

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

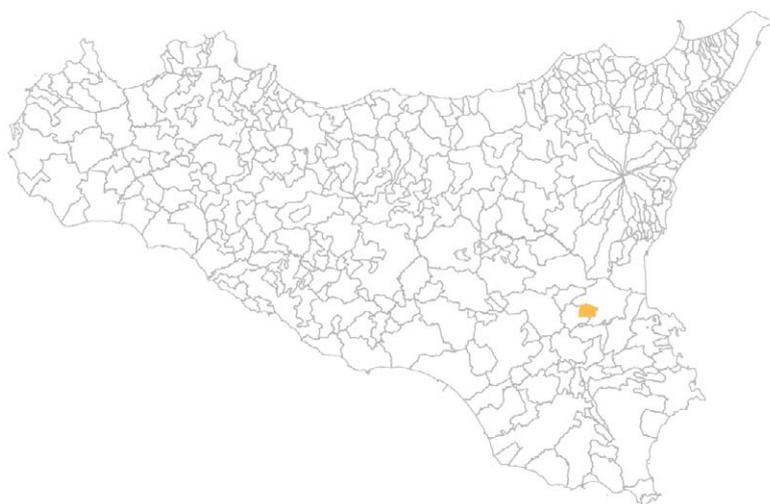
MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Scordia



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: Dicembre 2012</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	39
5. Modello del sottosuolo	46
6. Interpretazioni e incertezze	48
7. Metodologie di elaborazione e risultati	49
8. Elaborati cartografici	60
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	68
10. Bibliografia	70
11. Allegati	76



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 Scordia (codice istat 087049), 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 Scordia si riferiscono al primo livello di approfondimento e sono consistiti nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di una serie di elaborati cartografici (Carta delle indagini, la Carta geologico tecnica per la MS e la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica) richiesti dagli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) e nella compilazione di un database, risultato di una profonda e dettagliata elaborazione delle informazioni esistenti. Il territorio del Comune di Scordia si sviluppa lungo il margine nord-occidentale dei Monti Iblei, in Sicilia sud-orientale, con un estensione areale di circa 24,3 km². La delimitazione dell’area su cui effettuare gli studi di MS di livello 1, è stata segnalata dall’amministrazione comunale di Scordia con trasmissione all’Università di Catania e approvata dal Dipartimento di Protezione Civile. Tale area è ubicata nel settore sud-occidentale del territorio comunale, comprendendo a est le località Molino del Casino, Casa Castagna e Villa Ogliastro, a nord Poggio Pecorella, il cimitero Nuovo, Scordia Alta e Casa Mangano, a ovest Poggio Monello e C/da Santoro Archi, mentre a sud è delimitata dal corso del Vallone Loddiero in coincidenza con limite comunale, coprendo un’estensione areale di circa 11,6 km². In particolare l’area di studio comprende tutto il

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

centro urbano del Comune di Scordia, estendendosi dal centro storico fino alle aree più periferiche di Scordia Alta a nord-ovest e di Contrada Castagna a sud-est (Fig. 1).

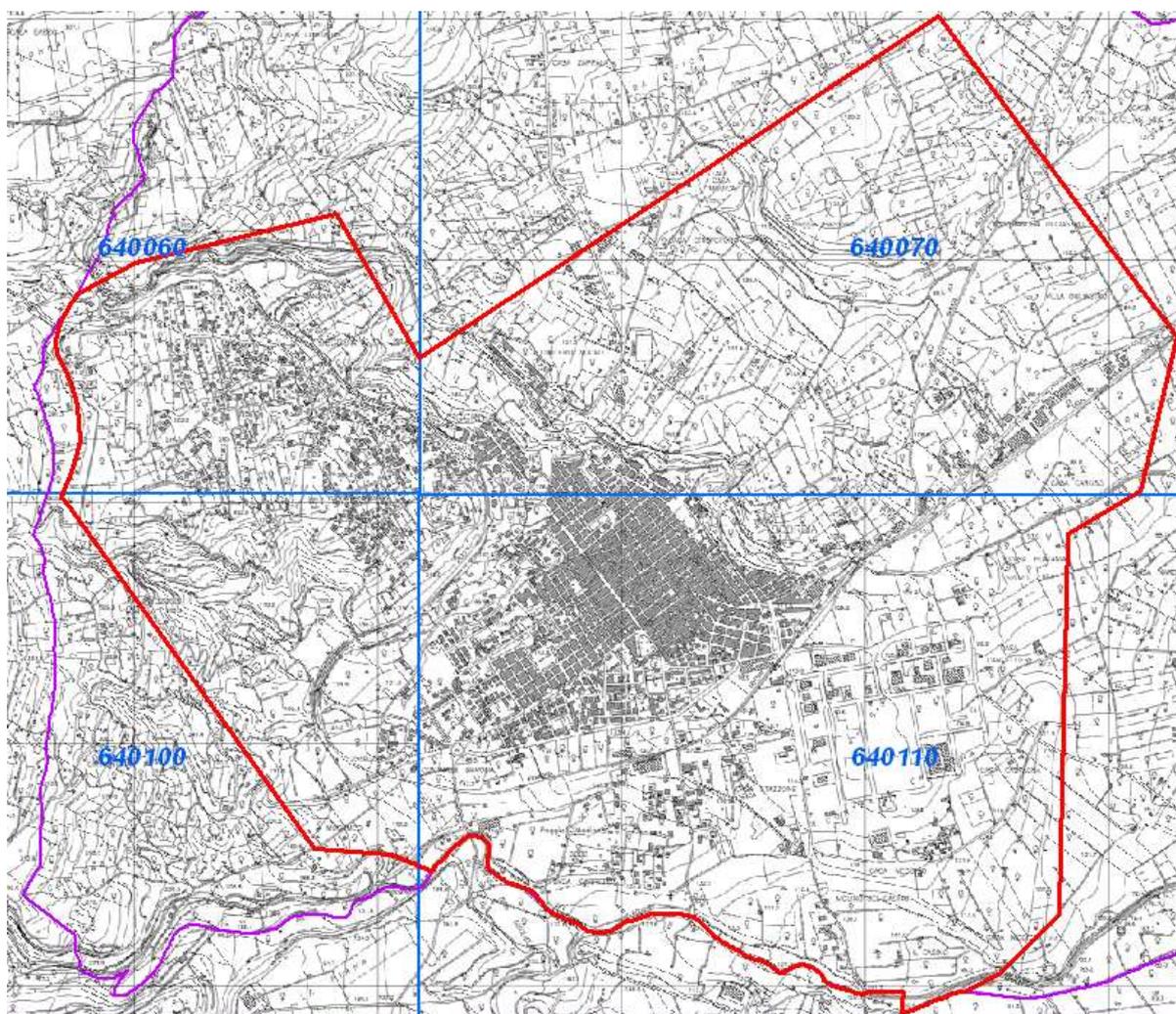


Fig. 1 – Ubicazione dell'area in cui sono stati effettuati gli studi di MS di livello 1 (delimitata in rosso), nel margine sud-orientale del territorio comunale di Scordia (limite in viola), all'interno delle Sezioni CTR 640060, 640070, 640100 e 640110 (limite quadro unione CTR in azzurro).

Lo studio di MS di livello 1 è stato effettuato utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, realizzata dalla Regione Sicilia nel 2008. In particolare l'area di studio ricade all'interno delle Sezioni CTR 640060, 640070, 640100 e 640110 (Fig. 1).

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 Scordia è stato possibile attingere ad una elevata quantità di informazioni pregresse concentrate, perlopiù, in tre zone (Fig. 2):

- la Zona 1 si estende in direzione NE-SW lungo una direttrice, sede di strutture tettoniche quaternarie, oggetto di studio per la valutazione della loro pericolosità, che attraversa le aree meridionali e la periferia a est del centro urbano principale;

- la Zona 2 si sviluppa nelle aree occidentali del centro urbano principale;

- la Zona 3, infine, interessa le aree a sud-est della Stazione ferroviaria in Contrada Castagna.

Le indagini pregresse derivano da precedenti studi di microzonazione sismica avviate successivamente all'evento sismico del 1990. Seppure non omogeneamente distribuiti, i dati raccolti hanno permesso di vincolare la successione stratigrafica dell'area e permesso una buona ricostruzione 3D delle successioni. E' ovvio che livelli di indeterminazione permangono per quanto attiene lo spessore dei terreni di copertura e la reale profondità del substrato rigido nelle aree prive di dati di sottosuolo diretto. In questo caso si è fatto riferimento a proiezioni dei dati noti, sulla base di una scrupolosa interpretazione dei dati di superficie, nella previsione di infittire le indagini nei successivi stadi di approfondimento.

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

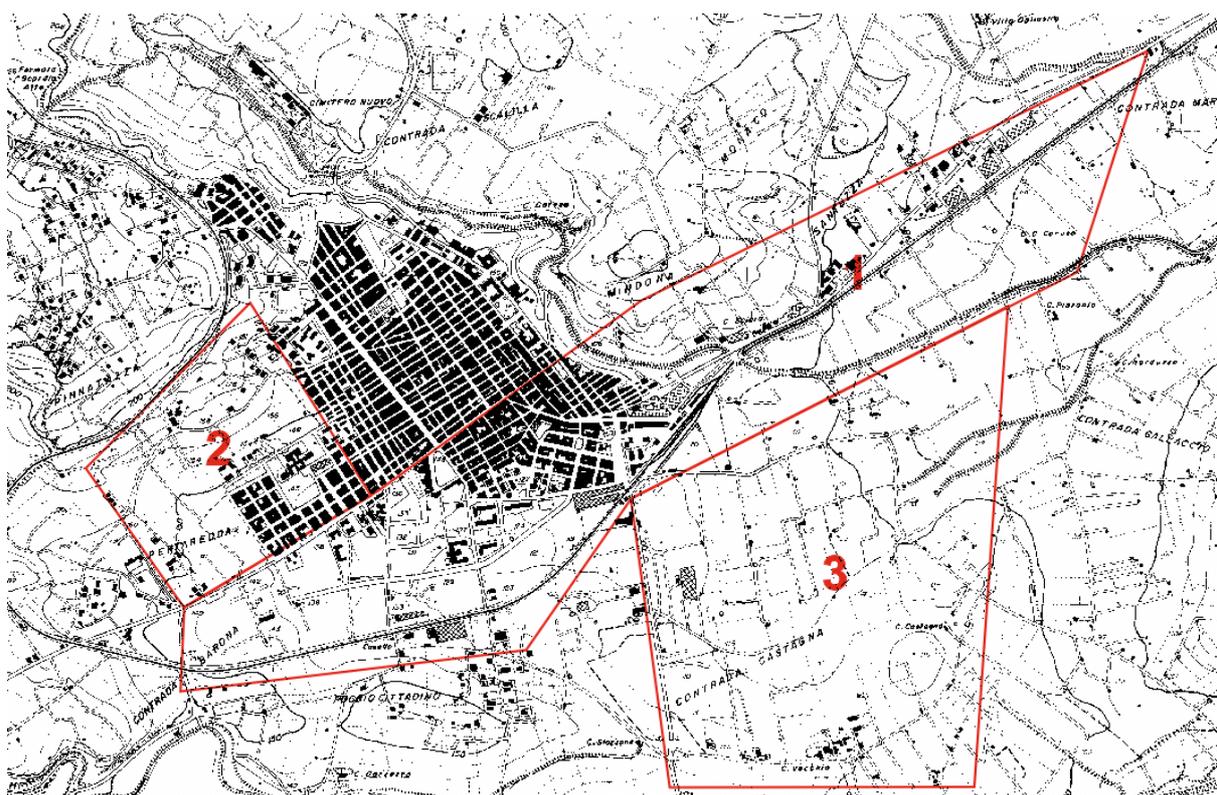


Fig. 2 – Zone in cui sono disponibili indagini pregresse per studi di microzonazione sismica.

Nel dettaglio, i dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Scordia, relativi ad indagini effettuate per gli studi di Microzonazione sismica, sono sintetizzati nei seguenti elaborati:

Elaborati dello studio di microzonazione sismica

- Carta delle acclività scala 1:10.000
- Carta delle aree investigate scala 1:10.000

- Carta della caratterizzazione in frequenza dei siti scala 1:5.000
- Carta delle aree investigate scala 1:5.000
- Carta geologica scala 1:10.000
- Carta geomorfologica scala 1:10.000
- Carta delle rigidità scala 1:5.000
- Carta tettonica scala 1:5.000
- Carta ubicazione sondaggi scala 1:5.000
- RELAZIONE
- INDAGINI GEOGNOSTICHE
- PROSPEZIONI GEOFISICHE PER LO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 (scientifiche), che le caratteristiche sismotettoniche (Progetto Ithaca, DISS3) e di sismologia storica e macrosismica (CPTI11, DBMI11, CFTI), oltre alla cartografia geologica disponibile (Grasso et al. 1987; Grasso et al., 2004a; Grasso et al., 2004b) e idrogeologica (Aureli et al., 1989) disponibile in letteratura.

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

Nel presente documento viene definita la pericolosità sismica del Comune di Scordia facendo riferimento alla ricostruzione della storia sismica, alla catalogazione nelle mappe di pericolosità sismica, secondo le 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, ed alle eventuali sorgenti sismogenetiche presenti nei dintorni e nelle zone limitrofe.

Storia sismica del Comune di Scordia

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

1000–2006. Le soglie energetiche della sezione terremoti etnei sono $Io = 5-6$ e $Mw = 3.5$. Per tutti i terremoti della sezione, il valore di Mw e la relativa incertezza sono ottenuti dal valore di Io mediante la relazione di Azzaro et al. (2011). DBMI11 contiene dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011), e in particolare relativi a: a) 1484 terremoti i cui dati sono stati utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11; b) 197 terremoti etnei, i cui dati non sono utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11, in quanto i relativi parametri sono stati adottati direttamente dal Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; <http://www.ct.ingv.it/ufs/macro>; Azzaro et al., 2000; 2006; 2009). Tra gli eventi sismici di maggiore rilevanza sicuramente si può annoverare il terremoto della Val di Noto dell'11 Gennaio 1693, che è quello che più si è impresso nella memoria storica locale dell'intera Sicilia per molte ragioni: la vastità dell'area colpita, la gravità degli effetti, i mutamenti subiti da una intera rete insediativa e infine la straordinaria capacità progettuale che caratterizzò la fase di ricostruzione. Questo disastro sismico costituisce quindi un importante episodio nella storia del popolamento e dell'urbanistica siciliana, nonché un evento di grande interesse per la storiografia e per la sismologia. In Figura 3 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento; il Comune di Scordia viene catalogato con intensità IX MCS (Barbano, 1985). La figura 4 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 18 eventi significativi per il territorio di Scordia, a partire dall'evento del 1693. La figura 5 riporta il conseguente grafico relativo alla sismicità storica del comune di Scordia.

Catalogazione del Comune di Scordia 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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Locality	MCS	Locality	MCS
Acate (Biscari)	X	Massannunziata	X
Aci Bonaccorsi	X	Mazzarino	VII
Aci Castello	X	Melilli	XI
Aci La Consolazione	X	Messina	VIII
Acireale	X	M. Etna	VIII-IX
Aci San Filippo	X	Militello in Val di Catania	IX
Aci Sant'Antonio	X	Mineo	X
Aci Trezza	X	Misterbianco	X
Agrigento (Girgenti)	VI	Modica	IX
Aidone	X	Monterosso Almo	X
Augusta	X	Motta S. Anastasia	X
Avola	X	Naso	VI
Belpasso (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
Florida	X	Sciacca	NF
Francavilla	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
Mascalì	IX	Vittoria	VIII
Mascalucia	X	Vizzini	IX

Fig. 3 – Intensità macrosismica delle località colpite dal terremoto della Val di Noto dell'11 gennaio 1693, da Barbano (1985).

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

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
9-10	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11	7.41 ±0.15
7-8	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
4-5	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
NF	1898 08 12	ROMETTA	69	6-7	4.89 ±0.22
4	1898 11 03 05:59	Caltagirone	48	5-6	4.80 ±0.30
F	1903 02 10 08:04	NOTO	10	5-6	4.58 ±0.62
NF	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
6	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
NF	1947 05 11 06:3	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13
6-7	1959 12 23 09:29	PIANA DI CATANIA	108	6-7	5.29 ±0.20
4	1978 04 15 23:3	Golfo di Patti	332		6.06 ±0.09
2-3	1980 01 23 21:2	MODICA	122	5-6	4.58 ±0.14
6-7	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304	7	5.64 ±0.09
NF	2001 01 09 02:51	ZAFFERANA ETNEA	104	6	3.71 ±0.26
3	2004 12 30 04:0	Monti Iblei	49	5	4.17 ±0.17

Fig. 4 - Eventi sismici significativi per il Comune di Scordia, dal database DBMI11. IMCS = intensità macrosismica espressa in scala MCS; Ax = area epicentrale geografica in cui sono stati riscontrati i maggiori effetti del terremoto; Np= numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto; Io = Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg; Mw = magnitudo momento.

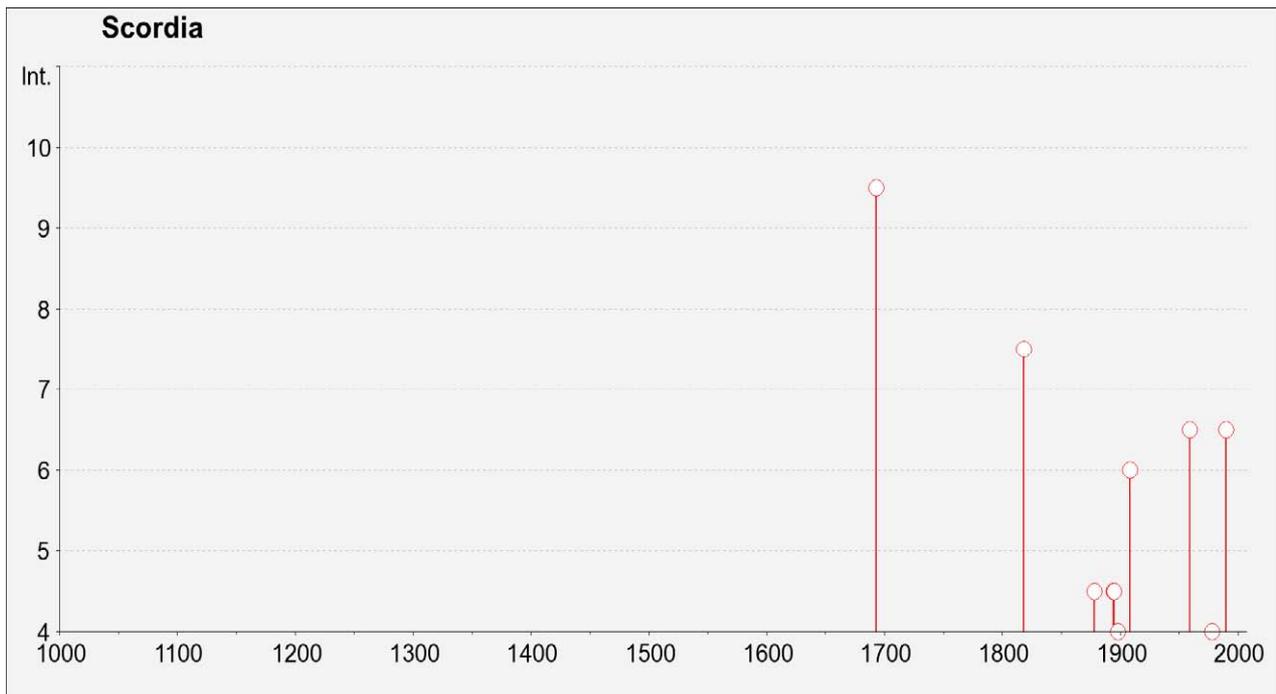


Fig. 5 – Grafico relativo alla sismicità storica del comune di Scordia.

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

LATITUDINE : 37.297

LONGITUDINE : 14.842

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

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 7–9 rispettivamente le mappe interattive di pericolosità sismica del territorio di Scordia con riferimento al valore di PGA per una probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%, del 5% e del 2%.

