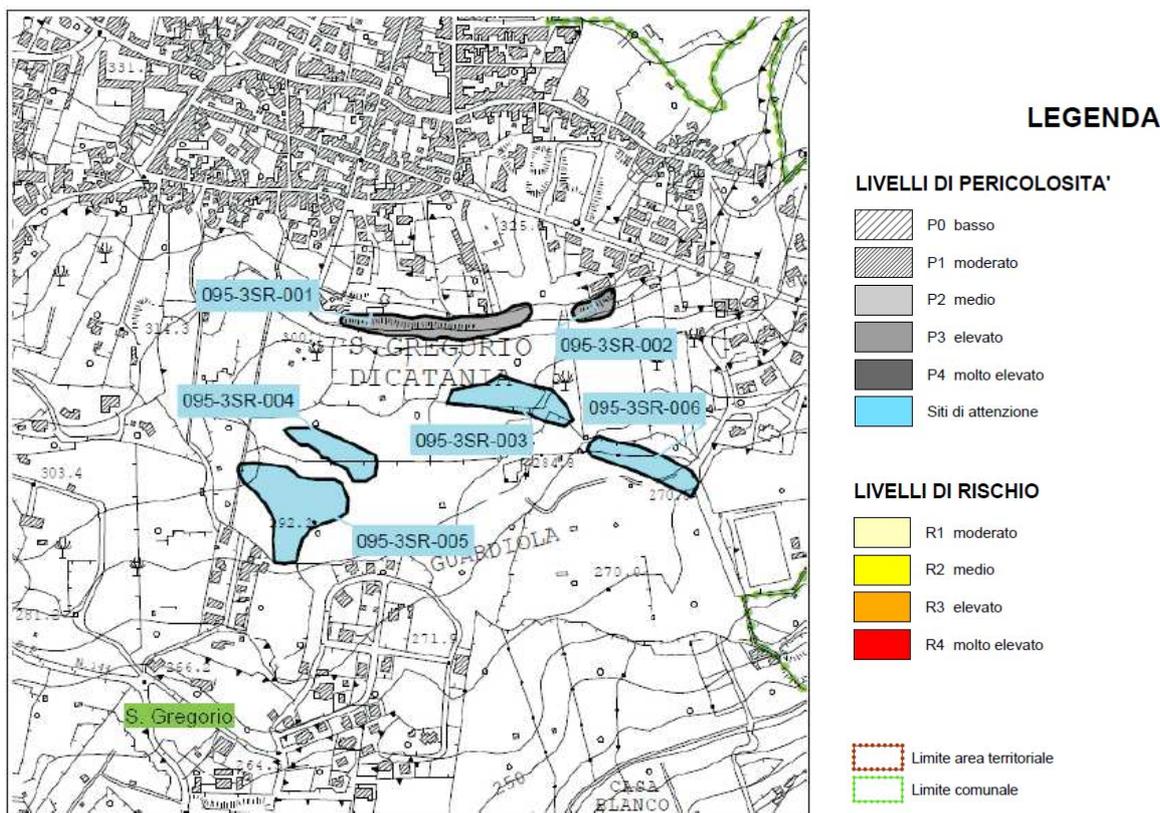


Fig. 33 – Stralcio della “Carta della pericolosità e del rischio N° 23” (A095 P R 634020) del PAI.

Sigla	ID_i	Località	Tipologia	Attività	Pericolosità	Rischio
095-3SR-001	1	Guardiola Cantarella	Crollo e/o ribaltamento	Attivo	Elevato	-
095-3SR-002	2	Guardiola Cantarella	Crollo e/o ribaltamento	Attivo	Elevato	-
095-3SR-003	-	Guardiola Cantarella	Sito d'attenzione	-	-	-
095-3SR-004	-	Guardiola Cantarella	Sito d'attenzione	-	-	-
095-3SR-005	-	Guardiola Cantarella	Sito d'attenzione	-	-	-
095-3SR-006	-	Guardiola Cantarella	Sito d'attenzione	-	-	-

Tab. 5 – Elenco dissesti ricadenti nell’area di studio con relativo livello di pericolosità e rischio (da PAI modificato).

Nel presente studio, le prime due aree segnalate dal PAI sono state inserite tra le instabilità di versante e catalogate come “crollo o ribaltamento – attiva” (Tipo_i = 3011), mentre i siti di attenzione <<perché suscettibili a sprofondamento>>, come si legge nella relazione del PAI, sono stati integrati con le aree interessate da grotte laviche segnalate nella relazione geologica del P.R.G. (Fig. 34) e riportate all’interno delle instabilità come “cedimenti differenziali” (Tipo_i = 3080). Inoltre, a seguito dei rilievi aerofotogrammetrici e di campagna sono state individuate altre zone caratterizzate dalla presenza di coltri detritiche che ricoprono il substrato argilloso (vedi Capitolo 3), che

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 potrebbero rimobilizzarsi in occasione di un evento tellurico o di intense precipitazioni. Tali zone, localizzate lungo la scarpata di Monte Catira, nel blocco rialzato della rampa di thrust sepolta (vedi profili BB' e CC' dell'Allegato 1 e Capitolo 1), sono state segnalate come “instabilità di versante non definite - quiescenti” (Tipo_i = 3025).

