

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

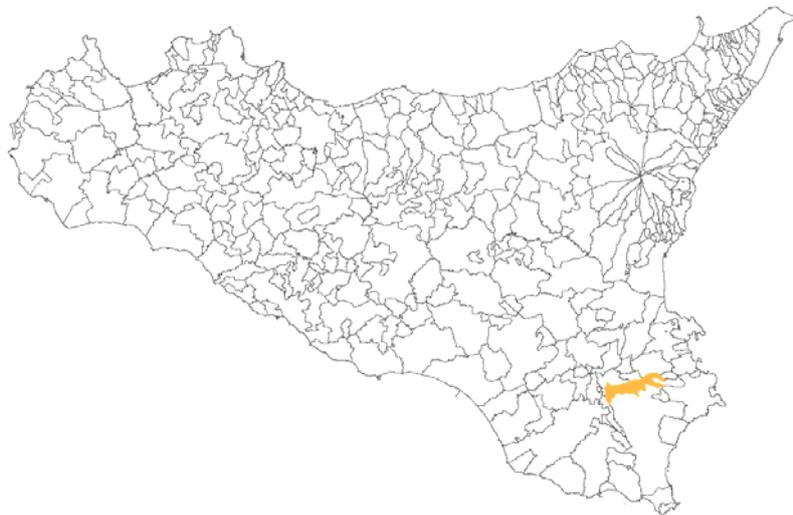
MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Palazzolo Acreide



Convenzione in data 20/12/2011 tra il Dipartimento Regionale della Protezione Civile e l'Università degli Studi di Messina: *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 Messina C.A.R.E.C.I. – Centro Attrazione Risorse Esterne e Creazione d'Impresa</p> 	<p>Data: Gennaio 2013</p>
--	--	-------------------------------



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Sommario

1	INTRODUZIONE	6
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	12
3	CENSIMENTO DATI	14
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	16
4.1	Analisi Morfologica e Altimetrica	16
4.2	Idrografia	18
4.3	Inquadramento geologico strutturale regionale	20
4.4	Assetto geologico strutturale dell'area esaminata.....	28
4.5	Stratigrafia dell'area esaminata.....	28
4.6	Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti.....	31
4.7	Classificazione litologica dei terreni affioranti	34
5	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO	41
5.1	Sismicità storica della Sicilia orientale e Calabria meridionale.....	42
5.2	Strutture sismogenetiche e faglie attive	55
5.3	Sismicità storica del comune di Palazzolo Acreide	58
6	METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI	63
7	ELABORATI CARTOGRAFICI	68
8	GEOGNOSTICA E GEOFISICA	76
8.1	Strumentazione utilizzata	76



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

8.2	Processing dei dati	77
8.3	Il Rumore sismico	78
8.4	Teoria sull'analisi del Rumore Sismico.....	80
8.5	Aree Interessate dalle indagini di MS.....	82
8.6	Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti	84
8.7	Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico	86
8.8	Considerazioni sui risultati ottenuti	94
9	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	96
9.1	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	99
9.2	Zone suscettibili di instabilità	113
10	INDICAZIONI CONCLUSIVE.....	116
11	BIBLIOGRAFIA.....	117
12	ALLEGATI.....	122

Indice delle Figure

Figura 1	– Individuazione geografica dell'area	7
Figura 2	– Corografia dell'area	13
Figura 3	– Suddivisione del territorio in fasce altimetriche.....	18
Figura 4	– Schema stratigrafico strutturale dell'Avampaese Ibleo (da Lentini et al., 1984)...	22
Figura 5	– Schema della distribuzione delle facies cretaccio quaternarie attraverso il Plateau Ibleo dal Settore ionico all'Altopiano calcareo s.s. (da Carbone et al., 1986, modificato)	26
Figura 6	– Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici.....	33



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Figura 7 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido.....	35
Figura 8 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura.....	36
Figura 9 – Carta geologico tecnica.....	40
Figura 10 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPTI11, Rovida <i>et al.</i> , 2011)	43
Figura 11 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPTI11, Rovida <i>et al.</i> , 2011)	44
Figura 12 – Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, Locati <i>et al.</i> , 2011)	45
Figura 13 – Campo macrosismico del terremoto del 11/01/1693 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of italian Earthquakes, Bologna 1985).....	47
Figura 14 – Campo macrosismico del terremoto del 06/02/1783 (Tiberti <i>et al.</i> , 2006)	49
Figura 15 – Campo macrosismico del terremoto del 07/02/1783 (Tiberti <i>et al.</i> 2006).....	50
Figura 16 – Campo macrosismico del terremoto del 28/03/1783 (Tiberti <i>et al.</i> , 2006)	50
Figura 17 – Campo macrosismico del terremoto del 20/02/1818 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of italian Earthquakes, Bologna 1985).....	52
Figura 18 – Campo macrosismico del terremoto del 28/12/1908 (Bottari <i>et al.</i> , 1984).....	55
Figura 19 – Mappa delle principali strutture sismogenetiche. Database of Individual Seismogenic Sources (Basili <i>et al.</i> , 2008)	56
Figura 20 – Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoti strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011).....	57
Figura 21 – Grafico della storia sismica di Palazzolo Acreide (DBMI11, Locati <i>et al.</i> , 2011). 60	



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Figura 22 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.	61
Figura 23 – Comune di Palazzolo Acreide: delimitazione delle aree indagate (contorno rosso)	82
Figura 24 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione alle aree studiate nel Comune di Palazzolo Acreide.....	84
Figura 25 – Carta delle frequenze nel Comune di Palazzolo Acreide	86
Figura 26 – Profilo A-A'	87
Figura 27 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.....	98
Figura 28 – Schema delle zone suscettibili di instabilità	99

Indice delle Tabelle

Tabella 1 – Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati.....	34
Tabella 2 – Trasposizione analitica delle aree in dissesto individuate.....	34
Tabella 3 – Compendio della classificazione litologica.	39
Tabella 4 – Storia sismica del comune di Palazzolo Acreide (DBMI11 Locati <i>et al.</i> , 2011); I_s è l'intensità macrosismica risentita (MCS); A_x l'area epicentrale; N_p è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; I_0 è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); M_w è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima	59
Tabella 5 – Valori di PGA stimati per il comune di Palazzolo Acreide per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati derivati dalla mappa digitale della pericolosità sismica sul sito INGV e risultano riferiti a suoli rigidi	62
Tabella 6 – Sorgenti del rumore sismico	79



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Tabella 7 – Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo.	83
Tabella 8 – Quadro riassuntivo dei siti di registrazione con esibizione dei dati di frequenza elaborati (per tutti i siti l'accoppiamento suolo/sensore è diretto ed orientato verso Nord; tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni di bel tempo).....	83
Tabella 9 – elenco delle indagini di sismica a rifrazione e relative velocità delle onde S misurate	90
Tabella 10 – elenco delle indagini down-hole e relative velocità delle onde S misurate	90
Tabella 11 – elenco dei sondaggi e relativa stratigrafia	92
Tabella 12 – elenco delle indagini di sismica a rifrazione ricadenti nel buffer dell'area di studio e con $V_s > 800$ m/s.....	92
Tabella 13 – elenco delle indagini di tipo down-hole ricadenti nel buffer dell'area di studio e con $V_s > 800$ m/s.....	93
Tabella 14 – elenco dei sondaggi ricadenti nel buffer dell'area di studio	94



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'attuazione dell'Art. 11 del Decreto Legge 28/04/2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla Legge 24/06/2009 n. 77 - Interventi di prevenzione del rischio sismico – Finanziamenti per indagini di Microzonazione Sismica, il Dipartimento Regionale della Protezione Civile ha sottoscritto tre distinte convenzioni, identiche nella sostanza, con le Università Siciliane.

La finalità delle convenzioni è lo svolgimento delle INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 IN DIVERSI COMUNI DELLA REGIONE SICILIA, SECONDO LE SPECIFICHE E LE CONDIZIONI STABILITE DALL'OPCM N. 3907/2010

Le Università Siciliane, in questa prima fase di lavoro dovranno curare la micro zonazione sismica di 58 comuni individuati dal DRPC. Nello specifico l'Università degli Studi di Messina deve curare la micro zonazione sismica dei comuni elencati nell'Allegato A dell'ART. 1 della Convenzione.

La presente relazione illustrativa riguarda il territorio comunale di Palazzolo Acreide in Provincia di Siracusa (Figura 1 – Individuazione geografica dell'area).



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 1 – Individuazione geografica dell'area

Il programma delle attività di cui alla convenzione è riportato nell' ART. 2 - PROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ ed articolato secondo quanto descritto nell' Allegato B nel quale, fra l'altro, sono riportati gli obiettivi da perseguire e gli elaborati finali che dovranno essere prodotti per ciascun Comune.