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

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

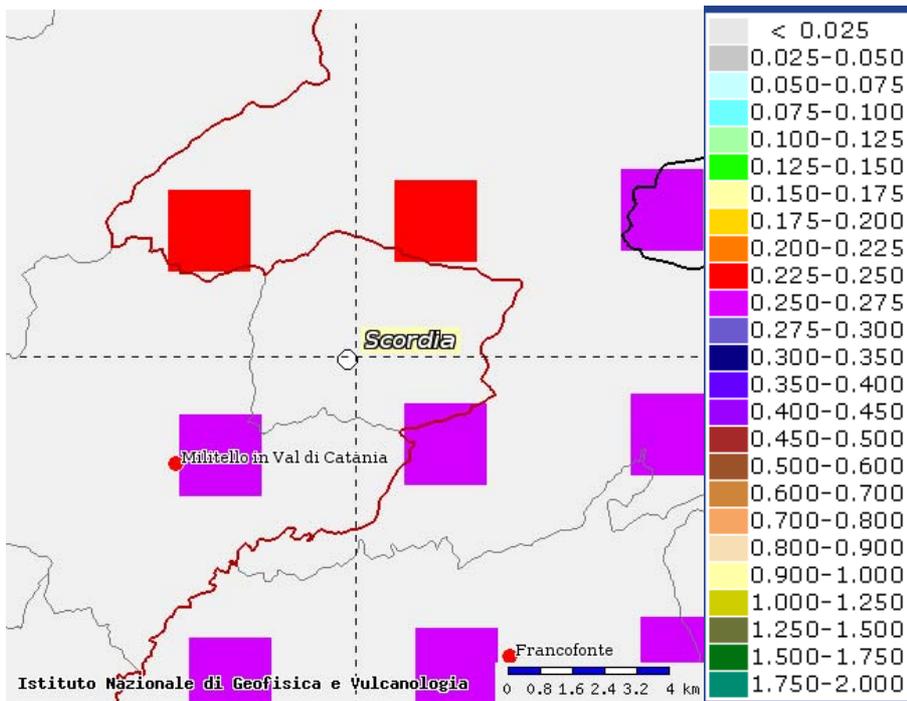


Fig. 7 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Scordia. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

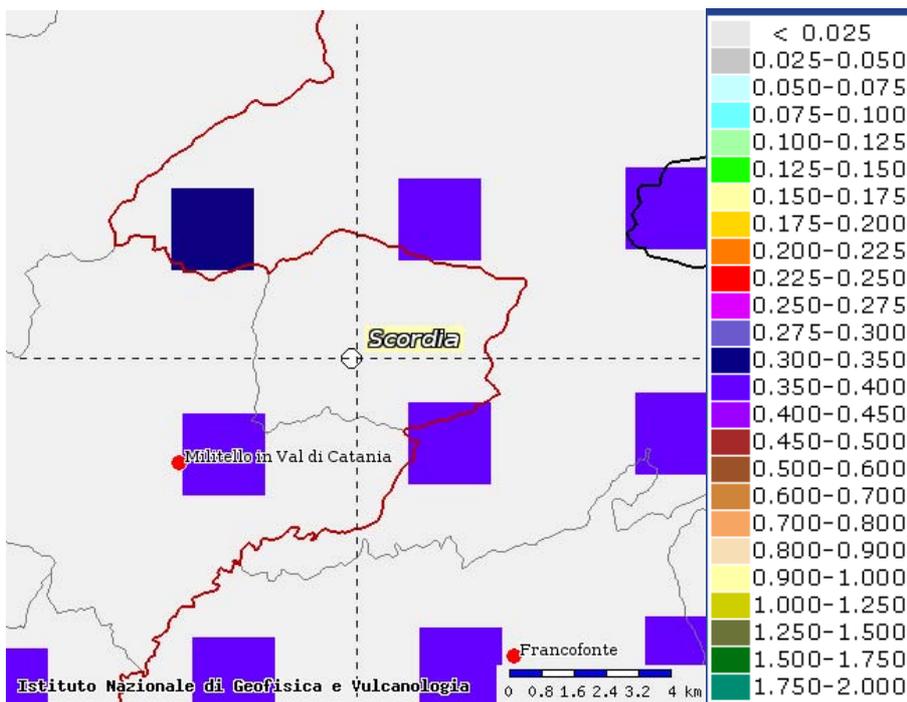


Fig. 8 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Scordia. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

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

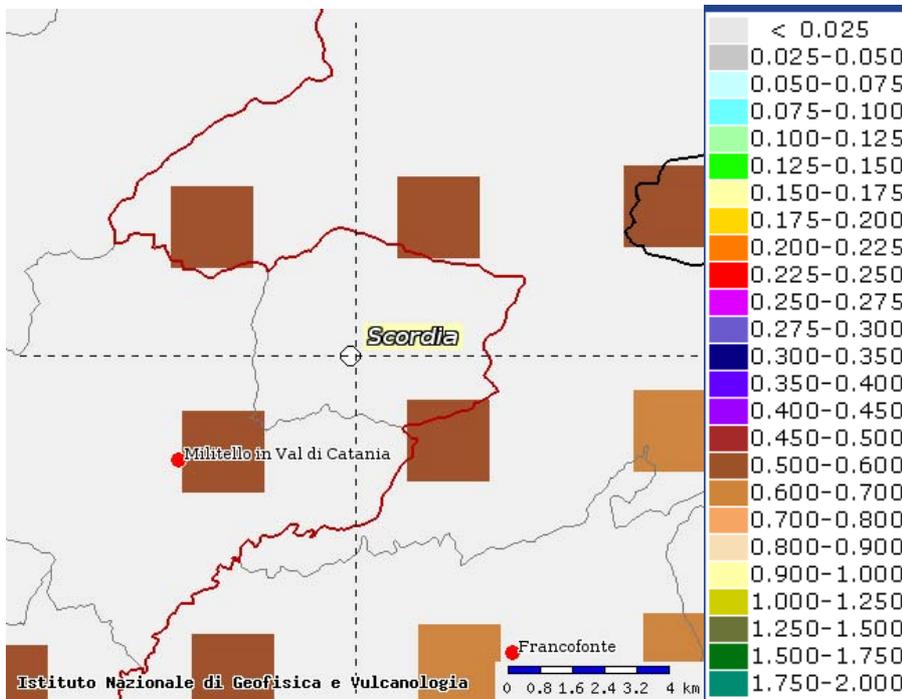


Fig. 9 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Scordia. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

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

T_R [anni]	a_g [g/10]
475	0.225-0.250
975	0.350-0.400
2475	0.500-0.600

Tabella 1 -Valori di a_g al sito e corrispondente periodo di ritorno.

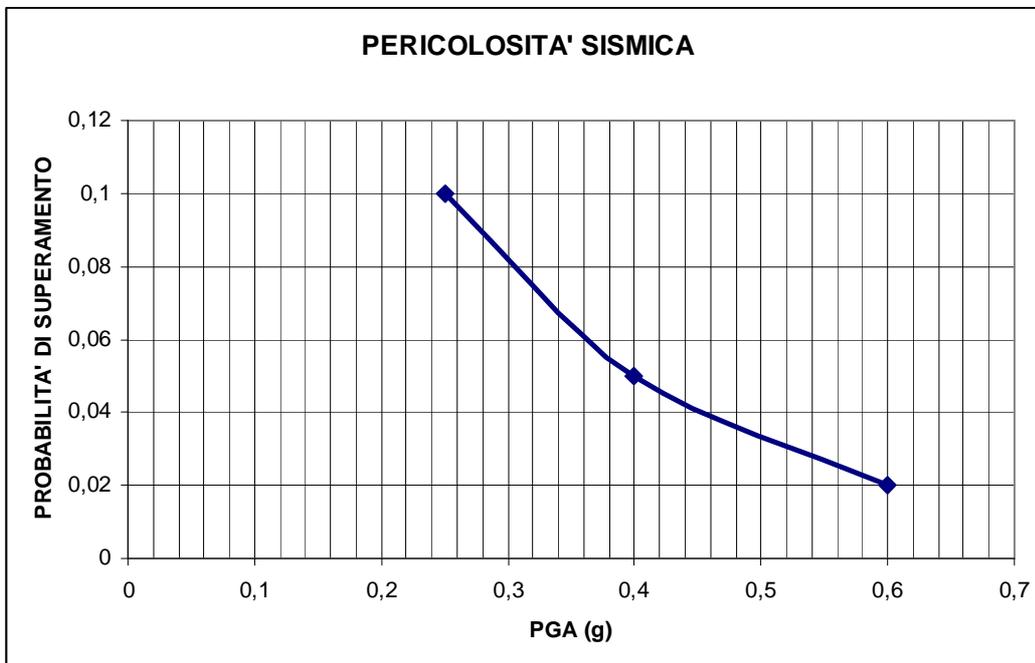


Fig. 10 - Curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Scordia. La curva rappresenta il valore della mediana.

Il territorio del Comune di Scordia è stato individuato sul database DBMI11 (con 18 eventi sismici significativi tra il 1693 ed il 2004) con una intensità macrosismica espressa nella scala MCS che raggiunge il suo valore massimo in MCS = IX-X in corrispondenza del terremoto della Val di Noto del 1693. La localizzazione territoriale sulle mappe interattive di pericolosità sismica ha consentito di ricavare i valori di a_g su suolo rigido (categoria A;



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

$V_{S_{30}} > 800$ m/sec) con probabilità di superamento in 50 anni pari a: 0.225–0.250 per il 10%, 0.350–0.400 per il 5% e 0.500–0.600 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 Scordia. La discussione delle potenziali sorgenti sismogeniche sarà affrontata nel dettaglio nell'ambito della descrizione dell'assetto geologico complessivo, necessaria per la contestualizzazione delle strutture recenti presenti nell'area.

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'area oggetto di studio è ubicata lungo il bordo nord-occidentale del Plateau Ibleo (Lentini et al., 1994) al margine di una depressione tettonica delimitata da faglie normali orientate in direzione NE-SO e riempita da sedimenti di età Pleistocenica denominata Graben di Scordia-Lentini (Ghisetti & Vezzani, 1980). Questo bacino estensionale si è originato dal collasso delle successioni carbonatiche iblee e delle vulcaniti plio-pleistoceniche ad esse associate (Lentini et al., 1984), sulle quali si è depositata una sequenza trasgressiva di età compresa tra circa 1.5 a 0.9 Ma (Pedley et al., 2001), caratterizzata da facies calcarenitico-sabbiose marginali, evolventi lateralmente e verso l'alto ad argille marnose, caratteristiche delle zone depocentrali della depressione. In generale, l'area è caratterizzata dall'affioramento di prodotti vulcanici e sedimentari di età quaternaria, i cui rapporti sono stati influenzati sia dalla tettonica, che dalle oscillazioni eustatiche del livello del mare. La geometria del sottosuolo, nel settore sud-orientale dell'area di studio, è riferibile a due distinti blocchi cinematici con caratteri

stratigrafici differenti, separati da una faglia normale ad alto angolo ad orientazione NE-SO ed immergente verso SE. Questa struttura, che interessa la porzione sud-orientale del centro urbano, separa un settore di basso strutturale a sud-est caratterizzato da estesi affioramenti delle argille emiliane, da un settore di alto strutturale a nord-ovest dove prevalgono affioramenti di calcareniti organogene clinostratificate che ricoprono i prodotti vulcanici. L'andamento del substrato vulcanico, nel settore di alto strutturale, ha controllato la distribuzione delle facies marginali del graben. Calcareniti tenere e sabbie carbonatiche, passanti lateralmente e verso l'alto ad argille sono interdigitate ai prodotti lavici nelle aree periferiche degli originari edifici, oggi riconoscibili nel settore nord-orientale dell'area di studio; calcareniti organogene clinostratificate, diffuse nel settore nord-occidentale, ricoprono antiche superfici di erosione modellate sulle ialoclastiti e lave fratturate che costituiscono gli edifici stessi. La revisione dei rilievi disponibili ha permesso di riconoscere la progradazione delle facies prossimali calcarenitiche su quelle più marginali calcarenitico-sabbioso-argillose. La geometria del contatto, in gran parte nascosto dalle coperture recenti, non è comunque desumibile dalle stratigrafie dei sondaggi, il cui dettaglio delle descrizioni dei livelli attraversati non permette di discriminare tra i due orizzonti sovrapposti riconosciuti in superficie.

La struttura geologica complessiva è stata profondamente modellata e re-incisa dai corsi d'acqua e sigillata dai depositi alluvionali recenti, che attraversano indisturbati le linee di faglia. Ai due lati della struttura, si è conservata l'originaria differenza di energia del rilievo prodottasi durante il movimento delle faglie che, insieme alle diverse proprietà meccaniche dei terreni, ha concorso ad una chiara differenziazione del paesaggio. Il blocco nord-occidentale rialzato dalle faglie è caratterizzato da valli fortemente incise, a pareti molto ripide, modellate sia nelle calcareniti che nei sottostanti prodotti vulcanici. In quest'area è possibile riconoscere gli effetti del carsismo, con forme epigee in alcuni casi collegate a forme ipogee, spesso riutilizzate dall'uomo. Le pareti ripide sono inoltre soggette a frequenti crolli con accumuli conservati alla base dei versanti. La sommità del rilievo è costituita da superfici pianeggianti, nelle quali le calcareniti del substrato sono



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

sovente ricoperte da suolo di alterazione e localmente da materiali di riporto che comunque mostrano spessori inferiori ai 3 metri. Su tali aree si sviluppa gran parte del centro urbano di Scordia, pertanto non si esclude che alcuni edifici possano comunque nascondere rilevati artificiali con spessore maggiore. I settori meridionali, di basso strutturale, sono caratterizzati dal prevalente affioramento di litologie argillose contraddistinte da una bassa energia del rilievo. Le colline assumono pendii poco pronunciati e sono presenti anche estese aree pianeggianti, dove affiorano coperture alluvionali recenti.

L'area del graben di Scordia-Lentini, per l'età relativamente recente delle strutture tettoniche, è stata oggetto di diversi studi finalizzati alla definizione dell'eventuale pericolosità e potenzialità sismogenica. In particolare, facendo riferimento a Tortorici et al. (2006), la prosecuzione a nord-est della faglia principale che interessa l'area di studio, è stata inserita nel database Ithaca (ITaly HAZard from CAPable faults) e identificata dalla seguente scheda (Fig. 11) come "faglia di Castellana- Palazzelli", con attività nel Pleistocene inferiore. In realtà, in Tortorici et al. (2006) la "Faglia della Castellana" è identificata con il segmento di faglia orientato in direzione ENE-OSO ed immergente verso SSE, che in Figura 11 è localizzata immediatamente a nord della Faglia 3. La Faglia della Castellana appartiene al sistema di faglie normali con orientamento variabile da E-O a NE-SO che borda l'horst di Sigona Grande, corrispondente al margine settentrionale del Graben di Scordia-Lentini. Tale struttura, sicuramente attiva come faglia estensionale nel Pleistocene inferiore, è caratterizzata da evidenze di una inversione tettonica positiva dei movimenti, dimostrata dall'accavallamento di livelli vulcanici di riempimento del graben sulle calcareniti esposte lungo le originarie scarpate di faglia. La faglia catalogata come

“*Castellana-Palazzelli*” nel database Ithaca, caratterizzata da un piano orientato in direzione NE-SO ed immergente verso SE, non mostra evidenze di attività recente.

Nel territorio di Scordia sono state catalogate altre due faglie capaci, che attualmente sono in corso di definizione.

GEOLOGIC SETTING	The Sigona Grande is a normal faults system composed by prevalently E-W and SW-NE trending normal faults. These faults are responsible of formation of Sigona Grande Horst located in the north-eastern margin of the Hyblean Plateau, inner the sector comprise enter the Scordia-Lentini Graben to the south and the Catania Plain to the north.
SYNOPSIS	The Castellana-Palazzelli is SE dipping, SW-NE trending normal fault, running along the base of slope, which characterizes the southeastern sector of the Castellana M.ts, in the southeastern area of the Sigona Grande horst. This fault is characterized by morphological scarps up to 10-15 meters high and offset the lower Pleistocene deposits, showing activity during lower Pleistocene time (Emiliano).
FAULT NAME	Castellana-Palazzelli
FAULT CODE	10800
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Sigona Grande
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	70
DIP	85
LENGTH (Km)	4
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING)	1:50000

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

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

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
10800	TORTORICI G., DE GUIDI G. & STURIALE G.	Evoluzione tettonica quaternaria del margine settentrionale del Plateau Ibleo (Sicilia sud-orientale)	Boll. Soc. Geol. It., 125 (2006), 21-37, 13ff.	2006



Fig. 11 – Faglie ricadenti nel territorio di Scordia segnalate nel database Ithaca. Si tratta di tre faglie capaci, di cui due in fase di definizione (faglie 1 e 3 in figura). In Figura è riportata anche la scheda della faglia di Castellana–Palazzelli (n° 2). (http://sgi2.isprambiente.it/website/ithaca/scheda_faglia.asp?tnid=10800)

I primi studi dedicati all'evoluzione neotettonica della regione della Sicilia orientale sono quelli relativi al progetto geodinamica degli anni '70 e '80, (Ghisetti & Vezzani, 1978; Di Geronimo et al., 1978; Carbone et al., 1982) che hanno definito l'evoluzione di lungo periodo dei movimenti verticali recenti, senza chiarire l'effettivo stato di attività delle strutture bordiere del Graben di Scordia–Lentini.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

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

I lineamenti del paesaggio, descritto precedentemente, indicano che in età recente il modellamento superficiale sia stato largamente dominante sull'eventuale mobilizzazione delle strutture tettoniche. Ciò significa che le strutture possono considerarsi inattive o caratterizzate da velocità di movimento estremamente bassa. Tale evidenza è in buon accordo con i dati di sismica a riflessione attraverso la porzione *off-shore* del Graben di Scordia–Lentini (Torelli et al., 1998), che evidenziano una sostanziale inattività delle strutture estensionali a partire dalla fine del Pleistocene inferiore. Tali conclusioni sono confermate da ulteriori studi condotti nell'area (Bousquet & Lanzafame, 2004; Catalano et al., 2010) che hanno evidenziato una generalizzata inversione tettonica positiva del bordo settentrionale ibleo, con lo sviluppo di una nuova generazione di faglie inverse, a direzione NE–SW e immersione verso sud, che hanno rimobilizzato in compressione l'originario bordo meridionale del Graben di Scordia–Lentini, cui si associa un'inversione dei movimenti da destri a sinistri della Linea di Scicli, una zona di taglio originariamente destra che attraversa il margine occidentale del Plateau Ibleo.

Il catalogo aggiornato delle sorgenti sismogeniche (Database of Individual Seismogenic Sources) Version 3.1.1 (DISS Working Group 2010) non riporta alcuna sorgente lungo il bordo settentrionale del graben, evidenziando una sorgente sismogenica (ITCS036– Monte Lauro), con direzione NE–SO ed immersione verso SE, lungo il bordo meridionale riattivato del Graben Scordia–Lentini e un'area sismogenica (ITCS035– Ragusa–Palagonia), con direzione circa N–S, in corrispondenza della porzione settentrionale della Linea di Scicli a pochi chilometri dall'area di studio (Fig. 12). Nel corso della revisione dei rilievi geologici e morfologici analizzati, è stata riconosciuta all'interno dell'area di studio la terminazione di una struttura che, diramandosi dalla Linea di Scicli,

sembra mostrare evidenze di dislocazioni sinistre di età recente. La conferma di tale ipotesi, da verificare con indagini di secondo livello ed approfondimenti di terzo livello, avrebbe una incidenza diretta sulla stima della pericolosità di base nell'area comunale. Sulla base dei soli dati esistenti, riportati nei modelli sismotettonici correnti l'abitato di Scordia si troverebbe comunque pochi chilometri a est di un'area sismogenica, e quindi soggetto ad una pericolosità sismica di base che, seppure rilevante, risulta comunque inferiore rispetto a quella che si prefigurerebbe se fossero attive le faglie che attraversano il territorio comunale.



Fig. 12 - Ubicazione dell'area comunale di Scordia (in blu) e dell'area di studio (in rosso) rispetto alle sorgenti sismogeniche del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010, mod.)

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 le seguenti unità, rappresentate nella carta geologico-tecnica



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
seguendo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica–Versione
2.0beta–II”:

Terreni di copertura

– *Materiale di riporto* e di risulta, rilevati e discariche, affiora in piccoli lembi nella periferia occidentale del centro urbano a nord di C/da Barona, e a sud–est del cimitero nuovo. Si tratta di un deposito eterogeneo in una matrice variabile ma generalmente sabbiosa, con spessore di circa 3 m (**Rizz**).

– *Depositi alluvionali recenti e attuali* affiorano prevalentemente lungo una fascia che si sviluppa in direzione NE–SW da Casa Caruso, dove danno luogo a un’ampia pianura alluvionale, a C/da Barona, e lungo il corso del torrente a sud–ovest di Poggio Pecorella, costituiti da argille limose e limi argillosi con ghiaie (**CLin**). Affioramenti meno diffusi, costituiti da ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (**GCin**), si hanno lungo l’alveo del torrente che limita a est l’abitato di Scordia, e lungo la sponda sinistra del torrente Loddiero nell’estremo settore meridionale dell’area studiata. Dai pochi dati di sottosuolo a disposizione che interessano tale unità, lo spessore medio risulta essere di 5 m circa.