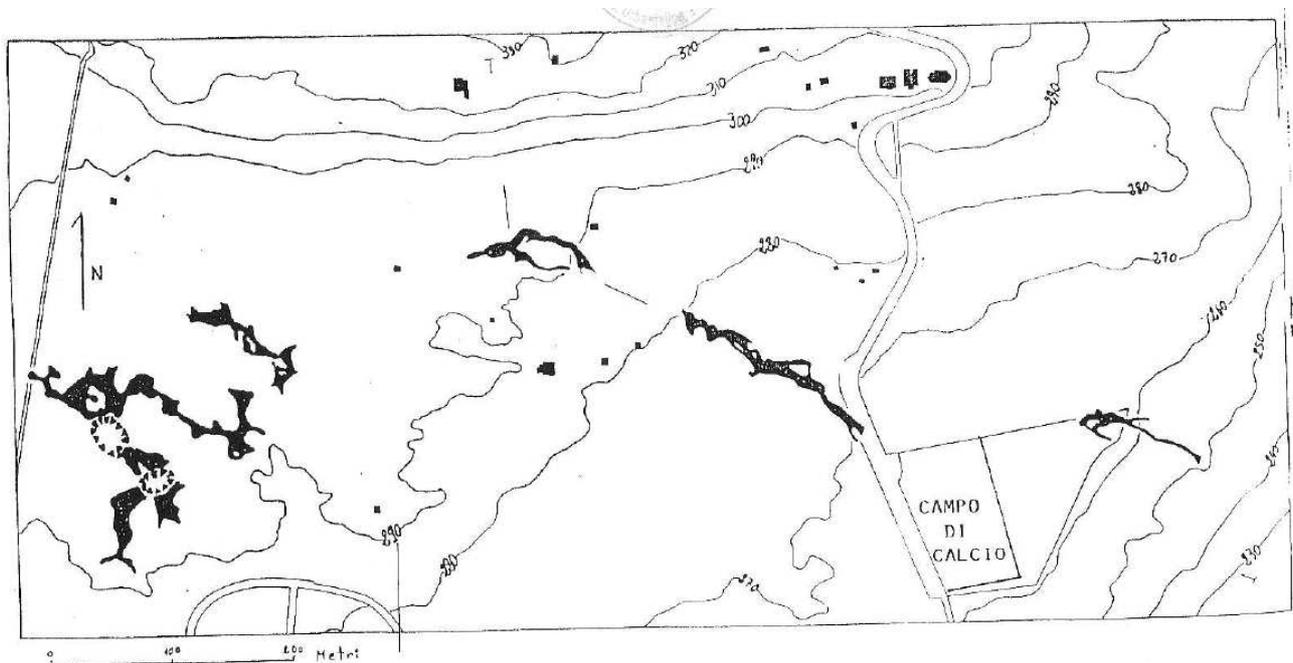


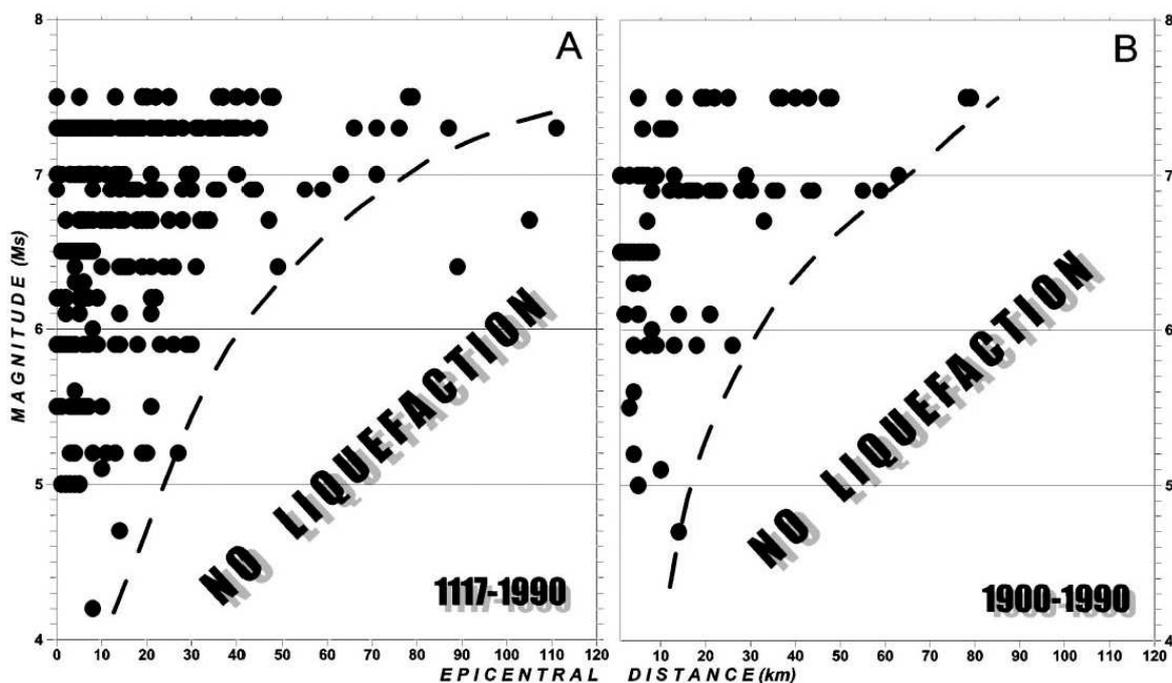
FIG. 1 - UBICAZIONE E PLANIMETRIA DEL COMPLESSO DELLE GROTTA LAVICHE IMMACOLATELLE E MICIO CONTI.

Fig. 34 - Carta delle cavità laviche presenti nel territorio comunale di San Gregorio di Catania, segnalate nella relazione geologica del P.R.G.

Altre tipologie di instabilità sono strettamente connesse alla presenza delle faglie di Trecastagni e di San Gregorio, e del segmento di faglia normale che si estende nel blocco ribassato di quest'ultima, in direzione NO-SE (vedi Capitolo 3 e profilo BB' - Allegato 1). A cavallo di queste faglie attive e capaci è stata segnalata la presenza di “Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci” (Tipo_i = 3060), rappresentata da una

fascia ampia 50 metri. Negli elaborati cartografici dello studio geologico per il P.R.G. (Allegati 1, 2 e 5), viene segnalata la presenza di una fascia di fratturazione dovuta ad una struttura tettonica che si sviluppa, in direzione NO-SE, nel blocco ribassato della Faglia di San Gregorio. In assenza di evidenze geologiche e morfologiche a conferma della presenza di tale struttura, la fascia di fratturazione ad essa connessa è stata riportata come “Cedimenti differenziali” (Tipo_i = 3080). Infine, laddove si realizza la sovrapposizione di diverse tipologie di instabilità, sono state individuate le cosiddette “Zone suscettibili di instabilità differenti” (Tipo_i = 3070).

Un discorso più articolato deve essere condotto riguardo il fenomeno della liquefazione. La definizione del glossario degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) recita: <<Fenomeno per cui, in conseguenza dell’applicazione di azioni dinamiche quali le azioni sismiche agenti in condizioni non drenate, un terreno perde la propria resistenza al taglio>>. Appare chiaro che il fattore scatenante del fenomeno è il verificarsi di un evento sismico ad una certa distanza dal sito in oggetto. Distanza che a sua volta dipende dalla Magnitudo del terremoto. A titolo di esempio si riporta la relazione empirica tra la Magnitudo e la distanza epicentrale proposta da Galli (2000)(Fig. 35):





Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Fig. 35 – Distribuzione di fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, in termini di Magnitudo e distanza epicentrale, per i periodi 1117–1990 e 1900–1990. (da Galli, 2000).

Nell'ambito della zonazione sismogenetica dell'area italiana (Gruppo di lavoro, 2004), il territorio comunale di San Gregorio di Catania, così come tutta l'area etnea, ricade all'interno della zona 936 (Fig. 36). 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 (CPT111; Rovida et al., 2011). Questi dati trovano conferma nella versione più recente del DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) che riporta la presenza della sorgente sismogenetica "ITIS106 – Gravina di Catania" orientata NE-SO e caratterizzata da una $M_w = 6$, la cui terminazione orientale rientra all'interno del territorio comunale di San Gregorio di Catania (Fig. 23). Tuttavia in passato l'area di studio è stata seriamente danneggiata dal sisma del 1693, di $M_w \geq 7$ (Postpischl, 1985; Boschi et al, 1995; 1997), verificatisi però nella zona sismogenetica 935. Per finire, nel DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010), a circa 16,5 km di distanza nell'*off-shore* ionico, viene segnalata la presenza della sorgente sismogenetica "ITDS011 – Western Ionian" (Fig. 23), per la quale dati di Letteratura indicano una $M \geq 7$ (Bianca et al., 1999; Catalano et al. 2008).

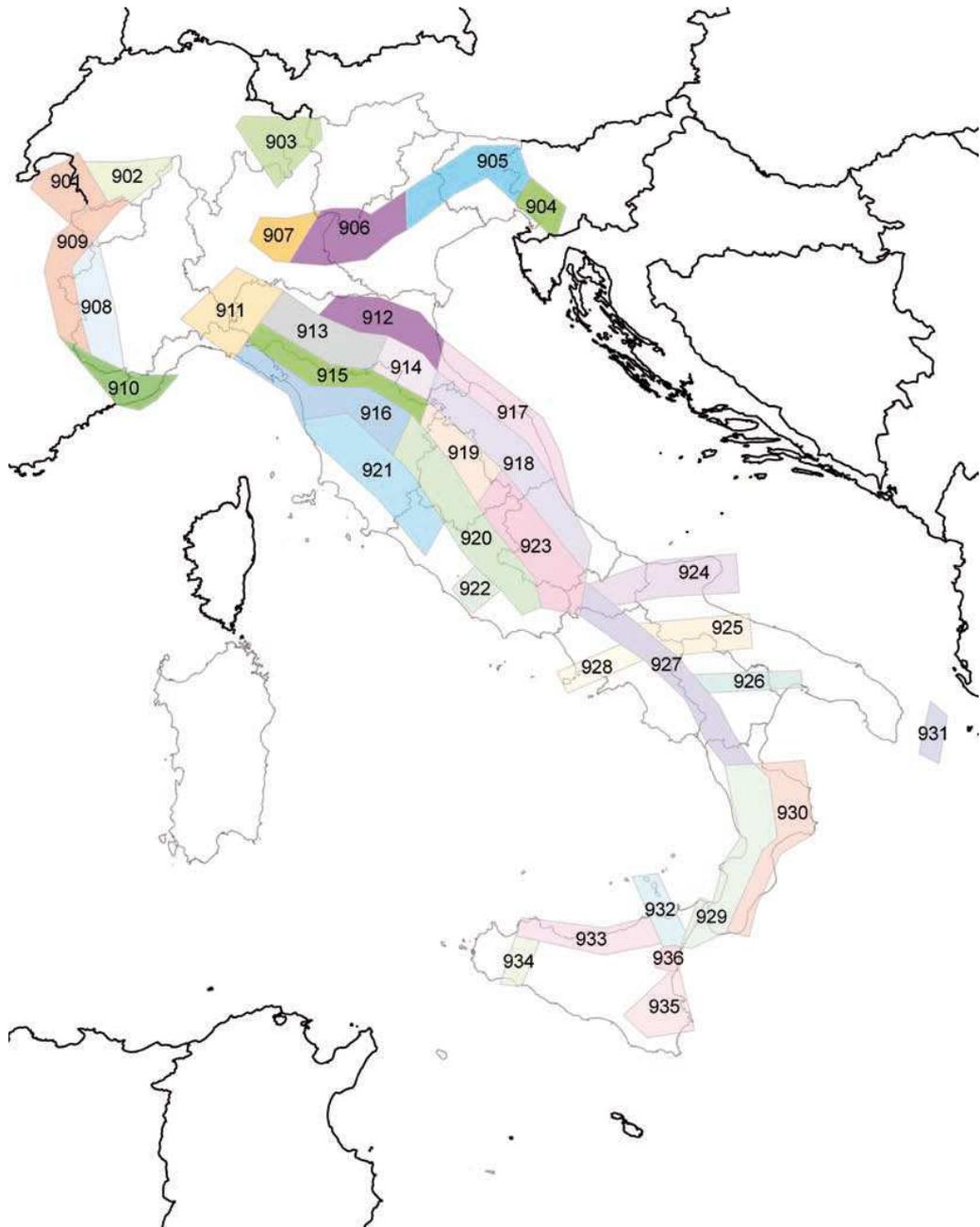


Fig. 36 - Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

In ogni caso, possiamo concludere che il possibile verificarsi di eventi sismici di Magnitudo compresa tra 4 e 6 in zone molto prossime all'area oggetto di studio potrebbe innescare fenomeni di liquefazione, in presenza di terreni sciolti (sabbie o ghiaie) e di una falda superficiale. Nel territorio comunale di San Gregorio di Catania, questa tipologia di terreni è rappresentata dai corpi detritici, affioranti principalmente e sud del centro