L'ALLEGATO B nello specifico recita:

"Studio geologico - tecnico ai fini della microzonazione sismica di livello 1 secondo le specifiche e le condizioni stabilite dall'OPCM 3907/2010" - PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO OGGETTO DELLA PRESENTE CONVENZIONE.

Finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- Definire il tipo di effetti attesi;



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- Definire il modello geologico, in termini di caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica.

Elaborati da produrre per ciascun Comune oggetto di studio, al momento della consegna dei risultati:

- 1) *Carta delle indagini*: in questo elaborato, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio) dovranno essere chiaramente indicate le prove pregresse raccolte e le aree dove si ritiene importante o indispensabile che vengano effettuate ulteriori indagini (si segnalano in questo modo le aree in cui le incertezze sui risultati di questo livello di approfondimento sono maggiori). Tutte le prove dovranno essere classificate in base al tipo ed alla profondità raggiunta.
- 2) *Carta geologica - geomorfologica*: derivata dalla revisione a scala dettagliata (1:10.000 - 1:5.000) dei rilievi geologici e morfologici disponibili. In questa cartografia dovranno essere rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie. Dovranno essere chiaramente perimetrare le coperture detritiche, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti. Questa cartografia dovrà essere corredata da sezioni geologiche significative, in numero adeguato, orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici (strutture tettoniche e assi dei bacini) e dovrà riguardare un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.
- 3) *Carta delle frequenze naturali dei terreni (f)*, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio), derivate da indagini speditive di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali) o, se disponibili, SSR da registrazioni di terremoti. In questa carta dovranno essere riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di f_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

di altri picchi significativi a più alta frequenza o indicazione dell'assenza di picchi). Ove possibile, il territorio indagato sarà suddiviso in base a classi di frequenza allo scopo di distinguere aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni HVSR o SSR nell'intervallo 0.1 - 20 Hz) o da presenza di fenomeni di risonanza.

- 4) *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*: è il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. In questa cartografia dovranno essere chiaramente indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari. Nelle aree di pianura dovrà essere realizzata anche la carta dei depositi di sottosuolo che possono influenzare il moto in superficie (es.: isobate del tetto dei depositi grossolani tipo ghiaie di conoide, isobate del tetto dei corpi sabbiosi presenti nei primi 20 m di profondità, isobate del tetto della falda, isobate della base dei depositi continentali, isobate di discontinuità stratigrafiche importanti, ...).

Le microzone della carta saranno classificate in tre categorie:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

forma $C > 0.25$ dove $C = H/L$, H = spessore della coltre alluvionale, L = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;

- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

- 5) *Relazione illustrativa* in cui dovranno essere descritti tutti gli elementi caratterizzanti i documenti sopra indicati e le aree in cui effettuare indagini, con indicazione del tipo di prove da realizzare. Poiché una delle finalità fondamentali di questo livello di approfondimento è la definizione del modello geologico del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica, dovrà essere accuratamente descritta la stratigrafia e fornita una stima indicativa, su basi geologiche, della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il substrato rigido. La definizione del substrato rigido è uno degli obiettivi degli approfondimenti successivi.

Nella successiva tabella (*Tabella 2 della convenzione*) che segue viene riepilogato il quadro conoscitivo minimo che deve essere raggiunto per ciascun Comune, al termine delle attività previste dalla convenzione:

<p>INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE</p>	<p>Raccolta dei dati pregressi ritenuti utili ai fini degli studi tra quelli resi disponibili da Amministrazioni pubbliche e/o private: es. rilievi geologici, geomorfologici, geologico – tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi, etc. ;</p> <p>Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;</p> <p>Eventuali nuove indagini: esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geologico - tecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1;</p> <p>Misure passive del rumore ambientale, mediante</p>
--	---



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

	tecnica a stazione singola.
ANALISI ED ELABORAZIONI	Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili; Rilettura, sintesi dei dati.
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	<ul style="list-style-type: none"> • Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione); • Carta geologica – geomorfologica, almeno a scala 1:5.000 – 1:10.000, di un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle Microzone; • Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica almeno a scala 1:5.000 – 1:10.000; • Carta delle Frequenze di un'area con estensione significativa per la realizzazione della carta delle Microzone; • Relazione tecnica illustrativa.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

La presente relazione illustrativa è stata redatta per il territorio comunale di Palazzolo Acreide in Provincia di Siracusa.

Il territorio comunale di Palazzolo Acreide è ubicato nella Sicilia sud orientale, nel settore orientale dell'altopiano Ibleo, occupa un'estensione di circa 86 Km² (Figura 2 – Corografia dell'area).

Nella cartografia ufficiale in scala 1:25.000 edita dall'I.G.M., ricade nelle tavolette "Palazzolo Acreide" F° 273 II SE, "Buccheri" F° 273 II NE, Sortino F° 274 III NO, "Solarino" F° 274 III NE, "Floridia" F° 274 III SE, "Canicattini Bagni" F° 274 III SO, "Castelluccio" F° 276 I NE e "Noto Antica" F° 277 IV NO.

Amministrativamente è caratterizzato dal centro abitato di Palazzolo Acreide, ove risiede la maggior parte della popolazione ed è sede Municipale, e dalle frazioni di Cugnarelli, Fondi, e Porticaletto. Gli abitanti censiti sono circa 9.061.

Dal punto di vista altimetrico il territorio comunale presenta un'escursione altimetrica, compresa tra la quota di 771 m s.l.m. riscontrata a Serra Palazzo, prossima all'abitato di Palazzolo, e la quota di 204 m s.l.m. in C.da Mulinazzo, lungo il corso del Tellaro.

Il territorio comunale può essere suddiviso in due zone caratterizzate da forme del paesaggio ben differenti e distinte. Una zona, che occupa la maggior parte del territorio, è caratterizzata da una morfologia aspra con un'acclività medio alta per lo più a gradini, spesso interessati dall'intervento antropico per ricavarne terrazzamenti adibiti a colture. Una seconda zona, che interessa la parte sud occidentale oltre l'abitato di Palazzolo, mostra i caratteri morfologici tipici delle aree dove affiorano litotipi marnoso argillosi.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

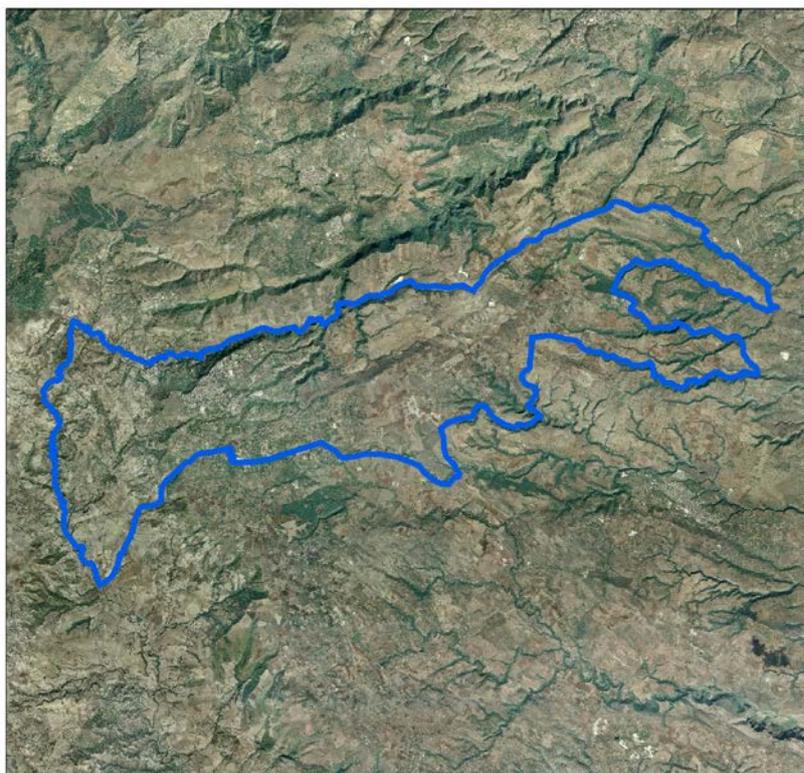


Figura 2 – Corografia dell'area



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

3 CENSIMENTO DATI

La microzonazione sismica (MS) è uno strumento di supporto per la governance del territorio nonché per la progettazione e la pianificazione delle emergenze di protezione civile pertanto, scopo della MS è individuare ad una scala sufficientemente grande (scala comunale) le condizioni locali che possono indurre a sensibili modifiche del moto sismico atteso e/o a deformazioni permanenti sul territorio, sulle costruzioni ed alle infrastrutture. La qualità dello studio di MS è funzione del livello di approfondimento degli studi condotti nell'area oggetto di studio ed è fortemente condizionato dai budget messi a disposizione da chi redige lo studio.