– *Depositi alluvionali terrazzati* costituiti da sabbie argillose e da miscela di sabbia e argilla (**SCtf**), affiorano in corrispondenza del settore nord–orientale del centro urbano, in corrispondenza del cimitero nuovo e in C/da Scalilla con spessore inferiore a 10 m circa. A est di C/da Barona, è presente un terrazzo alluvionale in cui sono state effettuate diverse indagini, costituito da argille limose (**CLtf**) spesse da 3 a 7 m che poggiano in parte su sabbie limose (**SMtf**) spesse circa 3 m affioranti più a sud, e su un livello

abbastanza continuo in sottosuolo, ma non affiorante, costituito da ciottoli con ghiaia e sabbia sede di una piccola falda. Infine un piccolo terrazzo costituito da miscela di ghiaia, sabbia affiora all'estremità sud-occidentale dell'area di studio.

– *Depositi eluvio/colluviali* sono rappresentati dai prodotti di alterazione del terrazzo alluvionale a nord-est di C/da Barona, costituiti da limi organici e argille limose organiche (**OLec**). Tali depositi hanno uno spessore di circa 3 m. Si segnala la presenza di spessori inferiori ai 3 m per i prodotti di alterazione degli altri depositi alluvionali.

Substrato geologico

L'assetto del substrato geologico è in generale rappresentato da un substrato vulcanico affiorante prevalentemente nei quadranti occidentali dell'area studiata a cui si sovrappongono coperture sedimentarie di debole spessore che però diventano più potenti nei quadranti orientali e meridionali.

Le unità geometricamente inferiori presenti nell'area sono rappresentate da prodotti vulcanici di composizione basaltica ed affinità alcalina, conosciute in letteratura come Unità di Poggio Vina di età infrapleistocenica (Schmincke et al. 1997; Pedley et al. 2001). In dettaglio nell'area studiata affiorano due distinte litofacies, derivanti rispettivamente dalla prevalenza di attività vulcanica di tipo effusivo e di tipo esplosivo entrambe esplicatesi in un ambiente marino neritico.

– Le *Vulcaniti effusive* rappresentate in prevalenza da *colate laviche*, affiorano nel settore occidentale dell'area studiata (contrada Santoro) dove sono ricoperte dalle laloclastiti. In tale area raggiungono uno spessore superiore ai 50 metri. Limitati lembi di tale unità affiorano inoltre presso la sponda sinistra dell'incisione che borda ad est l'abitato di Scordia e presso monte Ogliasto. Esse sono inoltre attraversate da sondaggi nelle aree meridionali della zona oggetto di studio. Alla scala dell'affioramento, laddove la sovrapposizione di diverse unità laviche porta alla formazione di notevoli spessori di vulcaniti (contrada Santoro) è presente un'accentuata fessurazione colonnare dovuta al

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

lento raffreddamento del corpo lavico. Negli altri affioramenti, dove lo spessore è minore o per la presenza di strutture tettoniche il corpo vulcanico è maggiormente fratturato, pertanto rappresentano un substrato geologico rigido lapideo (**LP**) molto fratturato (**SF**).

– Le *laloclastiti* invece sono vulcanoclastiti sottomarine di colore dal rosso bruno al giallo ocrea. La granulometria di tali depositi varia dalle ceneri fini alle scorie, ma sono anche a luoghi presenti frammenti lavici di dimensione decimetrica. Le ialoclastiti si presentano generalmente stratificate, in banchi a gradazione normale di spessore metrico e contengono un'abbondantissima frazione vetrosa più o meno alterata (**GRS**) (Fig. 13).



Fig. 13 – Particolare delle ialoclastiti, dove risulta evidente l'abbondanza di frammenti vetrosi alterati di colore ocreo e la granulometria del deposito (lapillistones).

Affiorano estesamente nel settore occidentale dell'area studiata (area di Poggio Monello) dove formano un rilievo che raggiunge un'altezza di 335 metri s.l.m. Tale rilievo costituiva probabilmente un seamount allungato in direzione NW-SE (Fig. 14). Lo spessore massimo in affioramento è superiore ai 100 metri.



Fig. 14 – Panoramica dell'affioramento di ialoclastiti di Poggio Monello

La presenza di un paleo-seamounts è confermata dalla andamento grossomodo radiale della stratificazione, in quanto si hanno giaciture degli strati che generalmente divergono dal punto più alto dell'edificio. I punti di emissione non sono comunque esattamente ubicabili a causa dell'intensa erosione. In queste località la granulometria del deposito varia dai lapilli, contenenti scorie più abbondanti e di maggiori dimensioni nelle zone più

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

prossimali ai centri di emissione, alle ceneri affioranti prevalentemente lungo i fianchi degli edifici vulcanici.

– Le *Calcareniti organogene (GRS)* rappresentano il termine inferiore del Complesso Carbonatico–Argilloso di età infrapleistocenica (Grasso et al. 2004) e poggiano in discordanza al di sopra del substrato vulcanico descritto. A causa dell'estrema irregolarità topografica dei rilievi vulcanici le calcareniti presentano diverse facies e spesso si riscontra un repentino cambiamento di spessore nelle stesse. Calcareniti clinostratificate poggiano direttamente sui fianchi dei rilievi vulcanici e sono rappresentate da packstones di colore grigiastro con granuli costituiti da bioclasti carbonatici e da abbondanti frammenti vulcanici vetrosi. Formano spesso dei cunei progradanti verso le quote più basse dei rilievi vulcanici (Fig. 15).



Fig. 15 – Calcareniti clinostratificate poggianti sui fianchi di un edificio vulcanico in località Archi

Le calcareniti a stratificazione Piano parallela affiorano presso le aree spianate dei rilievi vulcanici o nelle aree topograficamente più depresse. Esse sono costituite prevalentemente da bioclasti carbonatici e presentano una stratificazione parallela in

banchi di dimensione metrica. Si segnala la presenza in tali litotipi, localmente, di cavità carsiche ipogee (Fig. 16).



Fig. 16 – Calcareniti a stratificazione piano-parallelata presso Casa Mangano

Verso l'alto i due litosomi evolvono a sabbie calcarenitiche a struttura laminare presentanti una stratificazione irregolare di dimensione decimetrica. Nei pressi di Poggio Pecorella si ha una facies diversa costituita da *Sabbie calcarenitiche laminate* (Fig. 17). Anche tali depositi sono stati assimilati a un substrato geologico rigido granulare cementato (**GRS**), nonostante non si hanno certezze riguardo la possibilità che vengano raggiunti velocità $V_s > 800$ m/s.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
– un'*Alternanza di litotipi (ALS)* tra lave fratturate e livelli di calcarenite, sono state individuate in diverse perforazioni profonde effettuate per la ricerca idrica. Nell'area di studio affiorano esclusivamente a sud-est del centro urbano principale, rialzate per faglia e incontrate nel sondaggio 087049P25. Lo spessore massimo affiorante è di circa 25 m.



Fig. 17 – Sabbie calcarenitiche laminate (**GRS**) affioranti presso Poggio Pecorella

– Le *Argille* grigio-azzurre, hanno sicuramente caratteristiche di substrato geologico non rigido (**NR**). Nell'area di studio tali depositi affiorano nel settore meridionale e nord-orientale dell'area di studio, e sono presenti nel sottosuolo, ricoperti da una coltre di

alterazione e dai depositi alluvionali, a sud-est della faglia principale. Complessivamente lo spessore può superare i 50 m.

I rapporti geometrici tra i litosomi cartografati (coperture e substrato) sono stati rappresentati in tre profili geologici di dettaglio a scala 1:5.000 (**Allegato 1**), redatti sulla base delle indagini di terreno e sull'interpretazione dei sondaggi geognostici disponibili, ubicati direttamente sulle tracce dei profili o proiettati da aree limitrofe.

La scelta delle sezioni è stata fatta sulla base della loro rappresentatività dell'assetto geologico generale dell'area precedentemente descritto, nel tentativo di raffigurare in maniera esemplificativa i rapporti 2D tra le diverse litologie riscontrate in superficie.

La sezione verticale di terreno investigata dai profili è di circa 20-30 m metri, in quanto si è deciso di vincolarla strettamente con la profondità dei sondaggi disponibili. Ciò è stato fatto per ridurre al minimo l'interpretazione speculativa degli stessi profili e per dare un quadro quanto più reale dei rapporti geometrici tra le varie unità distinte sul terreno.

Sezione litotecnica AA'

La sezione litotecnica AA' attraversa il settore sud-occidentale dell'area di studio, con una orientazione circa NW-SE e ha uno sviluppo longitudinale di circa 800 metri. Il litosoma geometricamente inferiore è rappresentato dalle ialoclastiti (**GRS**), le quali vengono attraversate ad una profondità di circa 14 metri dal sondaggio 087049P34 nel settore occidentale del profilo in oggetto. Il substrato vulcanico immerge dai quadranti nord-occidentali verso i quadranti sud-orientali, come evidenziato dai dati di superficie e dal fatto che esso non è attraversato dai sondaggi posti nei settori orientali. Superiormente le calcareniti organogene (**GRS**) poggiano in discordanza sulle ialoclastiti. Le calcareniti hanno spessore crescente da ovest verso est, passando da circa 15m a circa 35 m di spessore attraversate dal sondaggio 087049P11. Esse passano lateralmente e



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 verso l'alto alle Argille grigio-azzurre (**NR**), attraversate dai sondaggi 087049P6 e 087049P11 aventi uno spessore di circa 20 metri. Superiormente affiorano i terreni di copertura rappresentati dai depositi alluvionali recenti, costituiti da argille limose (**CLin**) che raggiungono uno spessore massimo di circa 8 metri.

Sezione litotecnica B-B'

La sezione litotecnica B-B' è ubicata circa 400 metri ad est della precedente, ed ha uno sviluppo di circa 550 metri, presentando la stessa orientazione. Essa però investiga zone più interne della pianura alluvionale ubicata a sud dell'abitato di Scordia e quindi si caratterizza per una più articolata geometria delle coperture. Il litosoma di substrato affiorante è rappresentato dalle calcareniti organogene (**GRS**) che affiorano nel settore occidentale della sezione. Nel settore sud-orientale le calcareniti passano lateralmente alle argille azzurre (**NR**), su cui poggiano in discordanza da terreni di copertura, spessi complessivamente circa 15 metri. Le coperture sono costituite da un terrazzo alluvionale caratterizzato da diverse unità. Quella inferiore non affiorante ma raggiunta in sottosuolo dai sondaggi 087049P18 e 087049P19 è costituita da ciottoli con ghiaia e sabbia ed è sede di una piccola falda. Su tale livello poggiano argille limose (**CLtf**) spesse da 3 a 7 m e sabbie limose (**SMtf**) spesse circa 3 m affioranti più a sud. I rapporti geometrici dei depositi alluvionali suggeriscono che la sezione attraversa perpendicolarmente gli alvei, ormai fossili di aste torrentizie in cui sono riconoscibili lateralmente e inferiormente i depositi più grossolani sormontati dai depositi più fini.

Sezione litotecnica C-C'

La sezione litotecnica C-C', insiste nel settore sud-orientale dell'area di studio e ha una estensione di circa 700 metri e un'orientazione circa parallela ai precedenti profili. Tale sezione, attraversando circa perpendicolarmente la faglia principale dell'area di studio, mette bene in evidenza i rapporti geometrici tra i litosomi del substrato influenzati dalla struttura tettonica. Nel lato rialzato dalla struttura, il termine geometricamente inferiore è rappresentato da una alternanza tra lave fratturate e livelli di calcarenite (**ALS**), affioranti presso Casa Sciara, di spessore superiore ai 15 m, attraversati dal sondaggio 087049P25. Sopra a tale alternanza poggiano lave intensamente fratturate (**LP-SF**), ricoperte in discordanza dalle calcareniti organogene (**GRS**), che si ispessiscono verso nord-ovest dove immergono lievemente, con un chiaro andamento progradante, evidente anche in altre zone dell'area studiata. A sud-est invece nel lato ribassato della struttura ad alto angolo immergente a sud-est, sono presenti le argille (**NR**) attraversate dai sondaggi 087049P26, 087049P27 e 087049P47, per circa 25 m. All'estremità sud-orientale sono presenti, terreni di copertura rappresentati da un deposito alluvionale recente e attuale argilloso limoso di spessore pari a circa 5 m (**CLin**).

L'analisi dei dati di superficie unita alla descrizione delle sezioni geologiche tracciate permette di estrapolare alcune considerazioni di massima da utilizzare in seguito nella ricostruzione del modello geologico di riferimento per la microzonazione. Il sottosuolo dell'area studiata è fortemente influenzato dalla presenza di una delle faglie segnalate nella cartografia geologica quale elemento del bordo settentrionale del Graben di Scordia-Lentini. Seppure tale faglia ad alto angolo orientata circa NE-SO immergente verso SE non mostri chiari segni di riattivazione recente, essa ha comunque giocato il ruolo di limite tettonico tra aree a diversa evoluzione che si è tradotta in due distinte successioni stratigrafiche aventi caratteristiche diverse.

Il settore settentrionale e nord-occidentale ubicato nel lato rialzato della faglia è caratterizzato dall'affioramento delle calcareniti e dei prodotti vulcanici geometricamente sottostanti; su tale substrato poggiano spessori inferiori a 20 m circa di argille. Nel



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 settore ribassato della faglia, a sud-est dell'area di studio, la successione è costituita dalle argille che raggiungono anche spessori oltre i 50 m. Tali depositi rappresentano complessivamente un substrato geologico non rigido caratterizzati al tetto da un spessore di alterazione non quantificabile dai dati disponibili, in quanto non specificato nei logs dei sondaggi. Questo settore al contrario di quello precedente vede, inoltre, l'affioramento di estesi depositi di copertura alluvionale, giacenti in discordanza sul substrato

4. Dati geotecnici e geofisici

I dati geotecnici utilizzati ai fini della caratterizzazione dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area di studio si riferiscono a precedenti studi di "Microzonazione sismica" del Comune di Scordia.

I vari dati che sono stati ottenuti nella fase di acquisizione dati per lo studio di Microzonazione Sismica di I Livello, fanno riferimento alle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati da diversi sondaggi. Tuttavia, l'esiguità dei dati non permette di effettuare una valutazione completa del sottosuolo. I dati raccolti mostrano una predominanza di informazioni per i terreni prevalentemente sabbiosi e limoso-sabbiosi, perlopiù rappresentanti terreni di copertura (SM, SC, SP, CL), per i quali risultano rari i dati di laboratorio su campioni, mentre sono più frequenti, anche se comunque limitati, le esecuzioni di indagini in sito quali SPT e DL. Di conseguenza anche i valori del peso di volume e del contenuto naturale in acqua sia per i terreni di copertura che per quelli del substrato, sono scarsamente rappresentativi. Per quanto riguarda le prove in sito di tipo

SPT mostrano che i terreni di copertura investigati, prevalentemente sabbioso-limosi e limosi-sabbiosi, sono caratterizzati da un numero N_{SPT} compreso tra 20 e 30 per i terreni sabbioso-limosi e compreso tra 5 e 10 per quelli caratterizzati da una dominante frazione limosa o limoso-argillosa; in diversi casi la presenza di livelli ghiaiosi o comunque di elementi lapidei matrice-sostenuti determina un aumento di tale valore (> 30), fino ai casi estremi di rifiuto della prova. Un breve commento meritano le prove Penetrometriche Dinamiche Leggere (DL) che sono state eseguite nel territorio comunale di Scordia (n° prove DL = 58). Per 19 prove DL non è stato possibile ricavare il parametro SPT in quanto non viene specificata la tipologia dello strumento utilizzato; per le restanti, facendo riferimento alla FAQ della Regione Abruzzo (quesito 14), il parametro di correlazione utilizzato per convertire N_{dp} a N_{spt} è stato posto uguale a 1. La bassa attendibilità che è stata associata a tali prove deriva principalmente dall'assenza di informazioni riguardanti la strumentazione adoperata e la modalità di esecuzione della prova stessa, nonché l'esiguo spessore di sottosuolo investigato per gran parte delle prove, minimo 1 metro, raggiungendo raramente profondità superiori a 6 metri.

I dati geotecnici e geofisici direttamente consultabili derivano da un complessivo di 199 indagini puntuali, delle quali 179 pregresse, relative a precedenti studi di microzonazione, e 20 (HVSr) realizzate dall'Università di Catania nel corso del presente studio, al fine di redigere una carta delle frequenze. L'insieme delle indagini puntuali prese in considerazione (per l'ubicazione si veda la carta delle indagini) sono riassunte e conteggiate per tipologia nella sottostante tabella (Tab. 2):

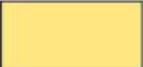
Tot. Ind. Punt.	Geotecnica di laboratorio (GL)		Geotecnica in sito (GS)		Geologia (GG)			Geofisica (GF)		Idrogeologia (IG)	
	SM		SPT	DL	SS	SC	S	HVSr	DH	PA	SP
199	3		13	58	40	4	2	63	5	5	6

Totale					N° Camp.	N° Dati Camp. Assenti	HVSr UNIV CT	HVSr COMUNE LENTINI
GL	GS	GG	GF	IG				
3	71	46	68	11	6	0	20	43

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

I terreni oggetto di studio sono stati classificati utilizzando il sistema USCS (Tab. 3):

Con alcune modifiche, tale classificazione è stata recepita negli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica–Versione 2.0beta–II”, che prevede la suddivisione in cinque gruppi principali a loro volta suddivisi in sottogruppi in relazione ad alcune proprietà indice, tradotta in legenda della carta geologico–tecnica secondo la tabella di seguito riportata (Tab. 4):

Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	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–tecnica per la microzonazione sismica: terreni di copertura

I terreni affioranti nell’area e riconosciuti nella stratigrafia dei sondaggi sono stati, quindi, raggruppati secondo le categorie previste dalla legenda. 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 2** alla presente relazione. Nelle schede, per ciascun campione è riportato il sondaggio



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 contraddistinto dall' "identificativo sito puntuale" (ID_SPU), la profondità di campionamento e l'attribuzione ad una delle unità litotecniche riconosciute. Dalla differente articolazione delle diverse schede è possibile apprezzare che il quadro delle informazioni acquisite è estremamente variabile per le diverse unità litologiche, a causa della disomogenea distribuzione dei dati puntuali (v. carta delle indagini) che non garantiscono una copertura uniforme delle conoscenze per tutte le formazioni.

I dati geofisici disponibili sono stati raccolti nel corso di precedenti studi di microzonazione sismica effettuati nell'area, al fine di definire le velocità delle onde sismiche nei diversi orizzonti presenti nel sottosuolo e per valutare le frequenze proprie di oscillazione dei diversi siti. Per perseguire il primo obiettivo sono state realizzate cinque indagini di Down-hole, realizzate su fori con profondità di fondo pozzo comprese tra i 15 e 24 m.. I risultati di queste analisi, in buon accordo con i parametri ricavati indipendentemente dalle indagini geotecniche, non consentono di caratterizzare, in maniera omogenea per l'area di studio, i terreni di sottosuolo in termini di velocità delle onde sismiche, anche se in aree circoscritte hanno permesso di ricostruire un quadro sintetico delle velocità delle onde sismiche nei diversi litotipi attraversati. In mancanza di ulteriori dati, queste informazioni possono comunque essere prese come riferimento ai fini del presente studio di microzonazione di primo livello. In particolare le V_s misurate per le argille (NR) variano tra circa 200 e 500 m/s, per le sabbie (SP) si aggirano attorno a valori pari a 250–300 m/s; per quanto riguarda i termini calcarenitici (GRS), i valori di velocità (V_s) ottenuti sono compresi tra 400 e 870 m/s. Questi valori vengono confermati dalle indagini SASW, disponibili per l'area di studio di Scordia, che hanno permesso di indagare il sottosuolo per una profondità variabile tra 8 e 23 m. A meno di livelli

superficiali di alterazione, compresi nei primi decimetri investigati, i valori di velocità V_s ricavati per le argille risultano compresi tra 150–200 e 550 m/s, compatibilmente con quelli ottenuti tramite indagini di tipo down-hole. Anche per i livelli calcarenitici, descritti come substrato granulare cementato stratificato (GRS), i valori di velocità V_s , dedotti tramite indagini di tipo down-hole, risultano compatibili con quelli ottenuti dalle indagini SASW che forniscono valori compresi tra 400 e 760 m/s.