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

abitato, dai depositi piroclastici pre-tirreniani, di cui è stato cartografato solo un piccolo affioramento localizzato al confine con il comune di valverde, dai depositi alluvionali affioranti estesamente nel centro abitato e nel settore meridionale del territorio comunale, e dalle sabbie del substrato. Per quanto concerne la possibile presenza di falde superficiali all'interno di tali depositi, non essendo in possesso di misure dirette, si è fatto riferimento alle informazioni disponibili in Letteratura e provenienti dai dati pregressi. Nella Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna (Ferrara, 2001) la curva isopiezometrica di 200 metri si interrompe proprio in corrispondenza del territorio di San Gregorio di Catania (Fig. 37). Questo dato è stato leggermente modificato nella "Carta idrogeologica in scala 1:10.000" allegata allo studio geologico per il P.R.G. (Fig. 38), nel quale al di sotto del centro abitato è stata ricostruita una curva isopiezometrica di 225 metri. Questo assetto idrogeologico trova conferma nelle informazioni riportate nella carta idrogeologica in scala 1:10.000 allegata allo "Studio idrogeologico Casedde" (Fig. 39) Nello stesso studio, viene ipotizzata la presenza di una falda acquifera a profondità di 50-60 metri.



Fig. 37 – Stralcio della Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna (Ferrara, 2001).



Fig. 38 - Allegato 3 - "Carta idrogeologica in scala 1:10.000" della relazione geologica per il P.R.G. di San Gregorio di Catania.

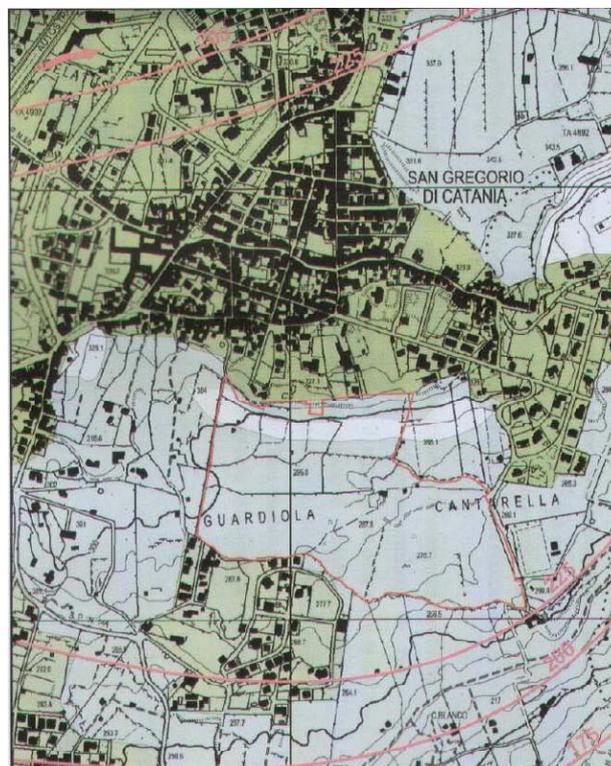


Fig. 39 - Carta idrogeologica in scala 1:10.000 allegata allo "Studio idrogeologico Casedde"



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Conseguentemente, in mancanza di dati che indichino la circolazione di acque sotterranee a profondità minore di 15–20 metri, nell'area di studio non è stata definita alcuna zona soggetta a possibili fenomeni di liquefazione.

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 San Gregorio di Catania, consistono in indagini puntuali, eseguite esclusivamente in foro, cui si sommano le prove e analisi di laboratorio e in indagini lineari di tipo geofisico. Tutti i dati messi a disposizione, unitamente a quelli acquisiti nel corso del presente studio, sono stati analizzati, archiviati in un database di Access denominato “Cdl_tabelle” e rappresentati secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II”. All'interno del database sono stati inseriti 25 “Siti_puntuali” (2 relativi a dati pregressi e 23 a misure HVSR realizzate dall'Università di Catania nel corso del presente studio).

Per quanto riguarda le “Indagini_puntuali” sono state inserite 30 indagini appartenenti a diverse classi:

- “Geologia” – a questa classe appartengono i sondaggi a carotaggio continuo e quelli con prelievo di campioni
- “Geotecnica di laboratorio” – si tratta di analisi effettuate su tre campioni, prove di compressione monoassiale (vedi **Allegato 3**)
- “Geofisica” – consta di una indagine down-hole e n. 23 indagini HVSR (vedi **Allegati 3 e 4**)

Per quanto riguarda le “Indagini_lineari”, sono state inserite n. 25 prospezioni elettromagnetiche effettuate tramite G.P.R. (Georadar) e n. 3 profili sismici a rifrazione. Infine, a causa delle argomentazioni addotte nel Capitolo 6, non è stato possibile inserire n. 3 sezioni geologiche. Per le informazioni sulle geometrie 3D dei diversi corpi geologici nel sottosuolo, si raccomanda di fare riferimento alle sezioni geologiche realizzate nell’**Allegato 1**.

8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Già ampiamente descritta nei capitoli precedenti, la successione geolitologica dell’area di studio è stata ricostruita sulla base della composizione di rilievi geologici a differente scala. Per la ricostruzione delle geometrie dei corpi lavici presenti nell’area si è dovuto ricorrere a rilievi originali per la mancanza di informazioni pregresse indispensabili. I dati di sottosuolo, molto scarsi e mal distribuiti, hanno avuto un ruolo marginale nella ricostruzione della stratigrafia delle unità riportate nella carta. I terreni lavici, seppure in gran parte poggianti su superfici di erosione modellate sul basamento pre-vulcanico, sono stati assimilati ad unità del substrato (**ALS**) o ai terreni di copertura (**LC**), sulla base della loro giacitura rispetto alle altre formazioni superficiali (unità di copertura) presenti nell’area. Le diverse unità litologiche del substrato, ivi comprese i prodotti lavici, e i diversi terreni di copertura sedimentaria sono state rappresentate nella



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
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 i terreni vulcanici di copertura si è fatto ricorso a nuovi standard di rappresentazione concordati con la committenza, in attesa di una integrazione delle linee guida nazionali, alla quale si auspica possano utilmente contribuire gli stessi dati contenuti in questo studio. In particolare, sono stati inseriti sia nuovi elementi lineari (limite di colata lavica) che elementi areali (ventaglio di lava) che insieme agli altri già previsti, consentono una visualizzazione immediata degli elementi della morfologia sub–vulcanica.

Con queste premesse è stato possibile ricostruire un quadro molto complesso dei terreni di copertura che inevitabilmente si traduce in un'estrema parcellizzazione delle zone con caratteri stratigrafici omogenei (successione litologica, giacitura, rapporti geometrici con il substrato), da utilizzare successivamente per la definizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

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

rappresentazione del sottosuolo di natura vulcanica che, pur con tutte le possibili imprecisioni, tende a riprodurre geometrie tipo in relazione all'andamento della topografia sepolta che, discostandosi dai classici schemi litostratigrafici, è apparsa, in assenza totale di dati diretti, l'unica soluzione praticabile per il raggiungimento degli obiettivi propri del primo livello di approfondimento.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

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

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

sismico. La notevole variabilità laterale dei terreni di copertura affioranti ha comportato la definizione di 20 distinte microzone riferite ad aree stabili suscettibili di amplificazione, nonché 4 distinte zone suscettibili di instabilità.

Una notevole varietà di microzone è stata prevista per le aree ricadenti su terreni vulcanici, per le quali non sono state ancora definite linee guida da adottare. Non è escluso che, una volta definito l'abaco di riferimento, alcune delle suddivisioni proposte possano risultare pleonastiche, non avendo riscontro in termini di risposta sismica locale differente. Ciò implica la possibilità che microzone omogenee, oggi distinte sulla base di differenti caratteri stratigrafici e giaciture, possano avere un medesimo comportamento di modificazione del moto del suolo e quindi essere successivamente accorpate in un'unica microzona omogenea. In termini più realistici, è prevedibile che l'estrema eterogeneità dei terreni vulcanici poco si presti alla definizione di una microzona a comportamento omogeneo, ma piuttosto in microzone all'interno delle quali i parametri di variazione locale del moto oscillano nell'ambito di range definiti, differenti da quelli di microzone adiacenti.

