



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

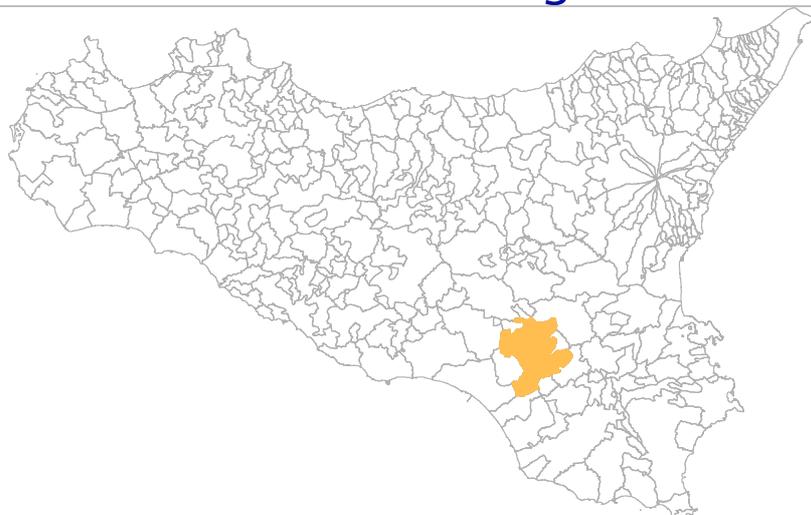
MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Caltagirone



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: Febbraio 2013</p>
--	---	--------------------------------

Indice

1. Introduzione	3
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	11
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area	21
4. Dati geotecnici e geofisici	31
5. Modello del sottosuolo	36
6. Interpretazioni e incertezze	37
7. Metodologie di elaborazione e risultati	39
8. Elaborati cartografici	52
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	59
10. Bibliografia	66
11. Allegati	69



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 Caltagirone (codice istat 087011), 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 Caltagirone 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 comunale di Caltagirone si sviluppa tra i Monti Iblei e i Monti Erei ed è caratterizzato da una estensione areale di circa 380 km². In mancanza di indicazioni da parte del Comune si è deciso di limitare lo studio di microzonazione sismica di I livello al centro urbano principale e a tutta l’area comprendente i quartieri meridionali, che si estende dalla zona dell’Ospedale fino a ridosso della linea ferroviaria (Contrada Balatazzi, Contrada S. Marco), come da verbale della riunione tecnica del 24/04/2012 tra l’Università di Catania e il Dipartimento di Protezione Civile. L’area di studio, così delimitata, ha un’estensione di circa 9,24 km² (Fig. 1) comprendendo anche cinque aree classificate R4 dal Piano per l’Assetto Idrogeologico (PAI) che, ai sensi dell’Art. 5, Comma 4, dell’OPCM 3907/2010, andrebbero escluse dagli studi di microzonazione. Per le aree R4 del PAI, interessate da un’intensa urbanizzazione, comunque vengono riportate tutte le informazioni utili per la successiva classificazione della loro risposta sismica locale.

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

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 della Sezione CTR 639150 (Fig. 1).

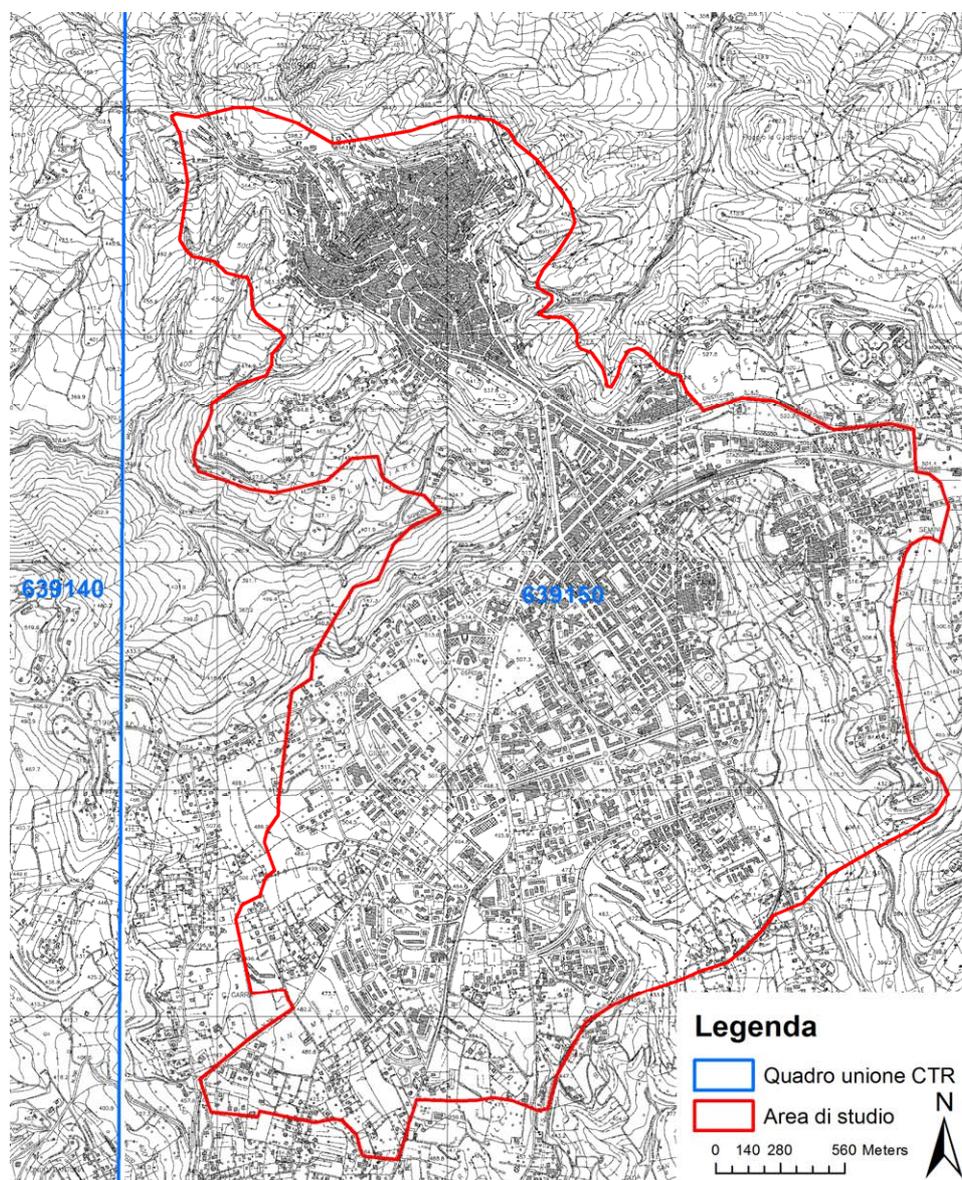


Fig. 1 – Ubicazione dell'area in cui sono stati effettuati gli studi di MS di livello 1 (delimitata in rosso), nel territorio comunale di Caltagirone, all'interno della Sezione CTR 639150, (limite quadro unione CTR in azzurro).

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 Caltagirone è stato possibile attingere ad una modesta quantità d'informazioni pregresse provenienti dallo studio geologico effettuato per la revisione e rielaborazione del Piano Regolatore Generale (P.R.G.) nel 1994, dalle indagini realizzate nel 1999 per la stazione accelerometrica CLG della rete accelerometrica nazionale del Dipartimento della Protezione Civile, e dall'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (L.464/84) dell'ISPRA. I dati raccolti hanno permesso di vincolare la successione stratigrafica dell'area e consentito una buona ricostruzione 3D delle successioni. E' ovvio che livelli di indeterminazione permangono per quanto attiene lo spessore dei terreni di copertura nelle aree prive di dati di sottosuolo diretto. In questo caso si è fatto riferimento a proiezioni dei dati noti, sulla base di una scrupolosa interpretazione dei dati di superficie, nella previsione di infittire le indagini nei successivi stadi di approfondimento.

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Caltagirone, relativi ad indagini effettuate per lo studio geologico per il Piano Regolatore Generale (P.R.G.), sono sintetizzati in diversi elaborati di seguito elencati:

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

- Relazione CALT-APE
- Relazione CALTPRG
- Relazione CALTPRG1
- Relazione CALTPRG2
- Relazione CALTSOND
- Relazione CONDED
- Relazione Emendamenti PRG Caltagirone
- Relazione LABCLT
- Relazione PRG2



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

- Relazione di compatibilità geologica
- Relazione PRG – Caltagirone APE
- Relazione Emendamenti PRG Caltagirone
- Relazione Emendamenti PRG Protezione Civile
- Relazione centro urbano 2000
- Relazione di compatibilità geologica
- Relazione generale 1 vol
- PRG – Tavole 1A/V – Carta Geologica scala 1:2.000
- PRG – Tavole 1-2-3-4-5 APE scala 1:2000
- PRG – Tavola 6 APE – Carta delle sezioni di stabilità dei versanti scala 1:1.000
- PRG – Aree artigianali Molona – Carta Geologico tecnica scala 1:5.000
- PRG – Aree artigianali Sfere sud – Carta Geologico tecnica scala 1:5.000
- PRG – Aree artigianali San Bartolomeo – Carta Geologico tecnica scala 1:5.000
- PRG – Area di Protezione Civile C.da Divisa – Carta Geologico Tecnica scala 1: 2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Cappuccini Vecchi – Carta Geologico Tecnica scala 1: 2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Cimitero– Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Conadomini – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Molona – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000

- PRG – Area di Protezione Civile Montagna – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Paradiso – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile San Bartolomeo – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Saprin – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile SP39 – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Via Minosse – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Area di Protezione Civile Via Portosalvo – Carta Geologico Tecnica scala 1:2.000
- PRG – Tavole 2A/I – Carta geologica scala 1:10.000
- PRG – Tavola a – Carta geologica scala 1:10.000
- PRG – Tavola b – Carta geologica scala 1:10.000
- PRG – Tavola 4a – Carta geologico–tecnica scala 1:5.000
- PRG – Tavola 4b – Carta geologico–tecnica scala 1:5.000
- PRG – Tavole 4a/h – Carta della permeabilità scala 1:10.000
- PRG – Tavole 8a/i – Carta della suscettività scala 1:10.000
- PRG – Tavola 3a – Carta della permeabilità scala 1:5.000
- PRG – Tavola 1b – Carta geologica scala 1:2.000
- Tavola sondaggi geognostici scala 1:5.000

I dati relativi alla stazione accelerometrica CLG della rete accelerometrica nazionale del Dipartimento di Protezione Civile, sono rappresentati in un unico elaborato, che rappresenta la monografia della stazione, “CadmDriver339221” da Itaca.mi.ingv.it. Infine i dati pregressi relativi all’Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (L.464/84) sono rappresentati dalla “scheda di indagine 155261”.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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

Lo studio è stato integrato da verifiche di terreno e analisi di aerofotogrammetrie, mirate alla verifica della affidabilità del modello geologico proposto. Infine sono state effettuate una serie di misure di microtremori mediante la tecnica di indagine di sismica passiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) al fine di determinare il periodo e l'ampiezza delle vibrazioni del suolo, su una griglia di punti omogeneamente distribuiti sull'area investigata, utilizzati per la redazione di una carta delle frequenze. Per il presente studio, inoltre, sono stati consultati diversi archivi, sia per verificare l'eventuale presenza di instabilità (PAI Regione Sicilia, Progetto IFFI, Progetto Sinkhole, Pubblicazioni scientifiche), che le caratteristiche sismotettoniche (Progetto Ithaca, DISS3) e di sismologia storica e macrosismica (CPTI11, DBMI11, CFTI), oltre alla cartografia geologica (AA.VV., 1984) e idrogeologica (Aureli et al., 1997) disponibile in letteratura.

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

Nel presente capitolo viene definita la pericolosità sismica di base del Comune di Caltagirone in provincia di Catania, con riferimento alla storia sismica del Comune medesimo, alla sua catalogazione nelle mappe di pericolosità sismica ed alle eventuali sorgenti sismogeniche presenti nei dintorni e nelle zone limitrofe. Per quanto concerne la catalogazione del territorio di Caltagirone 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.

La Storia sismica del Comune di Caltagirone è stata ricostruita facendo riferimento al Catalogo Parametrico dei terremoti italiani (CPTI11; Rovida et al., 2011), che nella fattispecie si riferisce al database macrosismico (DBMI11; Locati et al., 2011) e su una base di dati strumentali molto ampia ed aggiornata.

Il territorio comunale di Caltagirone ricade all'interno della zona 935 della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2008). Questa zona racchiude diversi eventi sismici distruttivi ($MCS\ 10 = X - XI$) (Postpischl, 1985; Boschi et al, 1995; 1997) alcuni dei quali (1169;1693) nella precedente zonazione (ZS4) erano localizzati nella zona 79 (Scandone & Stucchi, 2000) e associati al sistema che si sviluppa in offshore in corrispondenza della Scarpata Ibleo-Maltese. Il catalogo CPTI (Rovida et al., 2011) ricolloca gli epicentri di questi eventi sismici sulla terraferma, a 10-30 km di distanza dalla costa, sulla base della distribuzione delle massime intensità sviluppate nelle porzioni interne del Plateau (Basili et al., 2008). 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 disastroso evento sismico costituisce quindi un importante episodio nella storia del popolamento e dell'urbanistica siciliana, nonché un evento di grande interesse per la storiografia e per la sismologia. In Figura 2 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento; il Comune di Caltagirone viene catalogato con intensità VIII-IX MCS (Barbano, 1985). La figura 3 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 33 eventi significativi per il territorio di Caltagirone, a

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

partire dall'evento del 1542. La figura 4 riporta il conseguente grafico relativo alla sismicità storica del comune di Caltagirone.

Locality	MCS	Locality	MCS
Acate (Biscari)	X	Massannunziata	X
Aci Bonaccorsi	X	Mazzerino	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 (Centorbiy)	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
Francaavilla	VIII-IX	Scicli	X
Francofonte	X	Scordia	IX
Gela	VII	Siracusa	X
Giarratana	X	Sortino	XI
Grammichele (Occhiolà)	X	Taormina	IX
Ispica (Spaccaforno)	IX	Trapani	NF
Lentini	XI	Trecastagni	X
Licata	VII	Tremestieri	X
Licodia Eubea	IX	Troina	VII-VIII
Linguaglossa	VIII-IX	Valverde	X
Lipari	VI	Viagrande	X
Malta	VIII	Villa San Giovanni	VII
Masali	IX	Vittoria	VIII
Mascalucia	X	Vizzini	IX

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

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5	1542 11 30 18:40	Val di Noto	3	5 4.30 ±0.34
8	1542 12 10 15:15	Siracusano	32	10 6.77 ±0.32
6	1624 10 03 17:00	Mineo	4	8 5.57 ±0.34
5-6	1693 01 09 21:00	Val di Noto	30	8-9 6.21 ±0.31
3	1693 01 11 08:00	Val di Noto	8	
9	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11 7.41 ±0.15
4	1693 04 01 07:50	Sicilia orientale	4	4.72 ±0.34
4	1693 04 17 19:00	Val di Noto	4	5 4.30 ±0.34
F	1693 05 12 13:20	Modica	2	6 4.72 ±0.34
4	1693 07 08 17:50	Monti Iblei	7	6 4.94 ±0.64
7-8	1698 01 01	Vizzini	6	7-8 5.86 ±0.71
6	1818 02 20 18:15	Catanese	128	9-10 6.23 ±0.12
7	1818 03 01 02:45	Monti Iblei	24	7-8 5.51 ±0.65
4-5	1878 10 04 00:46	Mineo	7	5-6 4.39 ±0.65
5	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9 6.07 ±0.10
4-5	1895 04 13 15:01	Vizzini	32	6-7 4.89 ±0.45
RS	1896 07 02 00:30	CANALE DI SICILIA	10	4 4.21 ±0.56
5-6	1898 11 03 05:59	Caltagirone	48	5-6 4.80 ±0.30
5	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
NF	1908 12 10 06:20	NOVARA DI SICILIA	64	7 5.13 ±0.26
7	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15
F	1924 08 17 21:40	MONTI IBLEI	22	5 4.73 ±0.24
4	1934 09 11 01:1	MADONIE	28	5-6 4.95 ±0.24
NF	1947 05 11 06:3	Calabria centrale	254	8 5.70 ±0.13
6	1949 10 08 03:0	NOTO	32	7 5.20 ±0.27
4	1959 12 23 09:29	PIANA DI CATANIA	108	6-7 5.29 ±0.20
5	1978 04 15 23:3	Golfo di Patti	332	6.06 ±0.09
3-4	1980 01 23 21:2	MODICA	122	5-6 4.58 ±0.14
2-3	1987 08 13 07:22	MALETTO	35	5-6 3.49 ±0.26
6	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09

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

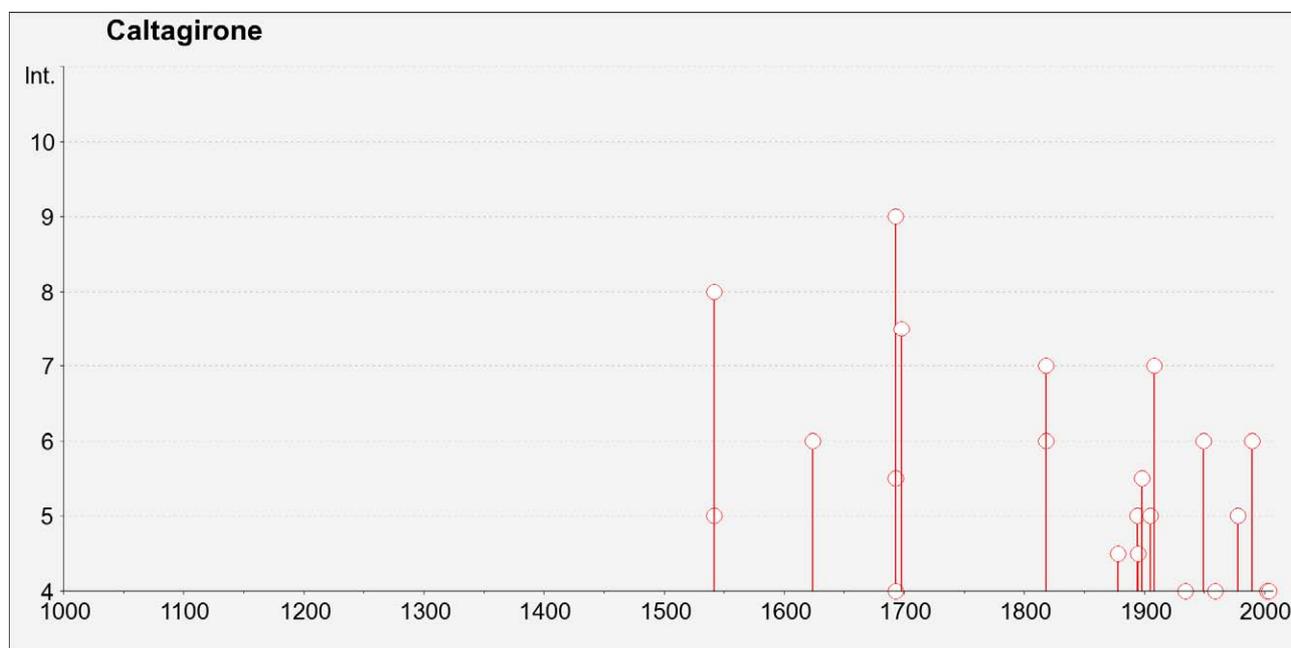


Fig. 4 – Grafico relativo alla sismicità storica del comune di Caltagirone.

Catalogazione del Comune di Caltagirone 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 Caltagirone è univocamente individuata dalle coordinate geografiche internazionali:

LATITUDINE : 37.218

LONGITUDINE : 14.516

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

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
 2475 anni (convenzionalmente per gli ultimi due periodi di ritorno si usa parlare di 1000 e 2500 anni). Si riportano nelle Figure 6–8 rispettivamente le mappe interattive di pericolosità sismica del territorio di Caltagirone con riferimento al valore di PGA per una probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%, del 5% e del 2%.