Per quanto riguarda i terreni di copertura alluvionali, le indagini SASW assegnano valori di V_s che ricadono in un range compreso tra 110 e 300 m/s. Una breve precisazione va fatta per quanto riguarda l'attendibilità di due indagini SASW, 087049L24SASW23 e 087049L24SASW24, per le quali sono stati forniti valori delle velocità V_s anormalmente identici.

E' interessante notare che i valori sopra esposti, anche quando riferibili ai terreni assegnati al substrato geologico, non permettono di identificare, nei primi 24 metri di profondità, il substrato rigido, ad eccezione di due casi, relativi rispettivamente alla indagine down-hole 087049P43 e SASW 087049L34, in cui ad una profondità di circa 20 m si raggiungono velocità pari o comunque prossime a 900 m/s.

Il dettaglio delle prove Down-hole e SASW disponibili, al fine di collegare i valori ottenuti alle stratigrafie dei diversi sondaggi, sono state sintetizzate nell'**Allegato 2** (Tabb. 6-26).

Per quanto concerne la determinazione delle frequenze di sito, precedenti misure di tremore ambientale (43), commissionate dal comune di Scordia e finalizzati a studi di "Microzonazione sismica", sono pervenuti durante la fase di acquisizione dati. I dati forniti, però, mancando della risultante delle due componenti orizzontali N-S e E-W, non hanno permesso di ottenere il valore delle frequenze di amplificazione, e per questa ragione non sono stati inseriti nei database compilati nel corso del presente studio di Microzonazione Sismica. Al fine di non scartare del tutto i dati forniti si è cercato di



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

ottenere comunque i valori delle frequenze significative di ogni sito di misura; per far ciò sono state comparate le frequenze relative alle due componenti orizzontali e sono state considerate come attendibili e significative quelle con valori equivalenti o comunque decisamente comparabili. Le frequenze caratteristiche più attendibili ottenute da questo intervento presentano valori compresi tra 0.4 e 10.0 Hz, con massime concentrazioni di valori in range compreso tra 0.4 e 4.8 Hz. Nell'area di studio del comune di Scordia sono state realizzate 20 misure di microtremore ambientale (noise), 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 3** alla presente relazione. Considerando le misure alle quali è stata associata un attendibilità inferiore a 3 (1 = alta, 2 = media), i risultati ottenuti indicano che le frequenze di risonanza sono quasi del tutto comprese tra 0.44 e 4.53 Hz, a meno di alcuni siti in cui i picchi massimi vengono raggiunti a frequenze maggiori (087049P155 = 11,53; 087049P161 = 20). Tali amplificazioni, molto variabili da punto a punto, con picchi massimi registrati nelle aree di affioramento delle coperture con caratteristiche meccaniche più scadenti, sono associate a frequenze proprie di oscillazioni differenti, riferibili a discontinuità stratigrafiche ubicate a profondità differente, da sito a sito.

5. Modello del sottosuolo

Il modello geologico ricostruito per il territorio comunale di Scordia, la cui geometria è stata già ampiamente descritta nei paragrafi precedenti, è stato essenzialmente basato sui rilievi di superficie e tarato, per quanto attiene lo spessore dei livelli più superficiali, con le stratigrafie dei sondaggi disponibili. Con queste premesse è stato possibile ricostruire le successioni stratigrafiche, tipiche dei differenti settori, da utilizzare per definire il comportamento omogeneo delle varie zone (v. carta delle zone omogenee in prospettiva sismica).

La varietà laterale della successione stratigrafica è dovuta al differente substrato geologico nelle aree a nord e a sud della faglia bordiera del Graben di Scordia–Lentini cui si associano localmente differenti geometrie dei terreni di copertura. Va sottolineato che solo in due casi le indagini geofisiche disponibili indicano la presenza del bedrock sismico ($V_s > 800\text{m/s}$), sia sulle calcareniti organogene che sull'alternanza lave–calcareniti, a nord della faglia. In particolare, in base alle indagini disponibili, nei settori settentrionali le calcareniti organogene hanno velocità delle onde sismiche di taglio comprese tra 400 e 870 m/s circa, fino a 20 m di profondità. Indagini di laboratorio disponibili su campioni prelevati tramite saggi alla profondità di 0,5 m dal piano campagna, indicano valori del peso di volume, compresi tra 2,059 e 2,089 g/cm³ e valori di rottura a compressione monoassiale compresi tra 116 e 130 kg/cm² circa.

A sud, invece, dove il substrato geologico è costituito da argille, il bedrock sismico va ricercato a profondità maggiori. Le velocità delle onde di taglio disponibili sono comprese tra i 200 e i 500 m/s, escludendo il sovrastante orizzonte di alterazione nei primi metri, con V_s che diminuiscono fino a 100–200 m/s.

In queste zone si sono registrati sia effetti di amplificazione del microtremore ambientale a basse frequenze, relative al contatto tra livelli argillosi superficiali e il



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

bedrock sepolto, sia effetti locali a più alta frequenza, legati al contrasto di impedenza sismica tra coperture con scarsissime caratteristiche meccaniche e il substrato geologico argilloso. A nord della faglia, laddove il substrato è costituito dalle calcareniti clinostratificate e ialoclastiti, coperti localmente da spessori inferiori ai 20 m di argille e inferiori ai 10 m depositi alluvionali, si hanno amplificazioni a basse frequenze $<$ di 4 Hz circa ad eccezione di effetti locali di alte frequenze (20 Hz). L'effetto di amplificazione misurato sul substrato affiorante, associato a frequenze di oscillazioni basse, sembrerebbero suggerire la presenza del bedrock sismico a profondità maggiori di 50 m.

In generale, la geologia di superficie risulta indicativa delle zone passibili di amplificazioni con frequenze più elevate. La delimitazione in pianta delle zone soggette a potenziali amplificazioni a più bassa frequenza non seguono necessariamente limiti geologici esposti in superficie, ma in molti casi le zone sono delimitate da aree derivanti dall'interpolazione dei dati di sottosuolo, con gradi di incertezza funzione della densità delle informazioni.

Va rilevato, infine, che gran parte delle coperture alluvionali interessano il settore a sud della faglia, dove si registra, conseguentemente, la maggiore articolazione della geometria di sottosuolo nelle ultime decine di metri, con passaggi laterali anche bruschi tra orizzonti di copertura caratterizzati da V_s variabili da 350 m/s, del tutto confrontabili con quelle delle sottostanti argille del substrato, a 50 m/s, con effetti locali molto differenziati.

6. Interpretazioni ed incertezze

Il modello geologico ricostruito sulla base della revisione dei rilievi geologici condotti per la realizzazione di studi precedenti, tra cui uno studio di microzonazione sismica, realizzato a seguito dell'evento sismico del 13 dicembre del 1990, ha trovato puntuale riscontro nelle stratigrafie dei sondaggi disponibili per l'area. La validità della ricostruzione della geometria in sottosuolo dei diversi orizzonti stratigrafici affioranti è risultata inoltre coerente con le profondità cui sono stati prelevati i campioni assegnati alle diverse unità litotecniche (vedi tabelle **Allegato 2**).

Un punto di debolezza dello studio risiede nella disomogenea distribuzione dei dati di sottosuolo resi disponibili dagli Enti, concentrati in 3 distinte zone dell'abitato (vedi Fig. 2), che hanno impedito una verifica puntuale del modello geologico sull'intera area.

Rimane, dunque, scoperta gran parte dell'area di studio, per cui andrebbero sicuramente prima poste in attenzione le zone maggiormente urbanizzate. Tra queste vi è il settore settentrionale del centro urbano principale, in cui è presente un terrazzo alluvionale le cui caratteristiche non sono state indagate, l'area di Scordia Alta, a nord-ovest, in cui si è avuta una recente espansione urbanistica, caratterizzata dalla presenza principalmente delle calcareniti pleistoceniche e delle ialoclastiti (**GRS**), le aree urbane di della zona di Contrada Barona, dove sono presenti calcarenti e sabbie organogene a contatto con le argille ricoperte da alluvioni, e di Poggio Cittadino, dove nel PAI viene segnalata la presenza di un dissesto sulle argille.

Nelle successive fasi di approfondimento andrebbero, dunque, caratterizzate dal punto di vista geotecnico e geofisico le unità ricadenti in tali zone. Inoltre, le lacune di conoscenza hanno impedito la definizione, all'interno del centro urbano e nella zona di Scordia Alta a nord-ovest, di aree di affioramento del substrato rigido con caratteristiche tali da rendere le aree stabili da un punto di vista sismico.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Ulteriori approfondimenti andrebbero sicuramente riservati agli affioramenti dei depositi alluvionali, che si sviluppano nelle zone meridionali del centro urbano e che dovrebbero essere meglio caratterizzati dal punto di vista granulometrico, in quanto i dati di sottosuolo disponibili indicano la presenza di una falda in depositi sabbioso-limosi (SM nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica).

7. Metodologie di elaborazione e risultati

I dati di base utilizzati per il presente studio sono stati forniti dall'amministrazione comunale di Scordia. Gli elaborati cartografici, realizzati a scala 1:5.000, riguardano diversi aspetti dell'assetto geologico dell'area comunale (geologia, geomorfologia e tettonica). 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.

E' da segnalare che, per quanto riguarda la mappatura dei terreni affioranti e dei principali lineamenti tettonici, a seguito di accurate verifiche di terreno unitamente all'analisi di aerofotogrammetrie, si è dovuto procedere ad una sostanziale revisione dei dati forniti. In questo senso, un ruolo fondamentale è stato rivestito sia dalle indagini puntuali (principalmente sondaggi a carotaggio continuo, pozzi per acqua, dow-hole e prove penetrometriche) che dalle indagini lineari (principalmente sismica a rifrazione e SASW) messe a disposizione dall'amministrazione comunale di Scordia, 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, con un'accuratezza variabile in base alla densità delle indagini a disposizione, 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 (laddove si dispone delle analisi di laboratorio di campioni indisturbati), profili di velocità delle onde s (V_s)(solo in presenza di indagini geofisiche a supporto). Per quanto riguarda l'amplificazione per effetti topografici e morfologici viene proposta una procedura che, a partire dal Modello Digitale del Terreno (DEM) e attraverso una serie di elaborazioni effettuate utilizzando software GIS, consente di identificare quei pendii caratterizzati da una inclinazione $> 15^\circ$ e da un dislivello superiore a circa 30 m. Il primo step di tale procedura consiste nell'elaborazione di una carta delle inclinazioni in cui vengono distinti due campi con inclinazione minore e maggiore di 15° (Fig. 18). 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. 19). Infine combinando le due carte fin qui elaborate, si ottiene la carta dell'amplificazione topografica (Fig. 20), in cui sono evidenziati quei pendii con dislivello > 30 m e inclinazione $> 15^\circ$. Risulta evidente che tali pendii sono concentrati nel settore occidentale dell'area di studio, immediatamente ad ovest del centro abitato, dove le calcareniti pleistoceniche sono profondamente incise dai corsi d'acqua. In questa zona sono stati dunque realizzate due sezioni topografiche in scala 1:5.000 (Allegato 4), dirette NE-SO e NO-SE, come richiesto negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008). Una

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
terza sezione, diretta NNO–SSE, è stata ubicata nel settore nord-orientale, dove le
calcareniti hanno subito una incisione meno marcata (Fig. 19).

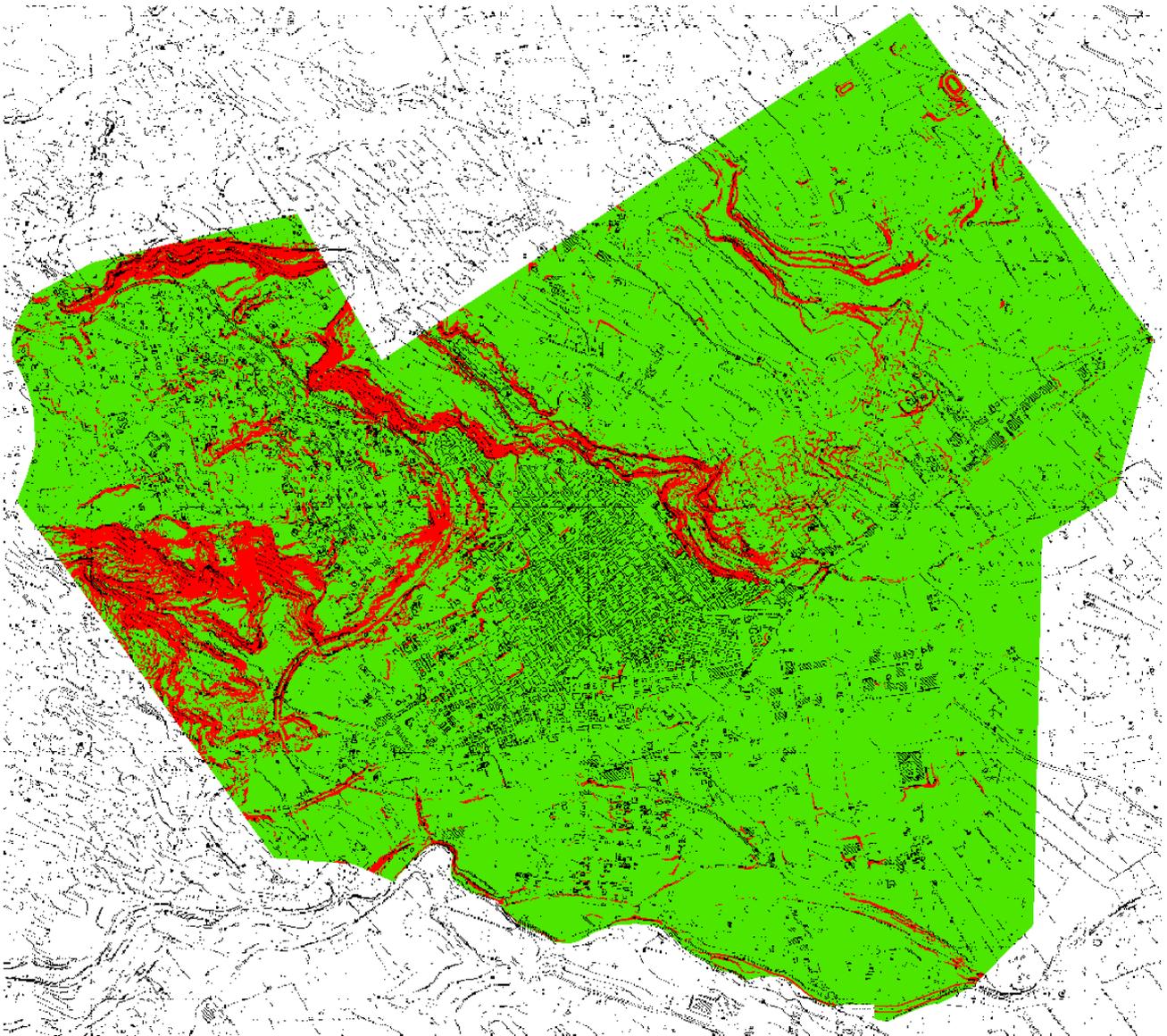


Fig. 18 – Carta delle inclinazioni dell'area di studio. Sono distinte inclinazioni $< 15^\circ$, in verde, e $> 15^\circ$, in rosso.

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

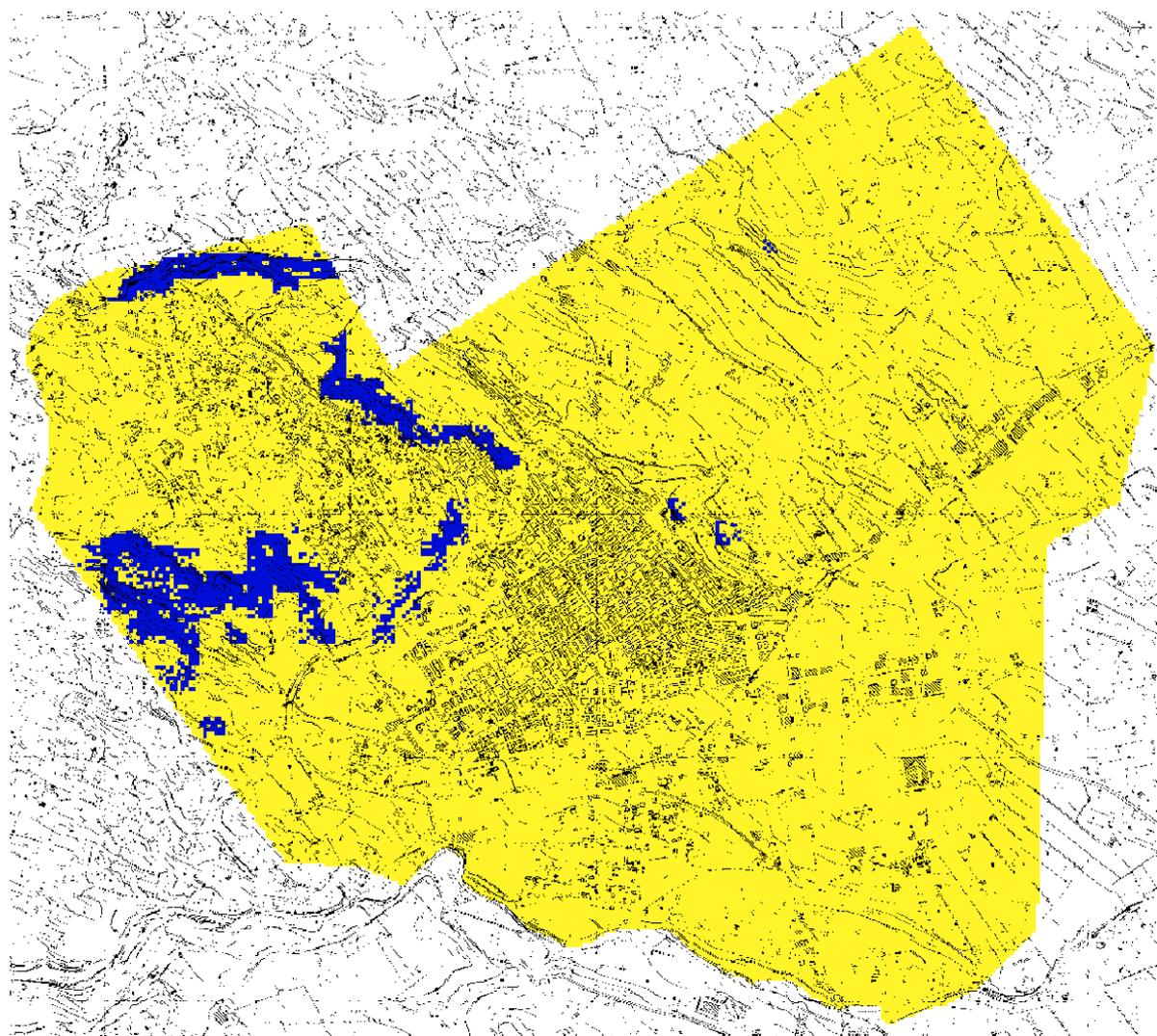


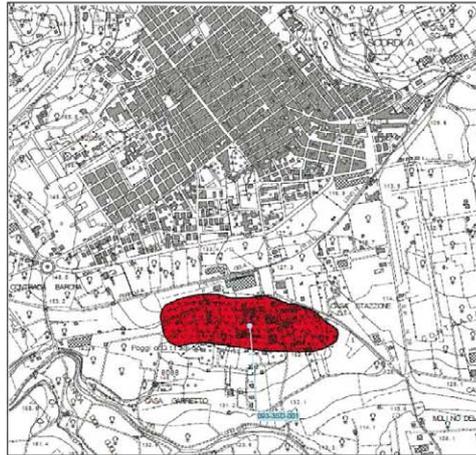
Fig. 20 - Carta dell'amplificazione topografica dell'area di studio . Le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografica sono evidenziate in blu.

Per quanto riguarda le instabilità manifeste e potenziali, si è fatto riferimento agli studi pregressi del PAI (Fig. 21) che hanno trovato riscontro anche dalle analisi morfologiche condotte nell'area tramite analisi di fotogrammetrie e verifiche di terreno.

*Stralcio carta dei dissesti e della carta della pericolosità e del rischio del PAI Sicilia
Comune di Scordia*

Area territoriale del bacino del Fiume San Leonardo (093)

Stralcio della "Carta dei dissesti N° 10" (SS D 640110)



Stralcio della "Carta della pericolosità e del rischio N° 10" (SS P-R 640110)

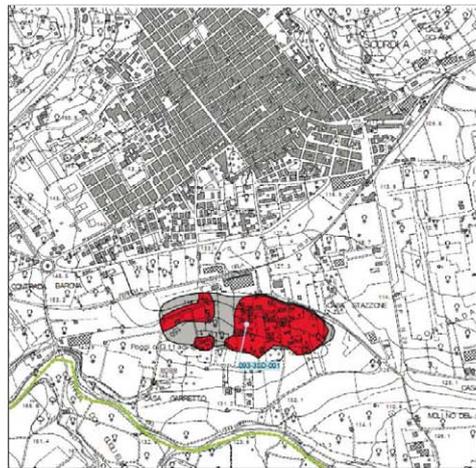


Fig. 21 - Stralcio della "Carta dei dissesti N° 10" (SS D 640110) e della "Carta della pericolosità e del rischio N°10 (SS P-R 640110) del PAI.