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 fratturate e prodotti piroclastici e/o livelli di depositi di lahars limoso-sabbiosi brunastri con spessore complessivo fino a circa 80 m
- **Zona 1** Argille marnose di colore grigio-azzurro al taglio fresco, giallastre per fenomeni di alterazione nelle porzioni sommitali, ricoperte nei settori meridionali da sabbie del Pleistocene medio spesse fino a circa 60 m, che nell'insieme rappresentano il substrato sedimentario non rigido con spessori non valutabili, nell'ordine dei centinaia di metri.
- **Zona 2** Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (la) spesse fino a circa 20 m, che si alternano a depositi alluvionali e a livelli vulcanoclastici costituiti da sabbie e ghiaie spessi

fino a circa 25 m, per uno spessore complessivo fino a circa 70 m. Tale alternanza poggia sul substrato geologico fratturato.

- **Zona 3** Depositi alluvionali costituiti da sabbie e ghiaie (tf) spessi fino a circa 25 m poggianti sulla successione della microzona 2.
- **Zona 4** Livello piroclastico costituito da sabbie e ghiaie di spessore presunto fino a circa 25 m che poggia sul substrato geologico fratturato.
- **Zona 5** Depositi marini terrazzati (tm) costituiti da sabbie e ghiaie di spessore presunto fino a circa 5 m, poggianti sul substrato geologico fratturato.
- **Zona 6** Depositi marini terrazzati (tm) costituiti da sabbie e ghiaie di spessore presunto fino a circa 5 m, poggianti sul substrato sedimentario.
- **Zona 7** Materiale di riporto eterogeneo costituito principalmente da sabbia e ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (zz), spesso fino a circa 5 m, che poggia sulla successione della microzona 2
- **Zona 8** Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (zz), spesso fino a circa 5 m, che poggia sulla successione della microzona 3
- **Zona 9** Materiale detritico caotico spesso fino a 10 m circa (fd), costituito da blocchi di origine vulcanica di dimensioni talora metrici e inclusi di origine vulcanica di svariate dimensioni, immersi in una matrice con granulometria variabile da sabbie limose ad argille alterate, che ricopre sia colate laviche di copertura che il substrato geologico fratturato.
- **Zona 10** Substrato geologico fratturato del tipo della microzona 0 in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello >30 m.
- **Zona 11** Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (la) costituite da una fitta alternanza di banchi massivi e livelli scoriacei metrici in strati inclinati che danno luogo a ventagli di lava che mantellano preesistenti pendii acclivi, con spessore variabile da un minimo di pochi metri all'apice a un massimo di circa 35 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 12** Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (la) che ricoprono sia altri terreni di copertura che diversi termini del substrato geologico, le cui geometrie sepolte andranno definite nell'ambito degli studi di secondo livello.
- **Zona 13** Depositi alluvionali terrazzati (tf) costituiti da sabbie e ghiaie di origine vulcanica con spessore da 3 a circa 5 m, che poggiano su lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (la) con spessori fino a circa 30 m e/o su materiale detritico caotico spesso fino a 10 m circa, e/o sul substrato geologico fratturato.
- **Zona 14** Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (zz), spesso fino a circa 5 m, che poggia sulla successione della microzona 9.
- **Zona 15** Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (zz), spesso fino a circa 5 m, poggianti sulla successione della microzona 12.
- **Zona 16** Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (zz), spesso fino a circa 5 m, che poggia sul substrato geologico fratturato.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

- **Zona 17** Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (zz), spesso fino a circa 5 m, che poggia sulla successione della microzona 11.
- **Zona 18** Successione della microzona 9 in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello >30 m.
- **Zona 19** Successione della microzona 12 in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello >30 m.

Le 4 zone di instabilità comprendono le due aree già censite dal PAI come ad elevato rischio di frana, le aree interessate da grotte laviche segnalate nella relazione geologica del P.R.G. del comune di San Gregorio di Catania, nonché tutte le porzioni del territorio comunale ricoperte da corpi detritici poggianti sul substrato argilloso. In queste ultime andrebbero comunque valutati anche gli effetti di amplificazione stratigrafica legati alla presenza del detrito superficiale, che si dovrebbero comunque manifestare anche in assenza di fenomeni di instabilità.

Per finire, la carta riporta anche fasce ristrette allungate parallelamente alle faglie potenzialmente attive presenti nell'area. Tali fasce 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. Ad esse si uniscono le zone soggette a cedimenti differenziali e quelle suscettibili di instabilità differenti.

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

9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati

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

Le informazioni sui danni prodotti dagli eventi passati sono state ottenute consultando il Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (CFTI 2 Boschi et al., 1997). Procedendo dal più antico al più recente si elencano:

- Per quanto riguarda il terremoto del 1693, il CFT è estremamente sintetico. Citando una fonte storica (Alessandro Burgos) si limita ad osservare che il paese fu distrutto.
- Anche l'evento sismico del 1818 ebbe effetti disastrosi. Risultarono danneggiate la chiesa Madre e il suo campanile, la chiesa di S. Antonio Abate e quella dell'Immacolata Concezione. Si verificarono danni anche nell'edificio del carcere. Le tavole sinottiche redatte a cura dell'Intendenza di Catania diedero i seguenti risultati: 205 case danneggiate, 5/16 classificate come cadute, 3/16 cadenti, 8/16 lesionate. Si annotò il grave danneggiamento di un intero quartiere del paese, le cui case crollarono quasi completamente.
- Nel 1914 si verificò una scossa sismica molto forte che provocò molto panico fra gli abitanti. Non si ritrovano notizie più specifiche su eventuali danni ad edifici o alla popolazione.
- Infine secondo uno studio macrosismico condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), basato su questionari e sopralluoghi tecnici, gli effetti del terremoto del 13/12/1990 sono stati stimati di intensità pari al V grado MCS.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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

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 634 “Catania”. A cura di Serafina Carbone e Fabio Lentini. Ed. S.EL.CA, Firenze (IT).

Azzaro R.; 1999 – Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics. *J. Geodyn.*, 28, 193–213.

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

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

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

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

Azzaro R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., Tuvè T.; 2009 – Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale nel periodo Gennaio 2006 – Dicembre 2008. *Quaderni di Geofisica*, 72, 39 pp.

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

Azzaro R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., Tuvè T.; 2009 – Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei dal 1832 al 1998 e Aggiornamento 2006–2008. <http://www.ct.ingv.it/ufs/macro/>

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

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

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

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smeriglio G., Valensise G.; 1995 – Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980. Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, 973 pp.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P.; 1997 – Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1990. Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, 644 pp.

Branca S., Coltelli M., De Beni E., Wijbrans J.; 2008 – Geological evolution of Mount Etna volcano (Italy) from earliest products until the first central volcanism (between 500 and 100 ka ago) inferred from geochronological and stratigraphic data. Bull. Volcanol., 97, 135–152.

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

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

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

Catalano S., Tortorici G.; 2010 – La carta geologica del basso versante orientale del Monte Etna: nuovi vincoli geologici per la ricostruzione del sottosuolo. In “Microzonazione sismica del versante orientale dell’Etna. Studi di primo livello”, Autori Vari. Le Nove Muse Editrice, Catania, 113–141.

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

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

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).

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

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

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

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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., Bianca M., Catalano S., De Guidi G., Tortorici L.; 2002 – Sudden change in the Late Quaternary tectonic regime in eastern sicily: evidences from geological and geomorphological features. *Boll. Soc. Geol. It.*, vol. Spec. n.1, 901–913.

Monaco C., Catalano S., De Guidi G., Gresta S., Langer H., Tortorici L.; 2000 – The geological map of the urban area of Catania (eastern Sicily): morphotectonic and seismotectonic implication. *Mem. Soc. Geol. It.*, 55, 425–438.

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.

Monaco C., Ventura G.; 1995 – Magmatic and structural features of the "Valverde Center" (Mt. Etna, Sicily). *Studi Geologici Camerti*, 13, 89–101.

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).

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

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

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

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

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

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

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

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Torelli L., Grasso M., Mazzoldi G., Peis D.; 1998 – Plio–Quaternary tectonic evolution and structure of the Catania foredeep, the northern Hyblean Plateau and the Ionian shelf (SE Sicily). *Tectonophysics.*, 298, 209–221.

Valensise G., Pantosti D.; 1992 – A 125 Kyr–long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7 1/2). *Terra Nova*, 4, 472–483.

Yellin– Dror A., Grasso M., Ben Avraham Z., Tibor G.; 1997 – The subsidence history of the northern Hyblean plateau margin, southeastern Sicily. *Tectonophysics.* 282, 277–289.