Visto il forte impatto che la MS ha sulla pianificazione territoriale si è ritenuto opportuno dare priorità al censimento agli studi geologici prodotti a supporto dei Piani Regolatori Generali Comunali al fine di analizzare lo stato conoscitivo in termini di modelli geologici, geotecnici, geomorfologici (dissesti e alluvioni) e sismicità su cui si è pianificato lo sviluppo urbano del territorio. Solo nel caso in cui non è stato possibile acquisire la documentazione geologica a supporto del PRG si è proceduto al recupero di informazioni provenienti da altri studi geologici realizzati in occorrenza di lavori pubblici. Si è inoltre ritenuto opportuno censire ed acquisire i dati relativi ai dissesti geomorfologici prodotti dal PAI al fine di avere un quadro completo dello stato conoscitivo dei due strumenti di pianificazione (PRG e PAI) che hanno maggior impatto sulla governance del territorio.

Per questo studio di I livello è stato possibile acquisire la seguente documentazione tecnica:

- Studio Geologico a supporto per la Revisione del P.R.G. (Marzo 2003, data nel documento);
- Appendice allo Studio Geologico del P.R.G. (Gennaio 2005, data nel documento);
- Studio Geologico a supporto per la Revisione del P.R.G. – Studio di dettaglio delle zone di ampliamento di P.R.G. C.da Villa Maria – Via Nazionale; C.da Cugnarelli (Aprile 2004, data nel documento);



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

- Relazione e banca dati dei dissesti geomorfologici del PAI.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Quanto riportato in questo capitolo è il risultato di un'attenta analisi e revisione degli elaborati tecnici acquisiti (*tabella 2 della convenzione*) dall'Amministrazione Comunale e della consultazione e sintesi di quanto disponibile nella bibliografia specializzata.

Particolare attenzione è stata rivolta all'esame delle caratteristiche morfologiche, altimetriche, litologiche e geomorfologiche dei versanti, elementi di estrema rilevanza per la definizione della "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica".

Le analisi eseguite sono riportate nei sottoparagrafi di seguito elencati:

- Analisi Morfologica e Altimetrica
- Idrografia
- Inquadramento geologico strutturale regionale
- Assetto geologico strutturale e stratigrafico dell'area esaminata
- Analisi geomorfologica e assetto dei versanti
- Classificazione litologica dei terreni affioranti

4.1 Analisi Morfologica e Altimetrica

Il territorio comunale di Palazzolo Acreide rientra nel settore sudorientale della Sicilia, è caratterizzato dalla presenza di un settore di avampaese rappresentato dall'altopiano Ibleo, costituito da una potente successione carbonatica prevalentemente mesozoico - terziaria, interessata altresì da ripetute intercalazioni vulcaniche.

E' rappresentato dal tipico paesaggio del versante orientale ibleo, prevalentemente tabulare con ampie spianate poco acclivi interrotte bruscamente da profonde e ripide incisioni che localmente prendono il nome di "cave".



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Il territorio si estende per una superficie complessiva di circa 86 Km², e confina a N con i comuni di Buscemi, Cassaro e Sortino, a NE con il comune di Solarino, ad E con i comuni di Floridia e Siracusa, a S con il comune di Noto, e ad O con i comuni di Noto e Buscemi.

Il territorio, in rapporto ai litotipi affioranti può essere suddiviso in due zone caratterizzate da forme del paesaggio ben differenti e distinte. Una zona, che occupa la maggior parte del territorio e si riscontra nella parte settentrionale ed orientale, è caratterizzata da una morfologia aspra con un'acclività medio alta per lo più a gradini, spesso interessati dall'intervento antropico per ricavarne terrazzamenti adibiti a colture. Si notano veri e propri rilievi di forma allungata, solcati spesso da incisioni molto ripide che mostrano allineamenti in due direzioni normali tra loro. Una seconda zona che interessa la parte sud occidentale oltre l'abitato di Palazzolo Acreide, mostra i caratteri morfologici tipici delle aree dove affiorano litotipi marnoso argillosi. Si notano forme di rilievo di tipo mammellonare che rispecchiano la natura intrinseca degli affioramenti dati dalle marne della Formazione Tellaro. Il settore rispetto al precedente risulta molto addolcito presentandosi topograficamente meno acclive.

Dal punto di vista altimetrico è possibile distinguere, nell'area oggetto di studio, due zone:

zona collinare (da 350 fino a circa 750 m s.l.m.), caratterizzata da un rilievo ad andamento tabulare, che raggiunge la maggiore elevazione in corrispondenza di Serra Palazzo (771 metri);

zona sub collinare o di fondo valle (da 200 ai 350 metri).

La figura di seguito proposta (Figura 3) rappresenta l'andamento altimetrico del territorio comunale suddiviso nei seguenti intervalli: 0 – 50; 50-100 m; 100-200 m; 200-600 m; 600-900 m

Ancora, in figura 3, sono rappresentate le aree oggetto delle indagini eseguite (poligono colorato) che, in assenza di precise indicazioni dell'Amministrazione Comunale, sono state circoscritte al centro Palazzolo Acreide, dal quale si evince



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

che la quasi totalità dell'area di studio ricade nella fascia compresa tra 600 e 900 m s.l.m.

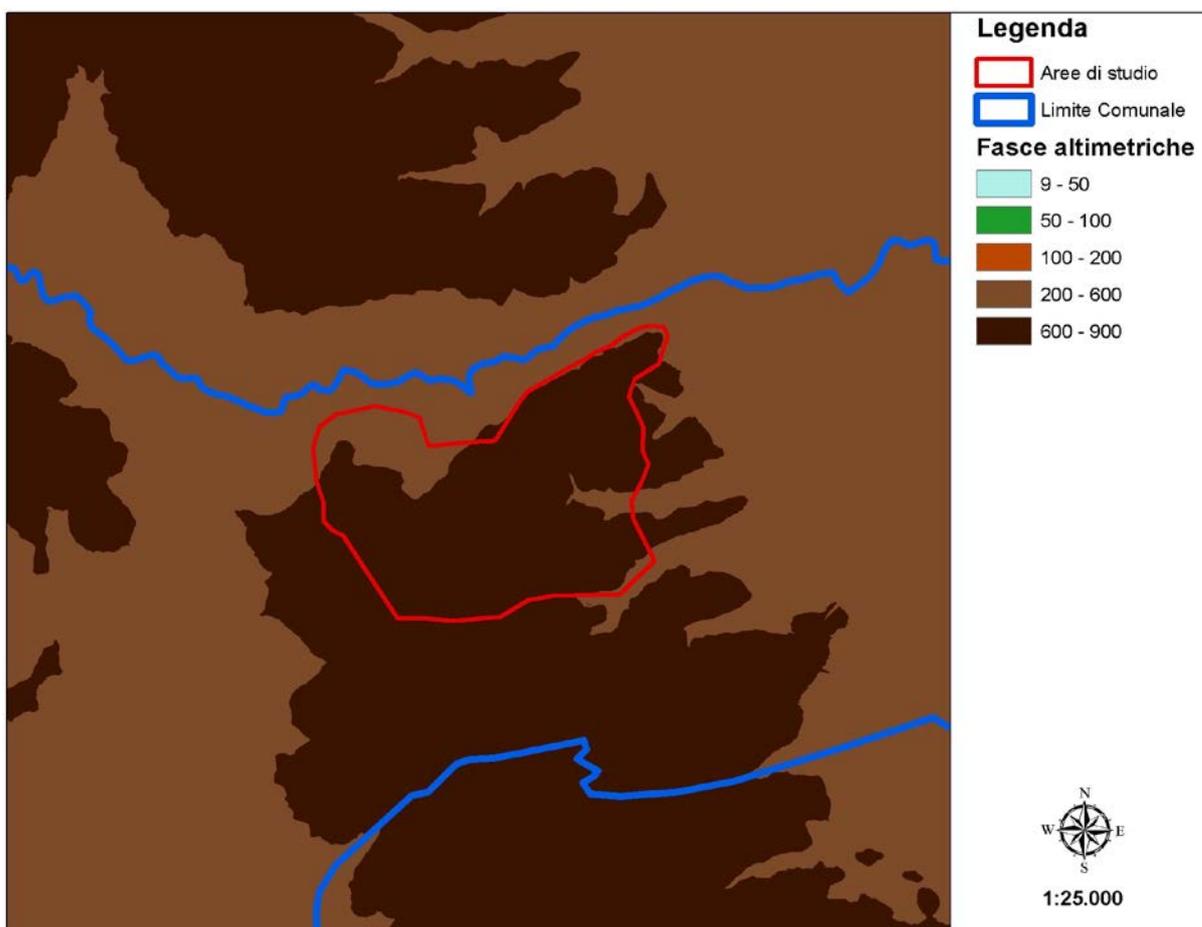


Figura 3 – Suddivisione del territorio in fasce altimetriche

4.2 Idrografia

Nel quadro morfologico dei Monti Climiti si sviluppano elementi idrografici tipici dei paesaggi carsici, localmente denominati “cave” e caratterizzati da valli fluviali profondamente incassate nelle rocce, con pareti subverticali (*canyon*) e con alternanza di gomiti e tratti rettilinei; l'alveo è generalmente confinato dalle pareti



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

rocciose e piuttosto stretto, con depositi di fondo esigui e prevalentemente costituiti da ciottoli e massi. I corsi d'acqua tendono a scorrere per lunghi tratti in facies sotterranea, scomparendo in presenza di inghiottitoi e riemergendo in coincidenza di sorgenti d'alveo.