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

Nella “Carta dei dissesti” del PAI viene riportato un solo dissesto, indicato con il codice 093-3SD-00: zona sud abitato “Poggio Cittadino” (“ID_i = 1” della feature class “Instab”). All’area interessata dalla frana, ubicata a sud del centro abitato nella zona di Poggio Cittadino, viene assegnato un livello di pericolosità elevato (P3) e un livello di rischio molto elevato (R4). Il dissesto, che coinvolge le Argille grigio azzurre, viene descritto come <<un lento movimento gravitativo del terreno, il quale nel tempo ha provocato notevoli danni ad alcune abitazioni e alle strade che percorrono il versante>> (Fig. 22).



Fig. 22 – Fratture nel manto stradale a Poggio Cittadino. Dal Piano Stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana – Relazione generale.

Nello studio geologico a supporto degli studi di microzonazione sismica non è stato cartografato alcun dissesto. Nel presente studio si è fatto, dunque, riferimento alla classificazione adottata dal PAI, in cui la frana viene catalogata come uno scorrimento e considerata a tutt'oggi attiva. Inoltre, alla zona segnalata dal PAI sono state aggiunte quelle aree, localizzate nei pressi di Case Mangano, in cui le calcareniti formano delle superfici pianeggianti lungo i cui bordi si sono verificati dei crolli, testimoniati dalla presenza di blocchi rocciosi ai piedi delle scarpate. Un'altra zona potenzialmente soggetta a cedimenti differenziali si può individuare nel settore NE dell'area di studio, dove le due faglie presenti (vedi capitolo 3) mettono bruscamente a contatto due unità litologiche a competenza estremamente diversa, quali le calcareniti pleistoceniche, molto fratturate a causa del disturbo tettonico e le Argille grigio-azzurre. In questo studio è stata dunque segnalata una fascia, ampia 10 metri, che si sviluppa interamente nel blocco letto delle faglie, dove affiorano le calcareniti.

Infine, poco più a sud del cimitero nuovo, i rilievi di campagna hanno evidenziato la presenza di cavità nelle calcareniti pleistoceniche (Fig. 23) non riportate nella cartografia esistente (ad es. "Portale del Servizio Geologico d'Italia" dell'ISPRA).



Fig. 23 – Cavità nelle calcareniti pleistoceniche a sud del cimitero nuovo di Scordia.

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

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. 24):

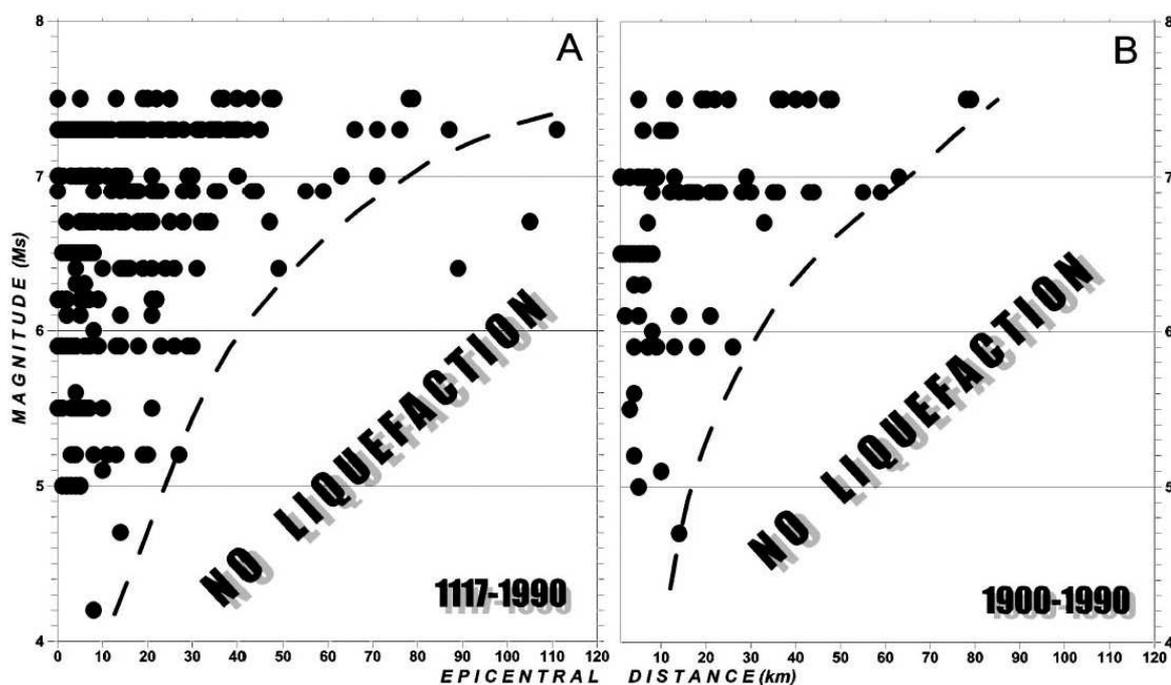


Fig. 24 - Distribuzione di fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, in termini di Magnitudo e distanza epicentrale, per i periodi 1117–1990 e 1900–1990. (da Galli, 2000).

Nell'ambito della zonazione sismogenetica dell'area italiana (Gruppo di lavoro, 2004), il territorio comunale di Scordia, così come gran parte della regione iblea, ricade all'interno della zona 935 (Fig. 25). 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 (CPTI Working Group, 2008) 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). La versione più recente del DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) riporta, nei pressi dell'abitato di Scordia, due sorgenti sismogeniche (Fig. 12): la sorgente "ITCS035– Ragusa–Palagonia", orientata circa N–S e caratterizzata da una sismicità medio–bassa ($M_{max}=5.6$) e la sorgente (ITCS036– Monte Lauro), con direzione NE–SO ed immersione verso SE, per la quale viene ipotizzata una $M_{max}=6.6$, rappresentando dunque una possibile alternativa alla Scarpata Ibleo-Maltese, per l'evento catastrofico del 1693. In ogni caso, possiamo concludere che il possibile verificarsi di eventi sismici di Magnitudo compresa tra 6 e 7 ad una distanza epicentrale inferiore ai 50 km potrebbe innescare nell'area oggetto di studio fenomeni di liquefazione, in presenza di terreni sciolti (sabbie o ghiaie) e di una falda superficiale. Ciononostante non si è ritenuto necessario segnalare aree potenzialmente soggette a tale fenomeno, per i seguenti motivi:

- Le cronache storiche non riportano alcuna notizia riguardo fenomeni di liquefazione.
- Limitata presenza di terreni alluvionali favorevoli al verificarsi di tale fenomeno (vedi Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica).

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

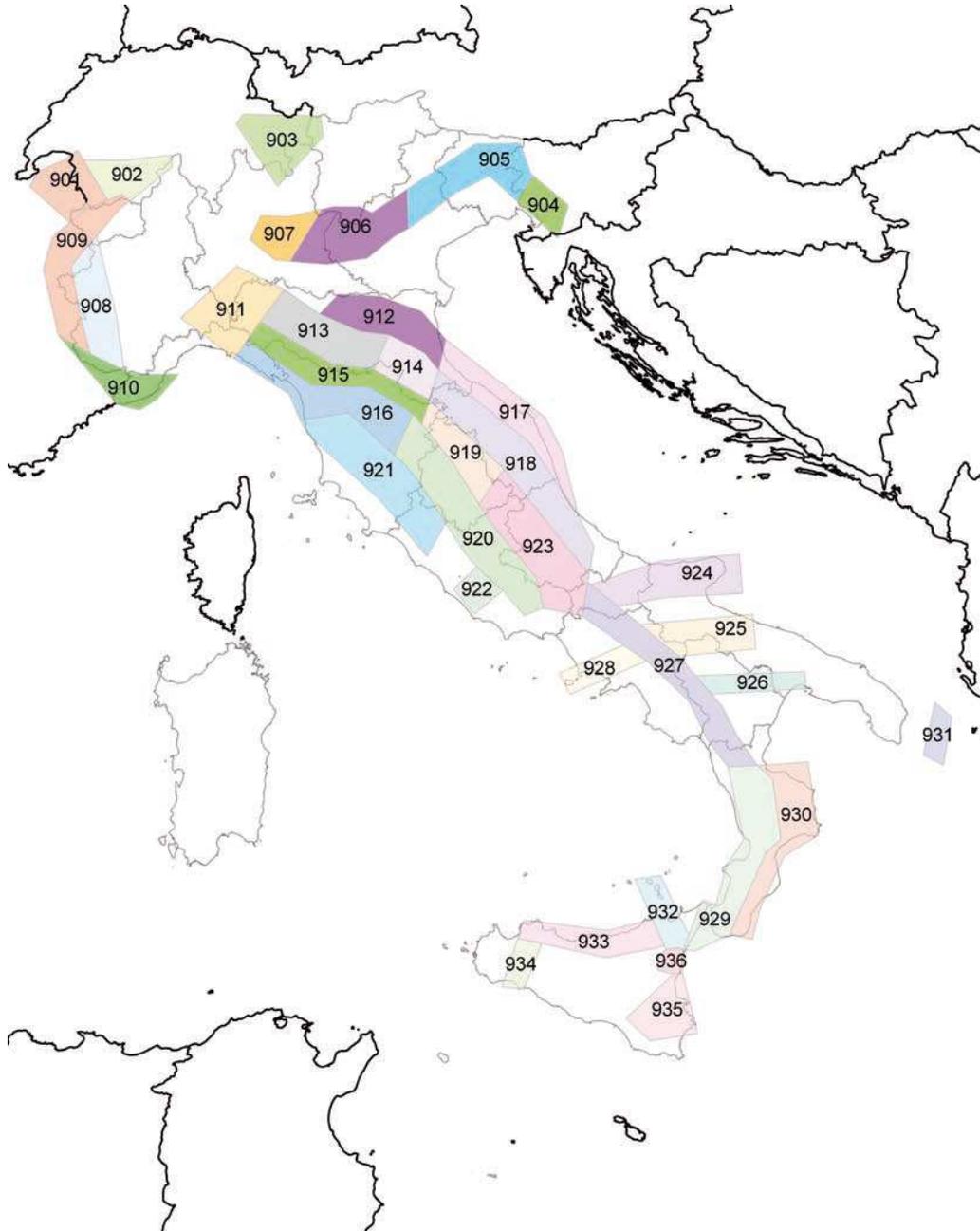


Fig. 25 - Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

- Nella cartografia esistente (Aureli et al., 1989) non viene segnalata la presenza di alcuna falda acquifera superficiale.

Va comunque segnalato che in un'area molto ristretta a sud del centro abitato, dove affiorano terreni alluvionali terrazzati, i dati di sottosuolo indicano la presenza di una falda in depositi sabbioso-limosi (SM nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica), che potrebbe determinare condizioni predisponenti a locali 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

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Scordia si riferiscono ad indagini puntuali, eseguite per lo più in foro ad eccezione delle prove e analisi di laboratorio, cui si aggiungono indagini lineari, esclusivamente di tipo geofisico. I dati messi a disposizione, unitamente a quelli provenienti da nuove e specifiche indagini effettuate sono stati analizzati, archiviati in un database di Access denominato “Cdl_tabelle” e rappresentati secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II”. All'interno del database sono stati inseriti 168 “Siti_puntuali” (148 relativi a dati pregressi e 20 a misure HVSR realizzate dall'Università di Catania nel corso del presente studio).

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

Per quanto riguarda le “Indagini_puntuali”, sono state inserite 199 indagini appartenenti a diverse classi:

- “Geologia” – a questa classe appartengono i sondaggi a carotaggio continuo e quelli con prelievo di campioni.
- “Geotecnica di laboratorio” – si tratta di analisi su campione volte a determinare il peso dell’unità di volume (PV), l’indice dei vuoti (E1) e il contenuto d’acqua (W) (vedi **Allegato 2**). Si segnala il prelievo di un campione nell’indagine “087049P32SC33” e di due campioni dell’indagine “087049P42SC56”, per i quali mancano i risultati delle prove di laboratorio.
- “Idrogeologia” – consta di 5 pozzi per acqua da cui è possibile ricavare informazioni sulle unità litologiche attraversate (conseguentemente sulla litologia dell’acquifero) e sulla soggiacenza della falda.
- “Geotecnica in sito” – si tratta di 13 prove penetrometriche dinamiche (SPT) e 58 prove penetrometriche leggere (DL) (vedi **Allegato 2**), per 19 delle quali non è stato possibile ricavare il parametro SPT in quanto non viene specificata la tipologia dello strumento utilizzato. Per le restanti DL, facendo riferimento alla FAQ della Regione Abruzzo (quesito 14), il parametro di correlazione utilizzato per convertire Ndp a Nspt è stato posto uguale a 1.
- “Geofisica” – si tratta di down-hole (vedi **Allegato 2**) e HVSr. Si sottolinea la scarsa leggibilità di tutte le misure HVSr pregresse in quanto sono state effettuate separando le due componenti (N-S e E-O) del moto del suolo, mentre 7 nuove misure non hanno fornito una registrazione ottimale.

E' da rimarcare l'esistenza di diversi sondaggi a carotaggio continuo e di prove di laboratorio su campioni che non sono stati utilizzati nel presente studio perché privi di informazioni relative alla loro ubicazione.

Per quanto riguarda le "Indagini_lineari", sono state inserite 36 indagini geofisiche. Tra queste si distinguono 16 SASW, che forniscono informazioni dettagliate riguardo la velocità delle unità litologiche attraversate (vedi **Allegato 2**), in buon accordo con i valori ottenuti tramite indagini down-hole. Si sottolinea che le SASW "087049L23SASW23" e "087049L23SASW24", non sono state considerate attendibili in quanto riportano identici valori delle Vs dei terreni attraversati, pur essendo caratterizzati da parametri fisici (ad es. spessore e peso di volume) e elastici (ad es. rigidità) diversi tra loro.

Infine, le restanti 20 indagini geofisiche sono rappresentate da traverse sismiche a rifrazione. A causa della mancanza di misure di Vs (vengono fornite solo le Vp), tali indagini non sono state utilizzate per la definizione della profondità del bedrock sismico. Esse forniscono, altresì, informazioni utili per la caratterizzazione geometrica dei terreni di copertura.

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 è sovente ricoperto da suolo di alterazione e localmente da materiali di riporto.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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. Fanno eccezione gli orli di scarpata morfologica che si osservano dove l'incisione fluviale ha profondamente eroso le calcareniti pleistoceniche.

E' infine da rimarcare che, nel settore sud del centro abitati svariati sondaggi hanno interessato le calcareniti organogene clinostratificate. Essi sono stati classificati come sondaggi che hanno raggiunto il substrato geologico rigido, malgrado vi siano incertezze legate all'assenza di indagini che permettano di definire effettivamente «rigido» tale substrato geologico.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

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

1. **zone stabili** in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante. In queste zone gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;

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

Nel presente studio, i dati in nostro possesso, non hanno consentito l'identificazione di zone stabili anche laddove affiorano le calcareniti clinostratificate. Infatti, i dati geofisici relativi a tale formazione indicano che nei primi 20m di profondità non si raggiungono Vs tali da poter individuare il bedrock sismico. Sono state invece istituite 11 zone stabili suscettibili di amplificazione:

- **Zona 0** – Colate laviche molto fratturate sia per accentuata fessurazione colonnare che, localmente, per fratturazione tettonica, e calcareniti organogene fratturate lungo zone di faglia (spessore >50m).
- **Zona 1** – Substrato geologico molto fratturato in pendio con inclinazione >15° e dislivello >30m, costituito da colate laviche molto fratturate sia per accentuata fessurazione colonnare che, localmente, per fratturazione tettonica, e calcareniti organogene fratturate lungo zone di faglia.
- **Zona 2** –Substrato geologico (a) costituito da calcareniti organogene clinostratificate e ialoclastiti in cui, dalle indagini disponibili, si hanno velocità Vs<800m/s fino a circa 20m di profondità, e amplificazioni da indagini HVSR (spessore massimo affiorante di circa 90m), o substrato geologico (b) costituito da un'alternanza di litotipi rappresentata da lave fratturate e calcareniti (spessore massimo affiorante di circa 25m), in cui l'unica indagine geofisica disponibile (087049L34) per tali litotipi, indica



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

un livello superficiale pari a circa 8 m con velocità $V_s < 550 \text{ m/s}$, mentre per profondità maggiori si hanno velocità $V_s > 800 \text{ m/s}$.

- **Zona 3** – Substrato geologico costituito da calcareniti organogene clinostatificate e ialoclastiti in pendio con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello $> 30 \text{ m}$.
- **Zona 4** – Substrato geologico non rigido costituito da argille grigio-azzurre. Spessore fino a 60m (087049P37).
- **Zona 5** – Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie argillose e miscela di sabbia e argilla (spessore $< 10 \text{ m}$) poggianti su un substrato geologico costituito da calcareniti organogene clinostatificate e ialoclastiti in cui, dalle indagini disponibili, si hanno velocità $V_s < 800 \text{ m/s}$ fino a circa 20m di profondità, e amplificazioni da indagini HVSr (spessore massimo affiorante di circa 90m).
- **Zona 6** – Depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie argillose e miscela di sabbia e argilla (a), depositi alluvionali recenti e attuali costituiti da ghiaie argillose e miscele di ghiaia, sabbia e argilla (b), terrazzi alluvionali e depositi recenti e attuali costituiti da argille limose e limi argillosi con ghiaia (c) (spessori $< 10 \text{ m}$), poggianti su un substrato geologico non rigido costituito da argille grigio-azzurre (spessore fino a 60m circa).
- **Zona 7** – Materiale di riporto e di risulta, rilevati e discariche in matrice generalmente sabbiosa (spessore di circa 3m) poggianti su un substrato geologico costituito da calcareniti organogene clinostatificate e

ialoclastiti in cui, dalle indagini disponibili, si hanno velocità $V_s < 800 \text{ m/s}$ fino a circa 20m di profondità, e amplificazioni da indagini HVSR (spessore massimo affiorante di circa 90m).

- **Zona 8** – Depositi alluvionali terrazzati, recenti e attuali costituiti da ghiaie argillose e miscele di ghiaia, sabbia e argilla (spessore $< 10 \text{ m}$) poggianti o su un substrato geologico (a) costituito da calcareniti organogene clinostratificate e ialoclastiti in cui, dalle indagini disponibili, si hanno velocità $V_s < 800 \text{ m/s}$ fino a circa 20m di profondità, e amplificazioni da indagini HVSR (spessore massimo affiorante di circa 90m) o su un substrato geologico (b) costituito da un'alternanza di litotipi rappresentato da lave fratturate e calcareniti (spessore massimo affiorante di circa 25m), in cui l'unica indagine geofisica disponibile (087049L34) per tali litotipi, indica un livello superficiale pari a circa 8 m con velocità $V_s < 550 \text{ m/s}$, mentre per profondità maggiori si hanno velocità $V_s > 800 \text{ m/s}$.
- **Zona 9** – Materiale di riporto e di risulta, rilevati e discariche in matrice generalmente sabbiosa (spessore di circa 3m) poggianti su un substrato geologico non rigido costituito da argille grigio-azzurre (spessore fino a 60m circa).
- **Zona 10** – Terrazzi alluvionali e depositi recenti e attuali costituiti da argille limose e limi argillosi con ghiaia (spessori $< 10 \text{ m}$) poggianti su colate laviche molto fratturate sia per accentuata fessurazione colonnare che, localmente, per fratturazione tettonica, e calcareniti organogene fratturate lungo zone di faglia (spessore $> 50 \text{ m}$).
- **Zona 11** – Terrazzi alluvionali e depositi recenti e attuali costituiti da argille limose e limi argillosi con ghiaia (spessori $< 10 \text{ m}$) poggianti su un substrato geologico costituito da calcareniti organogene clinostratificate e ialoclastiti in cui, dalle indagini disponibili, si hanno velocità



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

$V_s < 800 \text{ m/s}$ fino a circa 20m di profondità, e amplificazioni da indagini HVSR (spessore massimo affiorante di circa 90m).

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

9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati

La città di Scordia, 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 Scordia (Fig. 26), l'evento sismico del 1693 ha raggiunto intensità I(MCS) di X-XI.