11. Allegati

Allegato 1 – Sezioni geologiche

Allegato 2 – Sondaggi San Gregorio di Catania

Allegato 3 – Dati geotecnici e geofisici

Allegato 4 – Misure di microtremore ambientale

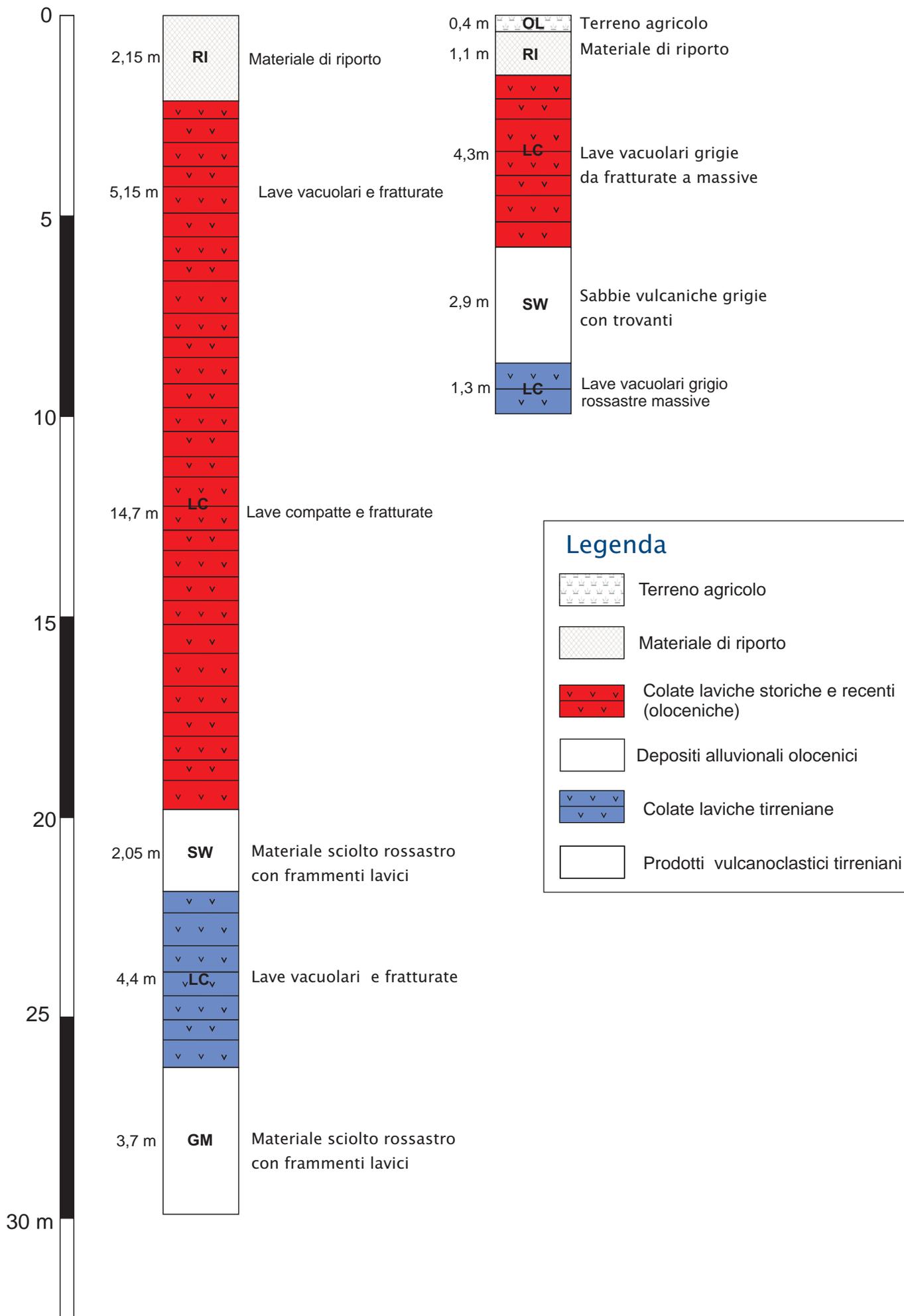
Allegato 5 – Sezioni topografiche

Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Allegato 2 – Sondaggi San Gregorio di Catania

Sondaggio 087042P1

Sondaggio 087042P2



Allegato 3 – Dati geotecnici e geofisici

Prova di compressione monoassiale – 087042P2SM5	
SONDAGGIO: S1; CAMPIONE: C1; QUOTA (m): 1,60 – 1,80	
Località: Via Fondo di Gullo	
Geometria provino	cilindrica
Rapporto D/H	0,49
Area superficie di base provino (cm ²)	53,46
Peso di volume (KN/m ³)	23,54
Sforzo di compressione misurato (KN/m ²)	45649,96
Sforzo di compressione normalizzato (KN/m ²)	93163,18
Descrizione visiva del litotipo	basalto mediamente massivo

Prova di compressione monoassiale – 087042P2SM6	
SONDAGGIO: S1; CAMPIONE: C2; QUOTA (m): 2,00 – 2,20	
Località: Via Fondo di Gullo	
Geometria provino	cilindrica
Rapporto D/H	0,50
Area superficie di base provino (cm ²)	53,46
Peso di volume (KN/m ³)	24,03
Sforzo di compressione misurato (KN/m ²)	33342,61
Sforzo di compressione normalizzato (KN/m ²)	66685,22
Descrizione visiva del litotipo	basalto mediamente massivo con presenza di vacuoli di degassazione

Prova di compressione monoassiale – 087042P2SM7	
SONDAGGIO: S1; CAMPIONE: C3; QUOTA (m): 5,50 – 5,80	
Località: Via Fondo di Gullo	
Geometria provino	cilindrica
Rapporto D/H	0,48
Area superficie di base provino (cm ²)	53,46
Peso di volume (KN/m ³)	24,61
Sforzo di compressione misurato (KN/m ²)	38598,97
Sforzo di compressione normalizzato (KN/m ²)	80414,53
Descrizione visiva del litotipo	basalto mediamente massivo con presenza di vacuoli di degassazione

Tab. 1: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni LC (Lave vacuolari grigie da fratturate a massive – Olocene).

Caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso: metodo di Barton	
Località: Via Fondo di Gullo	
Peso di volume (t/m ³)	$\gamma = 1.90$
Coesione (t/m ²)	$C = 0$
Angolo di attrito interno (°)	$\varphi = 30^\circ$
Compressione semplice (Kg/cm ²)	$\sigma_r = 700$
Coefficiente di sottofondo (Kg/cm ³)	$K_s = 15$

Caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso			
Località: area accoglienza guardiola			
Descrizione litotipo	Peso di volume [γ (t/m ³)]	Angolo di attrito interno (°)	Coesione [c(t/m ²)]
Porzione scoriacea con presenza di discontinuità riempite da scorie rinsaldate	1,7 - 2,0	27° - 35°	0,0
Ammasso lavico poco fratturato con presenza di discontinuità chiuse	1,8 - 2,2	30° - 40°	0,0

Litotipi	γ [PV (T/m ³)]	c' [C (T/m ²)]	Φ' [F1 (°)]	Mod. elastico E [kg/cm ²]	Coeff. Poisson (σ)	Resist. compressione ammasso roccioso [kg/cm ²]	Limite liquido (LL)	Limite plastico (LP)	Indice plasticità (IP)	PS dei grani [ys(g/cm ²)]
Terreni litoidi di natura vulcanica	1,8 - 2,2	0	30° - 45°	35000 - 45000	0,40 - 0,45	150 < Rc < 300				
Tufiti e depositi alluvionali a grossi blocchi	1,8 - 1,9	0	30° - 32°							
Argille marnose azzurre	1,95 - 2,0	0,65 - 0,70	22° - 23°				60% - 65%	32% - 33%	28% - 32%	2,6 - 2,7
Deposito detritico	1,7 - 1,95	0 - 4	18 - 28							

Tab. 2: dati geotecnici e geomeccanici ottenuti dall'analisi di studi pregressi effettuati anche in aree limitrofe sugli stessi litotipi.

Traversa sismica 1 (24 metri; 8 geofoni) – 087042L26SR26		
Località: Via Fondo di Gullo	1° strato	2° strato
Spessore (m)	0,47-1,0	indefinito
Velocità longitudinale (Km/s)	0,54	0,62
Velocità trasversale (Km/s)	0,27	0,28
Modulo di Young (Kg/cm ²)	3,677	5,894
Peso di volume (t/m ³)	1,80	1,90
Coefficiente di Poisson	0,33	0,28
Modulo di Bulk (Kg/cm ²)	3,502	4,366
Modulo di rigidezza al taglio (Kg/cm ²)	1,388	2,311
Descrizione litotipi	materiale di riporto	prodotti lavici fratturati

Tab. 3: dati geofisici e parametri elastici relativi alla traversa sismica 1.

Traversa sismica 2 (24 metri; 8 geofoni) – 087042L27SR27		
Località: Via Fondo di Gullo	1° strato	2° strato
Spessore (m)	0,67-2,45	indefinito
Velocità longitudinale (Km/s)	0,42	0,59
Velocità trasversale (Km/s)	0,21	0,24
Modulo di Young (Kg/cm ²)	2,225	5,337
Peso di volume (t/m ³)	1,80	1,90
Coefficiente di Poisson	0,33	0,28
Modulo di Bulk (Kg/cm ²)	2,119	3,954
Modulo di rigidezza al taglio (Kg/cm ²)	0,839	2,093
Descrizione litotipi	materiale di riporto	prodotti lavici fratturati

Tab. 4: dati geofisici e parametri elastici relativi alla traversa sismica 2.