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

Fig. 5 – Probabilità 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.

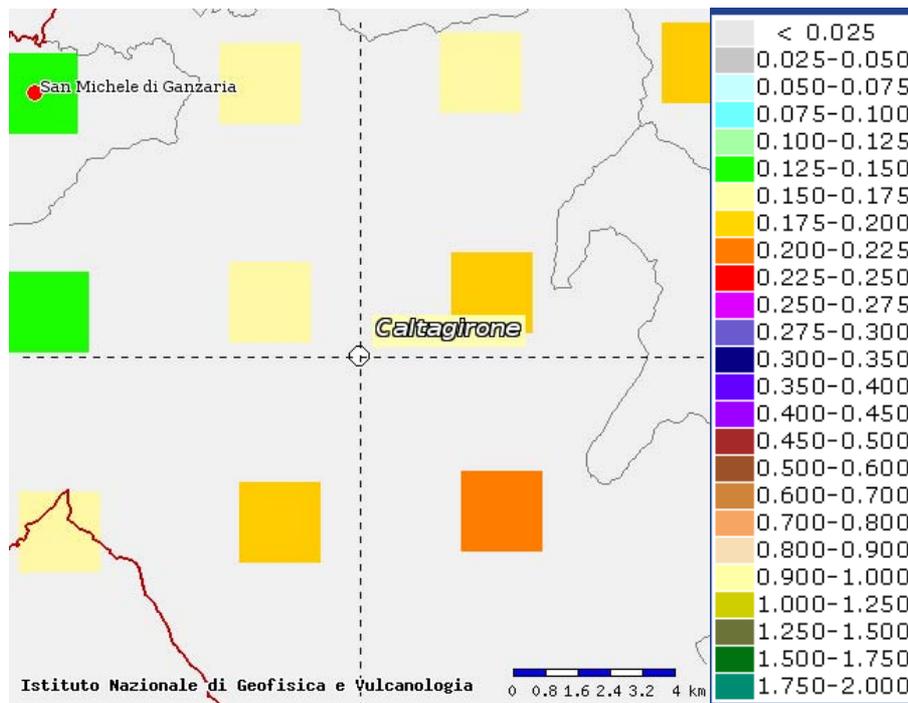


Fig. 6 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Caltagirone. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

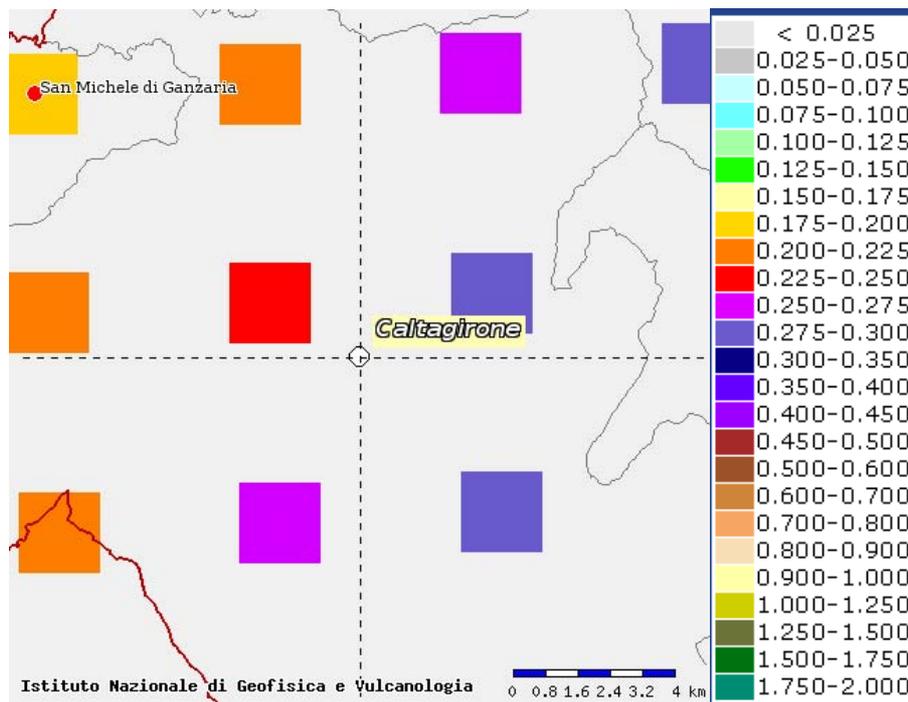


Fig. 7 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Caltagirone. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

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

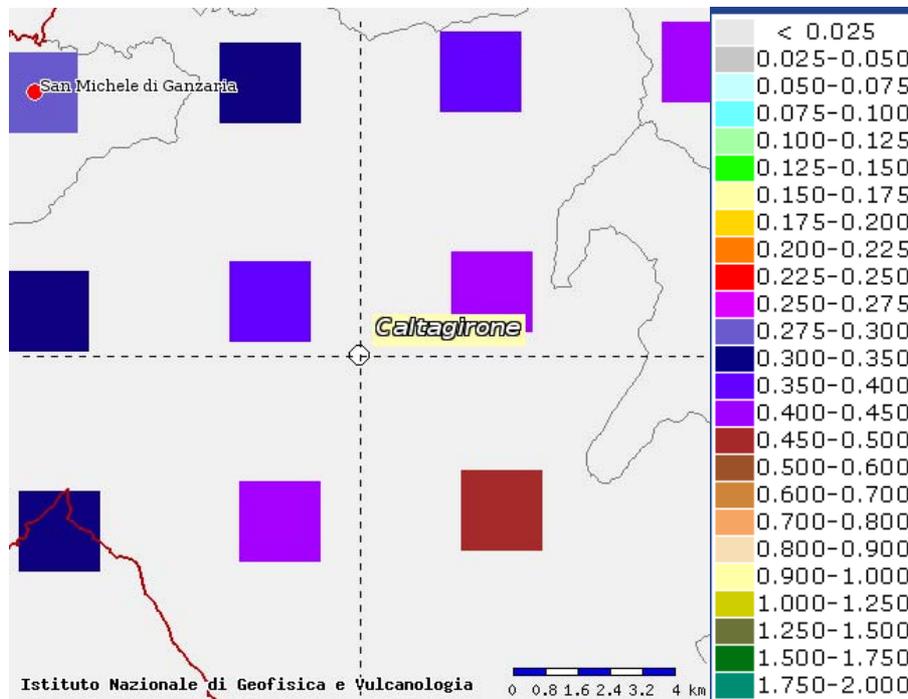


Fig. 8 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Caltagirone. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento a_g , probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

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

T_R [anni]	a_g [g/10]
475	0.175-0.200
975	0.250-0.275
2475	0.400-0.450

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

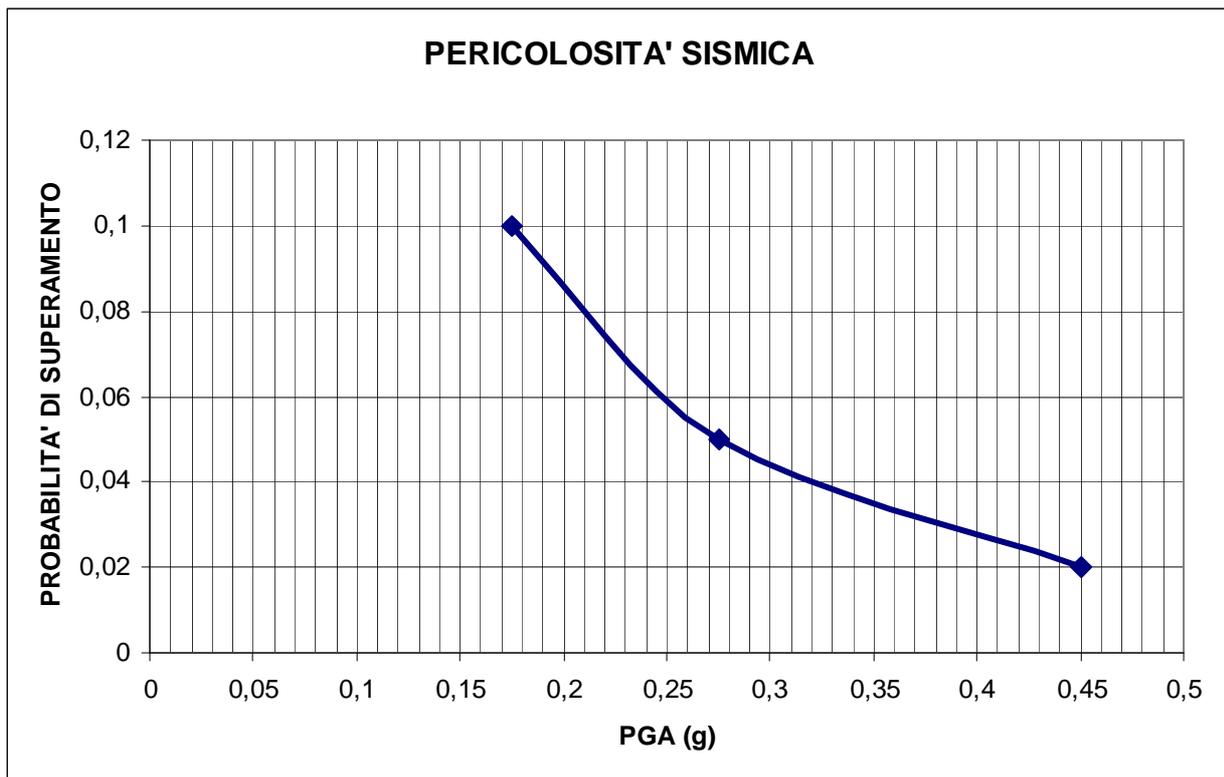


Fig. 9 – Curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Caltagirone. La curva rappresenta il valore della mediana.

Per quanto riguarda il sistema di fagliazione del territorio, l'area non è interessata da faglie capaci.

Il territorio del Comune di Caltagirone è stato individuato sul database DBMI11 (con 33 eventi sismici significativi tra il 1542 ed il 2004) con una intensità macrosismica espressa nella scala MCS che raggiunge il suo valore massimo in MCS = IX 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: 0.175–0.200 per il 10%, 0.250–0.275 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 Caltagirone.

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

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

Nel vasto territorio comunale di Caltagirone, è stata direttamente investigata l'area del centro abitato e quelle immediatamente limitrofe, per un'estensione di circa 9,2 Km², al fine di avere una copertura geologica significativa per la redazione del modello geologico.

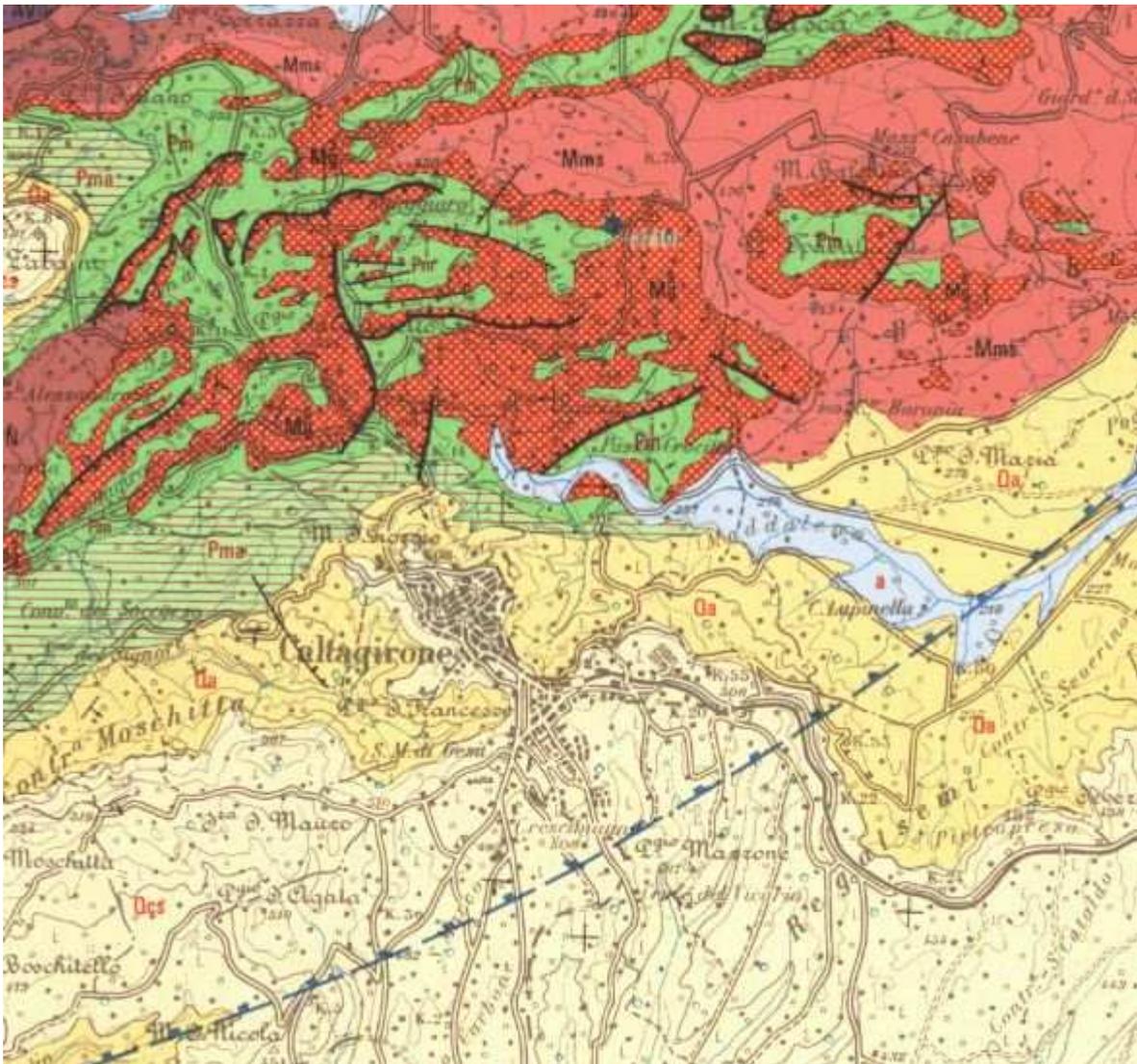


Fig. 10 - Stralcio della Carta Geologica della Sicilia Sud-Orientale a scala 1:100.000 (AA.VV., 1984)

La successione esposta nel settore analizzato è costituita dai depositi di due distinti cicli sedimentari, rispettivamente di età Pleistocene inferiore (Qa in Fig. 10) e Pleistocene inferiore terminale (Qcs in Fig. 10), che ricoprono le unità del fronte della catena (Falda di Gela; Lentini, 1982), essenzialmente composte dalla successione evaporitica messiniana (Mg e Mms in Fig. 10) con al tetto i Trubi (Pm in Fig. 10) e le marne discordanti del Pliocene medio-superiore (AA.VV., 1984). Le successioni pleistoceniche analizzate a Caltagirone, verso sud, suturano il fronte della Catena e vanno costituire il tetto del riempimento della Avanfossa Gela-Catania (Lentini, 1982). I depositi pleistocenici nell'area di Caltagirone sono conservati al tetto di un rilievo fortemente inciso, corrispondente al fianco meridionale di un'ampia culminazione delle unità alloctone che si è sviluppata immediatamente all'interno delle aree frontali che, dopo la deposizione dei depositi pleistocenici, sono rimaste pressoché indeformate. Il fianco meridionale della culminazione regionale del substrato alloctono è compreso all'interno del settore analizzato del territorio comunale di Caltagirone, che risulta diviso in due distinti settori: in quello settentrionale, comprendente il centro storico, i depositi pleistocenici coinvolti nel fianco della culminazione, formano una monoclinale immergente verso sud, cui corrisponde una morfologia con pendii fortemente inclinati; nel settore meridionale, ricadente nelle aree esterne alla culminazione e sede delle aree di espansione urbana più recente, i depositi dei due cicli pleistocenici presentano una geometria sub-orizzontale, e sono modellati da un paesaggio fluvio-denudazionale a scarsa energia del rilievo che determina una morfologia sub-pianeggiante posta alla sommità del rilievo fortemente re inciso ai lati.

L'assetto strutturale descritto è ben rappresentato nella profilo A-A' dell'**Allegato 1**. Nei profili geologici dell'**Allegato 1** è anche immediatamente visualizzabile la successione stratigrafica che viene presentata con una suddivisione di unità litostratigrafiche coincidente con quella proposta per gli studi del PRG. Il substrato geologico è costituito da un ciclo basale, rappresentato da Argille sabbiose che evolvono verso l'alto a Sabbie limose. Nell'area investigata non affiora la base del ciclo che è

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 comunque esposta in aree limitrofe. Dai dati della carta geologica degli studi del P.R.G. e dalla cartografia geologica a grande scala (AA.VV., 1984)(Fig. 10) è possibile notare una drastica riduzione dello spessore del ciclo, da sud verso nord, che suggerisce un chiaro appoggio con geometria di tipo on-lap contro la culminazione del substrato, costituito dal sistema a pieghe frontale della Falda di Gela, che delimita i depositi pleistocenici verso nord. Nel sottosuolo dell'area investigata, la profondità del substrato deformato pre-Quaternario può quindi variare da poche decine di metri, a nord, fino ad almeno 200, a sud. Le Argille sabbiose (NR) del ciclo inferiore (Fig. 11) sono rappresentate da argille siltose e/o sabbiose, talvolta marnose, non stratificate che mostrano in affioramento colori che variano dal grigio-azzurro al giallastro al taglio fresco fino al marrone, se alterate.



Fig. 11 – Argille sabbiose affioranti nel settore settentrionale dell'area studiata. Sono evidenti le morfologie calanchive

Le argille sabbiose sono esposte in superficie solo nel settore settentrionale dell'area studiata, mentre nel resto dell'area esaminata sono ricoperte dai terreni più recenti, affiorando in aree immediatamente limitrofe, alla base dei fianchi delle valli reincise che delimitano la dorsale dove è situato l'abitato.

Le argille sabbiose passano lateralmente e verso l'alto alle Sabbie limose (NRS) rappresentate da sabbie più o meno limose di colore giallastro al taglio fresco e marrone scuro alla superficie di alterazione (Fig. 12).



Fig. 12 – Sabbie limose affioranti presso Poggio la Guardia

Il ciclo superiore del Pleistocene inferiore medio (AA.VV., 1984) è costituito da sabbie quarzose (Fig. 13) con intercalazioni di areniti (NRS) che sono diffuse nella parte alta di questa unità. Le sabbie (Fig. 13) sono generalmente a grana molto fine stratificate in livelli di spessore decimetrico.

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



Fig. 13 – Sabbie quarzose del secondo ciclo pleistocenico.

Le intercalazioni (Fig. 14) sono costituite da livelli arenitici ben cementati, a luoghi caratterizzati da una marcata stratificazione incrociata, di spessore variabile da pochi cm fino a banconi di 5–10 m.



Fig. 14 – Intercalazione arenitica di spessore metrico con evidente clinostратificazione, all'interno delle sabbie quarzose del secondo ciclo (visibili immediatamente sotto la casa).

Come già segnalato nella legenda della “Carta Geologica della Sicilia Sud-Orientale” (AA.VV., 1984), al tetto delle sabbie quarzose del ciclo superiore è spesso possibile riconoscere un livello di alterazione rossastro (Fig. 15), che nella carta geologica dello studio allegato al PRG è stato cartografato come unità stratigrafica distinta, indicata come “Sabbie rossastre con frequenti lenti ghiaiose”. Nel corso della revisione sul terreno dei dati pregressi e dall’analisi delle stratigrafie dei sondaggi (**Allegati 2 e 3**), è stato possibile verificare che l’orizzonte di alterazione non ha la continuità segnalata negli studi di microzonazione e che non raggiunge mai spessori superiori ai 3 m, come chiaramente segnalato anche in AA.VV. (1984). Pertanto l’orizzonte di alterazione non è stato segnalato all’interno della carta geologico-tecnica.