Tali morfologie sono generate dall'interazione dei fenomeni di sollevamento tettonico con i processi di dissoluzione carsica ed i processi di erosione fluviale.

La loro genesi è legata allo scavamento di tratti ipogei e il crollo dei livelli soprastanti; tale evoluzione è confermata in affioramento dalla giacitura suborizzontale e dalla resistenza differenziale degli strati calcarei, sia al fatto che la gran parte dell'alimentazione idrica, proveniente dalle zone laterali, avviene attraverso flussi sotterranei ubicati sul fondo delle incisioni.

Complessivamente tutto il sistema idrografico superficiale risulta poco gerarchizzato e possiede i caratteri tipici di uno stadio morfodinamico giovanile tuttora in evoluzione.

Nel territorio di Palazzolo Acreide il reticolo idrografico si presenta da angolato a sub dendritico composto da una serie di linee di impluvio confluenti in modo diverso tra loro, creando corsi d'acqua più importanti. Questa disposizione è funzione della diversa composizione litologica delle rocce attraversate, del reticolo delle fratture, della diversa erodibilità e permeabilità dei litotipi e delle forme del rilievo.

Nelle aree occidentali del territorio il deflusso avviene in maniera areale o per mezzo di un sistema di rilevanti incisioni di deflusso superficiale delle acque che assumono spesso direzioni differenti e discordanti, mentre le zone orientali mostrano un reticolo secondario più organizzato e maturo.

Gli alvei dei fiumi risultano profondamente incisi e con le sponde generalmente ad acclività medio alta in riferimento dei termini competenti, mentre a quote più basse, dove affiorano le marne, l'erosione trova facile attuazione a scapito dei termini più erodibili e teneri.

Il territorio comunale si sviluppa su tre bacini idrografici importanti: Fiume Anapo, Fiume Tellaro e il Fiume Cassibile. Questi si suddividono in un moltitudine di



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

bacini secondari determinati dal reticolo di fratture che attraversano le rocce affioranti. Uno spartiacque con direzione SSO-NNE divide il bacino dell'Anapo da quello del Cassibile, mentre uno con direzione NNO-SSE divide il bacino dell'Anapo da quello del Tellaro.

E' presente anche una rete di circolazione sotterranea essenzialmente carsica che si articola in un sistema di canali e canalicoli anche di piccole dimensioni. Tale rete resta individuata fra una cava e l'altra e si manifesta in superficie con le sorgenti che, insieme alle forme ipogee e epigee del carsismo, testimoniano l'esistenza e lo stadio raggiunto da quest'ultimo.

Le forme epigee quali vaschette, impronte, vacuoli e docce d'erosione di modeste dimensioni abbondano, mentre le grotte a sviluppo orizzontale sono presenti prevalentemente nell'intorno del centro abitato lungo le pendici di Serra Palazzo e a S del paese.

4.3 Inquadramento geologico strutturale regionale

Per una più compiuta definizione dell'assetto geologico del territorio del Comune di Palazzolo Acreide si è utilmente fatto riferimento alla geologia del settore sud orientale della Sicilia e, in particolare, alla zona del versante ionico dei Monti Climiti, nell'ambito della quale questo ricade.

E' stata consultata la seguente cartografia geologica:

- CARTA GEOLOGICA DELLA SICILIA SUD-ORIENTALE(1:100.000)
- CARTA GEOLOGICA DEL SETTORE NORD-ORIENTALE IBLEO (1:50.000)
- FOGLIO 274 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:100.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- SCHEMA GEOLOGICO DELLA SICILIA NORD ORIENTALE (1:200.000)

L'area iblea rappresenta un'area di avampaese interessata da vistose discontinuità tettoniche recenti che la delimitano sia verso O che verso E,



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

differenziandola da tutte le altre unità strutturali dell'orogene siculo-maghrebide (CARBONE, 2011).

L'Avampaese Ibleo", che insieme alla Catena Appennino - Maghrebide e all'Avanfossa Gela - Catania rappresenta uno dei principali elementi strutturali della Sicilia orientale, appartiene al blocco Pelagiano, che si estende dalla Scarpata Ibleo - Maltese fino alla Tunisia, ed emerge proprio in corrispondenza della Sicilia sud-orientale formando quello che viene definito in letteratura geologica il Plateau ibleo che rappresenta il promontorio più settentrionale della litosfera africana.

L'Avampaese Ibleo costituisce un plateau prevalentemente carbonatico, la cui successione stratigrafica in affioramento si ha solo a partire da orizzonti del Cretaceo inferiore; mentre i livelli triassici, giurassici e in alcune zone anche cretacei sono conosciuti solo grazie ai dati di sottosuolo legati all'intensa attività di ricerca petrolifera di cui l'area è stata sede (KAFKA e KIRKBRIDE, 1959; RIGO e BARBIERI, 1959; RIGO e CORTESINI, 1961; PATACCA *et al.*, 1979).

La configurazione paleogeografica e paleotettonica dell'area iblea, già nota nella letteratura geologica all'epoca delle ricerche petrolifere (RIGO & BARBIERI, 1958; RIGO & CORTESINI, 1961), è stata perfezionata da PATACCA *et al.* (1979) per l'intervallo non affiorante triassico-cretacico, e completata da GRASSO *et al.* (1979), PEDLEY (1981), CARBONE *et al.* (1982c) e GRASSO & LENTINI (1982) per quello affiorante cretacico quaternario affiorante che è costituito da carbonati di piattaforma e di bacino, e da vulcaniti basiche la cui distribuzione è legata alla tettonica estensionale (PATACCA *et al.*, 1979; LENTINI *et al.*, 1987).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Dopo la fase di rifting hettangiana si individuano due paleo domini il primo costituisce un “alto”, il secondo un bacino profondo a forti tassi di sedimentazione (Formazione Streppenosa). Tale suddivisione si mantiene fino al Domeriano superiore quando per effetto della tettonica sinsedimentaria che progressivamente fa annegare l’alto siracusano, la sedimentazione tende ad omogeneizzarsi su tutta l’area. Alla fine del Dogger si ha la ripresa dell’attività eruttiva submarina in condizioni pelagiche, seguita da un ulteriore periodo di quiescenza che perdura sino al Cretaceo superiore, quando si sviluppano i sistemi di faglie ad andamento NE-SO e ONO-ENE, cui si associano grossi volumi di vulcaniti, soprattutto nella regione ionica.

Durante il Terziario si mantiene la persistenza dei due domini contigui quello orientale, caratterizzato da una sequenza di ambiente marino poco profondo, condizionato dallo sviluppo di prodotti vulcanici e quello occidentale contrassegnato da sedimenti carbonatici di mare aperto che includono cospicui risedimenti provenienti dalle aree orientali.

Nel settore orientale affiora una successione stratigrafica spesso lacunosa e caratterizzata da facies marine di acque basse, di età compresa tra il Cretaceo e il Miocene superiore, alla quale si intercalano due orizzonti di vulcaniti basiche.

Al di sopra dei termini cretacei si estende una copertura oligo - miocenica costituita dalla Formazione dei Monti Climiti, suddivisa nei Membri di Melilli in basso e dei Calcari di Siracusa in alto, formati rispettivamente da calcareniti pulverulente biancastre e biotiti algali con rodoliti e coralli. Si passa alla Formazione di Carlentini (Tortoniano) caratterizzata da una sequenza di vulcanoclastiti con abbondante frazione sedimentaria generatasi per esplosioni freatomagmatiche in ambiente marino di acque basse o subarea. La Formazione Carruba costituita da calcari teneri e da lumachelle inframessiniane chiude in alto la successione con significato di deposito preevaporitico.