Traversa sismica 3 (24 metri; 8 geofoni) – 087042L28SR28		
Località: Via Fondo di Gullo	1° strato	2° strato
Spessore (m)	1,23-2,58	indefinito
Velocità longitudinale (Km/s)	0,67	0,70
Velocità trasversale (Km/s)	0,36	0,39
Modulo di Young (Kg/cm ²)	6,291	7,513
Peso di volume (t/m ³)	1,85	1,90
Coefficiente di Poisson	0,30	0,28
Modulo di Bulk (Kg/cm ²)	5,242	5,565
Modulo di rigidezza al taglio (Kg/cm ²)	2,42	2,093
Descrizione litotipi	materiale di riporto	prodotti lavici fratturati

Tab. 5: dati geofisici e parametri elastici relativi alla traversa sismica 3.

Down-Hole - 087042P1DH2								
Prof. (m)	Litotipo	Descrizione	Velocità onde S [Vs(m/s)]	Velocità onde P [Vp(m/s)]	Modulo di Young E [Mpa]	Modulo di taglio G [Mpa]	Peso di volume γ	Coefficiente di Poisson CP
1,0	RI	Terreni di riporto	217,57	565,69	209,96	74,24	1,6	0,41
2,0	RI	Terreni di riporto	256,35	552,5	298,61	109,54	1,7	0,36
3,0	RI	Terreni di riporto	414,46	857,85	862,69	320,09	1,9	0,35
4,0	LC	Lave di Copertura	316,74	640	500,14	186,91	1,9	0,34
5,0	LC	Lave di Copertura	384,2	953,81	771,88	275,08	1,9	0,4
6,0	LC	Lave di Copertura	482,72	970,88	1159,93	434,14	1,9	0,34
7,0	LC	Lave di Copertura	329,23	660	538,97	201,92	1,9	0,33
8,0	LC	Lave di Copertura	394,96	984,68	816,21	290,67	1,9	0,4
9,0	LC	Lave di Copertura	493,31	988,58	1209,94	453,46	1,9	0,33
10,0	LC	Lave di Copertura	656,55	1234,76	2092,93	803,16	1,9	0,3
11,0	LC	Lave di Copertura	658,84	1412,27	2201,4	808,75	1,9	0,36
12,0	LC	Lave di Copertura	660,47	1415,65	2212,28	812,78	1,9	0,36
13,0	LC	Lave di Copertura	661,66	1242,44	2124,22	815,72	1,9	0,3
14,0	LC	Lave di Copertura	497,99	996,49	1232,4	462,09	1,9	0,33
15,0	LC	Lave di Copertura	663,16	1421,11	2230,13	819,44	1,9	0,36
16,0	LC	Lave di Copertura	663,7	1245,47	2136,77	820,72	1,9	0,3
17,0	LC	Lave di Copertura	664,13	1423,14	2236,7	821,8	1,9	0,36
18,0	LC	Lave di Copertura	664,48	1659,86	2311,04	822,68	1,9	0,4
19,0	LC	Lave di Copertura	664,76	1424,52	2240,92	823,37	1,9	0,36
20,0	LC	Lave di Copertura	664,99	1247,47	2144,81	823,95	1,9	0,3
21,0	LC	Lave di Copertura	666,3	1425,4	2250,33	827,19	1,9	0,36
22,0	SW	Sabbie ben assortite e sabbie ghiaiose	499,35	998,92	1239,07	464,64	1,9	0,33
23,0	SW	Sabbie ben assortite e sabbie ghiaiose	399,7	999,02	836,31	297,63	1,9	0,4
24,0	LC	Lave di Copertura	499,45	1248,32	1305,85	464,84	1,9	0,4
25,0	LC	Lave di Copertura	665,6	1110,01	2013,01	825,43	1,9	0,22
26,0	LC	Lave di Copertura	665,7	1246,6	2149,23	825,72	1,9	0,3
27,0	GM	Miscela di ghiaia sabbia e limo con ciottoli e blocchi lavici	399,79	999,32	792,67	282,14	1,8	0,4
28,0	GM	Miscela di ghiaia sabbia e limo con ciottoli e blocchi lavici	399,81	999,37	792,67	282,14	1,8	0,4
29,0	GM	Miscela di ghiaia sabbia e limo con ciottoli e blocchi lavici	285,67	666,54	399,72	144,06	1,8	0,39
30,0	GM	Miscela di ghiaia sabbia e limo con ciottoli e blocchi lavici	285,67	999,43	419,33	144,06	1,8	0,46

Tab. 6: dati geofisici e parametri elastici relativi al Down-Hole 087042P1DH2.

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

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

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

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

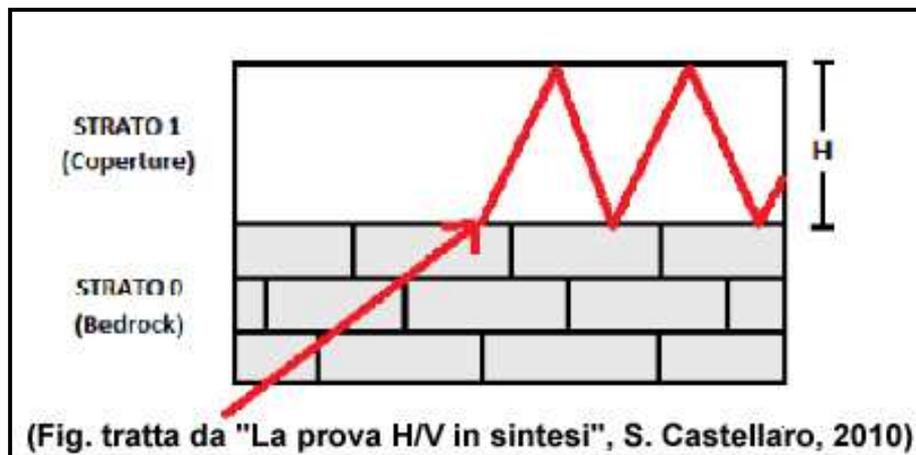
Ciò premesso, riconosciuta l'importanza degli effetti di sito, al progettista serve conoscere la *funzione di trasferimento* al sito, ossia come il moto dal bedrock si trasferisce in superficie; ne consegue che la condizione ideale risulta la misurazione e non il calcolo (che richiederebbe la modellazione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

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

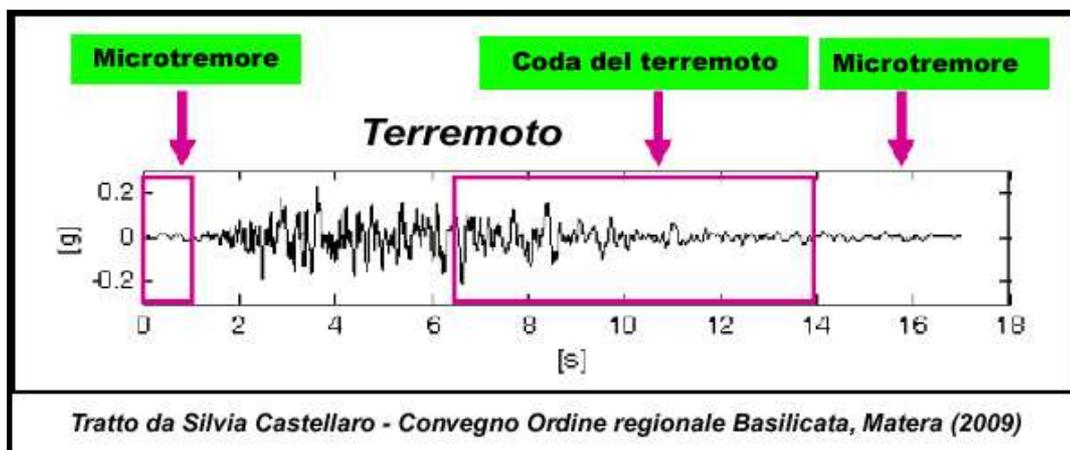
A tal proposito va rilevato, quindi, come lo studio del microtremore ambientale (noise), attraverso le prove di sismica passiva a stazione singola H/V (o HVSR), sia in grado di mettere in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica; tale prova, comunemente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

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

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



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



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

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

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

Equazione 1

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

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

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

Quando si effettua una modellazione per ricavare la risposta sismica di sito (per esempio in termini di funzione di amplificazione del moto alle varie frequenze), si

dovranno riprodurre almeno le frequenze sperimentalmente misurate tramite H/V_{tremore} pur differendo le ampiezze per i motivi su esposti.