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
9-10	<u>1693 01 11 13:30</u>	Sicilia orientale	185	11 7.41 ±0.15
7-8	<u>1818 03 01 02:45</u>	Monti Iblei	24	7-8 5.51 ±0.65
4-5	<u>1878 10 04 00:46</u>	Mineo	7	5-6 4.39 ±0.65
4-5	<u>1894 11 16 17:52</u>	Calabria meridionale	303	9 6.07 ±0.10
4-5	<u>1895 04 13 15:01</u>	Vizzini	32	6-7 4.89 ±0.45
NF	<u>1898 08 12</u>	ROMETTA	69	6-7 4.89 ±0.22
4	<u>1898 11 03 05:59</u>	Caltagirone	48	5-6 4.80 ±0.30
F	<u>1903 02 10 08:04</u>	NOTO	10	5-6 4.58 ±0.62
NF	<u>1905 09 08 01:43</u>	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
6	<u>1908 12 28 04:2</u>	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15
F	<u>1924 08 17 21:40</u>	MONTI IBLEI	22	5 4.73 ±0.24
NF	<u>1947 05 11 06:3</u>	Calabria centrale	254	8 5.70 ±0.13
6-7	<u>1959 12 23 09:29</u>	PIANA DI CATANIA	108	6-7 5.29 ±0.20
4	<u>1978 04 15 23:3</u>	Golfo di Patti	332	6.06 ±0.09
2-3	<u>1980 01 23 21:2</u>	MODICA	122	5-6 4.58 ±0.14
6-7	<u>1990 12 13 00:2</u>	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09
NF	<u>2001 01 09 02:51</u>	ZAFFERANA ETNEA	104	6 3.71 ±0.26
3	<u>2004 12 30 04:0</u>	Monti Iblei	49	5 4.17 ±0.17

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

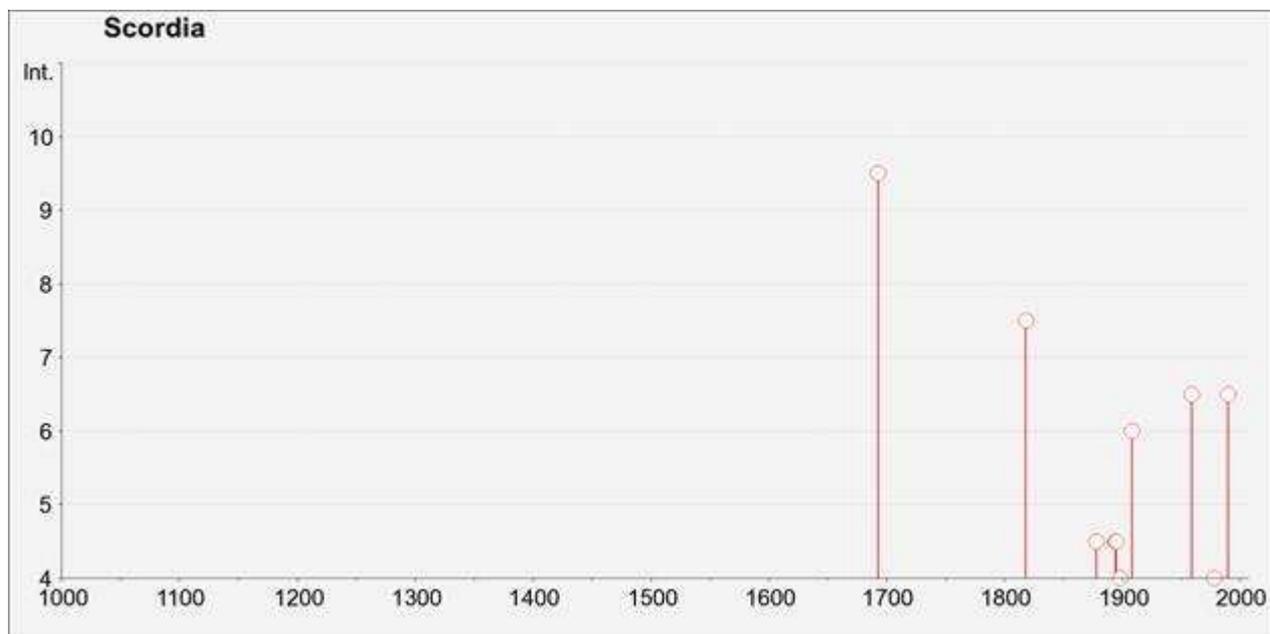


Fig. 26 – Grafico relativo alla sismicità storica del comune di Scordia dal Database macrosismico italiano 2011 (DBMI11, Locati et al., 2011).

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).

Nel 1693 si verificarono due forti eventi sismici a distanza di pochi giorni, il 9 gennaio e l'11 gennaio. La seconda scossa dell'11 gennaio (Sicilia orientale) provocò la rovina di due terzi delle abitazioni mentre le rimanenti furono notevolmente danneggiate. L'evento del 1818 (Monti Iblei) di I(MCS) VII, provocò notevoli danni a case e chiese, ma non causò crolli.

Il terremoto del 13/12/1990 con epicentro a nord-est di Brucoli, di magnitudo $M > 5$, di I(MCS) VI-VII causò danni alla sede della guardia medica, alla stazione ferroviaria

e ad un edificio di tre piani in seguito evacuato. Si ebbero lesioni al palazzo municipale e la scuola maggiormente danneggiata fu il Liceo "E. Majorana". Danni gravissimi si verificarono alle case popolari di Contrada Ponticelli. Da un confronto con la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica si può osservare come i maggiori danni segnalati siano localizzati a sud del centro abitato, all'interno della **Zona 6**, laddove i depositi alluvionali sabbioso-argillosi poggiano su un substrato geologico non rigido, costituito dalle Argille grigio azzurre.

10. Bibliografia

Aureli A., Adorni G., Chiavetta A.F.; Fazio F., Fazzina S., Messineo G.; 1989 - Carta della Vulnerabilità delle falde idriche. Settore nord orientale ibleo (Sicilia N.E.). S.EL.Ca, Firenze.

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

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

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

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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

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.

Bousquet, J.C., Lanzafame, G., 2004. Compression and Quaternary tectonic inversion on the Northern edge of the Hyblean Mountains, foreland of the Appenine-Maghrebic chain in Eastern Sicily (Italy): geodynamic implications for Mt. Etna. GeoActa, 3, 165–177.

Carbone S., Di Geronimo I., Grasso M., Iozzia S., Lentini F.; 1982 – I terrazzi marini quaternari dell'area iblea (Sicilia sud-orientale). C.N.R. – Progetto finalizzato geodinamica – Sottoprogetto neotettonica. Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n. 506, 1–35.

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.

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.

Di Geronimo I., Ghisetti F., Lentini F., Vezzani L.; 1978 – Lineamenti neotettonici della Sicilia orientale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19, 543–549.

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.

Ghisetti F., Vezzani L.; 1978 – Dati preliminary sulla neotettonica dei Fogli 252 (Naso), 253 (Castroreale), 254 (Messina–Reggio C), 261 (Bronte) e 262 (M. Etna). In: *Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. n. 155 del P.F. Geodinamica, 247–260.

Ghisetti F., Vezzani L.; 1980 – The structural features of the Hyblean Plateau and the Mount Judica area (South–Eastern Sicily): a microtectonic contribution to the deformational history of the Calabrian Arc. *Boll. Soc. Geol. It.*, 99, 55–102.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



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

Grasso M., Pedley H.M., Behncke B., Maniscalco R., Sturiale G.; 2004a – Integrated stratigraphic approach to the study of the Neogene–Quaternary sedimentation and volcanism in the northern Hyblean Plateau (Sicily). G. Pasquarè, C. Venturini & G. GropPELLI (Eds.) Mapping Geology in Italy, S.El.Ca. Firenze 2004: 159–166.

Grasso M., Behncke B., Di Geronimo I., Giuffrida S., La Manna F., Maniscalco R., Pedley H.M., Raffi S., Schmincke H.–U., Strano D., Sturiale G.; 2004b – Carta geologica del bordo nord–occidentale dell'Avampese Ibleo e del fronte della Falda di Gela. Scala 1:25.000. S.El. Ca, Firenze.

Grasso M., Lentini F., Carbone S.; 1987 – Carta geologica del settore nord – orientale ibleo (sicilia s.e.)[scala 1:50000]. Memorie della Società geologica italiana, vol. XXXVIII, fasc. unico, 1987.

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., Carbone S., Catalano S., Grasso M.; 1994 – Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord–orientale. Studi Geologici Camerti, volume speciale, 1995/2, 319–329.

Lentini F., Carbone S., , Grasso M.; 1984 – Carta geologica della Sicilia sud-orientale, scala 1:100.000. S.EL.Ca, Firenze.

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 uperamento 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.

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

Pedley H.M., Grasso M., Maniscalco R., Behncke B., Di Stefano A., Giuffrida S., Sturiale G.; 2001 – The sedimentology and palaeoenvironment of Quaternari temperate carbonates and their distribution around the northern Hyblean Mountains (SE Sicily). *Boll. Soc. Geol. It.*, 121, 233–255.

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

Rigano R., Lombardo G, Barbano M.S., Cosentino M., Distefano G.; 2006 –
Pericolosità e risposta sismica locale nell'area di Lentini (sicilia sud-orientale). Riassunti
estesi delle comunicazioni, GNGTS 25° Convegno Nazionale Roma 28-30 Novembre
2006, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 226-228.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M.; 2011 – CPT11, 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.

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

Tortorici G., De Guidi G., Sturiale G.; 2006 – Evoluzione tettonica quaternaria del margine settentrionale del Plateau Ibleo (Sicilia sud-orientale). Bollettino Società Geologica, 125, 21–37.

11. Allegati

Allegato 1 – Sezioni litotecniche

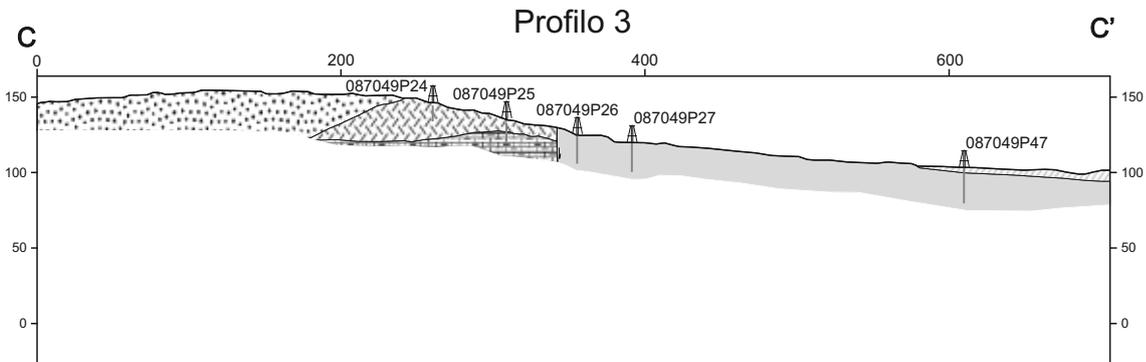
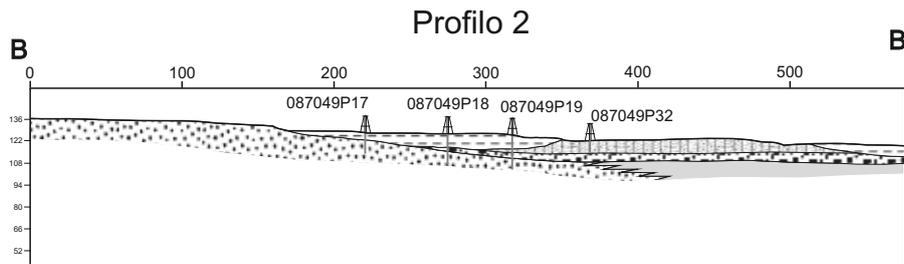
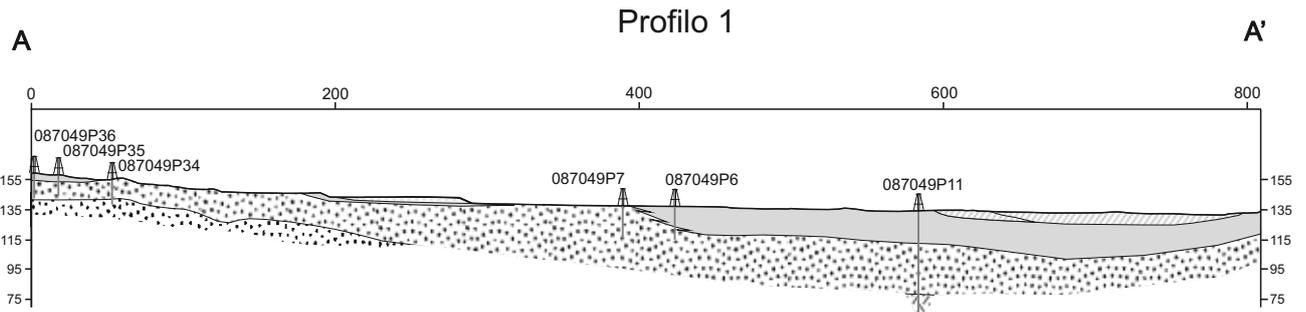
Allegato 2 – Dati geotecnici e geofisici

Allegato 3 – Misure di microtremore ambientale

Allegato 4 – Sezioni topografiche

Allegato 5 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Allegato 1 – Sezioni litotecniche



Legenda

Materiale di riporto costituito da terreni incoerenti inerti (Rlzz)

Prodotti di alterazione delle alluvioni recenti ed attuali, costituiti da limi organici e argille limose organiche (OLec)

Depositi alluvionali terrazzati costituiti da argille limose e limi argillosi (CLtf)

Depositi alluvionali terrazzati (SMtf) costituiti da sabbie fini limose, miscela di sabbia e limo

Depositi alluvionali terrazzati costituiti da ciottoli con ghiaia e sabbia (GW)

Alternanza di lave basaltiche frammiste a sabbie calcarenitiche e calcari argillificati e lave a blocchi (ALS)

Calcareni organogene, clinostratificate (GRS); ialoclastiti (GRS)

Lave bollose fratturate, lave a fessurazione colonnare (LP); substrato geologico rigido molto fratturato (SF)

Argille (NR)

Faglia

089011P24
Sondaggio stratigrafico

ALLEGATO 2: DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

ID_INDP	Litotipo	Prof. Camp. (m)	Parametri Analisi su campione (SM)		
			γ [PV (kN/m ³)]	e [E1]	W (%)
087049P40SC46	ARGILLE GRIGIO AZZURRE	10.00-10.50	19,61	0,73	27,05

Tab. 1: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni NR

ID_INDP	Litotipo	Prof. Camp. (m)	Parametri Analisi su campione (SM)			SPT	
			γ [PV (kN/m ³)]	e [E1]	W (%)	Prof. (m)	Valore
087049P32SPT35	SABBIA LIMOSO-ARGILLOSO					3.50-3.95	29
087049P41SC51	SABBIE LIMOSE GIALLASTRE CON MINUTI ELEMENTI LAPIDEI	4.00-4.50	18,04	1,075	38,72		
087049P41SPT53	SABBIE LIMOSE GIALLASTRE CON MINUTI ELEMENTI LAPIDEI					6.50-6.95	23
087049P41SPT54	SABBIE LIMOSE GIALLASTRE CON MINUTI ELEMENTI LAPIDEI					8.00-8.45	27
087049P42SPT57	SABBIE LIMOSE BRUNE CON ELEMENTI LAPIDEI DI PICCOLE DIMENSIONI CON UN LIVELLO DI GHIAIA NELL'INTERVALLO 4.50-5.00	4.40-4.90	17,94	1,053	37,58		
087049P42SPT58	SABBIE LIMOSE BRUNE CON ELEMENTI LAPIDEI DI PICCOLE DIMENSIONI CON UN LIVELLO DI GHIAIA NELL'INTERVALLO 4.50-5.01					3.50-3.95	29
087049P42SPT59	SABBIE LIMOSE BRUNE CON ELEMENTI LAPIDEI DI PICCOLE DIMENSIONI CON UN LIVELLO DI GHIAIA NELL'INTERVALLO 4.50-5.02					6.00-6.45	36
		Val. medi	17,99	1,064	38,15		

Tab. 2: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni SM

ID_INDPU	Litotipo	SPT	
		Prof. (m)	Valore
087049P33SPT38	SABBIA LIMOSO-ARGILLOSA	3.00-3.45	23

Tab. 3: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni SC

ID_INDPU	Litotipo	SPT	
		Prof. (m)	Valore
087049P42SC56	SABBIE BRUNE CON GHIAIA E CIOTTOLI VULCANICI A SPIGOLI SMUSSATI O ARROTONDATI	2.00-2.45	>50

Tab. 4: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni SP

ID_INDPU	Litotipo	Prof. Camp. (m)	SPT	
			Prof. (m)	Valore
087049P32SPT34	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO		1.50-1.95	6
087049P32SC33	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO	1.00-1.50		
087049P33SPT37	LIMO ARGILLOSO SABBIOSO		1.50-1.95	7
087049P40SPT47	LIMO SABBIOSO DI COLORE BRUNO SCURO, CON MINUTI ELEMENTI LAPIDEI		2.00-2.45	9
087049P40SPT48	LIMO SABBIOSO DI COLORE BRUNO SCURO, CON MINUTI ELEMENTI LAPIDEI		4.00-4.45	>59
087049P40SPT49	LIMI ARGILLOSI GIALLASTRI CON ABBONDANTI ELEMENTI LAPIDEI DI DIMENSIONI CENTIMETRICHE		7.50-7.95	27
087049P41SPT52	LIMO SABBIOSO DI COLORE BRUNO SCURO, CON MINUTI ELEMENTI LAPIDEI		2.00-2.45	11

Tab. 5: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni CL

Indagini *Down-hole* Scordia (per la localizzazione vedere la carta delle indagini)

087049P43DH132 Scordia						
Prof. (m)	Vp	Vs	CP	G	E	Litotipo
2	565,69	217,57	0,41	90,22	254,97	Terr. Veg/Arg
4	552,5	229,99	0,4	98,07	284,39	Arg
6	857,85	258,87	0,45	127,49	372,65	Arg
8	757,59	312,49	0,4	186,32	519,75	Arg az
10	956,19	468,74	0,34	421,68	1176,79	Arg az
12	972,25	429,75	0,38	353,04	980,66	Arg con lent calcaree
14	981,08	357,64	0,42	245,17	696,27	Arg con lent calcaree
16	1305,92	394,41	0,45	304,01	872,79	Calcareniti
18	1949,32	652,5	0,44	823,76	2353,6	Calcareniti
20	1962,21	784	0,41	1176,8	3334,26	Calcareniti
22	1970,98	873,37	0,38	1470	4020,72	Calcareniti
24	1977,16	790,4	0,4	1176,8	3334,26	Calcareniti

Tab. 6: Downhole Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049P44DH133 Scordia						
Prof. (m)	Vp	Vs	CP	G	E	Litotipo
2	471,4	157,13	0,44	45,11	127,49	Terr veg/sabbie
4	425,38	189,98	0,38	67,66	186,32	sabbie
6	461,12	281,58	0,2	147,1	362,84	sabbie
8	541,14	267,46	0,34	137,3	362,84	arg
10	932,91	461,96	0,34	402,07	1078,73	arg
12	775,39	324,24	0,39	196,13	558,98	arg/arg az
14	971,76	390,32	0,4	294,2	813,952	arg az
16	566,76	181,15	0,44	62,76	176,52	arg az
18	790,87	394,18	0,33	294,2	794,34	arg az
20	987,81	330,53	0,44	205,94	598,2	arg az
22	990,5	396,47	0,4	304	843,37	arg az
24	992,42	331,56	0,44	205,94	598,2	arg az

Tab. 7: Downhole Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049P45DH134 Scordia						
Prof. (m)	Vp	Vs	CP	G	E	Litotipo
2	269,37	131,55	0,34	33,34	89,24	Arg
4	604,5	212,9	0,43	87,28	245,17	Arg
6	571,9	182,17	0,44	63,74	186,33	Arg
8	884,11	325,71	0,42	205,94	578,59	Arg
10	760,77	315,84	0,4	196,13	539,37	Arg
12	958,71	383,38	0,4	284,39	794,34	Arg
14	1280,93	326,17	0,47	205,94	598,21	Arg/Arg az
16	1912,36	641,74	0,44	794,34	2353,6	Arg az/calcareniti