Nel settore occidentale le facies supracretacee-mioceniche del settore centrale e occidentale del plateau ibleo consistono invece di sedimenti carbonatici di ambiente pelagico. Gli affioramenti più antichi sono dati da calcari marnosi del Cretaceo inferiore, cui seguono calcari marnosi con selce di età Cretaceo - Eocenica.

Seguono successioni carbonatiche di ambiente da neritico a pelagico, conosciute come Formazione Ragusa che è suddivisa in due parti: Membro



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Leonardo, caratterizzato da calcilutiti e marne di età Oligocenica, e Membro Irminio, costituito da calcareniti e marne di età inframiocenica. Questa Formazione passa gradualmente alle marne della Formazione Tellaro di età medio miocenica con intercalazioni calcarenitico marnose. Superiormente e lateralmente alla Formazione Tellaro si passa alle calcareniti tortoniane della Formazione Palazzolo in parte coeve alle calcareniti della Formazione dei Monti Climiti.

Il quadro paleogeografico del Messiniano inferiore è in parte ereditato dal Tortoniano (GRASSO *et al.*, 1982; CARBONE & LENTINI, 1981b). La distribuzione delle facies suggerisce che un'area emersa doveva trovarsi in corrispondenza dell'odierno tratto di costa fra Agnone e Monte Tauro e si estendeva anche verso l'attuale margine settentrionale ibleo fino all'avanfossa (LENTINI *et al.*, 1987; BUTLER *et al.*, 1997)

Nel Messiniano superiore il generale abbassamento del livello marino ha determinato l'emersione di quella parte del plateau occupata da sedimenti lagunari e/o di transizione (Formazione Monte Carrubba) mentre nelle aree sommerse inizia la deposizione delle evaporiti. Con la suddetta emersione si modifica profondamente il quadro paleogeografico e termina la configurazione area orientale area occidentale, che si era protratta per tutto l'intervallo creataceo miocene.

Dalla distribuzione dei depositi del Pliocene inferiore prevalentemente trubi e talora breccie o calcareniti, si deduce che dopo l'emersione messiniana si è avuta una moderata ingressione marina che non ha modificato sostanzialmente la distribuzione delle aree emerse. I sedimenti pliocenici sono distribuiti in maniera discontinua lungo i bordi dell'altopiano ibleo.

I depositi quaternari appartengono a due principali cicli sedimentari di età infra e medio pleistocenica. I terreni del pleistocene inferiore formano una cintura continua attorno all'altopiano calcareo raggiungendo spessori notevoli lungo i bordi settentrionale e occidentale. I litotipi sono dati da biocalcareni tenere giallastre discordanti sul substrato miocenico o sulle vulcaniti plioceniche. Le calcareniti passano verso l'alto e lateralmente ad argille grigio azzurre raggiungendo spessori considerevoli in corrispondenza di strutture più depresse. Il secondo ciclo è rappresentato dalla cosiddetta panchina crotoniana che ricopre in discordanza termini di varia età. Sul bordo occidentale ibleo lungo l'estesa piana tra Caltagirone e



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Vittoria la sedimentazione infrapleistocenica è chiusa da una potente serie sabbiosa regressiva che ricopre e sutura la Falda di Gela.

Nell'area iblea a tutte le fasi tettoniche più incisive sono associate manifestazioni basaltiche e rapidi cambiamenti del regime sedimentario.

Una copiosa letteratura geologica ha cercato di chiarire i rapporti di giacitura tra sedimenti e le vulcaniti giungendo così ad individuare i vari complessi eruttivi mediante la datazione delle formazioni sedimentarie ad essi associate (DI GRANDE, 1967, 1968, 1972; GRASSO *et al.*, 1981; PEDLEY, 1981; COSTA *et al.*, 1993;).

Un primo ciclo eruttivo di età supramiocenica caratterizza la porzione di territorio compresa tra Melilli, Sortino e Carlentini. Si tratta di prodotti vulcanoclastici appartenenti alla Formazione Carlentini stratigraficamente compresi tra i sedimenti calcarei di età Miocene inferiore (Formazione Monti Climiti) ed l'alternanza calcareo marnosa del Messiniano (Formazione Monte Carruba).

Un secondo ciclo eruttivo del Pliocene inferiore e medio, i cui prodotti giacciono al di sotto delle Calcareni del Pliocene superiore, è stato riconosciuto nell'area Buccheri- Vizzini - Militello.

Un terzo ciclo eruttivo plio-pleistocenico, costituito da lave e prodotti vulcanoclastici, è infine compreso tra i sedimenti calcareo-marnosi (Trubi) pliocenici o, in loro assenza, tra i sedimenti miocenici in genere e le calcareniti del Calabriano con le quali spesso si trova in rapporti di eteropia.

Rivestono un'importanza secondaria, data la limitatezza degli affioramenti, i prodotti di un ultimo ciclo eruttivo indicati come Vulcaniti superiori e successivamente come Vulcaniti pleistoceniche che si sovrappongono alle calcareniti del Calabriano.

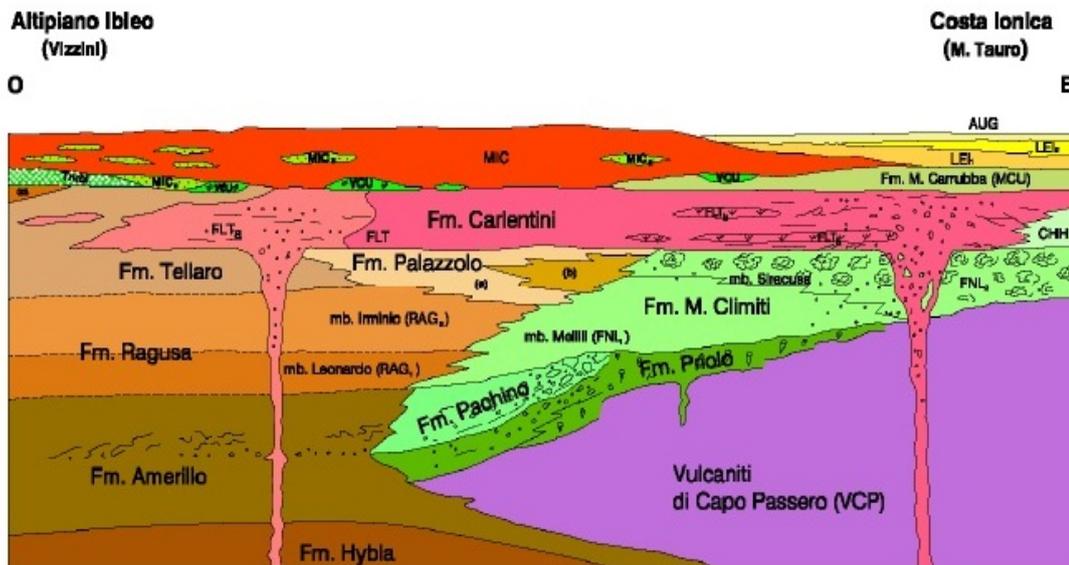


Figura 5 – Schema della distribuzione delle facies cretatico quaternarie attraverso il Plateau Ibleo dal Settore ionico all'Altopiano calcareo s.s. (da Carbone et al., 1986, modificato)

I Monti Iblei formano un horst allungato in senso NE-SO controllato da prevalenti lineamenti tettonici estensionali. Tra il bordo occidentale del Plateau Ibleo e il fronte sepolto della Falda di Gela si colloca l'Avanfossa Catania Gela, in gran parte occupata da sedimenti plio-pleistocenici, ed estesa dal Golfo di Catania all'offshore di Gela. A largo della costa orientale il plateau è troncato dal sistema della scarpata ibleo maltese che separa la sottile fascia di piattaforma continentale e il Canale di Sicilia dalla Piana batiale ionica.

Il plateau si compone di due elementi morfo strutturali l'Altopiano calcareo s.s. o ragusano e il settore ionico o siracusano. (CARBONE *et al.*, 1982c) separati trasversalmente dalla linea del Tellaro con cinematica transtensiva sinistra (CATALANO *et al.*, 2008a).

L'altopiano ragusano, la parte più elevata del tavolato calcareo, è delimitata dai sistemi di Comiso - Chiaramonte ad O, e di Pozzallo – Ispica - Rosolini ad E (LENTINI *et al.*, 1984); nella sua parte mediana è attraversato dalla zona di taglio destro pleistocenica N10 Scicli Ragusa Irminio (GHISSETTI & VEZZANI, 1980). Ad



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

eccezione delle sue aree periferiche nel suo insieme l'altopiano calcareo non è mai stato ricoperto da sedimenti quaternari e l'assenza di evaporiti messiniane è connessa ad un'emersione post Messiniano inferiore (GRASSO & LENTINI,1982).