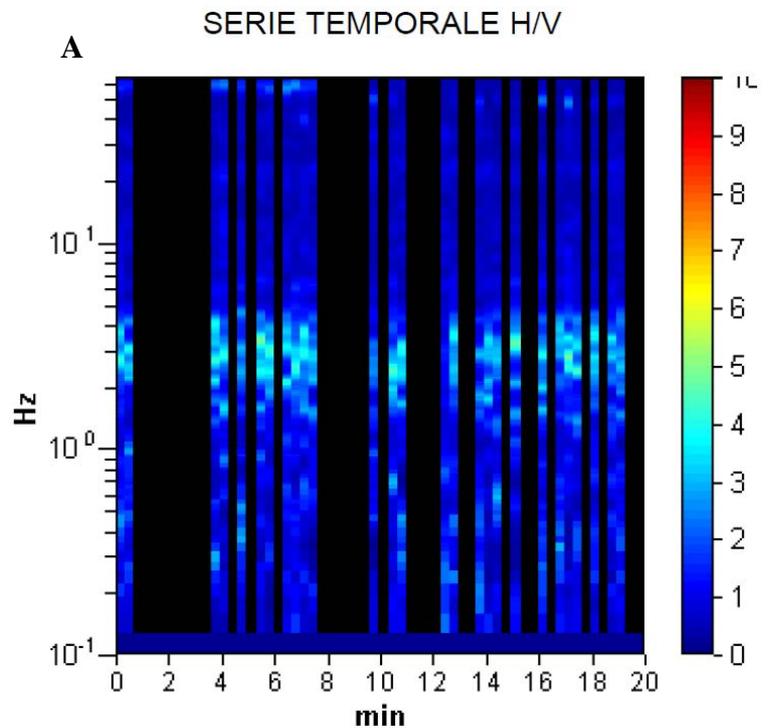
Nello specifico, considerando l'estensione e la topografia dell'area, questo studio ha comportato l'esecuzione di "23" misure, secondo le indicazioni del progetto di ricerca europeo SESAME ("Guidelines for the implementation of the H\|V spectral ratio technique on ambient vibrations" – European Commission, 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 come 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 artefattualmente *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 10 secondi, ha calcolato il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza per ciascuna finestra (Es. San Gregorio di Catania - 087042P9).

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.



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

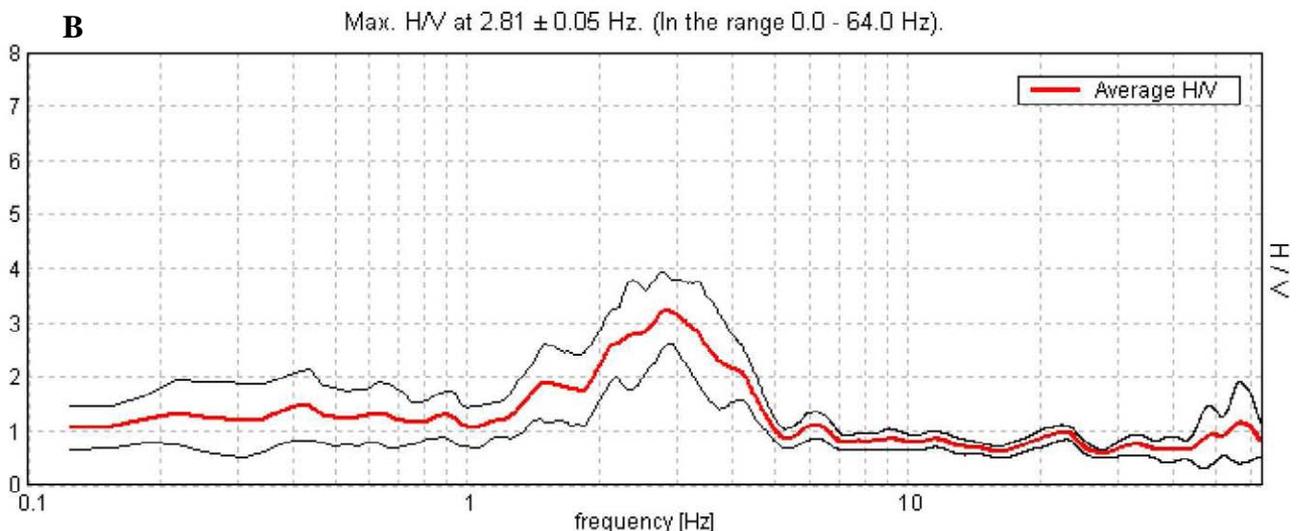


Figura 1: Serie Temporale H/V (A) e Rapporto Spettrale orizzontale/verticale (B) relativo all'indagine 087042P9 a San Gregorio di Catania.

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 23 siti di misura ubicati all’interno dell’area di studio, ad eccezione di tre indagini per le quali sono stati riportati valori di frequenza leggermente inferiori al minimo (087042P11, 087042P13 e 087042P25). La maggior parte dei valori della frequenza di picco non supera i 4 Hz. 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 più elevati.

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

ID_SPU	Nome	UTMx	UTMy	F ₀	H ₀ /V ₀	F ₁	H ₁ /V ₁	F ₂	H ₂ /V ₂
087042P3	N2	510350.11	4158664.99	3.00	2.63	19.03	2.68		
087042P4	N3	509893.23	4158524.15	1.66	2.05	2.34	2.21		
087042P5	N6	509267.44	4158229.42	3.07	1.96	13.66	4.35		
087042P6	N8	510146.64	4158241.77	1.15	1.75	2.60	2.06	18.75	2.89
087042P7	N13	509653.39	4157961.75	1.49	2.23	2.81	2.75	16.48	2.61
087042P8	N19	508935.11	4157727.16	6.89	1.58	19.49	1.69		
087042P9	N22	510056.18	4157762.35	2.81	3.23				
087042P10	N35	509434.53	4157473.73	3.83	1.98	8.94	2.42		
087042P11	N43	510253.96	4157456.06	0.54	1.67				
087042P12	N50	508875.13	4157248.27	2.11	1.40				
087042P13	N53	509752.02	4157194.66	0.44	1.50	11.75	1.82		
087042P14	N62	510450.15	4156957.33	0.63	1.68				
087042P15	N64	509348.91	4156804.33	15.25	1.57				
087042P16	N65	508781.10	4156677.14	4.63	2.32				
087042P17	N67	510033.30	4156767.78	0.71	1.93				
087042P18	N70	510505.15	4156531.14	0.81	1.88				
087042P19	N74	509433.35	4156372.07	0.65	1.79	8.63	3.85		
087042P20	N85	509724.05	4155985.94	0.94	2.10				
087042P21	N87	508893.28	4155929.14	3.75	1.47				
087042P22	N88	510248.26	4155891.33	5.53	1.23				
087042P23	N95	509211.83	4155549.57	0.69	1.72				
087042P24	N97	509744.89	4155293.53	4.47	1.65				
087042P25	N96	509319.2	4155188.56	0,53	1,90				

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

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

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

- $0.6 \leq f < 2.0$ Hz questo intervallo riguarda strutture di dimensioni grandi (> 10÷20 piani, indicativamente);
- $2.0 \leq f < 10.0$ Hz quest'altro intervallo riguarda strutture di dimensioni medio-piccole (1-10 piani, indicativamente);

- $10.0 \leq f < 20.0$ Hz questo range 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]			
$f_0 > 10 / L_w$	2.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1518.8 > 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 136	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.23 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00819 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.02303 < 0.14063	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3314 < 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
σ_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
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_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
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Figura 3: tabelle dei criteri per una curva H/V affidabili e per un picco H/V chiaro relativi all'indagine 087042P9 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.

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.63 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	212.5 > 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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 31	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.68 > 2		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12534 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07834 < 0.09375	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3136 < 2.0	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
σ_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
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_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
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	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 087042P9 i cui requisiti non vengono soddisfatti.

Dunque, alla luce delle elaborazioni e di quanto suindicato tutte le misure eseguite risultano avere un valore d’attendibilità pari ad “1”.

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

Bibliografia

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

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

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

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

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

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

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

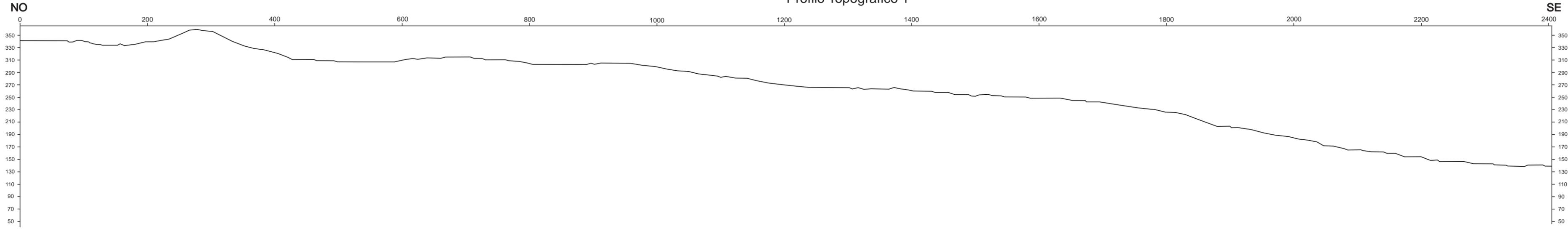
Nakamura Y.; 1989 – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Q.R.Railway Tech. Res. Inst., 30, 25–33.