Tab. 8: Downhole Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049P46DH135 Scordia						
Prof. (m)	Vp	Vs	CP	G	E	Litotipo
2	353,55	188,56	0,3	60,8	156,9	Arg
4	273,51	152,72	0,27	40,2	98,07	Arg/Arg az
6	550,55	233,84	0,39	107,87	294,2	Arg az
8	714,06	222,82	0,45	96,1	274,59	Arg az
10	751,82	293,37	0,41	166,71	470,72	Arg az
12	1077,01	322,41	0,45	205,94	588,4	Arg az
14	712,1	188,86	0,46	68,65	205,94	Arg az
16	786,3	302,92	0,41	176,52	500,14	Arg az
18	982,73	393,31	0,4	304	843,37	Arg az
20	986,97	264,84	0,46	137,29	392,27	Arg az
22	989,87	360,38	0,42	254,97	715,88	Arg az

Tab. 9: Downhole Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049P47DH136 Scordia						
Prof. (m)	Vp	Vs	CP	G	E	Litotipo
2	514,26	157,13	0,45	64,09	137,29	Arg
4	434,03	189,98	0,38	67,66	186,33	Arg
6	521,4	263,95	0,33	137,29	353,04	Arg/Arg az
8	480,82	285,58	0,23	156,9	382,46	Arg az
10	935,19	461,96	0,34	411,88	1078,73	Arg az
12	960,04	324,24	0,44	205,94	578,59	Arg az
14	973,44	390,32	0,4	29,42	823,76	Arg az
16	442,6	181,15	0,4	62,76	176,52	Arg az
18	790,87	394,18	0,33	304	823,76	Arg az
20	987,81	330,53	0,44	215,75	617,819	Arg az
22	990,5	396,47	0,4	313,81	872,79	Arg az
24	992,42	331,56	0,44	215,75	627,62	Arg az

Tab. 10: Downhole Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

Indagini SASW Scordia (per la localizzazione vedere la carta delle indagini)

087049L21SASW21 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidità(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	120	30,12	0,15	0,15	2,09	307,1	Calcareniti	GRS
2	202	85,34	0,35	0,2	2,09	870,2	Calcareniti	GRS
3	404	341,35	1,3	0,95	2,09	3480,8	Calcareniti	GRS
4	438	401,23	2,45	1,15	2,09	4091,4	Calcareniti	GRS
5	502	527,05	3,75	1,3	2,09	5374,4	Calcareniti	GRS
6	548	628,06	5,5	1,75	2,09	6404,4	Calcareniti	GRS
7	625	816,96	8,25	2,75	2,09	8330,7	Calcareniti	GRS

Tab. 11: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L22SASW22 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidità(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	51	5,33	0,15	0,15	2,05	54,4	Argille	NR
2	120	29,54	0,5	0,35	2,05	301,2	Argille	NR
3	191,1	74,91	1,65	1,15	2,05	763,9	Argille	NR
4	202	83,71	3,55	1,9	2,05	853,6	Argille	NR
5	548	616,04	6,05	2,5	2,05	6281,9	Calcareniti	GRS
6	546	611,55	11,55	5,5	2,05	6236,1	Calcareniti	GRS
7	710	1034,1	14,3	2,75	2,05	10544,9	Calcareniti	GRS
8	764	1197,39	22,8	8,5	2,05	12210	Calcareniti	GRS

Tab. 12: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L23SASW23 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	81,9	12,6	0,15	0,15	1,878	128,5	Argille	NR
2	87,75	14,47	0,95	0,8	1,878	147,6	Argille	NR
3	142	38,88	2,95	2	1,927	396,5	Argille	NR
4	267	137,47	8,15	5,2	1,927	1401,8	Argille	NR
5	344	228,19	14,55	6,4	1,927	2326,9	Argille	NR
6	383	282,86	22,55	8	1,927	2884,4	Calcareniti	GRS

Tab. 13: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L24SASW24 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	81,9	12,98	0,2	0,2	1,935	132,4	Argille	NR
2	87,75	14,9	0,44	0,24	1,935	152	Argille	NR
3	142	39,04	2,34	1,9	1,935	398,1	Argille	NR
4	267	138,04	3,64	1,3	1,935	1407,6	Argille	NR
5	344	229,73	9,64	6	1,94	2342,6	Argille	NR
6	383	284,76	17,64	8	1,94	2903,8	Calcareniti	GRS

Tab. 14: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L25SASW25 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	54,85	5,35	0,21	0,21	1,78	54,6	Argille	NR
2	136,54	33,2	0,78	0,57	1,78	338,6	Argille	NR
3	182	58,99	2,28	1,5	1,78	601,6	Argille	NR
4	329	208,29	4,03	1,75	1,923	2124	Argille	NR
5	458	410,99	7,83	3,8	1,958	4191	Argille	NR
6	513	511,6	13,73	5,9	1,9427	5216,9	Argille	NR
7	710	979,98	22,23	8,5	1,9427	9993	Calcareniti	GRS

Tab. 15: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L26SASW26 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidità(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	98,15	18,7	0,3	0,3	1,94	190,7	Argille	NR
2	207,6	83,67	1,9	1,6	1,94	853,2	Argille	NR
3	381	281,8	3,9	2	1,94	2873,6	Argille	NR
4	491	468,01	7,4	3,5	1,94	4772,4	Argille	NR
5	577	646,32	11,4	4	1,94	6590,6	Argille	NR

Tab. 16: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L27SASW27 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidità(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	49,65	4,56	0,25	0,25	1,85	46,5	Alluv. Terraz.	SMtf
2	81,98	12,44	1	0,75	1,85	126,9	Alluv. Terraz.	SMtf
3	245	113,52	2,5	1,5	1,89	1157,6	Alluv. Terraz.	SMtf
4	355	240,87	5,75	3,25	1,91	2456,2	Alluv. Terraz.	SMtf
5	383	281,83	13,75	8	1,92	2873,9	Alluv. Terraz.	GWtf

Tab. 17: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L28SASW28 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidità(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	54,8	5,67	0,1	0,1	1,885	57,8	Alluvioni	CLtf
2	109,2	22,5	0,5	0,4	1,885	229,4	Alluvioni	CLtf
3	163	50,11	1,65	1,15	1,885	511	Alluvioni	CLtf
4	490	452,9	6,15	4,5	1,885	4618,3	Alluv/Argil	CLtf/NR
5	548	566,46	13,15	7	1,885	5776,3	Argille	NR
6	710	950,87	21,65	8,5	1,885	9696,2	Calcareniti	GRS

Tab. 18: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L29SASW29 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	109	22,68	0,21	0,21	1,908	231,3	Alluvioni	CLin
2	131	32,76	0,53	0,32	1,908	334,1	Alluvioni	CLin
3	163	50,73	0,93	0,4	1,908	517,3	Alluvioni	CLin
4	251	120,29	1,65	0,72	1,908	1226,6	Alluvioni	CLin
5	273	148,12	4,15	2,5	1,986	1510,4	Alluvioni	CLin
6	384	293,04	12,95	8,8	1,986	2988,2	Argille	NR

Tab. 19: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L30SASW30 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	54,8	5,7	0,25	0,25	1,9	58,2	Alluvioni	CLin
2	136,5	35,42	0,5	0,25	1,9	361,2	Alluvioni	CLin
3	169	54,3	0,9	0,4	1,9	553,7	Alluvioni	CLin
4	180	61,6	2,2	1,3	1,9	628,2	Alluvioni	CLin
5	207	82,84	3,95	1,75	1,932	844,7	Alluvioni	CLin
6	306	182,53	8,45	4,5	1,948	1861,3	Argille	NR
7	355	251,84	16,7	8,25	1,997	2566,1	Argille	NR

Tab. 20: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L31SASW31 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	54,8	5,17	0,21	0,21	1,72	52,7	Argille	NR
2	109,2	20,5	0,42	0,21	1,72	209,1	Argille	NR
3	144	35,66	1,77	1,35	1,72	363,6	Argille	NR
4	245	103,22	3,77	2	1,72	1052,6	Argille	NR
5	355	245,69	9,27	5,5	1,95	2505,4	Argille	NR
6	375	274,16	17,77	8,5	1,95	2795,7	Argille	NR

Tab. 21: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L32SASW32 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	142		0,18	0,18	1,95	401,2	Argille	NR
2	150		0,4	0,22	1,95	447,7	Argille	NR
3	174		0,85	0,45	1,95	602,4	Argille	NR
4	273		1,55	0,7	1,95	1483	Argille	NR
5	277		3,3	1,75	1,95	1526,6	Argille	NR
6	518		7,8	4,5	1,95	5339,1	Calcareniti?	GRS?

Tab. 22: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L33SASW33 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	29		0,15	0,15	1,897	16,3	Alluvioni	CLec
2	69,28		0,775	0,625	1,897	92,9	Alluvioni	CLec
3	136,8		1,525	0,75	1,897	362,3	Alluvioni	CLec
4	190		2,675	1,15	1,897	698,8	Alluvioni	CLec
5	327		4,675	2	1,92	2094,9	Argille	NR
6	382		7,675	3	1,92	2858,9	Argille	NR
7	513		11,425	3,75	1,92	5156	Argille	NR

Tab. 23: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L34SASW34 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidà(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	52		0,15	0,15	2	55,2	Alluvioni	GCin
2	93,5		0,78	0,63	2	178,4	Alluvioni	GCin
3	207,8		2,03	1,25	2	881,2	Alluvioni	GCin
4	311,8		4,18	2,15	2	1984,1	Alluvioni	GCin
5	536,9		7,68	3,4	2	5882,9	Altern litot strat	ALS
6	537		12,18	4,5	2	5885,1	Altern litot strat	ALS
7	900		20,18	8	2	16530,6	Altern litot strat	ALS

Tab. 24: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L35SASW35 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidità(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	81		0,125	0,125	2,08	139,3	Argille	NR
2	109		0,375	0,25	2,08	252,2	Argille	NR
3	218		1,525	1,15	2,08	1008,7	Argille	NR
4	381		5,125	3,6	2,08	3081	Argille	NR
5	597,5		9,625	4,5	2,08	7577,3	Substr lapideo/ Substr geol rigido molto fratturato	LP/SF

Tab. 25: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

087049L36SASW36 Scordia								
Strato	Vs (m/s)	G (Mpa)	Prof. (m)	Spess. (m)	γ (r/cmc)	Rigidità(kg/cmc)	Litotipo	Terreno
1	76		0,2	0,2	1,8	106,1	Alluvioni	CLin
2	109		0,45	0,25	1,8	218,2	Alluvioni	CLin
3	125		3,95	3,5	1,8	287	Alluvioni	CLin
4	163		4,7	0,75	1,93	523,2	Alluvioni	CLin
5	218		5,7	1	1,93	935,9	Alluvioni	CLin
6	230		6,85	1,15	1,986	1072	Alluvioni	CLin
7	382		9,6	4,25	1,986	2957,2	Argille	NR
8	464		18,4	8,8	1,986	4363	Argille	NR

Tab. 26: SASW Scordia (per localizzazione v. carta delle indagini)

Allegato 3 – Misure di microtremore ambientale

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

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

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

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

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

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

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

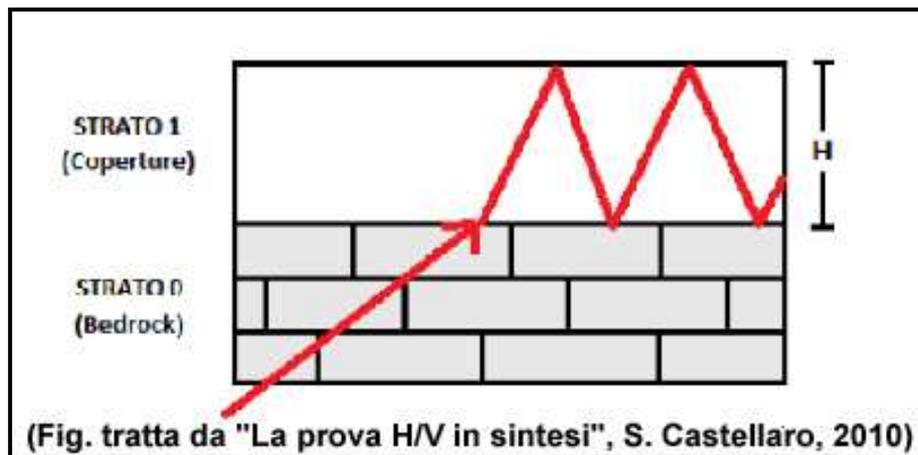
Ciò premesso, riconosciuta l'importanza degli effetti di sito, al progettista serve conoscere la *funzione di trasferimento* al sito, ossia come il moto dal bedrock si trasferisce in superficie; ne consegue che la condizione ideale risulta la misurazione e non il calcolo (che richiederebbe la modellazione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

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

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

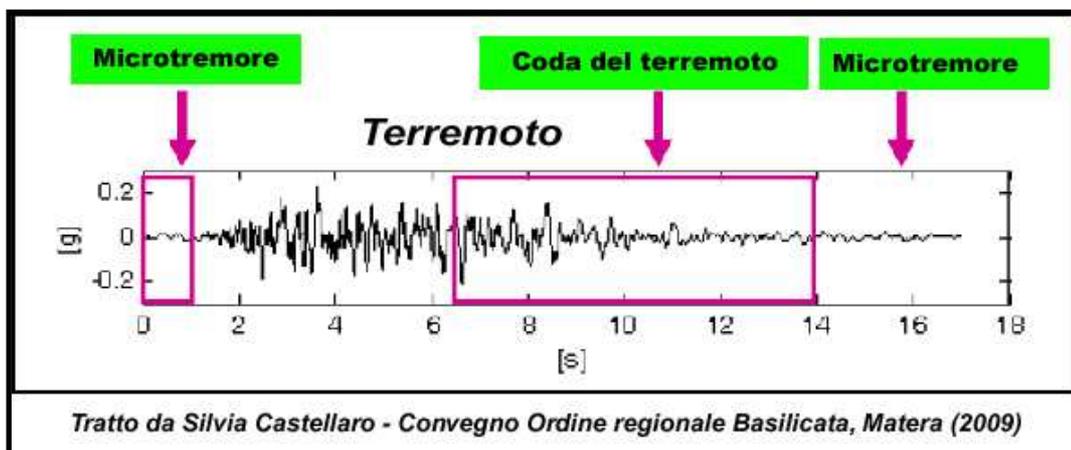
Nella letteratura internazionale è ampiamente riconosciuto che le curve H/V ottenute dai microtremori indicano le frequenze di risonanza del sito così come è altrettanto riconosciuto che le ampiezze di detti rapporti spettrali H/V sono l'indicatore dell'amplificazione "minima" attesa al sito in caso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

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



secondi del terremoto.

Le curve H/V del microtremore sismico ambientale (costituito prevalentemente da un campo d'onde di superficie -Rayleigh e Love- che si attenuano meno rapidamente delle onde di volume) possono differire da quelle H/V del terremoto in funzione della



distanza dall'epicentro (Mucciarelli et al., 2001) cosicché nel campo lontano (dove dominano le onde di superficie anche negli H/V da terremoto) può verificarsi la coincidenza delle ampiezze tra gli H/V_{terremoto} e quelle degli H/V_{tremore} mentre nel campo vicino, ossia in prossimità dell'epicentro, tale coincidenza viene meno.

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

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

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

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

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

Equazione 1

risonanza del sottosuolo.

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

Nello specifico, considerando l'estensione e la topografia dell'area, questo studio ha comportato l'esecuzione di "20" misure, secondo le indicazioni del progetto di ricerca europeo SESAME ("Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations" - European Commission, dic. 2004); tutte le registrazioni dei microtremori sono state effettuate con tromografi digitali portatili serie Tromino (Micromed S.p.A.), progettati specificamente per l'acquisizione del rumore sismico, dotati di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali ed orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentati da 2 batterie da 1,5 V e senza alcun cavo esterno; il rumore sismico ambientale è stato acquisito ad una frequenza di campionamento di 256 Hz, amplificato, digitalizzato a 24 bit equivalenti e registrato per circa 45 minuti in corrispondenza di ciascuna delle stazioni di misura ubicate all'interno del comprensorio esaminato.

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

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

anche di 2-1 Hz.; le ampiezze H/V registrate potrebbero pertanto essere artefattualmente *sottostimate* rispetto a quelle reali per le ragioni descritte in Castellaro e Mulargia (2009a).

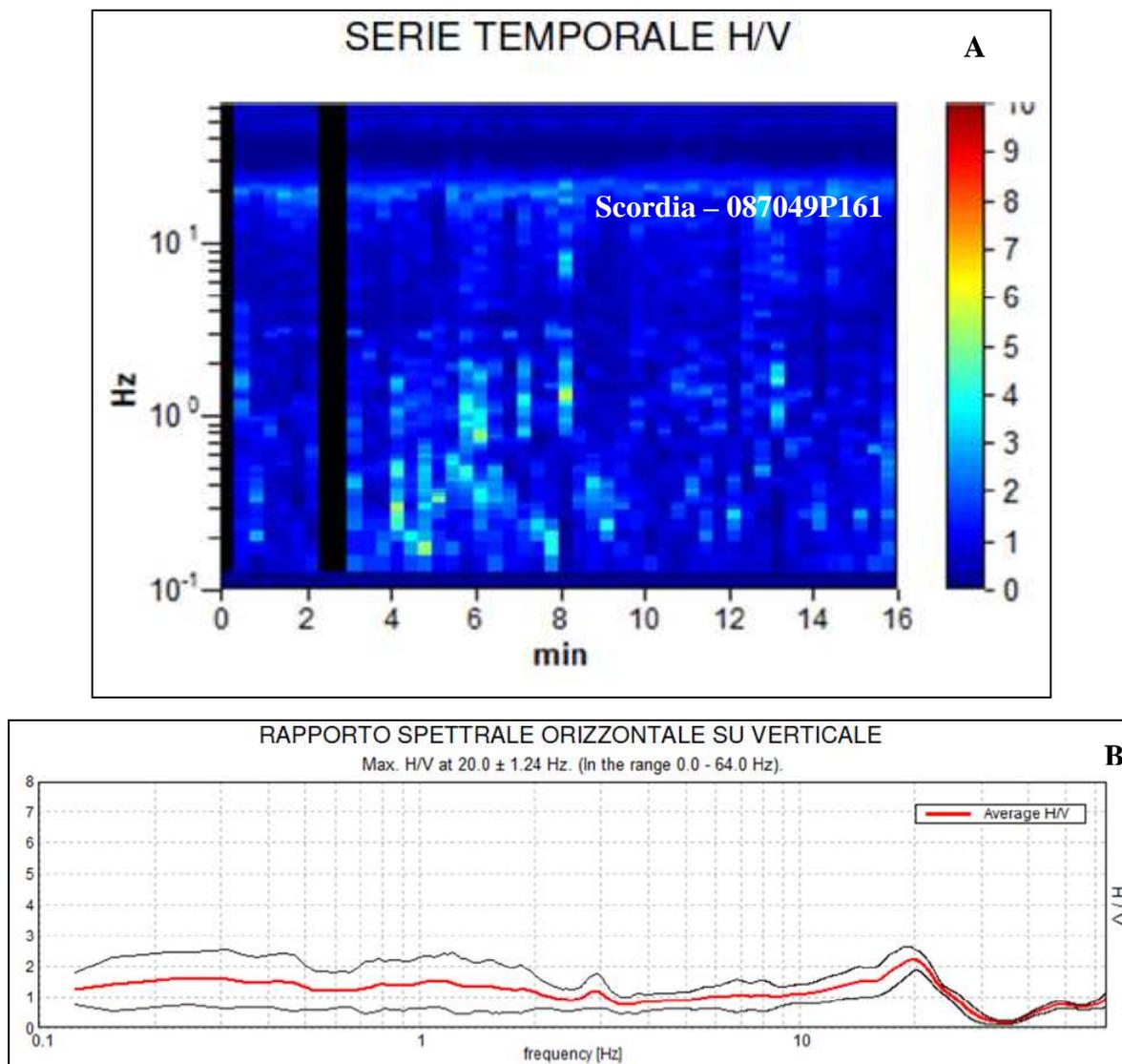


Fig.1 – Serie Temporale H/V (A) e Rapporto Spettrale orizzontale/verticale (B) relativo all'indagine 087049P161 a Scordia.

I risultati di ciascuna analisi sono stati ottenuti col software Grilla in dotazione al tromografo-Tromino per cui il segnale acquisito dai velocimetri è stato digitalizzato a 24 bit; il software Grilla per ciascuna delle tre componenti del moto, previa divisione del tracciato in finestre temporali di 10 secondi, ha calcolato il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza per ciascuna finestra (Es. Scordia – 087049P161; Fig. 1).

La funzione HVSR finale è rappresentata dalla media degli HVSR di ciascuna finestra; per produrre l’HVSR finale le componenti orizzontali sono mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale.