Il settore siracusano dell'altopiano fino al Pliocene ha seguito la stessa evoluzione tettono sedimentaria e modificazioni dell'altopiano ragusano, distaccandosene nettamente nel Plio-Pleistocene. In questo settore mancano infatti i depositi pliocenici e quelli quaternari tendono a colmare delle depressioni strutturali ricoperti solo a tratti dai livelli apicali della successione quaternaria. L'altopiano siracusano è disseccato da due principali depressioni controllate da faglie normali: il Graben di Augusta, collocato sulla terminazione settentrionale dei Monti Climiti e delimitato verso mare dalle penisole di Monte Tauro e di Magnisi, e il Graben dell'Anapo posto tra i Monti Climiti orientali e i promontori di Belvedere e della Penisola della Maddalena.

La porzione nord-orientale dei Monti Iblei è costituita dai Monti Climiti che si sviluppano parallelamente alla costa da Melilli fino a Siracusa. In particolare, in questa fascia di territorio si possono distinguere due zone strutturalmente distinte: l'Horst dei Monti Climiti e il bacino costiero orientale tra Augusta e Priolo.

L'Horst dei Monti Climiti, rialzato per effetto di due importanti sistemi di faglie a direzione NO-SE e NE-SO, è caratterizzato dalla presenza della successione carbonatica "Formazione dei Monti Climiti".

Il bacino costiero orientale di Augusta- Priolo, presenta un andamento morfologico suborizzontale, con debole pendenza verso il mare Ionio. Quest'area corrisponde ad un ampio graben formatosi tra la fine del Pliocene e l'inizio del Pleistocene inferiore-medio, delimitato ad O dall' Horst dei Monti Climiti, ad E dagli Horst di Monte Tauro e di Magnisi ed a S dall'Horst di Santa Panagia. In particolare all'interno di questo lungo graben si possono individuare due strutture minori denominate Horst di Petrarò e Horst di Costa Gigia; esse determinano un'ulteriore suddivisione strutturale in Graben di Augusta, Graben del Fiume Marcellino e Graben di Priolo. Durante il Pleistocene, nelle depressioni di quest'ultimo settore Graben di Priolo), si sono depositati sedimenti carbonatici, sabbiosi e argillosi, legati ad un'estesa fase trasgressiva.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

4.4 Assetto geologico strutturale dell'area esaminata

I lineamenti geologici dell'area in studio riflettono quelli della fascia orientale dell'altopiano ibleo, caratterizzata in prevalenza da una successione carbonatica che abbraccia con relativa continuità un intervallo cronologico compreso tra il Miocene e il Quaternario.

Le caratteristiche geologiche e stratigrafiche del territorio comunale di Palazzolo Acreide sono state definite attraverso l'analisi dei dati derivabili dalla documentazione fornita dall'Amministrazione Comunale, descritta in dettaglio nel cap. 3 delle presenti note, integrati con quelli disponibili nella bibliografia consultata.

La successione litostratigrafica affiorante è costituita prevalentemente da terreni di natura sedimentaria di età compresa tra il Miocene ed il Quaternario.

4.5 Stratigrafia dell'area esaminata

Nel dettaglio la successione stratigrafica è costituita:

Materiale di riporto:

Depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene);

Materiale fluvio-lacustre;

Vulcaniti (Pliocene - Pleistocene);

Formazione Palazzolo (Serravalliano - Tortoniano)

Calcari a banchi (Membro Buscemi)

Alternanza calcarenitico marnosa (Membro Gaetani)

Alternanza calcarenitico marnosa nodulare

Formazione Tellaro (Langhiano inferiore – Messiniano)

Marne grigio-azzurre e marne calcaree giallastre

Inoltre sono stati evidenziati i seguenti elementi:

- contatti tettonici generici (probabili linee di frattura, lineazioni morfologiche desunte da aerofoto-interpretazione).
- linee di ricoprimento tettonico.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Materiale di riporto

Si tratta di depositi antropici costituiti da materiali compatti a granulometria variabile (dal mm al cm), di spessore che talvolta può raggiungere i 5 m c/a. La cospicuità di tale materiale è da attribuire alla principale attività che si esercita in alcune aree del territorio (C.da Villa Maria). Talaltro negli anni vi è stata una regolarizzazione dei siti e la creazione di ampi spazi ottenuti colmando le irregolarità con il materiale di riporto.

Depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene)

Si tratta di depositi ghiaioso sabbiosi, prevalentemente carbonatici. Si riscontrano principalmente in corrispondenza dei corsi d'acqua. Lo spessore è variabile.

Materiale fluvio-lacustre

Si ritrovano sui calcari della Formazione Palazzolo e sono caratterizzati da limi e argille.

Vulcaniti (Pliocene - Pleistocene)

Sono costituite da blocchi lavici compatti di dimensioni sino a 2 metri, associati a materiale tufaceo poco coerente. Lo spessore è ridotto, eccetto in qualche caso in cui occupano presunti condotti vulcanici (Serra Palazzo).

Le aree di affioramento sono caratterizzate da una certa discontinuità litologica e da locali variazioni di coerenza litologica. Affiorano poco estesamente in località C.da Serra Palazzo e nella parte N-NO del territorio.

Formazione Palazzolo (Serravalliano – Tortoniano)

La formazione presenta variazioni litologiche in senso laterale e verticale ed è stata suddivisa in tre membri eteropici (Di Grande *et al.*, 1983) che, dall'alto verso il basso, sono dati da:

Calcari a banchi (Membro Buscemi)

Si tratta di calcari generalmente duri, caratterizzati da una certa variabilità granulometrica con una prevalenza di calcareniti nel settore occidentale e di calciruditi in quello orientale.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Mostrano una stratificazione non sempre distinguibile, inclinata di pochi gradi. Le caratteristiche litologiche dell'intero complesso non sono costanti lungo tutta la superficie di affioramento. Verso l'alto si riscontrano calcareniti stratificate talvolta interessate da cavità carsiche o tettoniche. In taluni casi è evidente la presenza di partimenti più o meno sottili più teneri. Talvolta si riscontra la presenza di fratture riempite da materiale a granulometria limo-argillosa.

Affiorano con continuità e mostrano una certa compattezza anche se in taluni casi si presentano fratturati.

Si rinvencono in buona parte del centro urbano di Palazzolo (C.da Pineta, C.da Case Bianche, C.da da Fondi Nuovi, C.da Famelio, C.da Santolio), e lungo l'incisione del Torrente Bibbinello. Lo spessore è di circa 150 m ad O dell'abitato di Palazzolo mentre altrove può raggiungere spessori maggiori.

Localmente questa unità è ricoperta da suoli residuali e terre rosse.

Alternanza calcarenitico marnosa (Membro Gaetani)

Rappresenta il livello sommitale della Formazione Palazzolo, è caratterizzato da strati calcarenitici duri (20-40 cm) separati da partimenti marnoso sabbiosi (5-30 cm) più teneri. Litologicamente è simile alla Alternanza calcarenitico marnosa nodulare ma ne differisce sostanzialmente per l'assenza di nodularità e per una minore fratturazione degli strati.

Tale litotipo affiora nei dintorni del centro di Palazzolo (C.da Zemina, C.da Porticuletto, C.da Purbella, C.da Cugnarelli) e a SE del centro abitato, con spessore variabile da 20 a 40 metri, presentando spessori più elevati (80 m) in C.da Zemina.

Alternanza calcarenitico marnosa nodulare

Tale litotipo rappresenta la parte inferiore della Formazione Palazzolo. E' rappresentata da calcareniti a grana media e fine, di media durezza, associate a marne spesso sabbiose o calcareniti marnose tenere. Talvolta gli strati calcarenitici compatti, si combinano con quelli marnosi o con quelli più teneri, entrambi presentano spessori di 10 - 40 cm. Questo livello è caratterizzato da una evidente stratificazione nodulare

Verso il basso si sovrappongono alle marne della Formazione Tellaro cui passano gradualmente con diminuzione di frequenza degli strati calcarenitici ed aumento di quelli marnosi. Il passaggio all'unità sovrastante è meno graduale ed è segnato da



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

una maggiore frequenza degli strati duri e una diminuzione dei livelli marnosi, fino alla loro scomparsa che segna il limite di passaggio al Membro Buscemi.

Si rinvencono nel centro urbano di Palazzolo (Rupe Tarpea, Castelvechio), nella zona di C.da Pineta, Serra Palazzo, C.da Pantano e Madonna delle Grazie, con uno spessore massimo di circa 70 metri nell'area a O, e con spessori minori nell'area a E.