Fig. 15 - Livello di alterazione rossastro al tetto delle sabbie quarzose.

Ai fini delle successive fasi di approfondimento, va segnalato che lungo i versanti chiari effetti di erosione selettiva, indicativa di differenti parametri di resistenza dei terreni, sono stati riconosciuti solo al contatto che separa i due cicli pleistocenici, con la sovrapposizione tra le sabbie quarzose e le sottostanti sabbie limose, mentre il contatto



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
tra sabbie limose ed argille sabbiose del ciclo inferiore non ha particolari evidenze morfologiche. Ciò è in buon accordo con le evidenze di un passaggio graduale con progressivo arricchimento in sabbie delle sottostanti argille.

Nel corso degli studi condotti, è stata dedicata particolare attenzione alla revisione dei documenti cartografici relativamente alla distribuzione e geometria dei depositi detritici di versante, sia alla sommità del rilievo che lungo i fianchi delle valli reincise. Va segnalato che vasti tratti dei versanti argillosi che circondano il rilievo monoclinale su cui insiste la parte settentrionale dell'abitato è ricoperta da una potente coltre detritica che si sviluppa a valle di ampi coronamenti di frana, modellati sui sovrastanti livelli sabbiosi. Il detrito è fortemente reinciso ed il contatto basale sulle argille, con geometria a franapoggio a tratti fortemente inclinata, è oggi visibile lungo i fianchi di dorsali più o meno ristrette, separate da profonde valli a V. I fianchi delle valli, nel tratto inferiore modellato sulle argille sabbiose, sono caratterizzati da diffuse forme calanchive. L'intensa attività erosiva cui sono soggetti ancora oggi i versanti costituisce la causa predisponente per ulteriori rimobilizzazioni del detrito, non solo a partire dai coronamenti a monte, ma anche dal piede sospeso lungo il versante reinciso. La fascia detritica riportata nella carta geologico-tecnica (SMfd), composta essenzialmente da detrito sabbioso rimobilizzato frammisto ad argille del substrato, era stata attribuita nella carta geologica del PRG alle sabbie limose al tetto del ciclo inferiore.

Ulteriori terreni di copertura riconosciuti all'interno del territorio investigato sono costituiti da depositi alluvionali costituiti da sabbie fini (SMtf) che riempiono ampie valli poco incise, che caratterizzano il paesaggio sommitale, a bassa energia del rilievo, nel settore meridionale dell'abitato. Nella carta geologico-tecnica sono stati inoltre segnalati

i principali accumuli di materiale di riporto (Rlzz), riconoscibili in superficie, zone di marcata alterazione delle sabbie (MLec), nonché tutte le forme di accumulo di frane, già classificate all'interno del PAI.

Il territorio del comune di Caltagirone ricade all'interno della fascia sismogenica ITCS029 Gela-Catania catalogata all'interno del DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) Version 3.1.1 (DISS Working Group 2010)(Fig. 16). La fascia sismogenica, che attraversa i settori settentrionali del territorio comunale, è associabile alla culminazione delle unità alloctone contro la quale si sono accumulate le successioni pleistoceniche. La geometria della successione pleistocenica chiaramente indica una crescita del fianco della struttura almeno in età medio pleistocenica. Di contro, le profonde reincisioni delle aree poste all'esterno della culminazione, nelle aree meridionali del territorio comunale, suggerirebbero che le fasi finali dell'evoluzione tettonica dell'area siano consistite in un generalizzato sollevamento tettonico che ha coinvolto sia la culminazione che le antistanti aree strutturalmente depresse.



Fig.16 - Ubicazione dell'area comunale di Caltagirone (in blu) e l'area studiata (in rosso) rispetto alle sorgenti sismogeniche del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010, mod.).

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

I parametri geometrici e cinematici significativi per valutare il potenziale della sorgente sono riportati nella scheda di Fig. 17.

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS029 - Gela-Catania			
Source Info Summary		Commentary	
References		Pictures	
General information			
Code	ITCS029		
Name	Gela-Catania		
Compiled By	Burrato, P., and P. Vannoli		
Latest Update	13/09/2007		
Parametric information			
	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	3	OD	Based on regional tectonic considerations.
Max Depth (km)	10	OD	Based on regional tectonic considerations.
Strike (deg)	225 - 260	OD	Based on regional geologic and tectonic data.
Dip (deg)	20 - 40	OD	Based on regional geologic and tectonic data.
Rake (deg)	80 - 100	EJ	Based on regional geologic and tectonic data.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	6	OD	Based on the strongest earthquake occurred in the region.
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement		
Associated Active Faults or Folds			
#	Type	Name	Reference
126	Fold	Terre Forti 1	Bousquet et al. [1988]; Catalano et al. [2004]
127	Fold	Terre Forti 2	Bousquet et al. [1988]; Catalano et al. [2004]
128	Fold	Terre Forti 3	Bousquet et al. [1988]; Catalano et al. [2004]
129	Fold	Terre Forti 4	Bousquet et al. [1988]; Catalano et al. [2004]

Fig.17 – Scheda dei parametri della sorgente sismogenica ITCS029 del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010).

Le evidenze di deformazioni attive associate alla fascia sismogenica sono rappresentate dal sistema di pieghe delle Terreforti, nelle aree prossime a Catania (Catalano et al., 2004; 2010). Va sottolineato che secondo Catalano et al. (2010) le deformazioni attive nelle aree esterne della catena sono limitate alle sole aree poste ad est della cosiddetta Linea di Scicli, un sistema di faglie destre, orientato circa N-S, posto immediatamente ad est di Caltagirone, riattivato in sinistra dal Pleistocene medio e tuttora attivo (Catalano et al., 2008). La parte settentrionale della Linea di Scicli è

associabile alla sorgente sismogenica ITCS035 Ragusa–Palagonia del DISS 3.1.1 (DISS Working Group 2010)(Fig. 18). Al momento, nelle vicinanze di Caltagirone, questa sembra essere l'unica sorgente da accreditare pienamente, mentre rimangono dei dubbi sul reale stato di attività della fascia sismogenica Gela–Catania, nel settore ad ovest della Linea di Scicli. Tali perplessità derivano dai risultati di studi condotti nelle aree coincidenti con la terminazione sud–occidentale della fascia sismogenica (Grasso et al., 2000), in cui si evidenzia l'età infra–mediopleistocenica della deformazione. Nonostante non vi siano elementi certi per vincolare lo stato di attività del segmento della fascia sismogenica che attraversa il territorio comunale, appare evidente che gli eventuali tassi di deformazione sarebbero comunque relativamente bassi. La struttura infatti ha accumulato deformazioni in almeno due distinti periodi: il primo terminato nel Pliocene superiore, è testimoniato dall'appoggio on–lap sul fianco meridionale della struttura; il secondo è posteriore alla deposizione del ciclo del Pleistocene inferiore–medio, come chiaramente indicato dal profilo geologico A–A' dell'**Allegato 1**. Per l'eventuale rivalutazione della potenzialità della struttura, va considerato che la stima dei tassi di deformazione recente deve essere basata solo sulla quantità di deformazione cumulata in questa seconda fase.

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS035 - Ragusa-Palagonia		
Source Info Summary	Commentary	
References	Pictures	
General information		
Code	ITCS035	
Name	Ragusa-Palagonia	
Compiled By	Burrato, P., and P. Vannoli	
Latest Update	13/09/2007	
Parametric information		
	Parameter	Qual. Evidence
Min Depth (km)	1	OD Based on regional geological and seismological data.
Max Depth (km)	23	OD Based on regional geological and seismological data.
Strike (deg)	355 - 15	OD Based on regional geological data.
Dip (deg)	60 - 90	OD Based on regional geological data.
Rake (deg)	350 - 30	EJ Assumed from geodynamic considerations.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	5.6	OD Based on the strongest earthquake occurred in the region.
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement	

Fig.18 – Scheda dei parametri della sorgente sismogenica ITCS035 del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010).

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

4. Dati geotecnici e geofisici

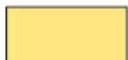
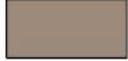
I dati geotecnici e geofisici archiviati secondo gli “standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Versione 2.0beta-II” derivano da un insieme di n. 41 indagini (Tab. 2), n. 6 indagini lineari di cui n. 5 sezioni geologiche e n.1 indagine MASW, e n. 35 indagini puntuali, delle quali n. 24 nuove indagini di tipo HVSR realizzate dall’Università di Catania al fine di redigere una carta delle frequenze e n. 11 indagini pregresse, costituite da n. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo relativi allo studio geologico a supporto del PRG, n. 3 indagini relative a un pozzo presente nell’Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (L.464/84), e n. 2 indagini geofisiche (n. 1 HVSR e n. 1 ACC.) relative alla stazione accelerometrica “CLG” del progetto Itaca dell’INGV e Dipartimento di Protezione Civile Nazionale. L’insieme delle indagini archiviate (per l’ubicazione si veda la carta delle indagini) sono riassunte e conteggiate per tipologia nella sottostante tabella (Tab. 2):

Indagini Puntuali	Geologia (GG)		Geofisica (GF)		Idrogeologia (IG)		TOTALE		
	SS	SD	HVSR	ACC	SP	PA	GG	GF	IG
Totale Ind. Punt.	6	1	25	1	1	1	7	26	2
35									
Indagini Lineari	Geologia (GG)		Geofisica (GF)				TOTALE		
TOT. Ind. lineari	SGE		MASW				GG	GF	
6	5		1				5	1	

Tab. 2 – Insieme delle indagini 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 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

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, raggruppati secondo le categorie previste dalla legenda (terreni di copertura e substrato geologico). 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.

I dati geotecnici e geofisici utilizzati ai fini della caratterizzazione dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area di studio si riferiscono a informazioni contenute nelle relazioni a supporto del PRG del Comune di Caltagirone, "relazione geologica centro

urbano 2000” e “ relazione LABCLT”. In particolare nella prima relazione viene fornito un quadro di insieme delle indagini effettuate a supporto del P.R.G. e delle caratteristiche geotecniche e geofisiche dei terreni presenti nell’area di studio, seppur in maniera molto approssimativa, in quanto vengono solo indicate le indagini effettuate (Tab. 1 – **Allegato 3**), le stratigrafie (Tab. 2 – **Allegato 3**) e i valori medi del numero N_{spt} da cui è stato ricavato il valore dell’angolo di attrito di picco, della coesione, della densità relativa e del modulo elastico (Tab. 3 – **Allegato 3**). In particolare per il substrato geologico non rigido (NRS) costituito dalle sabbie fino a 10 m di profondità dal p.c. si hanno valori di N_{spt} compresi tra 11 e 34, con angolo di attrito di picco medio compreso tra 30° e 34° e densità relativa compresa tra 64% e 79%, mentre per il substrato geologico non rigido (NR) costituito dalle argille limoso-sabbiose presenti da 4 m fino a 10 m di profondità dal p.c. si hanno valori di N_{spt} compresi tra 14 e 26, con angolo di attrito di picco pari a 0, coesione non drenata compresa tra 0,8 – 1,0 kg/cmq e densità relativa pari a circa 68%.

Nella “relazione geologica centro urbano 2000” non vengono presentati invece i dettagli sulle stratigrafie delle singole perforazioni (log stratigrafici), le profondità di esecuzione delle prove SPT, i risultati delle indagini geofisiche down-hole effettuate su ciascun sondaggio, le profondità di prelievo dei campioni per analisi di laboratorio e infine le prove di laboratorio effettuate.

Nella relazione “LABCLT” sono invece schematizzati i valori dei dati geotecnici peso di volume, coesione efficace, angolo di attrito interno efficace e coesione non drenata, ottenuti da indagini in situ e prove di laboratorio effettuate per studi precedenti. Tali dati sono sintetizzati nelle tabelle 4 e 5 dell’**Allegato 3**, dove sono stati distinti in base ai litotipi del substrato geologico non rigido.

Nel dettaglio il substrato geologico non rigido (NRS) costituito da sabbie e sabbie fini limose ha peso di volume variabile tra $1,74 \text{ t/m}^3$ e $1,95 \text{ t/m}^3$, valori di coesione compresi tra 0 e $0,24 \text{ t/m}^3$, angolo di attrito compreso tra 26° e 35° ; il substrato geologico non rigido (NRS) costituito da limi argilloso sabbiosi (Sabbie limose nel presente studio) ha peso di volume variabile tra $1,95 \text{ t/m}^3$ e 2 t/m^3 , valori di coesione



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 compresi tra 0,1 e 0,6 t/m³, angolo di attrito compreso tra 18° e 33°, coesione non drenata tra 0,15 t/m³ e 1,9 t/m³; infine il substrato geologico non rigido (NR) costituito da argille limose giallastre e da argille marnose grigio-azzurre (Argille sabbiose nel presente studio) è caratterizzato da un peso di volume variabile tra 1,8 t/m³ e 1,95 t/m³, valori di coesione compresi tra 0,4 e 0,7 t/m³, angolo di attrito compreso tra 5° e 20°, coesione non drenata tra 0,6 t/m³ e 1,3 t/m³.

Nelle relazioni a supporto del PRG vengono anche indicati dei campi di variazione delle frequenze di risonanza ottenute da misure di noise effettuate nello studio geologico a supporto del P.R.G., in determinate zone (Tab. 6 – **Allegato 3**). Tali frequenze sono comprese tra 1 e 1,3 Hz in C.da San Marco, Quartiere Semini, C.da S. Rita e Piazza del tribunale, mentre valori maggiori di circa 4 Hz si hanno in Piazza S. Domenico Gaggini e in C.da Balatazze. Oltre ai dati provenienti dallo studio geologico a supporto del PRG, è stato possibile reperire dati riguardanti un profilo di velocità delle onde s tramite un'indagine geofisica MASW, riportata nella banca dei dati accelerometrici “Database dei dati accelerometrici italiani, dal 1972 al 2004 / ITACA” disponibile online (<http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/>), che ha dato Vs30 = 373m/s nel substrato geologico non rigido NRS.

Infine nella Tav. 4a “Carta geologico-tecnica del PRG” viene rappresentata una zonazione realizzata in base alle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni dell’area di studio (Tab. 8 – **Allegato 3**).

Per quanto concerne la determinazione delle frequenze di sito, sono state realizzate 24 misure di microtremore ambientale (noise), distribuite in maniera omogenea nell’area di studio, 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 f_0 sono comprese tra 0.65 e 1.5 Hz, con basse amplificazioni variabili da punto a punto, comprese tra 1,34 e 2,39 ad eccezione di un picco massimo che raggiunge un'amplificazione di 9,3 connesso a una scarsa attendibilità dell'indagine. Tali picchi associati a frequenze di oscillazioni basse, sono riferibili a discontinuità stratigrafiche ubicate a profondità notevoli, oltre i 50 m considerando le velocità di propagazione delle onde s osservate nei litotipi studiati.

5. Modello del sottosuolo

Il modello geologico ricostruito per l'area di studio nel territorio comunale di Caltagirone è abbastanza omogeneo. In particolare le suddivisioni in unità litostratigrafiche riportate nei profili geologici (**Allegato 1**) non hanno una diretta corrispondenza dal punto di vista geologico-tecnico, in quanto non vi sono elementi per discriminare il comportamento dei livelli sabbiosi sovrapposti, che sono stati accorpati in un'unica unità geologico-tecnica (NRS) (vedi **Allegato 2** e Carta geologico-tecnica) e interpretati quale substrato geologico non rigido. Alla stessa categoria di substrato sono state attribuite anche le argille sabbiose sottostanti (NR). In pratica, l'intero pacco di strati rappresentato nei profili fino a profondità di almeno 80 m dal piano campagna può considerarsi omogeneo dal punto di vista della risposta sismica. Secondo i dati contenuti nella carta geologico-tecnica allegata al P.R.G., i terreni attribuiti al substrato geologico sono caratterizzati da velocità delle onde di taglio comprese tra 200 m/s fino a 380 m/s. Secondo lo stesso documento cartografico variazioni, seppur lievi, dei parametri meccanici e delle Vs sembrerebbero realizzarsi all'interno delle singole unità litostratigrafiche piuttosto che tra unità litologiche differenti. Tale dato è in buon accordo



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 con l'evidenza di campagna di diffusi passaggi graduali di facies sia in senso verticale che in senso orizzontale. Un modesto contrasto di impedenza, certamente non sufficiente a produrre amplificazioni delle onde sismiche di rilievo, è riscontrabile al contatto tra i due cicli pleistocenici, lungo il quale le sabbie quarzose, caratterizzate in ampie zone da V_s oscillanti tra 280 e 380 m/s poggiano sulle sabbie limose, cui sono assegnate V_s variabili tra 200 e 250 m/s. ma. Nell'area non è stato possibile riconoscere in affioramento un substrato geologico rigido con caratteristiche di "bedrock" sismico, che va ricercato nei livelli più profondi della successione argilloso sabbiosa del Pleistocene inferiore o, addirittura, all'interno nei livelli del substrato alloctono ricoperto in discordanza, dove si raggiungono stabilmente velocità superiori agli 800 m/s. La prevedibile elevata profondità del "bedrock" sismico contatto è confermato dalle misure di microtremore ambientale che evidenziano in tutta l'area picchi di amplificazione molto contenuti, su frequenze di oscillazione tra 0.7 e 1.5 Hz, cui in qualche caso si associano effetti di amplificazione a frequenze tra i 9 ed i 20 Hz, da riferire alla stratigrafia nei livelli pellicolari, non significativa per un modello di risposta complessivo.

6. Interpretazioni ed incertezze

Nell'area di studio del territorio comunale di Caltagirone, i dati pregressi utilizzati si riferiscono ad indagini effettuate per la revisione e rielaborazione dello studio geologico per il Piano Regolatore Generale (P.R.G.), alle indagini realizzate per la stazione accelerometrica CLG della rete accelerometrica nazionale del Dipartimento di Protezione Civile, e ai dati dell'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (L.464/84) dell'ISPRA.

Tra i dati forniti dall'amministrazione comunale, inseriti nello studio geologico per il P.R.G., rientra un discreto numero di indagini geotecniche e geofisiche. Le prime sono relative a studi precedenti il P.R.G. in cui viene segnalata la località in cui sono state realizzate le indagini ma non la loro ubicazione precisa, motivo per cui non è stato possibile inserirle nel database di Access denominato "Cdl_tabelle" e rappresentarle secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II". Tali indagini hanno, comunque, permesso di caratterizzare dal punto di vista geotecnico il substrato geologico dell'area (vedi tabb. 3,4,5 e 8 - **Allegato 3**). Anche le indagini geofisiche, rappresentate da n. 6 down hole non sono state inserite in "Cdl_tabelle", in quanto non vengono forniti nel dettaglio i valori della Vs ma solamente gli intervalli di Vp e Vs misurati nei diversi litotipi (vedi tabb. 1 e 8 - **Allegato 3**). Conseguentemente, solo un esiguo numero di dati di sottosuolo resi disponibili dagli Enti (n. 6 sondaggi geognostici, n. 5 sezioni geologiche, una indagine MASW e una stazione accelerometrica), sono stati catalogati e archiviati secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II" e ubicati nella "Carta delle indagini" allegata al presente studio.

Il modello geologico è stato ricostruito a seguito di un'attenta verifica degli elaborati cartografici prodotti per il P.R.G., in particolare della Carta geologica a scala 1:2.000, condotta sulla base delle analisi di foto aeree e di rilievi geologici di dettaglio. La validità della ricostruzione della geometria in sottosuolo dei diversi orizzonti stratigrafici affioranti è risultata coerente con le stratigrafie dei sondaggi disponibili per l'area (vedi **Allegato 2**), anche se le lacune di conoscenza hanno impedito la definizione, all'interno dell'abitato, di aree di affioramento del substrato rigido con caratteristiche tali da rendere le aree stabili da un punto di vista sismico.