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

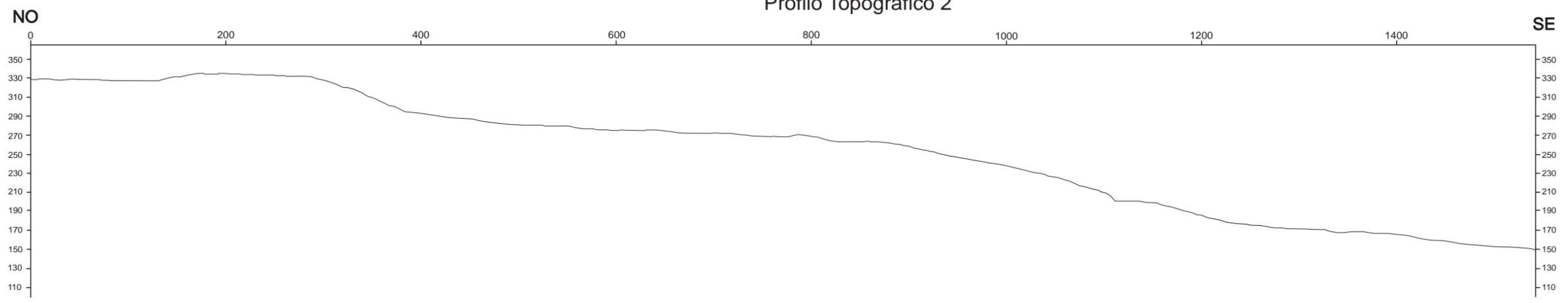
SESAME Working Group (2004) - Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. <http://sesamefp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>.

Allegato 5 – Sezioni Topografiche

Profilo Topografico 1

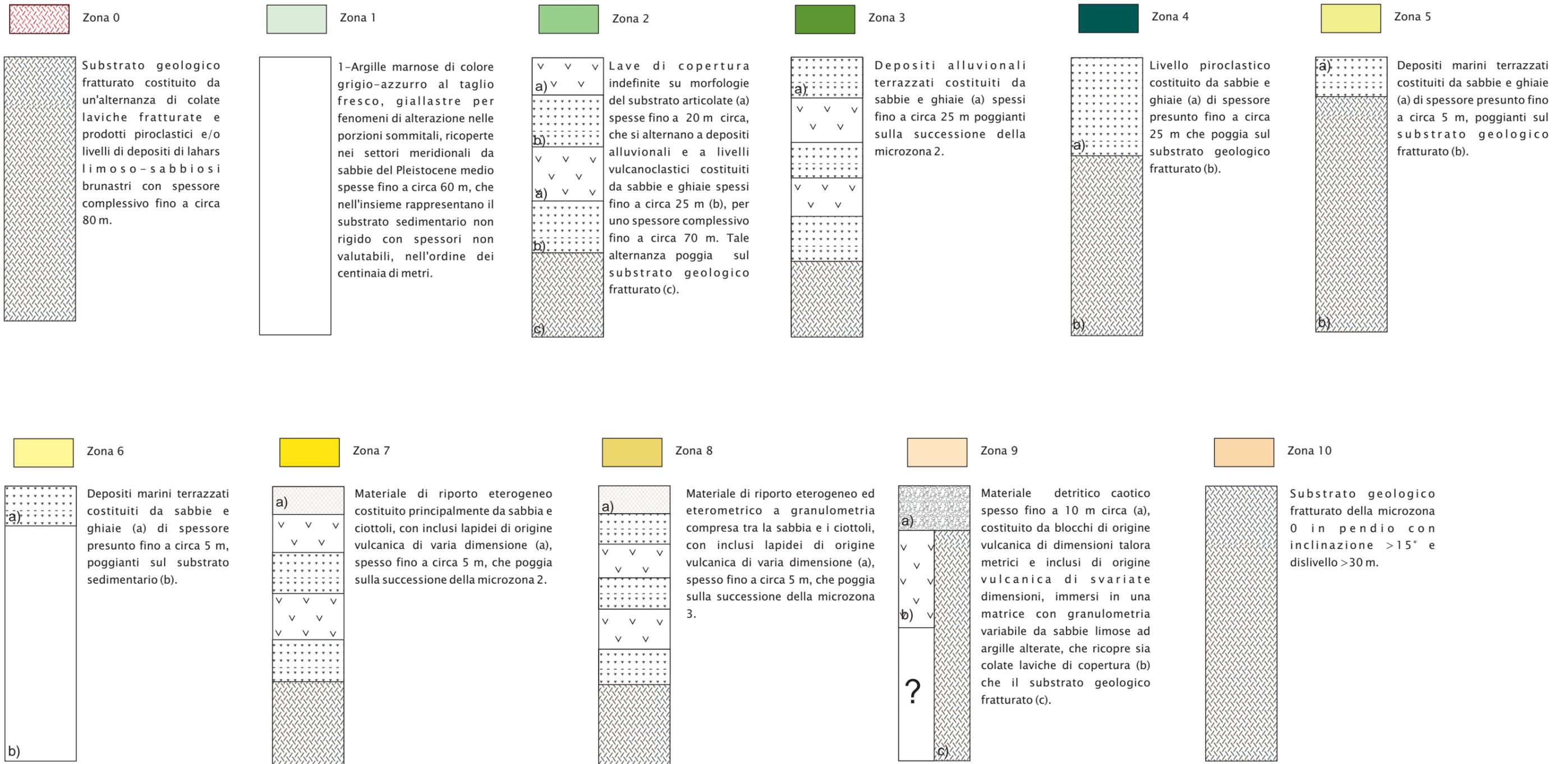


Profilo Topografico 2

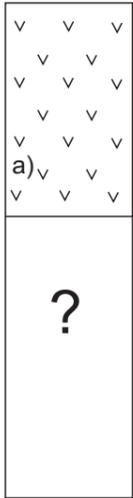


Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

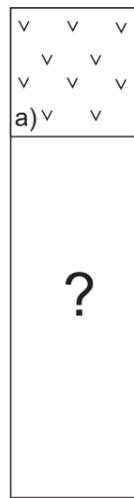


Zona 11



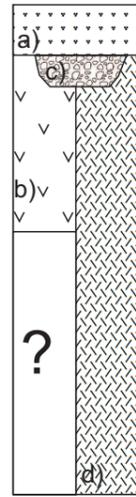
Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a) costituite da una fitta alternanza di banchi massivi e livelli scoriacei metrici in strati inclinati che danno luogo a ventagli di lava che mantellano preesistenti pendii acclivi, con spessore variabile da un minimo di pochi metri all'apice a un massimo di circa 35 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 12



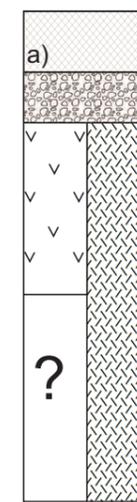
Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a) che ricoprono sia altri terreni di copertura che diversi termini del substrato geologico, le cui geometrie sepolte andranno definite nell'ambito degli studi di secondo livello.

Zona 13



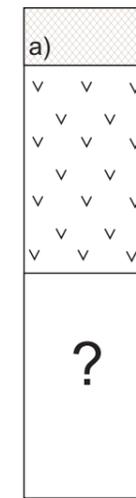
Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie e ghiaie di origine vulcanica (a) con spessore da 3 a circa 5 m, che poggiano su lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (b) con spessori fino a circa 30 m e/o su materiale detritico caotico spesso fino a 10 m circa (c), e/o sul substrato geologico fratturato (d).

Zona 14



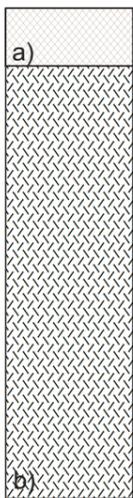
Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (a), spesso fino a circa 5 m, che poggia sulla successione della microzona 9.

Zona 15



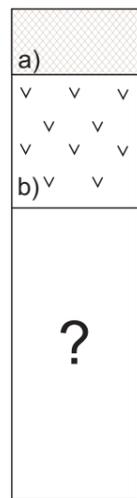
Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (a), spesso fino a circa 5 m, poggianti sulla successione della microzona 12.

Zona 16



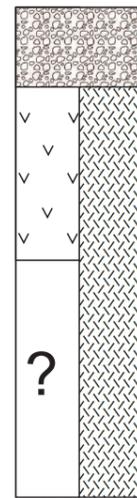
Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (a), spesso fino a circa 5 m, che poggia sul substrato geologico fratturato (b).

Zona 17



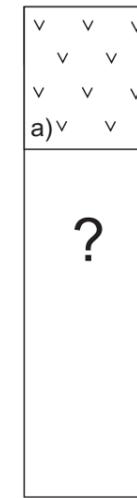
Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico a granulometria compresa tra la sabbia e i ciottoli, con inclusi lapidei di origine vulcanica di varia dimensione (a), spesso fino a circa 5 m, che poggia sulla successione della microzona 11.

Zona 18



Successione della microzona 9 in pendio con inclinazione >15° e dislivello >30 m.

Zona 19



Successione della microzona 12 in pendio con inclinazione >15° e dislivello >30 m.