Formazione Tellaro (Langhiano inferiore - Messiniano)

marne grigio-azzurre al taglio fresco in strati con spessori fino al metro con intercalati livelli calcarenitici.

4.6 Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti

L'analisi geomorfologica dei versanti e del territorio, più in generale, permette la ricostruzione morfodinamica ed il riconoscimento delle azioni morfogenetiche, per l'individuazione di tutti i fattori essenziali allo sviluppo dello studio di MS secondo i criteri dettati dagli ICMS.

L'evoluzione morfologica progredisce in funzione della naturale opera di erosione dei rilievi che, successivamente si depositano nelle depressioni. La velocità del processo è modulata dall' "energia del rilievo", dove la conformazione orografica e lito - strutturale esalta le azioni gravitative, dai fattori climatici e dall'uso del suolo.

Fattori stabilizzanti quali forestazioni, opere di sistemazione dei pendii e di regolazione del deflusso idraulico, lungo gli alvei interessati da erosione, contribuiscono, al contrario, a rallentare le azioni morfodinamiche.

In generale la fisiografia è condizionata dalle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti che determinano la risposta geomorfologica agli agenti morfoevolutivi.

Nell'area, in generale, prevalgono i fenomeni erosivi che si esplicano attraverso l'incisione valliva operata dalle acque che innescano a sua volta fenomeni di scalzamento al piede e di crollo lungo i versanti.

L'erosione operata dagli agenti esogeni è più lenta per la resistenza opposta dai terreni affioranti tenaci (calcari, alternanza calcareo marnosa), mentre è più incisiva nella parte valliva ove prevalgono i termini marnosi e dove i versanti sono soggetti a



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

processi di instabilità che in relazione alla litologia ed alla giacitura dei terreni interessati possono generare scoscendimenti e colamenti.

E' importante evidenziare come nella dinamica della evoluzione dei versanti in esame prevalga l'elemento morfotettonico piuttosto che quello morfologico. Gli elementi morfologici che meglio caratterizzano i processi legati alla tettonica supramiocenica e plio pleistocenica sono le scarpate strutturali.

Come riportato nelle relazioni esaminate, nel territorio di Palazzolo Acreide si possono distinguere differenti fenomeni franosi. Infatti si riscontrano frane di crollo lungo i versanti delle incisioni vallive (zona Via Rupe Tarpea, zona Castello e Fontana Ristaino), frane di scoscendimento, frane per colamento (C.da Poi) che talvolta interessano le vie di comunicazione.

Si riscontrano forme di ruscellamento concentrato come fossi, solchi d'erosione, calanchi come riscontrato in C.da Falabia

Dall'esame degli elaborati dello studio geologico del PRG, e della cartografia del PAI Sicilia e di quanto disponibile in bibliografia è stato possibile derivare, per tutto il territorio comunale di Palazzolo Acreide le principali evidenze geomorfologiche, riportate nell'allegata carta geologico - tecnica.

Mediante la classificazione e la ridisposizione di tali dati è stato realizzato un modello territoriale quantitativo (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici) in cui le aree, caratterizzate dai vari livelli di instabilità, sono sovrapposte alla distribuzione clivometrica.

La procedura seguita può essere così schematizzata:

1. Analisi della cartografia acquisita (Studio Geologico di revisione del PRG, PAI);
2. Acquisizione dei dati coerenti con gli standard ICMS;
3. Elaborazione numerica e digitale per l'individuazione e classificazione di:
 - a. Scarpate morfologiche tra 10 e 20 m e superiori ai 20 m
 - b. Creste
 - c. Picchi isolati

- d. Orlo di terrazzi fluviali tra 10 e 20 m e superiori ai 20 m
 - e. Perimetrazione dei dissesti;
4. Classificazione e popolamento degli elementi individuati secondo gli standard 2.0.

Di seguito viene restituito il risultato sotto forma di elaborato cartografico (Figura 6) e di tabelle riepilogative quantitative degli elementi geomorfologici individuati.

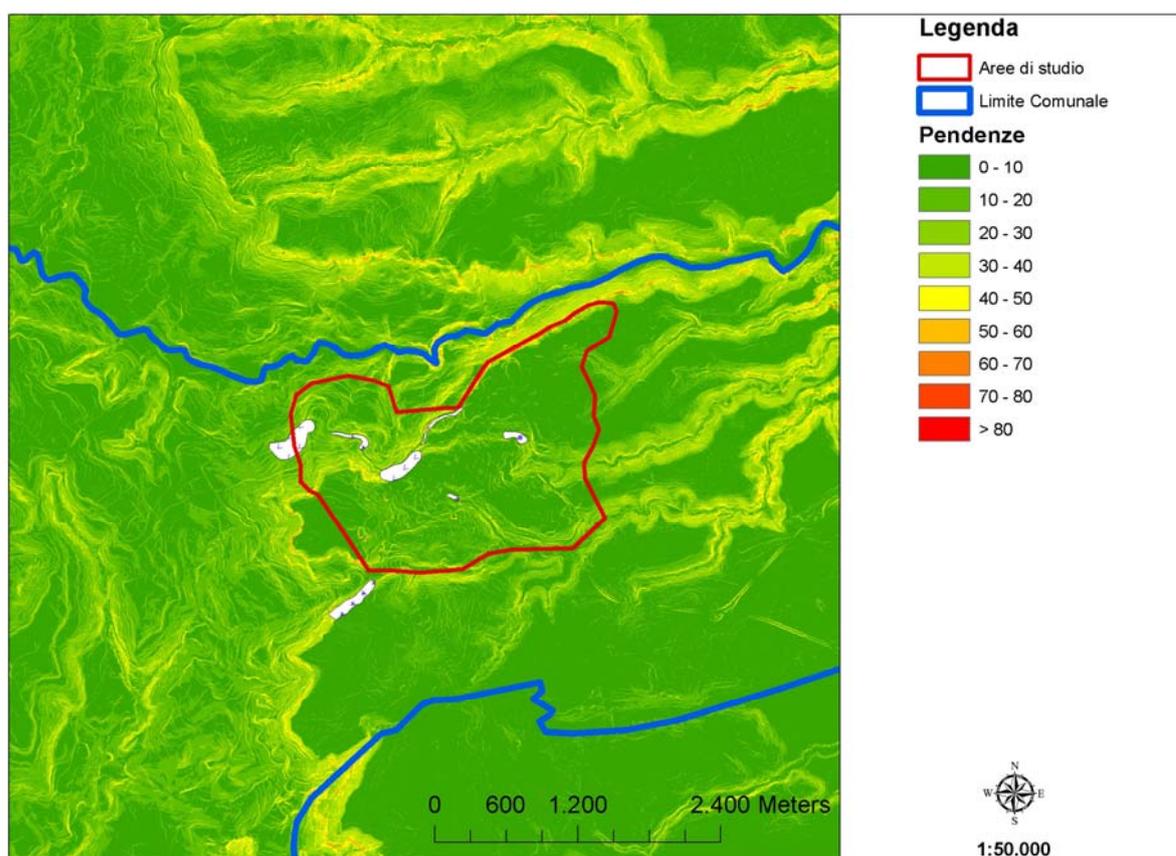


Figura 6 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici

Descrizione	Numero
-------------	--------



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)	27
Orlo di terrazzo fluviale (>20m)	7

Tabella 1 – Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati

Per la selezione areale di Palazzolo Acreide, qui in esame, sono stati censiti 12 dissesti: gli eventi più frequenti risultano quelli conseguenti a crollo o ribaltamento (7) e deformazione superficiale lenta (2) seguiti da eventi provocati da scorrimento (2) ed erosione accelerata (1).

La tabella seguente esibisce i dati raccolti raggruppati per tipologia di dissesto.

Tipo dissesto	N° totale	Superficie Totale (mq)
Crollo o ribaltamento	7	179138,55
Scorrimento	2	99846,21
Deformazione superficiale lenta	2	56503,96
Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	1	3418,35

Tabella 2 – Trasposizione analitica delle aree in dissesto individuate

I dissesti censiti sono stati cartografati, classificati (per tipologia e per stato di attività) e sono riportati, ove previsto, negli elaborati cartografici prodotti dal presente studio.