Inoltre, i dati di superficie ed i sondaggi utilizzati non hanno consentito di definire la natura, i caratteri geotecnici e la geometria del bedrock sismico, anche nei settori più



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 settentrionali, che rimangono obiettivi imprescindibili nelle successive fasi d'approfondimento.

Nella “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”, a sud-ovest del centro abitato, è stata delimitata un'area potenzialmente soggetta a fenomeni di liquefazione, poiché nello studio geologico per il P.R.G. viene segnalata la presenza di una falda superficiale in terreni sabbiosi (vedi tab. 8 – **Allegato 3**). L'assetto geologico dell'area, caratterizzato dalla costante presenza di un substrato sabbioso poggiante sulle Argille grigio-azzurre (vedi Capitolo 3 e **Allegato 1**), pone l'accento sulla necessità di una accurata definizione delle curve isopiezometriche della falda superficiale, al fine di poter meglio individuare le aree potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione.

Infine, negli studi del P.R.G. le fasce di detrito reincise e sospese lungo i versanti che circondano il centro storico non sono state caratterizzate dal punto di vista della loro stabilità, in condizioni sia statiche che dinamiche. Nei successivi livelli di approfondimento sarebbe, dunque, opportuno procedere alle indagini necessarie a definire le condizioni di stabilità dei detriti, al fine di poter escludere fenomeni di rimobilizzazione in condizioni dinamiche indotte da forti terremoti.

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, pericolosità sismica e suscettività), 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. In particolare le carte geologiche e geologico-tecniche a scala 1:2.000 hanno fornito informazioni molto utili per l'individuazione delle coperture detritiche, dei movimenti franosi, delle aree soggette a possibili fenomeni di liquefazione e per la mappatura dei terreni affioranti, realizzata a seguito di accurate verifiche di terreno unitamente all'analisi di aerofotogrammetrie. In questo senso, un ruolo fondamentale è stato rivestito dalle poche indagini puntuali (n. 6 sondaggi a carotaggio continuo), messe a disposizione dall'amministrazione comunale di Caltagirone, analizzate e archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II". Grazie all'integrazione tra i rilievi di terreno e i dati derivanti dall'interpretazione dei sondaggi geognostici è stato possibile ricostruire la successione geolitologica dell'area di studio (vedi capitolo 3).

Una volta distinte le diverse unità geolitologiche affioranti e stabiliti i loro rapporti geometrici nel sottosuolo è stato possibile definire le zone stabili suscettibili di amplificazione locali, 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). Tra gli elementi a nostra disposizione si elencano: la morfologia superficiale, la litostratigrafia, la caratterizzazione geotecnica dei terreni, profili di velocità delle onde s (V_s); per quanto esposto nel Capitolo 6, le ultime due tipologie di indagini non sono state archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II".

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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. 19). 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. 20). 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. 21). Risulta evidente che tali pendii sono concentrati lungo i fianchi dei valloni, profondamente incisi nel terreno sabbiosi e argillosi del substrato, che delimitano il centro storico di Caltagirone e il settore SE dell'area di nuova espansione urbanistica. In queste zone sono state realizzate tre sezioni topografiche in scala 1:5.000 (**Allegato 5**), due delle quali sono dirette NE-SO e una è orientata NO-SE, come richiesto negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008).

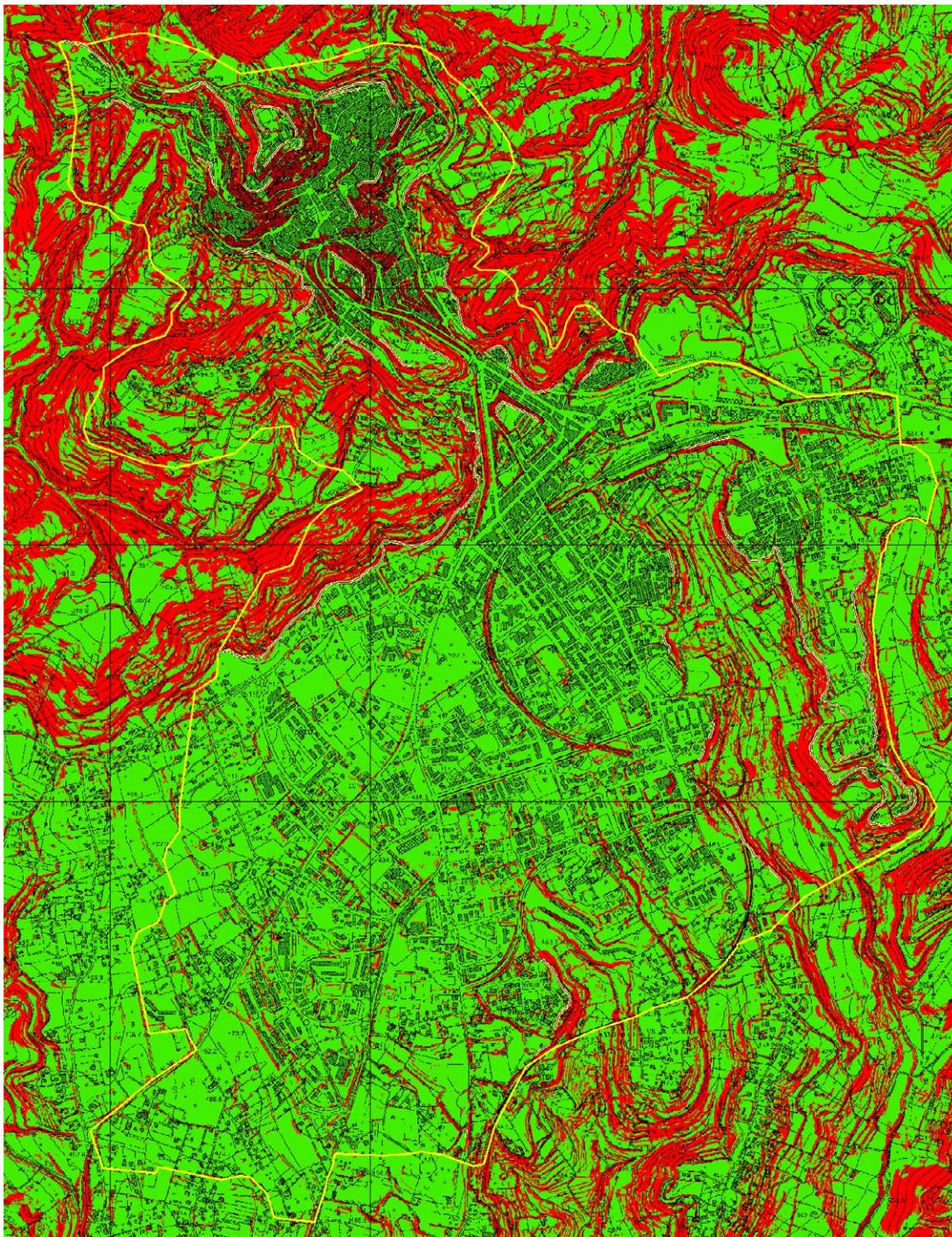


Fig. 19 - Carta delle inclinazioni dell'area di studio. Sono distinte inclinazioni $< 15^\circ$, in verde, e $> 15^\circ$, in rosso.

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

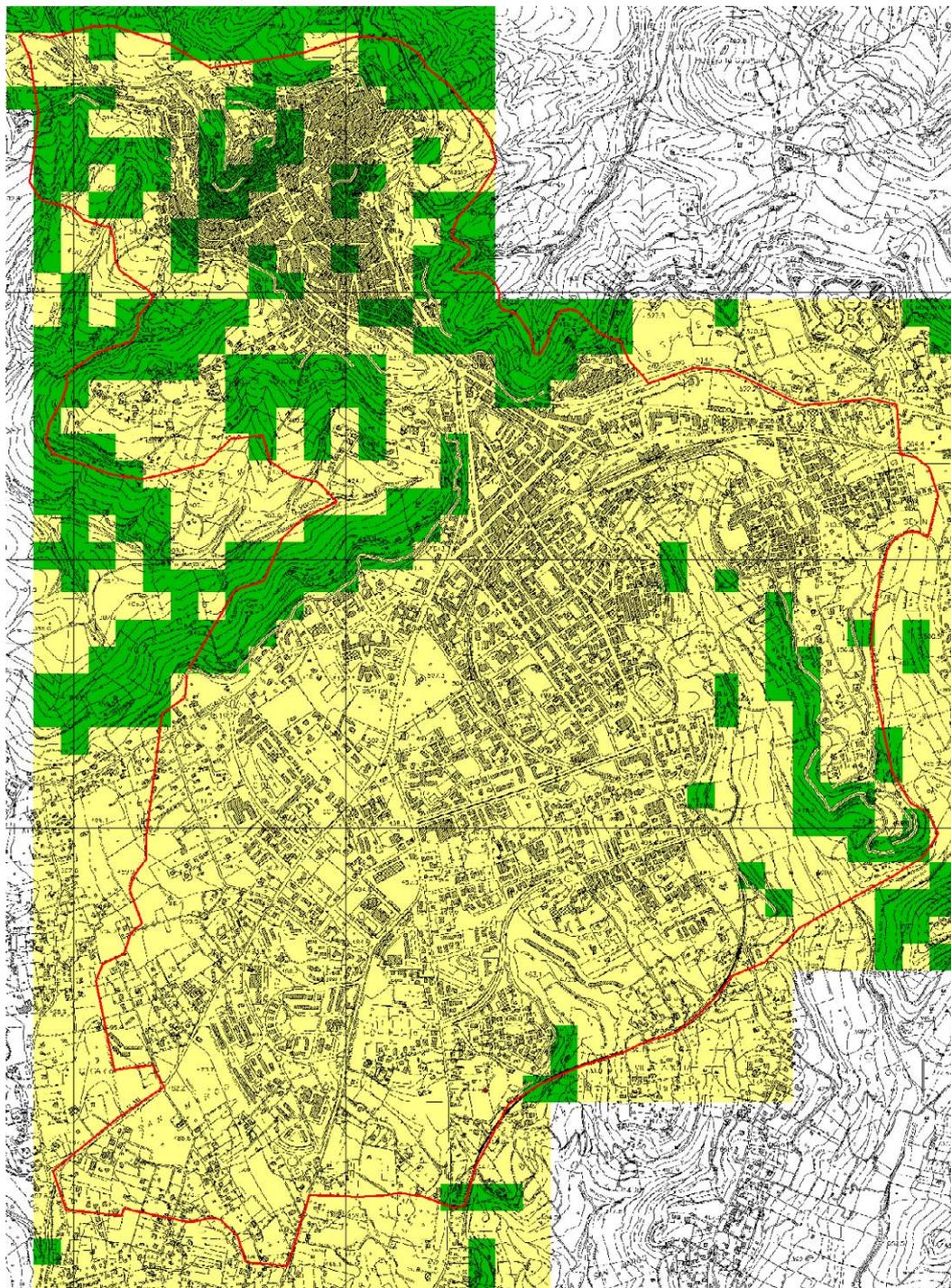


Fig. 20 – Carta dell'energia del rilievo dell'area di studio . Sono distinti dislivelli < 30 m, in giallo, e > 30 m, in verde.

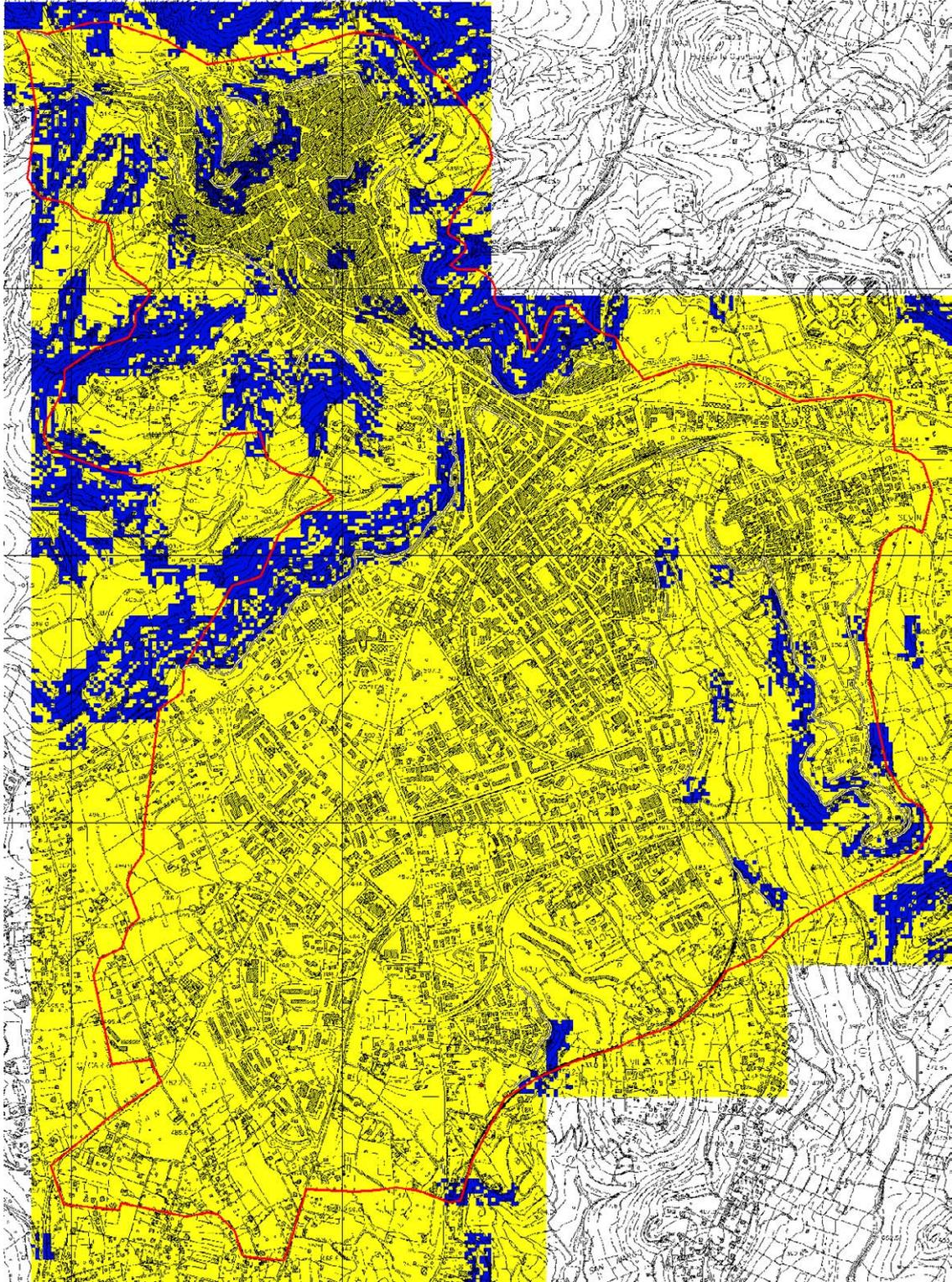


Fig. 21 - Carta dell'amplificazione topografica dell'area di studio . Le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografica sono evidenziate in blu.

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

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
condotte nell'area tramite analisi di fotogrammetrie e verifiche di terreno nelle aree
soggette ad instabilità di versante. Nella “Carta dei dissesti” (Fig. 22) e nella “Carta della
pericolosità e del rischio” (Fig. 23) del PAI (Area Territoriale del bacino del F. Simeto – 094
e Area Territoriale tra il bacino del F. Gela e i bacino del F. Acate – 077) sono stati
censiti 171 fenomeni franosi, di cui ben 162 attivi, prevalentemente dovuti ad erosione
accelerata. Nel presente studio sono stati presi in considerazione 24 dissesti in quanto
ricadenti all'interno dell'area da microzonare, elencati nella tabella 5.

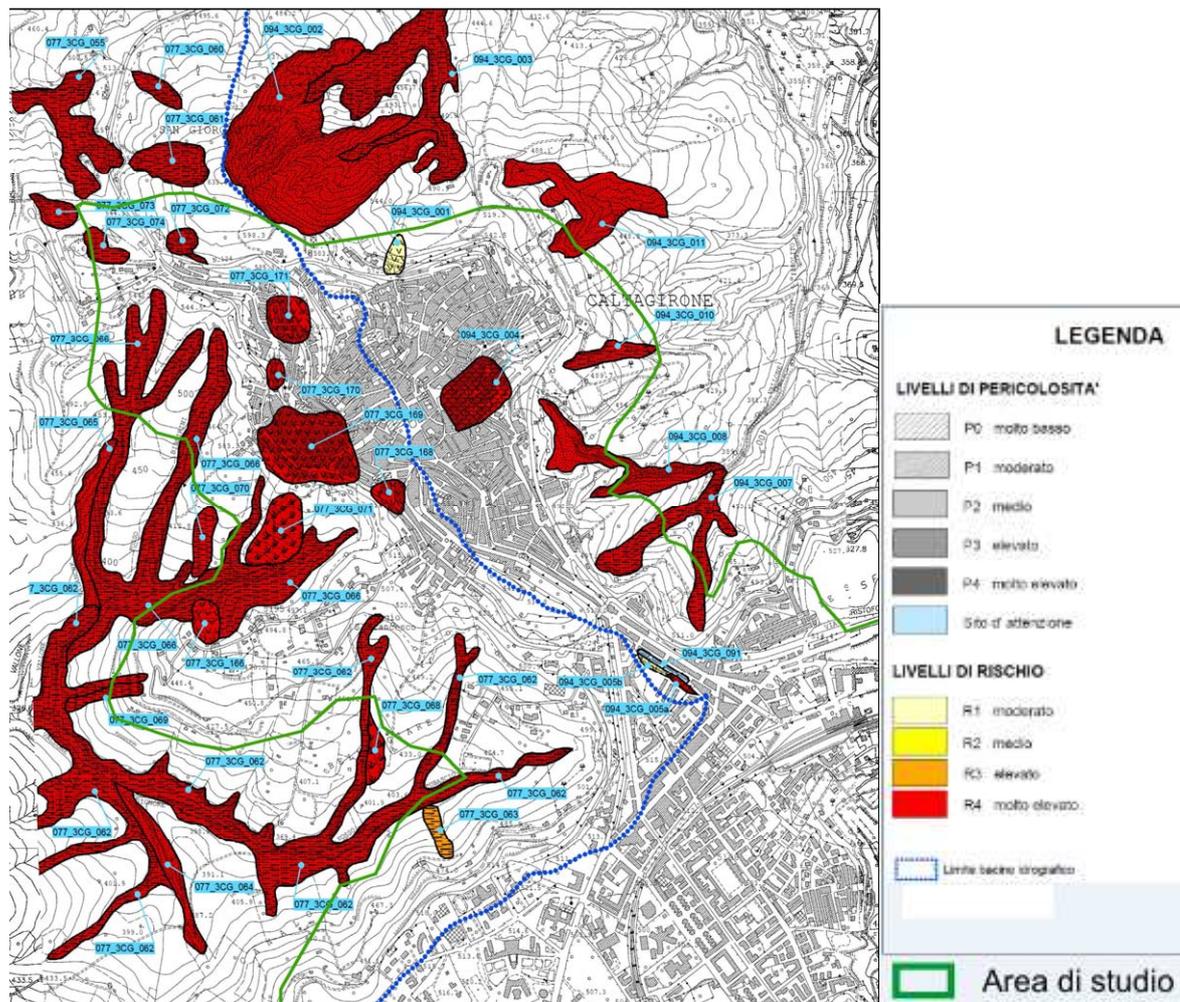


Fig. 22 – Stralcio della “Carta dei dissesti N° 18” (SS D 639150) del PAI.