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

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

Elaborazione delle misure

Per l’elaborazione delle misure si è fatto riferimento agli indirizzi ed i criteri descritti in “Microzonazione Sismica Parti I, II e III” (*Bramerini et al. ,2008*), “Microzonazione Sismica” (*Castenetto S., 2011*), “Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola” (*D. Albarello, S. Castellano, 2011*).

All’interno del territorio comunale di Scordia sono state precedentemente eseguite 43 misure di noise (HVSR) commissionate da parte del comune e finalizzate allo studio di “*Microzonazione sismica*”.

NOISE	Hz - NS/Z	Hz - EW/Z	NOISE	Hz - NS/Z	Hz - EW/Z
1			23	10	10
2			24		
3			25	4,8	3,9
4			26		
5			27	10	9
6	0,67	0,69	28	2	1,8
7			29	3,6	3,6
8	0,37	0,67	30	3,8	3,6
9			31	3,5	3,5
10			32	4,8	4,9
11			33	4,5	3,8
12			34	2,6	2,6
13			35	2,3	3,5
14			36	2,9	3
15			37	0,4	0,4
16			38		
17	7	7	39	3,5	2,3
18	0,5	0,49	40	1,45	2,2
19	7	7	41	1,5	1,45
20	3,8	3,4	42	1,7	1,7
21	4,5	4,5	43	1,45	1,5
22	7	7			

Tab. 1 – Componenti NS e EW delle misure HVSR effettuate dal comune di Scordia per studi di microzonazione sismica.

Poiché nei documenti pervenuti non viene indicata la risultante delle due componenti orizzontali, non è stato possibile inserire il parametro della frequenza (FR) nei database che sono stati compilati nel corso del presente lavoro di Microzonazione Sismica - I Livello. Nella **Tabella 1**, vengono mostrati i valori delle frequenze di picco, ove presenti, delle singole componenti orizzontali, NS ed EW, relative ad ogni sito di misura di microtremore. Anche se, per i motivi esposti, questi valori non sono stati archiviati, è possibile, in maniera speditiva, fare un confronto delle singole coppie di valori di frequenza; laddove questi valori risultano equivalenti o quasi (**Tabella 2**), essi possono essere considerati rappresentativi di quel determinato sito di misura. Questo è sembrato l'unico tentativo possibile per non rendere il dato completamente inutilizzabile.

NOISE	Hz - NS/Z	Hz - EW/Z	Δ Hz
6	0,67	0,69	0,02
8	0,37	0,67	0,3
17	7	7	0
18	0,5	0,49	0,01
19	7	7	0
20	3,8	3,4	0,4
21	4,5	4,5	0
22	7	7	0
23	10	10	0
25	4,8	3,9	0,9
27	10	9	1
28	2	1,8	0,2
29	3,6	3,6	0
30	3,8	3,6	0,2
31	3,5	3,5	0
32	4,8	4,9	0,1
33	4,5	3,8	0,7
34	2,6	2,6	0
35	2,3	3,5	1,2
36	2,9	3	0,1
37	0,4	0,4	0
39	3,5	2,3	1,2
40	1,45	2,2	0,75
41	1,5	1,45	0,05
42	1,7	1,7	0
43	1,45	1,5	0,05

Tab. 2 - Differenza delle frequenze di picco ottenute per le diverse componenti orizzontali (NS, EW) delle misure di *noise* effettuate dal comune di Scordia. Nella colonna Δ Hz, in verde vengono contrassegnati quei siti per i quali tale differenza risulta pari a zero o comunque molto bassa. In questi casi questo valore può essere ritenuto rappresentativo del sito di misura.

Nell'area da investigare del comune di Scordia in vista dello studio di Microzonazione sismica di I Livello, sono state eseguite ulteriori 20 misure di noise, presentate di seguito. La **Tabella 3** mostra i valori delle frequenze di picco, in un range compreso tra 0.6 e 20 Hz, relativi ai 20 siti di misura ubicati all'interno dell'area di studio, ai quali viene anche associata una stima dell'attendibilità dell'indagine. La maggior parte dei valori della frequenza di picco ricade all'interno di un range compreso tra 0,4 e 5 Hz; in alcuni casi, all'interno del suddetto range di frequenza, vengono segnalati due picchi per una singola misura.

Vanno evidenziate quattro misure HVSR anomale (087049P153; 087049P159; 087049P164; 087049P165), per le quali non è stato possibile dedurre picchi di frequenza significativi, per problemi relativi all'esecuzione della misura (Figura 2).

ID_SPU	X	Y	F0	F0_H0V0	F1	F1_H1V1	Attendibilità
087049P149	4128812	486043	1,8	2	18	2,2	1
087049P150	4128103	486041	0,44	3	0,85	2,75	2
087049P151	4128166	485475	3,31	2,6			1
087049P152	4127641	485942	1,22	3,1			1
087049P153	4127210	485523	0,75	2,6			3
087049P154	4127301	486434	4,53	1,7			2
087049P155	4128070	487469	11,53	2,8			1
087049P156	4129423	489440	0,88	3,9			1
087049P157	4128625	487298	1,38	2,7			1
087049P158	4130630	486070	1,03	1,95			1
087049P159	4129552	485995	4,3	3,8			3
087049P160	4128630	484615	0,88	4,8	18	2,5	2
087049P161	4128693	483802	20	2,2			1
087049P162	4127983	484441	2,38	2,8			1
087049P163	4127922	484170	1,56	4			2
087049P164	4126934	485104					3
087049P165	4126625	485350	4.69	3			3
087049P166	4122772	486230	19	2			1
087049P167	4126499	487221	0.91	2,6			1
087049P168	4127053	487468	1.31	3			1

Tab 3 – Siti di misura a stazione singola dei microtremori ricadenti nell'area di studio del comune di Scordia; vengono mostrati anche i valori relativi alle frequenze di picco e alle ampiezze corrispondenti, nonché il valore dell'attendibilità dell'indagine (1: alta; 2: media; 3: bassa).

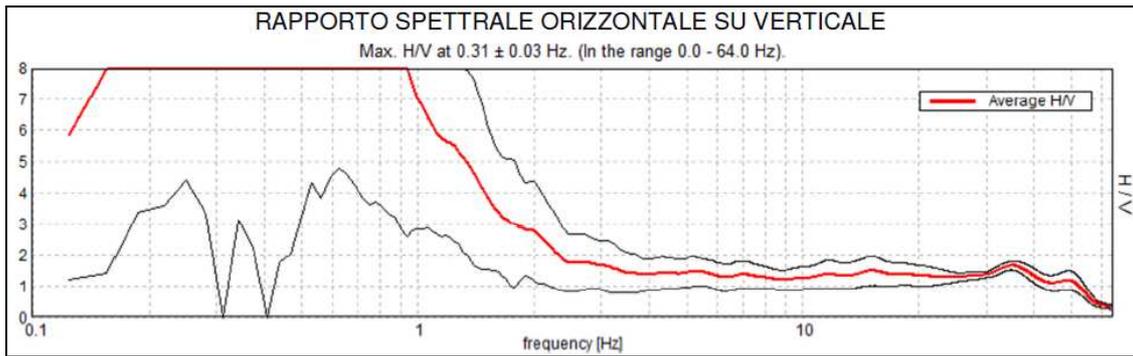
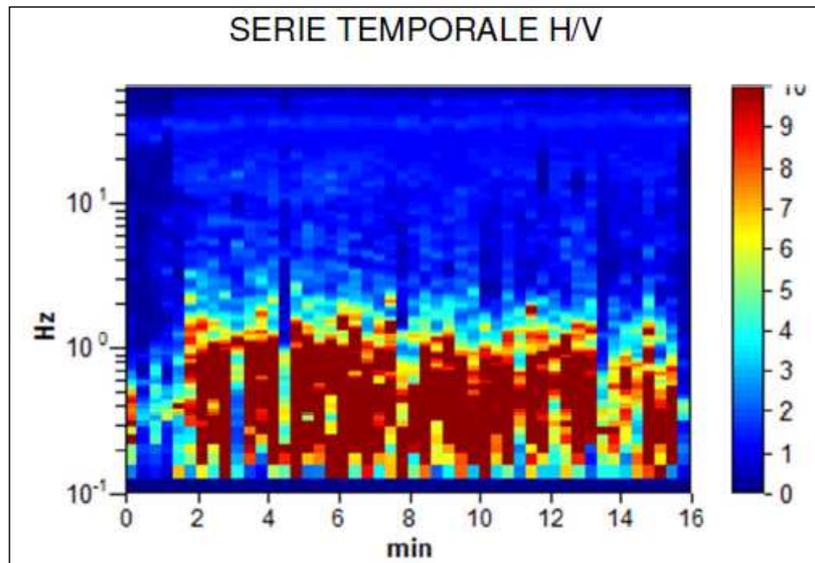


Fig. 2 - Serie Temporale e Rapporto Spettrale H/V relativo all'indagine 087049P164 a Scordia, per la quale non è stato possibile definirne i picchi di frequenza.



Queste indagini, alle quali sono stati assegnati valori di attendibilità pari a 3 (bassa), andrebbero pianificate ed eseguite ex novo, al fine di ricoprire l'area di studio con misure HVSR affidabili.

L'ubicazione dei siti di misura è stata impiegata per la redazione della carta delle frequenze allegata (Figura 3).

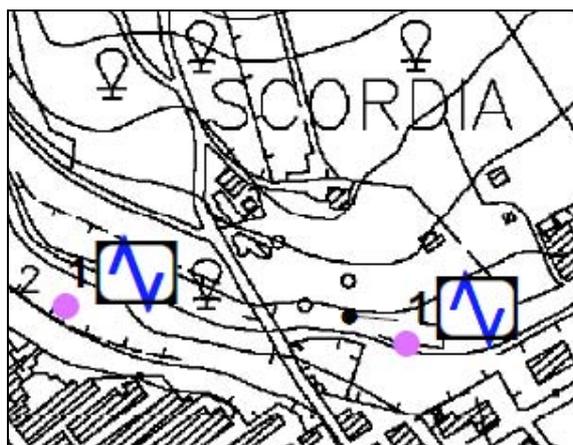


Fig. 3 – Esempio di sito di misura HVSR presenti nella carta delle frequenze allegata.

Per l'area investigata del territorio del comune di Scordia, 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 4), ad eccezione delle quattro misure suddette, 087049P153; 087049P159; 087049P164; 087049P165, per le quali almeno uno dei tre criteri della tabella SESAME *“Criteri per una curva H|V affidabile”* non viene soddisfatto (esempio in Figura 5).

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

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

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	20.00 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	18000.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 961	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f' in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0 / 2$	10.531 Hz	OK	
Esiste f* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	24.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.20 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0303 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.6061 < 1.0	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1724 < 1.58	OK	

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

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [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. 4 – tabelle dei criteri per una curva H/V affidabili e per un picco H/V chiaro relativi all'indagine 087049P161 i cui requisiti vengono tutti soddisfatti.

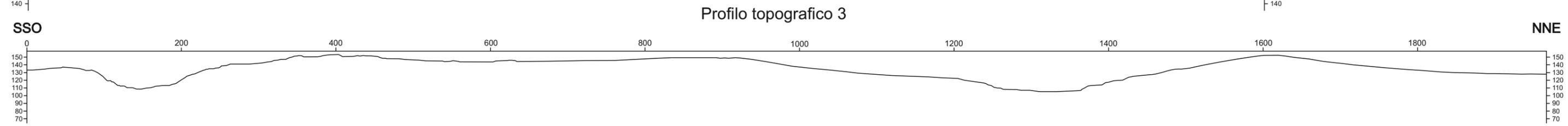
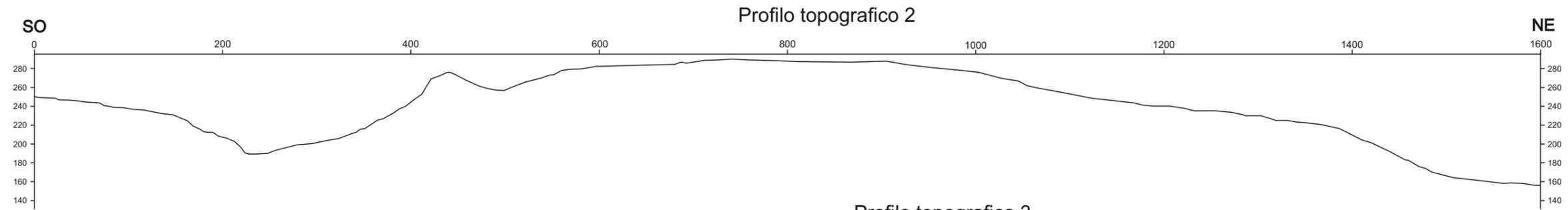
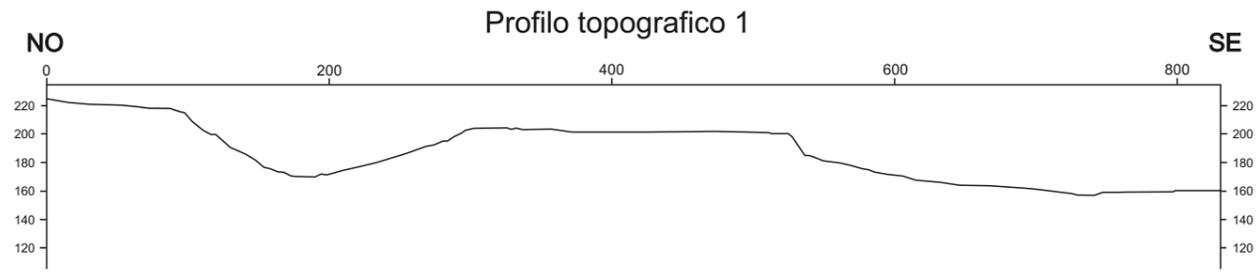
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.31 > 0.50		NO
$n_c(f_0) > 200$	300.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 16 volte su 16		NO
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f' in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0 / 2$	0.125 Hz	OK	
Esiste f* in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	0.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	18.52 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04419 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \epsilon(f_0)$	0.01381 < 0.0625	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	11.722 < 2.5		NO

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

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [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 per una curva H/V affidabile e per un picco H/V chiaro relativi all'indagine 087049P164 i cui requisiti non vengono soddisfatti.

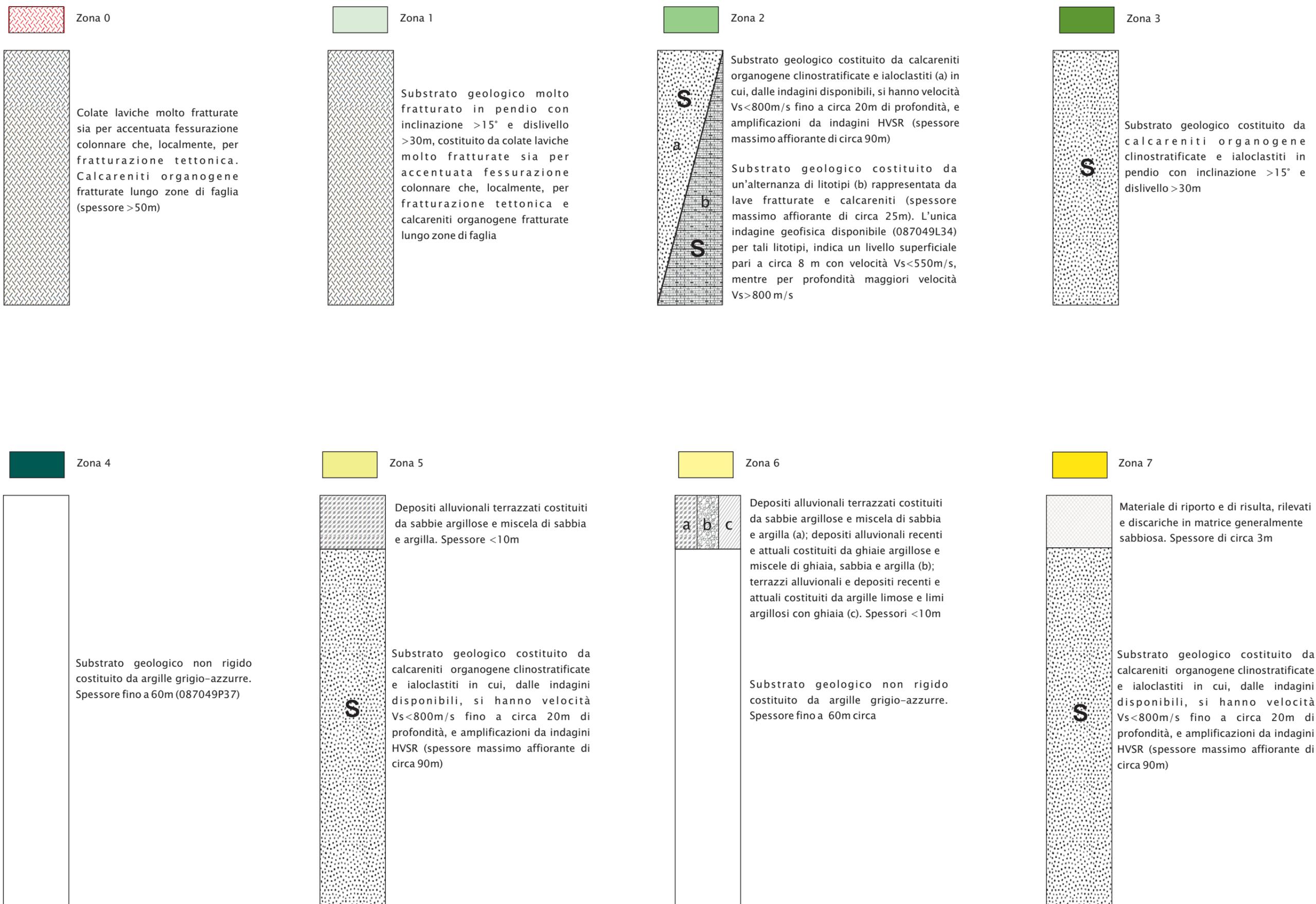
Allegato 4 – Sezioni topografiche



Scala 1:5000

Allegato 5 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

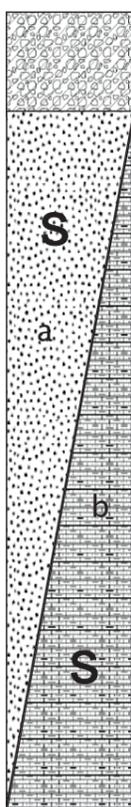
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Allegato 5 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zona 8



Depositi alluvionali terrazzati, recenti e attuali costituiti da ghiaie argillose e miscele di ghiaia, sabbia e argilla. Spessore <10m

Substrato geologico costituito da calcareniti organogene clinostratificate e ialoclastiti (a) in cui, dalle indagini disponibili, si hanno velocità $V_s < 800$ m/s fino a circa 20m di profondità, e amplificazioni da indagini HVSR (spessore massimo affiorante di circa 90m)

Substrato geologico costituito da un'alternanza di litotipi (b) rappresentato da lave fratturate e calcareniti (spessore massimo affiorante di circa 25m). L'unica indagine geofisica disponibile (087049L34) per tali litotipi, indica un livello superficiale pari a circa 8 m con velocità $V_s < 550$ m/s, mentre per profondità maggiori velocità $V_s > 800$ m/s

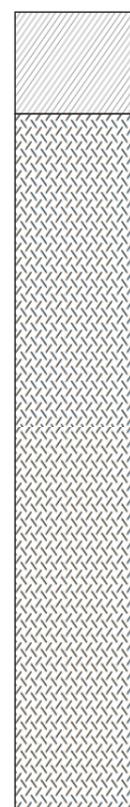
Zona 9



Materiale di riporto e di risulta, rilevati e discariche in matrice generalmente sabbiosa. Spessore di circa 3m

Substrato geologico non rigido costituito da argille grigio-azzurre. Spessore fino a 60m circa

Zona 10



Terrazzi alluvionali e depositi recenti e attuali costituiti da argille limose e limi argillosi con ghiaia. Spessori <10m

Colate laviche molto fratturate sia per accentuata fessurazione colonnare che, localmente, per fratturazione tettonica. Calcareniti organogene fratturate lungo zone di faglia (spessore >50m)

Zona 11



Terrazzi alluvionali e depositi recenti e attuali costituiti da argille limose e limi argillosi con ghiaia. Spessori <10m

Substrato geologico costituito da calcareniti organogene clinostratificate e ialoclastiti in cui, dalle indagini disponibili, si hanno velocità $V_s < 800$ m/s fino a circa 20m di profondità, e amplificazioni da indagini HVSR (spessore massimo affiorante di circa 90m)