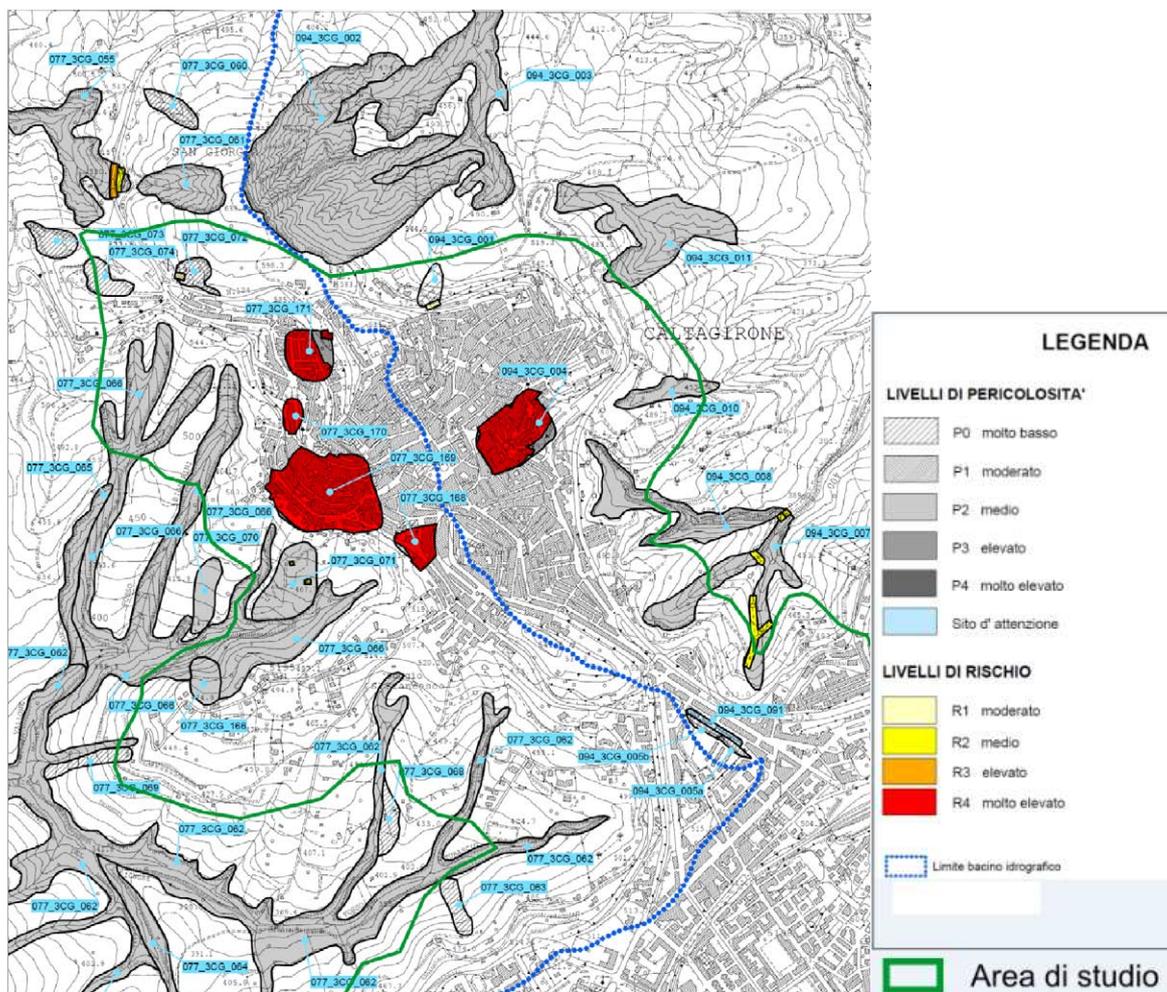


Fig. 23 - Stralcio della “Carta della pericolosità e del rischio N° 18” (SS D 639150) del PAI.

Id i	Sigla	Località	Tipologia	Attività	Pericolosità	Rischio
	077-3CG-055	Vallone delle Pille	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Media	-
	077-3CG-062	Vallone del Signore - Fosso Tubascio	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Media	-
8	077-3CG-063	Versante sx Fosso del Tubascio	Colamento rapido	Inattivo	Moderata	-
	077-3CG-066	Vallone Valanche - Fosso Biddirini	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Media	-
	077-3CG-069	Versante sx Vallone Valanche	Colamento lento	Attivo	Moderata	-
	077-3CG-071	S del Centro Storico	Area a franosità diffusa	Attivo	Media	Medio
	077-3CG-072	S di Monte San Giorgio	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Moderata	Moderato
	077-3CG-073	SW di Monte San Giorgio	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Moderata	-
	077-3CG-074	SW di Monte San Giorgio	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Moderata	-
5	077-3CG-166	W Poggio S. Francesco	Scorrimento	Attivo	Media	-
4	077-3CG-168	Centro Storico zona W	Scorrimento	Attivo	Media	Molto elevato
3	077-3CG-169	Centro Storico zona W	Scorrimento	Attivo	Elevata	Molto elevato
2	077-3CG-170	Centro Storico zona W	Scorrimento	Attivo	Media	Molto elevato
1	077-3CG-171	Centro Storico zona W	Scorrimento	Attivo	Elevata	Molto elevato
10	094-3CG-001	Zona Nord dell'abitato	Scorrimento	Stabilizzato	Bassa	Moderato
	094-3CG-002	Monte San Giorgio	Calanchi	Attivo	Media	-
6	094-3CG-004	Centro Storico	Frana complessa	Attivo	Elevata	Molto elevato
7	094-3CG-005a	Abitato - Poggio Fanales	Frana complessa	Attivo	Moderata	-
9	094-3CG-005b	Abitato - Poggio Fanales	Scorrimento	Stabilizzato	Bassa	-
	094-3CG-007	Vallone Sant'Ippolito	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Media	Medio
	094-3CG-008	Vallone Sant'Ippolito	Calanchi	Attivo	Media	Medio
	094-3CG-010	Nord Est Abitato	Dissesti dovuti a processi erosivi intensi	Attivo	Media	-
	094-3CG-011	Nord Est Abitato	Calanchi	Attivo	Media	-
	094-3CG-091	Poggio Fanales	Sito di Attenzione	-	Sito di Attenzione	-

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Nel presente studio si è fatto riferimento alla classificazione adottata dal PAI, ad eccezione di quei dissesti legati a processi erosivi intensi (ad es. i cosiddetti “calanchi”) che non sono stati inseriti tra le instabilità, così ridotte da 24 a 10 (Tab. 5).

Il PAI evidenzia come, complessivamente, il rilievo collinare sul quale sorge l’abitato di Caltagirone sia stato interessato da fenomeni gravitativi storici di versante, compresi nel periodo tra il 1346 ed il 1693. Ciò ha comportato che parte delle abitazioni che oggi costituiscono l’attuale centro storico siano state costruite su un terreno di riporto antropico, a luoghi di notevole spessore (max 10 metri), o su terreni costituiti da materiali detritici profondamente rimaneggiati in aree già coinvolte da fenomeni franosi progressivi. A questa situazione si è sommata la formazione di una falda idrica superficiale. Da un censimento eseguito negli anni ‘50 circa, risulta la presenza nel vecchio centro storico di circa 590 siti con presenza di pozzi di attingimento idrico, cisterne, sorgenti. Tali fattori concomitanti comportano una generale precarietà delle condizioni di stabilità in cui versa il centro storico di Caltagirone.

L’esame geomorfologico riportato nel PAI evidenzia come i versanti del rilievo collinare su cui sorge l’abitato siano sede di diffusi fenomeni di erosione accelerata incanalata ad evoluzione regressiva verso monte, ovvero con arretramento delle testate dei solchi idrografici (Vallone Valanche, Fosso Biddirini, Vallone Belmagiare, Fosso Tubascio), che determinano lo scalzamento al piede degli orizzonti arenitici più competenti, minacciando la stabilità dell’abitato stesso.

In generale, le condizioni di dissesto idrogeologico più gravi segnalate dal PAI riguardano la fascia marginale occidentale del centro storico. In tale zona sono stati

censiti dal PAI i dissesti 077-3CG-168, 077-3CG-169, 077-3CG-170, 077-3CG-171, tutti dovuti a fenomeni di scorrimento attivo (Tipo_i = 3012) determinanti aree a rischio molto elevato, che coinvolgono diversi quartieri dell'abitato in cui sono stati censiti <<edifici crollati e più in generale pervasi da un quadro fessurativo in evoluzione (zona Porta del Vento, quartiere Miracoli, zona via Duca degli Abruzzi, zona tra le via del Carcere e via Stovigliai)>> (Fig. 24).



Fig. 24 - Edifici crollati e sottoposti a sgombero in via Duca degli Abruzzi. Dal Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana - Relazione generale.

Altri dissesti che coinvolgono il centro abitato di Caltagirone risultano ubicati all'interno del bacino del Fiume Simeto. Si tratta dei dissesti 094-3CG-001, 094-3CG-004 e 094-3CG-005a/005b, classificati come scorrimenti (Tipo_i = 3042) e come frane complesse attive (Tipo_i = 3014). Nella Relazione generale del PAI i dissesti 094-3CG-001 e 094-3CG-004, caratterizzato da rischio molto elevato, vengono correlati agli eventi piovosi dell'inverno del 1997 che hanno coinvolto i fabbricati del quartiere Madonna del Ponte (Fig. 25).

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



Fig. 25 - Quartiere Madonna del Ponte. Lesioni al piano terreno del fabbricato di via Conceria angolo via Maltese. Dal Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana - Relazione generale.

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. 26):

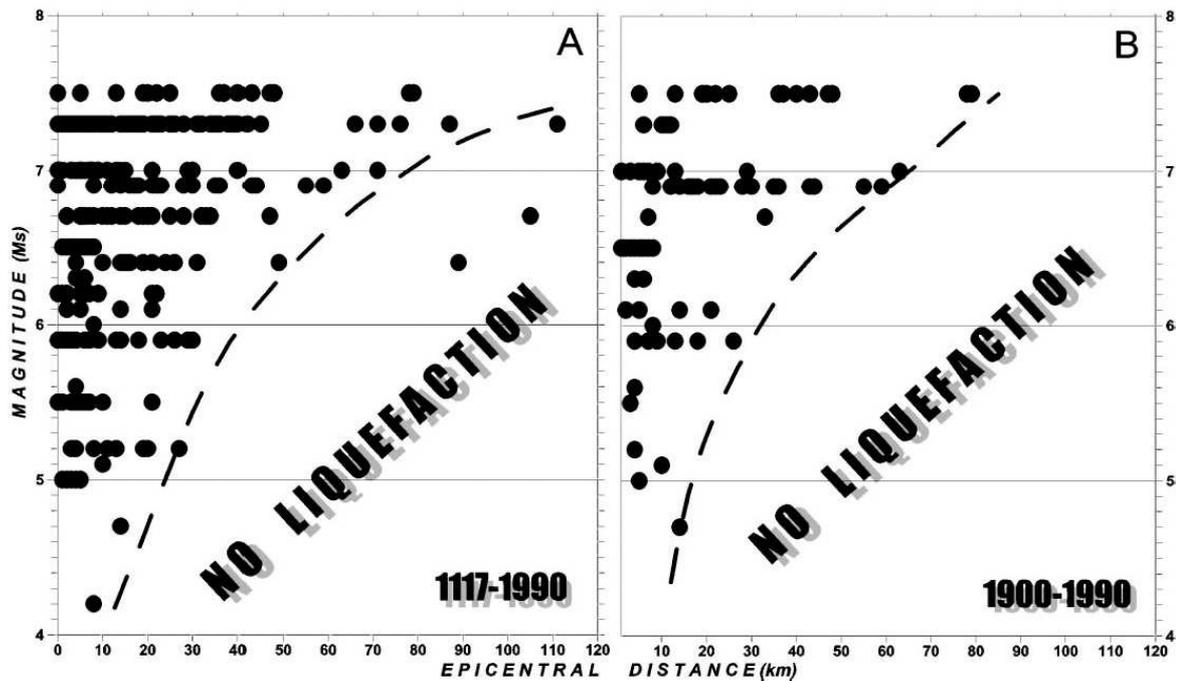


Fig. 26 - Distribuzione di fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, in termini di Magnitudo e distanza epicentrale, per i periodi 1117-1990 e 1900-1990. (da Galli, 2000).

Nell'ambito della zonazione sismogenetica dell'area italiana (Gruppo di lavoro, 2004), il territorio comunale di Caltagirone, così come gran parte della regione iblea, ricade all'interno della zona 935 (Fig. 27). Come già illustrato nel Capitolo 2, questa zona è caratterizzata da diversi eventi sismici distruttivi (MCS 10 = X - XI) (Postpischl, 1985; Boschi et al, 1995; 1997). La versione più recente del DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) riporta, nei pressi dell'abitato di Caltagirone, due sorgenti sismogeniche (Fig. 16): la sorgente "ITCS029 - Gela-Catania", orientata circa NE-SO e caratterizzata da una sismicità media ($M_{max}=5.6$), che rientra nel territorio comunale, e la sorgente "ITCS035 - Ragusa-Palagonia", con direzione NNO-SSE, per la quale viene ipotizzata una $M_{max}=5.6$, che si trova ad una distanza di ~18 km dal centro abitato.

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

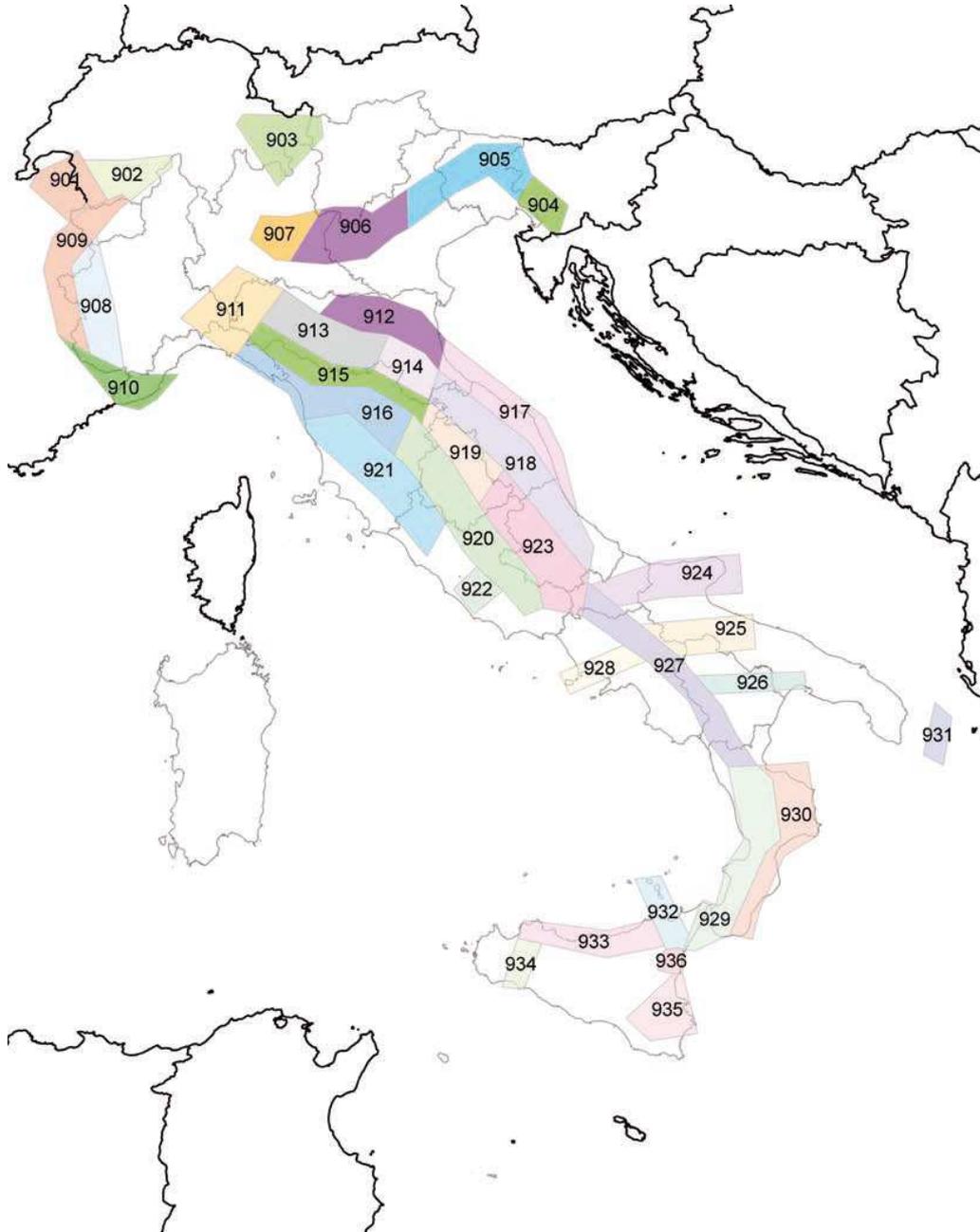


Fig. 27 - Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

In ogni caso, possiamo concludere che il possibile verificarsi di eventi sismici di Magnitudo ~ 6 ad una distanza epicentrale inferiore ai 30 km potrebbe innescare nell'area oggetto di studio fenomeni di liquefazione, in presenza di terreni sciolti (sabbie o ghiaie) e di una falda superficiale. Queste condizioni si realizzano a sud-ovest del centro abitato, dove è stata delimitata un'area potenzialmente soggetta a fenomeni di liquefazione (Tipo_i = 3050), in quanto nello studio geologico per il P.R.G. viene segnalata la presenza di una falda superficiale in terreni sabbiosi (vedi tab. 8 – **Allegato 3**). Tuttavia, la costante presenza di terreni sabbiosi sovrapposti al substrato argilloso (vedi Capitolo 3 e **Allegato 1**), suggerisce la necessità di una accurata definizione delle curve isopiezometriche della falda superficiale, al fine di poter meglio individuare quelle aree potenzialmente soggette a 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 consistono in n.41 indagini (tab. 2), di cui n. 17 pregresse e n. 24 nuove indagini realizzate per il presente studio. 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 “CdI_tabelle” e rappresentati secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II”.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Per quanto riguarda le “Indagini_puntuali” sono state inserite n.35 indagini appartenenti a diverse classi:

- “Geologia” – a questa classe appartengono n.7 indagini pregresse costituite da n.6 sondaggi a carotaggio continuo relativi allo studio geologico a supporto del PRG e n. 1 sondaggio a distruzione di nucleo, relativo alla perforazione di un pozzo relativo all’Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (L.464/84), ricadente poco fuori al limite sud-orientale dell’area di studio ;
- “Geofisica” – si tratta di n.24 nuove indagini HVSR realizzate dall’Università di Catania per il presente studio al fine di redigere una carta delle frequenze; di n.1 stazione accelerometrica denominata “CLG” della rete accelerometrica nazionale del Dipartimento della Protezione Civile, e di n.1 indagine HVSR pregressa realizzata per la caratterizzazione del sito dove è stata installata la stazione accelerometrica.
- “Idrogeologia” – si tratta di dati riguardanti il pozzo relativo all’Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (L.464/84);

Le “Indagini_lineari” invece ricadono nelle seguenti classi:

- “Geologia” – rientrano in questa classe le n.5 sezioni geologiche realizzate per lo studio geologico a supporto del PRG.
- “Geofisica” – si tratta dell’indagine MASW realizzata per la caratterizzazione del sito dove è stata installata la stazione accelerometrica.

Si fa presente che nella “Tavola sondaggi geognostici scala 1:5000” del PRG, oltre alle predette indagini sono ubicate altre indagini relative a numerosi sondaggi geognostici, indagini geofisiche di tipo down hole e noise, delle quali non si hanno le informazioni necessarie per poterle archiviare secondo gli standard di riferimento.

8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

La successione geolitologica dell’area di studio è stata ricostruita sulla base delle indagini di terreno e sull’interpretazione dei sondaggi geognostici disponibili, che hanno consentito di distinguere i diversi terreni di copertura e le diverse unità litologiche rappresentate nella carta geologico–tecnica seguendo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica–Versione 2.0beta–II”. Per quanto riguarda i terreni di copertura, si è cercato di classificarli 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 non rigido è sovente ricoperto da suolo di alterazione e localmente da materiali di riporto.

Per la descrizione dettagliata delle diverse unità litologiche, delle instabilità, nonché degli elementi lineari e puntuali, si rimanda ai capitoli 3 e 7, dove sono stati descritti in maniera esaustiva. Ulteriori elementi lineari riportati in carta si riferiscono agli orli di scarpata morfologica che si osservano nell’area del centro storico e nelle zone sud–orientali dove l’incisione fluviale ha eroso le sabbie e argille del substrato geologico non rigido.

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

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

Nel presente studio, i dati in nostro possesso, non hanno consentito l'identificazione di zone stabili in quanto la presenza del substrato geologico rigido viene stimata a oltre 50 m di profondità (vedi Capitolo 4). Sono state invece istituite 14 zone stabili suscettibili di amplificazione:

- **Zona 1** – Substrato geologico non rigido costituito da sabbie quarzose giallo-rossastre (a), con intercalazioni arenitiche poco cementate spesse da pochi centimetri a qualche metro, che raggiungono uno spessore massimo complessivo di circa 20 m. Queste poggiano in discordanza su

sabbie limose giallastre (b) spesse fino a circa 35 m, che verso il basso passano ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.

- **Zona 2** – Substrato geologico non rigido costituito da sabbie limose (b) giallastre spesse fino a circa 35 m che passano verso il basso ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 3** – Substrato geologico non rigido costituito da argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30\text{m}$.
- **Zona 4** – Copertura eluvio-colluviale costituita da sabbie fini alterate e limi argilloso sabbiosi spessi circa 3m (ML) sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie quarzose giallo-rossastre (a), con intercalazioni arenitiche spesse da pochi centimetri a qualche metro, che raggiungono uno spessore massimo complessivo di circa 20 m. Queste poggiano in discordanza su sabbie limose giallastre (b) spesse fino a circa 35 m, che verso il basso passano ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 5** – Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie fini limose spesse fino a circa 7m (SM) sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie quarzose giallo-rossastre (a), con intercalazioni arenitiche spesse da pochi centimetri a qualche metro, che raggiungono uno spessore massimo complessivo di circa 20 m. Queste poggiano in discordanza su sabbie limose giallastre (b) spesse fino a circa 35 m, che verso il basso passano ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 6** – Detrito costituito da sabbie fini spesse fino a circa 5m (SM) in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30\text{m}$, poggiate sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie quarzose giallo-rossastre (a), con intercalazioni arenitiche spesse da pochi centimetri a qualche metro, che raggiungono uno spessore massimo complessivo di circa 20 m. Queste poggiano in discordanza su sabbie limose giallastre (b) spesse



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

fino a circa 35 m, che verso il basso passano ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.

- **Zona 7** – Detrito costituito da sabbie fini spesse fino a circa 5m (SM) in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30m$, poggiante sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie limose (b) giallastre spesse fino a circa 35 m che passano verso il basso ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 8** – Detrito costituito da sabbie fini spesse fino a circa 5m (SM) in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30m$, poggiante sul substrato geologico non rigido costituito da argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 9** – Materiale di riporto costituito da ciottoli in matrice sabbiosa spesso fino a circa 5m (RI), poggiante sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie quarzose giallo-rossastre (a), con intercalazioni arenitiche spesse da pochi centimetri a qualche metro, che raggiungono uno spessore massimo complessivo di circa 20 m. Queste poggiano in discordanza su sabbie limose giallastre (b) spesse fino a circa 35 m, che verso il basso passano ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 10** – Detrito costituito da sabbie fini spesse fino a circa 5m (SM), poggiante sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie limose (b) giallastre spesse fino a circa 35 m che passano verso il basso ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 11** – Substrato geologico non rigido costituito da sabbie quarzose giallo-rossastre (a), con intercalazioni arenitiche poco cementate spesse

da pochi centimetri a qualche metro, che raggiungono uno spessore massimo complessivo di circa 20 m, in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30\text{m}$. Queste poggiano in discordanza su sabbie limose giallastre (b) spesse fino a circa 35 m, che verso il basso passano ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.

- **Zona 12** – Substrato geologico non rigido costituito da sabbie limose (b) giallastre spesse fino a circa 35 m, in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30\text{m}$, che passano verso il basso ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 13** – Materiale di riporto costituito da ciottoli in matrice sabbiosa spesso fino a circa 5m (RI) in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30\text{m}$, poggiante sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie quarzose giallo-rossastre (a), con intercalazioni arenitiche spesse da pochi centimetri a qualche metro, che raggiungono uno spessore massimo complessivo di circa 20 m. Queste poggiano in discordanza su sabbie limose giallastre (b) spesse fino a circa 35 m, che verso il basso passano ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.
- **Zona 14** – Detrito costituito da sabbie fini spesse fino a circa 5m (SM) in pendio con inclinazione $>15^\circ$ e dislivello $>30\text{m}$, poggiante sul substrato geologico non rigido costituito da sabbie limose (b) giallastre spesse fino a circa 35 m che passano verso il basso ad argille sabbiose (c) spesse oltre 30 m.

L'**Allegato 6** fornisce un quadro completo delle zone stabili suscettibili di amplificazione mentre, per quanto riguarda le zone suscettibili di instabilità si rimanda al Capitolo 7.

Ai fini della programmazione dei successivi livelli di approfondimento, va segnalato che per le aree costituite dalle fasce di detrito reincise e sospese lungo i



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

versanti che circondano il centro storico mancano del tutto le informazioni utili per una analisi della loro stabilità, in condizioni sia statiche che dinamiche, in quanto esse erano state interpretate, negli studi del PRG, come parte del substrato geologico e quindi caratterizzate meccanicamente da dati provenienti da altre aree. In mancanza di dati certi, nel presente studio le fasce di detrito sospese sono state classificate come aree stabili suscettibili di amplificazione. Nei successivi livelli di approfondimento sarebbe opportuno procedere alle indagini necessarie a definire le condizioni di stabilità dei detriti. Nelle more, sarebbe opportuno che qualsiasi intervento in queste aree preveda preventivamente una analisi di stabilità che escluda fenomeni di rimobilizzazione del detrito in condizioni dinamiche indotte da forti terremoti.

9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati

La città di Caltagirone, così come tutta la Sicilia sud-orientale, è stata interessata da diversi eventi sismici sopra la soglia del danno, verificatisi principalmente nel periodo pre-strumentale. In particolare, analizzando la storia sismica di Caltagirone (Figg. 3 e 4), diversi eventi sismici storici (1542, 1693), hanno raggiunto intensità $I(MCS) > VIII$.

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). Ulteriori utilissimi dati sui danni di alcuni eventi sismici passati sono citati nella relazione “Relazione generale 1 vol” del PRG. Vengono di seguito descritti i danni di ciascun evento sismico. Le località citate nelle descrizioni sono state ubicate in Figura 28.

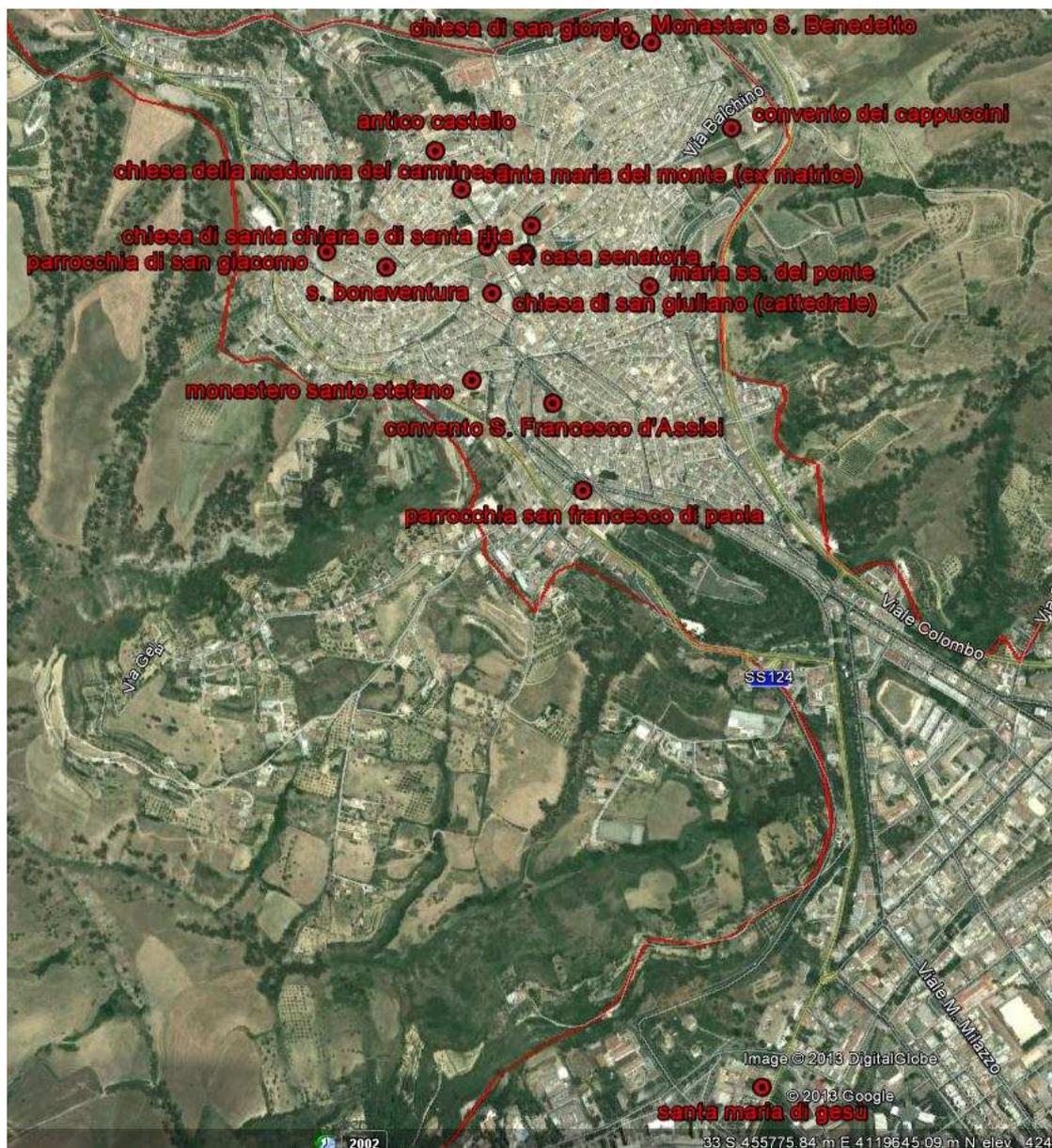


Fig. 28 – Siti citati per la descrizione dei danni prodotti da eventi sismici passati, all'interno dell'area di studio.

L'evento del 1542 (siracusano) raggiunse I(MCS) VIII. La scossa causò la distruzione di gran parte della città; in particolare crollarono molte case soprattutto nei vicoli di San Giorgio e di San Benedetto (nord-est centro storico), la fortezza situata nella parte settentrionale della città fu rasa al suolo; caddero le parti superiori dei campanili delle chiese di San Giuliano e Santa Maria del Monte e fu gravemente lesionato quello di San Giorgio.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

L'evento del 3 Ottobre del 1624 raggiunse I(MCS) VI e causò leggeri danni al monastero di S. Benedetto (nord-est centro storico).

Per quanto riguarda invece l'evento del 1693, 9 e 11 gennaio, che raggiunsero rispettivamente I(MCS) V-VI e IX, le cronache del tempo, oltre a riferirci con cura le ore della scossa e i danni patiti da persone e cose, annotano che la maggior parte dei crolli sono avvenuti in determinati quartieri piuttosto che in altri. Nella relazione del PRG 'relazione generale 1 vol' viene descritto quanto segue: "Si tramanda che certe costruzioni addirittura fossero state distrutte persino nelle fondamenta e che in taluni punti il terreno si fosse abbassato di più di un palmo, mentre in altri si fosse innalzato della stessa quantità. Molti pozzi e cisterne furono prosciugati o traboccarono. Ebbero, ad ogni modo, delle grosse variazioni di livello. L'acqua stessa ebbe delle importanti variazioni di chimismo diventando per lo più acqua sulfurea poiché emanava un caratteristico odore di zolfo; in certi punti sgorgarono rivoli d'acqua sulfurea dove prima non esistevano. Si aprirono voragini nel terreno, alcune molto profonde se, come riporta un testimone oculare, il dottore in medicina Antonio Boscarelli, con corde raddoppiate non si poteva toccare il fondo. Nel dettaglio, diventa ora comprensibile perché gli analisti dell'epoca precisassero che i danni più considerevoli si ebbero nella parte bassa del rione S. Giorgio mentre le minori lesioni furono nelle strade più alte del quartiere del Duomo, cioè nella zona del colle e dell'insediamento più antico dell'abitato.

Nella "relazione generale 1 vol" si fa riferimento ad una carta allegata ('fig.7.4') in cui sono segnate le costruzioni che subirono danni o che crollarono, evidenziando delle classi di danno che dividono gli edifici quasi integri o poco lesionati da quelli danneggiati o distrutti interamente. Purtroppo tra la documentazione fornitaci dall'amministrazione

comunale non è presente tale allegato. Nel dettaglio, nessuno dei quattro quartieri in cui era divisa la città a quel tempo (San Giorgio, San Giacomo, San Giuliano o Duomo, Matrice) uscì indenne da quella serie di scosse. Come si può notare gli effetti furono veramente spaventosi, anche se le cronache del tempo dedicano soprattutto alle chiese, ai conventi ed ai monumenti pubblici le loro attenzioni e le loro discrezioni, anche se comunque offrono un quadro completo sulla violenza del sisma.

Di tutti i campanili della città ne rimase in piedi solo uno: quello di Sant'Agostino. Crollarono le chiese di San Bonaventura, di San Francesco, dei Carmelitani e del Monastero del Santissimo Salvatore, che però ebbero meno danni nei loro conventi annessi. Il Convento di San Bonaventura non crollò ma fu interamente a soqquadro nel suo interno; esisteva presso questo convento una grande cisterna tutta scavata nella roccia che, al tempo del terremoto era piena, ma alla prima scossa forte, fu svuotata rapidamente.”

Di seguito, invece, quanto descritto nel Catalogo dei forti terremoti in Italia (CFTI 2 Boschi et al., 1997): <<La scossa principale provocò il crollo del castello e di gran parte delle mura della città, nella Casa Senatoria cadde un muro e si lesionarono gli altri, molti palazzi nobiliari furono distrutti e altri furono tanto danneggiati da essere demoliti per sicurezza; moltissime case comuni furono distrutte, di alcune vie, anche importanti non rimase praticamente traccia così come molte torri di campagna. Delle 4 chiese parrocchiali furono distrutte: la chiesa madre e quella di San Giacomo che causò moltissime vittime durante una celebrazione; nella chiesa di San Giuliano crollarono la cupola e due arcate maggiori, provocando lo sprofondamento del pavimento poggiante su altre arcate sotterranee, gravissimi danni anche nella chiesa di San Giorgio dove cadde il campanile, la cappella maggiore e l'atrio. Quasi totalmente distrutti i monasteri di S. Gregorio e quello del SS. Salvatore il cui crollo travolse molte case adiacenti, rovine molto rilevanti nel monastero di S. Chiara, danni riparabili in quello di S. Stefano. Il convento di S. Agostino non ebbe troppi danni, ma la chiesa crollò interamente, il convento di S. Bonaventura ebbe gravi danni soprattutto nelle strutture interne, la chiesa cadde



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

completamente. Il convento di S.Francesco d'Assisi ebbe gravissimi danni, si rese inabitabile e anche le arcate secondarie del ponte che lo collegava alla via cittadina. Il Convento di San Francesco di Paola crollò solo dalla parte di ponente; gravi rovine anche nel Collegio dei Gesuiti, mentre la chiesa fu soltanto lesionata, il convento di S. Maria del Gesù subì il crollo di un dormitorio, del campanile della chiesa e gravi lesioni nelle strutture rimanenti; nel convento dei Crociferi crollò uno dei tre dormitori e la sottostante ala del chiostro; l'ospedale dei Fatebenefratelli fu danneggiato gravemente soprattutto nella parte interna; fu notevolmente lesionata la chiesa del convento dei Domenicani; molto lesionato il convento del Carmine soprattutto nelle volte interne, cadde la cappella maggiore della chiesa provocando danni alle abitazioni vicine, il campanile e la navata furono notevolmente danneggiati, fu distrutto il priorato di S. Maria della Grazia; danni di minore rilievo subì la casa delle orfanelle e del tutto illeso fu il convento dei Cappuccini. Nella relazione del Viceré viene segnalato il crollo del 50% delle costruzioni e danni riparabili nel 25% delle rimanenti; vittime 1005 su 12300>>.

Per l'evento del 01/03/1818 che raggiunse I(MCS) VII, le scosse iniziate il 20 Febbraio aggravarono le precarie condizioni del Collegio dei Gesuiti, che indipendentemente dagli eventi sismici necessitava riparazioni urgenti. Erano presenti fenditure di vecchia data che furono aggravate con le scosse di febbraio e soprattutto quella del 1 Marzo, nel convento degli Osservanti caddero tre volte e altri muri, volte e scale nel monastero di S.Teresa e nel convento dei Cappuccini. Danni vennero segnalati nei monasteri di S.Stefano e S.Chiara nell'albergo dei poveri e in alcune abitazioni. Nelle tavole redatte dall'intendenza di Catania gli edifici danneggiati per 1/6 erano classificati come caduti, 4/16 come cadenti e 11/16 lesionati.

L'evento del 16 Novembre 1894 raggiunse I(MCS) V, suscitando panico senza causare danni.

Durante l'evento del 28 Dicembre 1908 che raggiunse I(MCS) VII, si aprirono gravi lesioni in alcune case e vari edifici pubblici divennero pericolanti e furono abbandonati, inoltre crollò una chiesa lesionata in seguito a scosse successive.

L'evento dell'11 maggio 1947 non fu avvertito.

Dell'evento del 15 Aprile 1978 non sono note descrizioni degli effetti.

Durante l'evento del 13 Dicembre 1990, che raggiunse I(MCS) VI, nel palazzo municipale crollò un pezzo di cornicione e il fastigio dell'orologio con la cella campanaria. Nel quartiere 'Miracoli', una zona piuttosto franosa, alcune case furono fatte sgomberare, così come alcune abitazioni situate in via carcere e via cappuccini. Furono riscontrati danni nella cella campanaria dell'ex istituto S. Agostino e alla facciata della chiesa del Crocifisso, recentemente restaurata. Dopo i sopralluoghi per quanto riguarda le abitazioni 137 case furono giudicate agibili e 8 inagibili. Secondo una perizia della protezione civile furono complessivamente danneggiati 19 edifici, dei quali 18 privati e 1 pubblico. Secondo una sintesi furono riscontrati danni di varia gravità a 7 edifici di interesse artistico e a 3 chiese. Secondo quanto riportato nella relazione del PRG 'relazione generale 1 vol' l'evento sismico del 1990 non produsse effetti disastrosi, ma di entità tale da indurre le autorità a classificare la cittadina di Caltagirone come "area terremotata", con danni maggiori nel centro storico certamente da imputarsi a un'elevata vulnerabilità e a risposte anomale dei siti, piuttosto che ai valori di energia rilasciata, che sono piuttosto modesti. La disamina della zona della città maggiormente colpita può essere utile per l'individuazione di aree con eventuali fenomeni di amplificazione locale. Nella "relazione generale 1 vol" del P.R.G. si fa riferimento ad una carta allegata ("fig.7.7 - 7.8") in cui viene evidenziato il diverso grado di danni che hanno subito gli edifici, secondo il seguente criterio di classificazione dei danni:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

- DANNI DI CLASSE I : crepaccature nei muri divisori e nei controsoffitti con luce sino a 0.5 cm; distacchi parziali di intonaci, specialmente nelle costruzioni più antiche.
- DANNI DI CLASSE II: lesioni e fessurazioni sino a 2 cm nei muri divisorie fino ad 1 cm nei muri portanti; disgiunzione di file di mattoni dai rivestimenti e dai pavimenti; distacco diffuso d'intonaci.
- DANNI DI CLASSE III: fessurazioni ampie e diffuse in tutte le direzioni con luce maggiore di 1 cm nei muri portanti e maggiore di 2 cm nei muri divisori; distacco delle pareti dai soffitti, piccoli crolli parziali di pareti o di corpi sospesi (cornicioni, balconi, ecc.); avvallamento dei solai; espulsione di intonaci dalle pareti; lesioni ai tetti.
- DANNI DI CLASSE IV: crolli di una certa entità (intere pareti divisorie o parti di mura portanti); abbassamento o sollevamento del piano di fondazione; rottura delle architravi; schiacciamento di porte o finestre; scivolamento della costruzione; crollo di tetti; crollo di muri di contenimento.
- Inoltre gli edifici contrassegnati con un asterisco sono stati dichiarati totalmente inagibili da parte dell'Ufficio Tecnico Comunale.

Purtroppo anche questo elaborato non è stato messo a disposizione del presente studio.

10. Bibliografia

AA.VV.; 1984 – Carta geologica della Sicilia sud-orientale Ed. S.EL.CA.

Aureli A., Adorni G., D'Urso A., Fazio F., Pistorio G., Privitera A., Ruggieri R., Silluzio C.; 1997 – Carta della Vulnerabilità delle falde idriche. Settore nord-occidentale ibleo (Sicilia S.E.). S.EL.Ca, Firenze.

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.

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.

Catalano S., De Guidi G., Romagnoli G., Torrisi S., Tortorici G., Tortorici L.; 2008 – The migration of plate boundaries in SE Sicily: influence on the large-scale kinematic model of the African Promontory in Southern Italy. *Tectonophysics*, 449, 41–62.

Catalano S., Romagnoli G., Tortorici G.; 2010 – Kinematics and dynamics of the late quaternary rift-flank deformation in the Hyblean Plateau (SE Sicily). *Tectonophysics*, 486, 1–14.

Catalano S., Torrisi S., Ferlito C.; 2004 – The relationship between Late Quaternary deformation and volcanism of Mt. Etna (eastern Sicily): new evidence from the



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
sedimentary substratum in the Catania region. J. Volcanol. Geotherm. Res., 132, 311–
334.

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

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

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

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

Grasso M., Pedley H.M., Maniscalco R., Ruggieri R.; 2000 – Geological context and
explanatory notes of the “Carta Geologica del settore centro–meridionale dell’Altopiano
Ibleo”. Mem. Sco. Geol.It., 55, 45–52.

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

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

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

Lentini F.; 1982 – The geology of the Mt. Etna basement. Mem. Soc. Geol. It., 23, 7–25.

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.

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.

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>



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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

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

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>

Scandone P., Stucchi M.; 2000. La zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica. In: Galadini, F., Meletti, C., Rebez, A. (eds.), 2000. Ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996–1999). CNR–GNDT, Roma, 3–14.

11. Allegati

Allegato 1 – Sezioni geologiche

Allegato 2 – Sondaggi sezioni geologiche

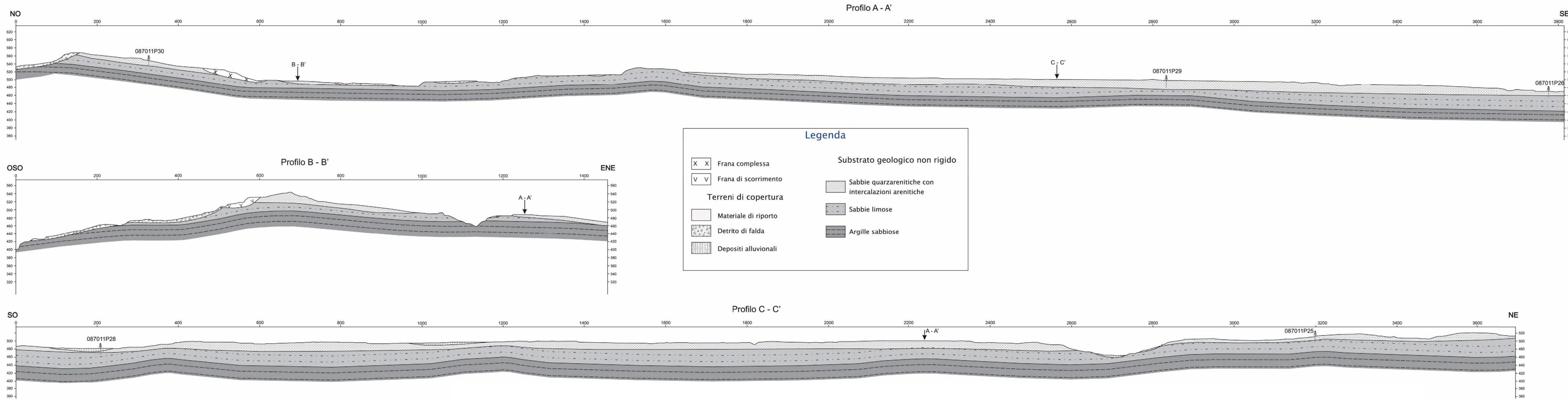
Allegato 3 – Dati geotecnici e geofisici

Allegato 4 – Misure di microtremore ambientale

Allegato 5 – Sezioni topografiche

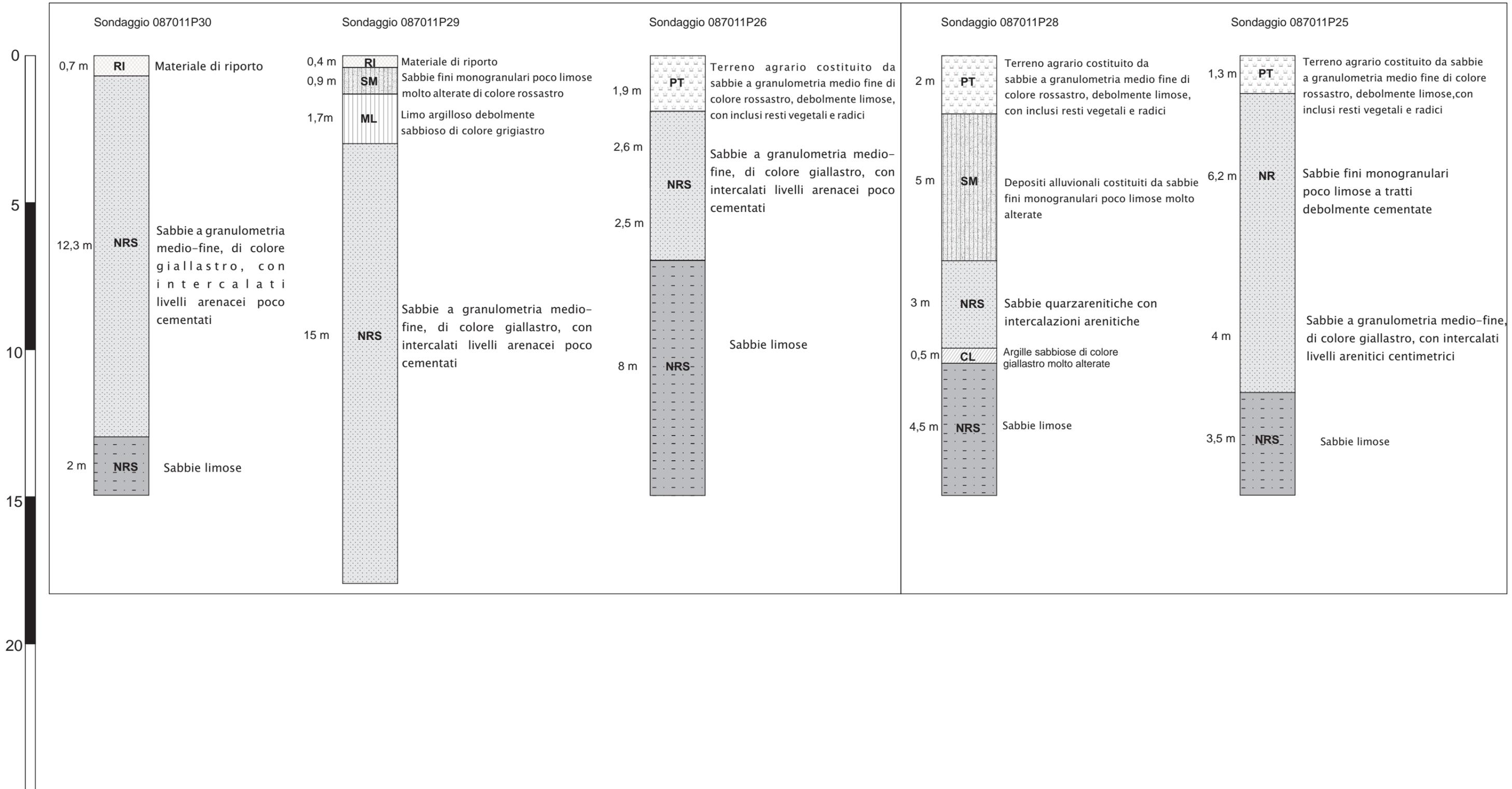
Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Allegato 1 – Sezioni litotecniche



Allegato 2 – Sondaggio sezione geologica A-A'

Sondaggio sezione geologica C-C'



Allegato 3 – Dati geotecnici e geofisici

ID_SPU	sond. n°	prof. m.	camp. ind. n°	SPT n°	Down-hole	zona ubicazione sondaggio
087011P25	S1	15.00	1	2	Dh1	Quartiere Semini
087011P26	S2	15.00	1	2	Dh2	C.da S. Rita
087011P27	S3	20.00	--	2	Dh3	C.da Balatazze
087011P28	S4	15.00	3	3	Dh4	C.da S. Marco
087011P29	S5	18.00	--	2	Dh5	Piazza del Tribunale
087011P30	S9	15.00	1	1	Dh9	P.zza S. Domenico Gaggini
	TOT.	98.00	6	12		

Tab. 1: sondaggi geognostici con numero di campioni indisturbati prelevati, numero di prove SPT e di indagini geofisiche down hole effettuate nell'area di studio.

ID_SPU 087011P25 - SONDAGGIO S1 - Quartiere SEMINI	
da m 0.00 a m 1.30	Terreno agrario costituito da sabbie a granulometria medio fine di colore rossastro, debolmente limose, con inclusi resti vegetali e radici
da m 1.30 a m 7.50	Sabbie fini monogranulari poco limose a tratti debolmente cementate
da m 7.50 a m 11.50	Sabbie a granulometria medio-fine, di colore giallastro, con intercalati livelli arenitici centimetrici
da m 11.50 a m 15.00	Argille sabbiose di colore grigio-azzurro.

ID_SPU 087011P26 - SONDAGGIO S2 - C.da SANTA RITA	
da m 0.00 a m 1.90	Terreno agrario costituito da sabbie a granulometria medio fine di colore rossastro, debolmente limose, con inclusi resti vegetali e radici
da m 1.90 a m 4.50	Sabbie fini monogranulari poco limose a tratti debolmente cementate
da m 4.50 a m 7.00	Limo con sabbia di colore grigiastro
da m 7.00 a m 15.00	Argille di colore grigio-azzurro con sottili intercalazioni sabbioso-limose ricche in fossili.

ID_SPU 087011P27 - SONDAGGIO S3 - C.da Balatazze (zona cava)	
da m 0.00 a m 4.50	Terreno agrario frammisto a materiali di riporto costituito da sabbie a granulometria medio fine di colore rossastro, debolmente limose, con inclusi resti vegetali , laterizi e materiali di demolizione di manufatti

da m 4.50 a m 6.50	Sabbie fini mediamente cementate
da m 6.50 a m 20.00	Sabbie a granulometria medio-fine, di colore giallastro, debolmente limose e con intercalati rari livelli arenitici centimetrici

ID_SPU 087011P28 - SONDAGGIO S4 - C.da SAN MARCO - S.P.39/1	
da m 0.00 a m 2.00	Terreno agrario costituito da sabbie a granulometria medio fine di colore rossastro, debolmente limose, con inclusi resti vegetali e radici
da m 2.00 a m 7.00	Sabbie fini limose alterate, a tratti debolmente cementate e con inclusi noduli calcarei
da m 7.00 a m 10.00	Sabbie a granulometria fine con intercalati rare venature limoso sabbiose di colore grigio-azzurro
da m 10.00 a m 10.50	Argille sabbiose di colore giallastro molto alterate
da m 10,50 a m 15.00	Argille sabbiose di colore grigio-azzurro

ID_SPU 087011P29 - SONDAGGIO S5 - P.zza DEL TRIBUNALE	
da m 0.00 a m 0.40	Massicciata stradale
da m 0.40 a m 1.30	Sabbie fini monogranulari poco limose molto alterate di colore rossastro
da m 1.30 a m 3.00	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore grigiastro
da m 3.00 a m 18.00	Sabbie a granulometria medio-fine, di colore giallastro, con intercalati livelli arenacei poco cementati

ID_SPU 087011P30 - SONDAGGIO S9 - P.zza GIANDOMENICO GAGGINI (CENTRO STORICO)	
da m 0.00 a m 0,10	Pavimentazione stradale
da m 0.10 a m 0.70	Materiale di riporto eterogeneo
da m 0.70 a m 12.50	Sabbie a granulometria medio-fine, limosa, con intercalati rari livelli arenitici centimetrici
da m 12.50 a m 13.00	Livello arenaceo ben cementato ricco in macrofossili
da m 13.00 a m 15.00	Argille sabbiose di colore grigio-azzurro.

Tab. 2: stratigrafie sondaggi geognostici effettuati nell'area di studio.

Litotipo	Profondità (m)	Intervallo valori N_{spt}	Valore med. N_{spt}	Angolo di attrito di picco ϕ [°]	Coesione c [Kg/cmq]	Densità Relativa D_r [%]	Modulo elastico E [Kg/cmq]
Sabbie fini	0 - 4,0	$11 \leq N_{spt} \leq 24$	16	30°	0,00	64	207
Sabbie fini	4 - 10,0	$25 \leq N_{spt} \leq 34$	24	34°	0,00	79	287
Argilloso-limoso-sabbioso	4 - 10,0	$14 \leq N_{spt} \leq 26$	18	0° (ϕ_u)	0,8 - 1,0 (c_u)	68	

Tab. 3: dati geotecnici ottenuti dai valori medi di N_{spt} distinti per litotipo e profondità nei sondaggi dell'area di studio

Ubicazione sondaggio	Descrizione litotipo	γ [PV (T/mc)]	c' [C (T/mq)]	Φ' [F1 (°)]	C_u [CU (T/mq)]	Φ_u [F1 (°)]	Prova lab.
Via Portosalvo	Sabbia con limo	1,85	0	32			
Via Portosalvo	Sabbia con limo	1,85	0	30			
Urbanizzazione Fiscara	Sabbia con limo	1,8	0	31			
Urbanizzazione Fiscara	Sabbia con limo	1,8	0	29			
Urbanizzazione Fiscara	Sabbia con limo	1,8	0	30			
Urbanizzazione Fiscara	Sabbia con limo	1,8	0	29			
Zona cimitero monumentale	Sabbie medio-fini	1,88	0	32			Taglio CD
Zona cimitero monumentale	Sabbie fini-limose	1,87	0	30			Taglio CD
Zona cimitero monumentale	Sabbie giallastre	1,88	0	35			Taglio CD
Via Balatazza Alta	Sabbia con poco limo	1,74	0,15	29			
Via Balatazza Alta	Sabbia con poco limo	1,78	0,24	28			
Via Balatazza Alta	Sabbia limosa	1,75	0,15	29			
Lottizzazione Alba-La Rosa Contr. Boschigliolo	Sabbie limose con noduli di calcite	1,92	0,1	24			Taglio CD
Lottizzazione Alba-La Rosa Contr. Boschigliolo	Sabbie e limi giallastri	1,95	0,05	26			Taglio CD
Lottizzazione Alba-La Rosa Contr. Boschigliolo	Sabbia medio-grossolana grigia	1,85	0	32			Taglio CD

Ubicazione sondaggio	Descrizione litotipo	γ [PV (T/mc)]	c' [C (T/mq)]	Φ' [F1 (°)]	C_u [CU (T/mq)]	Φ_u [F1 (°)]	Prova lab.
Zona cimitero monumentale	Limi argillosi-sabbiosi grigio-azzurri	2		0	1,9		Triassiale UU
Zona cimitero monumentale	Limi argillosi-sabbiosi grigio-azzurri	2		0	1,9		Triassiale UU
Zona est cimitero monumentale	Limi argillosi-sabbiosi grigio-azzurri	2	0,2	18	0,4	26	Triassiale CU+U
Strada allacciante la SP per S. Pietro alla strada comunale M. della Via	Limi Argillosi grigio consistenti	1,99		0			Triassiale UU

Strada allacciante la SP per S. Pietro alla strada comunale M. della Via	Limo argilloso grigiastro	1,95		0			Triassiale UU
Traversa di Via S. Stefano	Limo debolm. sabbioso con argilla	2	0,1	27	0,15	21	Triassiale CU+Pn
Traversa di Via S. Stefano	Limo sabbioso con argilla	2	0,6	29	0,8	26	Triassiale CU+Pn
Traversa di Via S. Stefano	Limo sabbioso argilloso ghiaioso	1,98	0,1	33			Taglio CD

Tab. 4: dati geotecnici relativi al substrato geologico non rigido NRS costituito da sabbie, sabbie limose e limi argilloso-sabbiosi ottenuti da indagini in sito e analisi di laboratorio effettuate in campioni prelevati in sondaggi in cui è disponibile solo la località (dall'elaborato Relazione LABCLT del PRG).

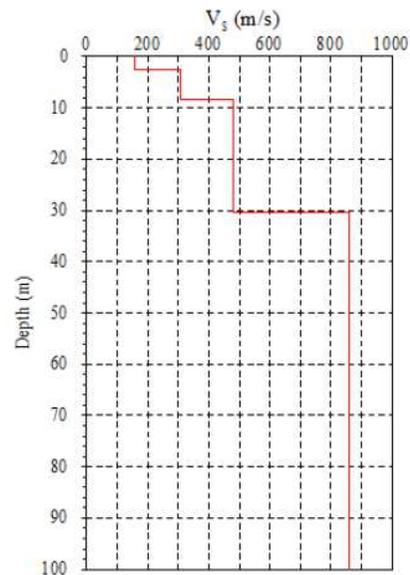
Ubicazione sondaggio	Descrizione litotipo	γ [PV (T/mc)]	c' [C (T/mq)]	Φ' [F1 (°)]	C_u [CU (T/mq)]	Φ_u [F1 (°)]	Prova lab.
Madonna del Ponte	Argille limose giallastre	1,8	0,6	5	0,95	0	Triassiale CU
Madonna del Ponte	Argille limose giallastre	1,85	0,7	8			Triassiale CU
S. Giorgio	Argille limose giallastre	1,9	0,4	10			Triassiale CU+Pn
S. Giorgio	Argille limose giallastre	1,95	0,45	10			Triassiale CU+Pn
Madonna della Neve	Argille limose giallastre	1,85	0,5	15	0,95	0	Triassiale CU
Madonna della Neve	Argille limose giallastre	1,9	0,6	20			Triassiale CU
Madonna del Ponte	Argille marnose grigio-azzurre	1,92			1	0	Triassiale UU
S. Giorgio	Argille marnose grigio-azzurre	1,98			1,3	0	Triassiale UU
Madonna della Neve	Argille limose giallastre	1,85	0,5	15	0,95	0	Triassiale CU
Madonna della Neve	Argille limose giallastre	1,9	0,6	20			Triassiale CU
Madonna della Neve	Argille marnose grigio-azzurre	1,95			1,2		Triassiale UU
Restauro Istituto S. Agostino	Argille grigio-azzurre				0,6	22	Triassiale CU
Restauro Istituto S. Agostino	Argille grigio-azzurre				0,6	24	Triassiale CU

Tab. 5: dati geotecnici relativi al substrato geologico non rigido NR costituito da argille sabbioso-limose grigio azzurre, ottenuti da analisi di laboratorio effettuate in campioni prelevati in sondaggi in cui è disponibile solo la località (dall'elaborato Relazione LABCLT del PRG).

zona ubicazione NOISE	Stazione rilevaz. valori noise	range valori di frequenza
Quartiere Semini	N10	$1,0 \leq \text{Hz} \leq 1,3$
C.da S. Rita	N7	$1,0 \leq \text{Hz} \leq 1,3$
C.da Balatazze	N8; N22	5,5 Hz
C.da S. Marco	N9; N13	1,0 Hz
Piazza del Tribunale	N2	$1,0 \leq \text{Hz} \leq 1,3$
P.zza S. Domenico Gaggini	N6	4,6 Hz

Tab. 6: dati geofisici relativi alla variabilità dei valori delle frequenze di picco osservate dalle indagini di NOISE realizzate per il PRG, distinte per zone.

depth (m)	Vs (m/s)
0 - 2.5	157
2.5-8.3	306
8.3-30.4	478
30.4-100	861



Tab. 7: profilo di velocità Vs relativo all'indagine MASW effettuata per caratterizzare il sito dove è ubicata la stazione accelerometrica CLG della rete accelerometrica nazionale del Dipartimento della Protezione Civile.

Zona	Descrizione litotipo	Falda freatica	Parametri geotecnici			Parametri geofisici	
			Peso di volume γ [Kg/cm ³]	Coesione c' [Kg/cm ²]	Angolo di attrito interno ϕ' [°]	Vp (m/s)	Vs (m/s)
Z1	Sabbie a granul. medio-fine, a tratti debolmente limosa con intercalazioni arenitiche ben cementate	se presente >25 - 30 m dal p.c.	1,85 - 2,00	$c' = 0$	$30^\circ \leq \phi' \leq 32^\circ$	650 - 1400	280 - 380
Z2	Sabbie a granul. medio-fine, a tratti debolmente limosa, mediamente addensata ($D_r=60\%$)	se presente > 10 m dal p.c.	1,80 - 1,90	$c' = 0$	$27^\circ \leq \phi' \leq 30^\circ$	650 - 1000	270 - 350
Z3	Sabbie limose passanti ad argille limose con sabbia; ove presenti le intercalazioni limose-argillose o la falda, si hanno caratt. geomeccaniche più scadenti	4,0 - 8,5 m dal p.c.	1,90	$0,10 \leq c' \leq 0,50$	$24^\circ \leq \phi' \leq 27^\circ$	600 - 1000	220 - 350
Z4	Terreni a granulometria variabile da limo a limo sabbioso con contenuti naturali in acqua prossimi o maggiori al limite di plasticità	2,0 - 4,0 m dal p.c.	1,80	$c' = 0$	$\phi' = 20^\circ$	600 - 786	200 - 250
Z5	Argille limose e/o limi argillosi sabbiosi. Falda localmente presente	> 6 m dal p.c.	1,80 - 1,90	$0,5 \leq c_u \leq 0,7$ $0,3 \leq c' \leq 0,5$	$8^\circ \leq \phi_u \leq 18^\circ$; $10^\circ \leq \phi' \leq 20^\circ$	439 - 1000	218 - 330
Z6	area argillosa e argilloso sabbioso limosa che affiora lungo i versanti acclivi della zona centro-nord dell'abitato e nella zona meridionale		1,9	$1,0 \leq c_u \leq 2,0$ $c' = 0,5$	$\phi_u = 0^\circ$ $\phi' = 25^\circ$	630 - 990	260 - 278
Z8	Materiale di riporto assimilabile a limi e limi sabbiosi con inserti eterometrici ed eterogenici					250 - 300	120 - 200

Tab. 8: zonazione della carta geologico-tecnica del PRG con definizione di n° 7 zone all'interno dell'area di studio.

Allegato 4: Misure di microtremore ambientale

Nell'ambito degli studi per la riduzione del rischio sismico, l'approccio numerico fornisce un ulteriore strumento d'indagine. 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.

La tecnica più utilizzata per stimare la risposta sismica di un sito in termini di frequenza fondamentale e amplificazione, è quella dei rapporti spettrali orizzontali e verticali HVSR di Nakamura (Langston, 1979; Nakamura, 1989). Per lo studio degli effetti di sito si usano i rapporti spettrali H/V tra le componenti orizzontali (N, E) e la componente verticale (Z) di ogni stazione (Nakamura, 1989), questa procedura permette di eliminare gli effetti dovuti alla sorgente. Le principali assunzioni fatte da Nakamura sono che i microtremori derivano da onde Rayleigh e che la componente verticale (V) del noise nel passare dal bedrock alla superficie non subisce amplificazione. Nel dominio delle frequenze, l'amplificazione del suolo dovuta ad una superficie di strato a bassa velocità è data da:

$$H(f) = [h_n(f)^2 + h_u(f)^2]^{1/2}$$

Il segnale sismico di sollecitazione (noise ambientale), è dato da vibrazioni a basso contenuto energetico indotte nel terreno da cause naturali o artificiali.

Lo studio sugli effetti di sito fornisce, in chiave di spettro di risposta locale, il comportamento dei terreni del sito investigato in caso di sisma e, dal confronto con gli spettri di riferimento dell'EC8 (1988), si può verificare quali frequenze vengono notevolmente amplificate per una determinata classe di terreni.

Con l'utilizzo della tecnica di Nakamura, si è in grado di determinare con buona approssimazione la frequenza fondamentale del sito, la quale è un parametro da non sottovalutare per non incorrere in problemi di risonanza con la struttura da edificare.

Come accennato, la tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste condizioni sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

Le registrazioni del Noise ambientale sono state effettuate con un Geofono 3D (N-S, E-W e verticale) della CGE a 2Hz collegato ad un Sismografo DaQlink III della Sesmic Source (Made in USA) con convertitore A/D a 24 bit e range dinamico fino a 144 dB. Il segnale è stato acquisito con un campionamento di 1200 s (20 min), intervallo di 1,00 msec e frequenza di campionamento di 500 hz, ovvero, per un totale di 600.000 campioni. Tutte le misure sono state eseguite mantenendo il primo asse nella direzione N-S per garantire l'omogeneità della "direzionalità" degli input.

L'elaborazione del dato è stata eseguita utilizzando il software EasyHVSR della Geostru, software sviluppato secondo quanto previsto secondo nelle indicazioni del progetto di ricerca europeo SESAME ("Guidelines for the implementation of the H\|V spectral ratio technique on ambient vibrations" - European Commission, 2004).

Operativamente l'elaborazione è stata confinata in un range di frequenze 0.6 - 20 Hz, con un passo di frequenza a 0.15 Hz e con una dimensione temporale finestre di

20.00 s; il segnale sismico è stato filtrato con un lisciamento di tipo “Triangolare proporzionale” con una percentuale di del 10%, mentre la somma direzionale è di tipo media aritmetica.

Nell’area da investigare del comune di Caltagirone in vista dello studio di Microzonazione sismica di I Livello, sono state eseguite 24 misure di noise, presentate di seguito nella **Tabella 1**. La maggior parte dei valori della frequenza di picco ricade all’interno di un range molto ristretto, compreso tra 0.6 e 2.6 Hz; in alcuni casi, sono state osservate ulteriori amplificazioni a più alte frequenze (ad es. 9.1 e 11.5 Hz). I valori di amplificazione sono abbastanza contenuti (inferiori o poco superiori a 2) ad eccezione dell’indagine 087011P3, nella quale ad una frequenza di 0.9 Hz è stata misurata un H/V = 9.73.

ID_SPU	Nome	X	Y	F0	FO_H0V0	F1	F1_H1V1
087011P1	cltg1	456451	4117841	1,00	2,39	1,30	2,08
087011P2	cltg2	456853	4118288	0,65	2,00		
087011P3	cltg3	456386	4118395	0,90	9,73		
087011P4	cltg4	456420	4119112				
087011P5	cltg5	456709	4119222	1,10	1,74		
087011P6	cltg6	456936	4118687	1,20	1,43		
087011P7	cltg7	457077	4117897	0,80	2,01	1,10	2,14
087011P8	cltg8	457445	4118449	0,70	2,14		
087011P9	cltg9	458207	4118571	1,00	2,25	9,10	2,53
087011P10	cltg10	457783	4118939	0,80	1,77		
087011P11	cltg11	457935	4119335	1,05	1,34		
087011P12	cltg12	457450	4119326	1,05	2,19		
087011P13	cltg13	458668	4120172	0,85	1,89	1,15	1,90
087011P14	cltg14	458779	4119725	0,80	1,95		
087011P15	cltg15	458136	4120440	0,80	2,13		
087011P16	cltg16	457627	4119591	0,70	1,85	11,50	2,03
087011P17	cltg17	457257	4119855	1,05	2,23	24,30	2,40
087011P18	cltg18	457526	4120488	0,90	2,09		
087011P19	cltg19	457880	4120127	0,80	1,74		
087011P20	cltg20	457845	4120753	1,00	1,93		
087011P21	cltg21	457178	4121467	1,05	1,79		
087011P22	cltg22	456855	4121772	1,50	1,82		
087011P23	cltg23	456484	4121649	1,15	1,89	20,80	2,90
087011P24	cltg24	456850	4121129	1,10	1,43	2,60	1,70

Tab. 1 – Siti di misura a stazione singola dei microtremori ricadenti nell’area di studio del comune di Caltagirone.

Va evidenziata una misura HVSR anomala (087011P4), per la quale non è stato possibile dedurre picchi di frequenza significativi, a causa di problemi relativi all'esecuzione della misura (Figura 1). Tale indagine è stata, dunque, inserita nel database di Access denominato "Cdl_tabelle", senza il relativo parametro.

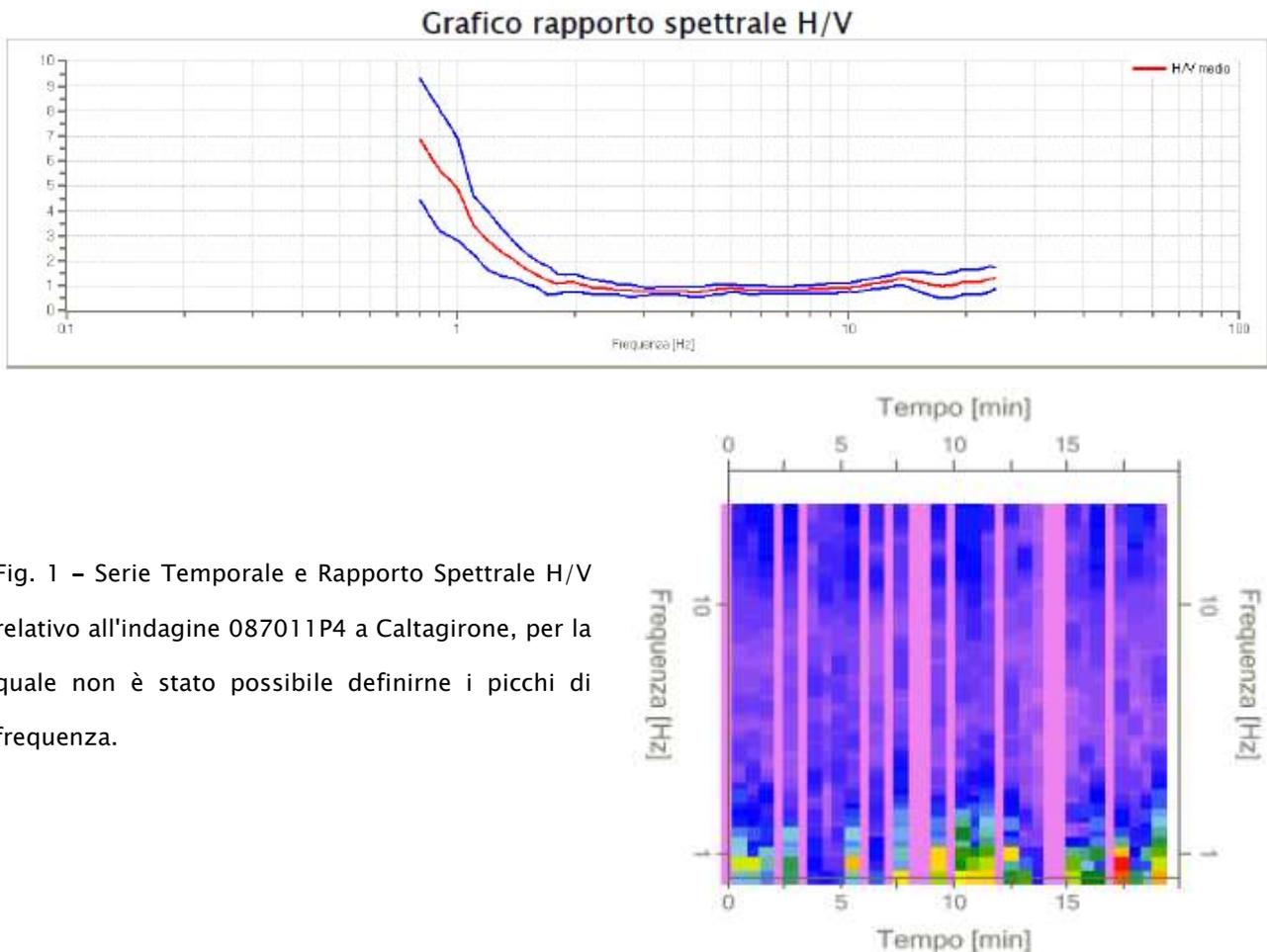


Fig. 1 – Serie Temporale e Rapporto Spettrale H/V relativo all'indagine 087011P4 a Caltagirone, per la quale non è stato possibile definirne i picchi di frequenza.

L'ubicazione dei siti di misura è stata impiegata per la redazione della carta delle frequenze allegata (Figura 2).

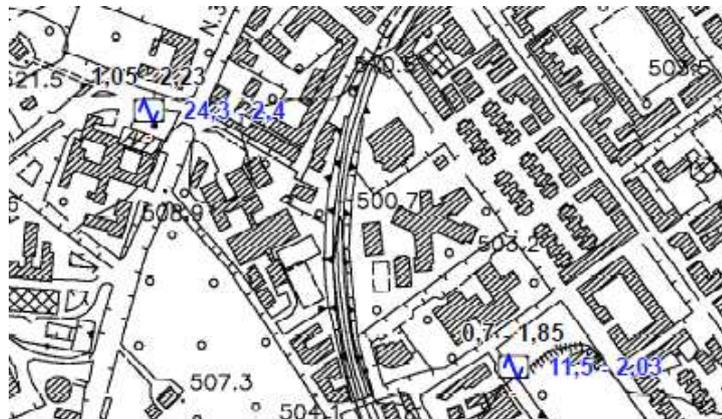


Fig. 2 – Esempio di due siti di misura HVSR presenti nella carta delle frequenze allegata, mostrandone i valori di frequenza ed ampiezza dei picchi significativi (due in questo caso).

Per l'area investigata del territorio del comune di Caltagirone, l'esito dei test statistici (linee guida SESAME, 2004) evidenzia che per la maggior parte delle misure effettuate vengono soddisfatti i criteri di bontà d'esecuzione, analisi ed affidabilità (esempio in Figura 3). A quelle misure (087011P2, 087011P3, 087011P5 e 087011P24) che non soddisfano appieno i criteri della tabella SESAME "Criteri di affidabilità della curva $H|V$ " (esempio in Figura 4), è stata attribuito un valore di attendibilità dell'indagine pari a "3". Per cui l'amplificazione misurata nell'indagine 087011P3 non può essere considerata attendibile.

Criteri di affidabilità della curva H/V		
Verifica	Limiti o range	Esito
$f_0 > 10/l_w$	6.41 > 0.50	SI
$n_c(f_0) > 200$	10121.9 > 200	SI
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		SI
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	5.0 Hz	SI
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	7.25 Hz	SI
$A_0 > 2$	6.07 > 2	SI
$f_{picco} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 27576 < 0.05$	SI
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	1.76657 < 0.32031	SI
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9346 < 1.58	SI

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Freq. range [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

Fig. 3 – Tabelle dei criteri di affidabilità della curva H/V relativi all'indagine 087011P8 i cui requisiti vengono tutti soddisfatti.

Criteri di affidabilità della curva H/V		
Verifica	Limiti o range	Esito
$f_0 > 10/l_w$	6.41 > 0.50	SI
$n_c(f_0) > 200$	10121.9 > 200	SI
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		SI
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	5.0 Hz	Non Superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	7.25 Hz	Non Superato
$A_0 > 2$	6.07 > 2	Non Superato
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 27576 < 0.05$	Non Superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	1.76657 < 0.32031	SI
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9346 < 1.58	SI

L_w	window length
N_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w N_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f_-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$
f_+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Freq. range [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 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

Fig. 5 – Tabelle dei criteri di affidabilità della curva H/V relativi all'indagine 087011P5 i cui requisiti non vengono soddisfatti.

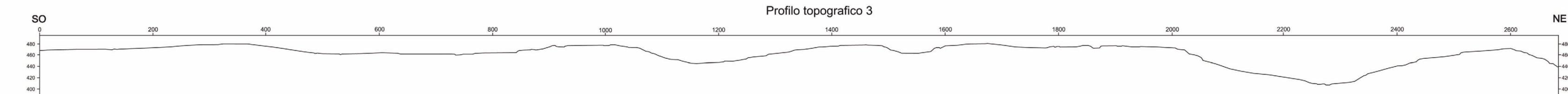
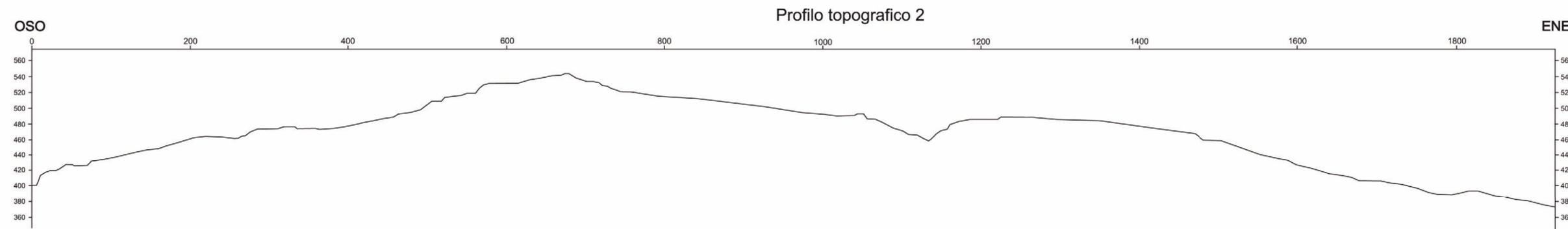
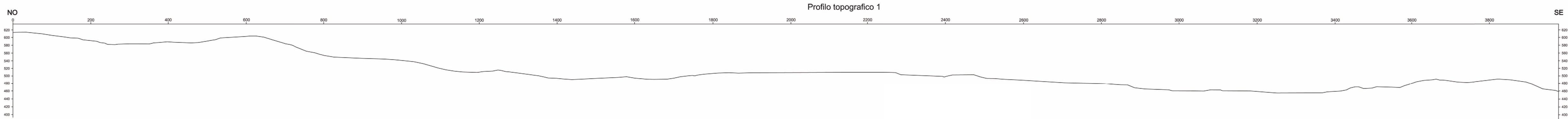
Bibliografia

Langston C. A.; 1979 – Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves. J. Geophys. Res., 84, 4749–4762.

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.

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



Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