4.7 Classificazione litologica dei terreni affioranti

Per quanto concerne la realizzazione della carta Geologico – Tecnica le indicazioni riportate negli ICMS prevedono la classificazione preliminare delle formazioni geologiche, attenendosi ai criteri dell'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985), in due categorie:

- Substrato geologico
- Terreni di copertura

Nelle figure di seguito proposte (tratte da Microzonazione Sismica – standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Figura 7 e Figura 8) sono riportate tutte le sottocategorie, definite negli ICMS, in cui sia il substrato geologico rigido e non rigido sia i terreni di copertura, sono ulteriormente suddivisi in funzione delle loro essenziali caratteristiche geomeccaniche e geotecniche.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Substrato geologico rigido o non rigido		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	NR	Substrato geologico non rigido
	SF	Substrato geologico rigido molto fratturato
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	NRS	Substrato geologico non rigido, stratificato

Figura 7 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido.

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

Figura 8 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura

Secondo tali indicazioni i terreni riconosciuti nel comprensorio comunale di Palazzolo Acreide sono stati classificati nel modo seguente:

A) Substrato geologico di tipo “Alternanza di litotipi stratificata” (ALS) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Formazione Palazzolo (Serravalliano – Tortoniano) – Alternanza calcarenitico marnosa (Membro Gaetani) - caratterizzato da strati calcarenitici duri (20 - 40 cm) separati da partimenti marnoso sabbiosi (5 - 30 cm) più teneri;

Formazione Palazzolo (Serravalliano – Tortoniano) – Alternanza calcarenitico marnosa nodulare - rappresentata da calcareniti a grana media e fine, di media durezza, associate a marne spesso sabbiose o calcareniti



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

marnose tenere. Talvolta gli strati calcarenitici compatti, si combinano con quelli marnosi o con quelli più teneri, entrambi presentano spessori di 10 - 40 cm. Questo livello è caratterizzato da una evidente stratificazione nodulare.

Formazione Tellaro - Marne grigio – azzurre e marne calcaree giallastre – marne grigio-azzurre al taglio fresco in strati con spessori fino al metro con intercalati livelli calcarenitici.

B) Substrato geologico di tipo “Granulare cementato” (GR) – sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Vulcaniti (Pliocene - Pleistocene) - sono costituite da blocchi lavici compatti di dimensioni sino a 2 metri, associati a materiale tufaceo poco coerente. Lo spessore è ridotto;

Formazione Palazzolo (Serravalliano – Tortoniano) - Calcari a banchi (Membro Buscemi) - calcari generalmente duri, caratterizzati da una certa variabilità granulometrica con una prevalenza di calcareniti nel settore occidentale e di calciruditi in quello orientale. Le caratteristiche litologiche dell'intero complesso non sono costanti lungo tutta la superficie di affioramento.

C) Terreni di copertura classificati come Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:

Depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene) - depositi ghiaioso sabbiosi, prevalentemente carbonatici. Si riscontrano principalmente in corrispondenza dei corsi d'acqua. Lo spessore è variabile.

D) Terreni di copertura classificati come Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità (OL) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità:

Materiale fluvio-lacustre

E) Terreni di copertura classificati come Terreni contenenti resti di attività antropica (RI) - sono state ascritte a tale classe le seguenti Unità di cui si riporta in sintesi una breve descrizione:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Depositi antropici – Materiali di riporto compatto a granulometria variabile di spessore fino a 5 m circa.

La precedente classificazione è compendiata nella seguente tabella e restituita nell'allegata Carta geologico-tecnica (Figura 9).

Categorie	Sottocategorie	Litotipi
Substrato rigido o non rigido	Granulare cementato (GR)	Vulcaniti (Pliocene - Pleistocene)
		Formazione Palazzolo (Serravalliano – Tortoniano) - Calcarei a banchi (Membro Buscemi)
	Alternanza di litotipi stratificato (ALS)	Formazione Palazzolo (Serravalliano – Tortoniano) – calcari grigi a grana fine e calcari marnosi in alternanza (Membro Gaetani)
		Formazione Palazzolo (Serravalliano – Tortoniano) - Alternanza calcarenitico marnosa nodulare
Terreni di copertura	Terreni contenenti resti di attività antropica (RI)	Depositi antropici
	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia (GP)	Depositi alluvionali recenti ed attuali (Olocene)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità (OL)	Materiale fluvio-lacustre
--	--	---------------------------

Tabella 3 – Compendio della classificazione litologica.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

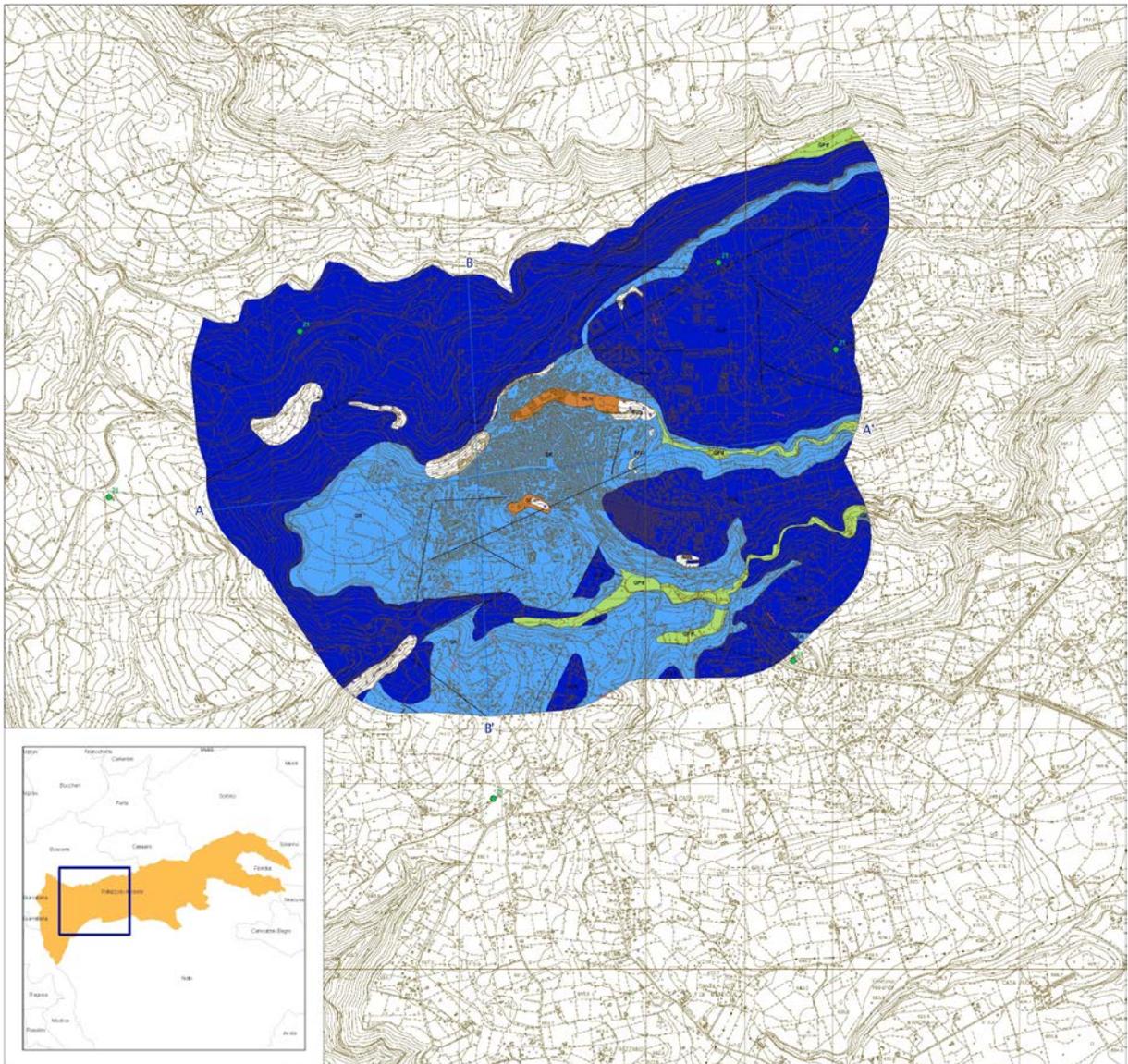


Figura 9 – Carta geologico tecnica



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

5 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

La “pericolosità sismica di base”, più generalmente indicata semplicemente come pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la valutazione delle azioni sismiche attese.

La pericolosità sismica di un generico sito deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, in termini sia spaziali sia temporali. I relativi risultati sono forniti, in corrispondenza dell'area considerata, come valori di accelerazione orizzontale massima a_g , riferita ad un sito rigido orizzontale ($V_s > 800$ m/s), e per diverse probabilità di superamento e/o diversi periodi di ritorno.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo e dalla morfologia della superficie topografica. Tali modifiche riguardano gli studi di risposta sismica locale.

La valutazione della pericolosità sismica deve derivare da studi estesi a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure e metodologie validate che devono essere rese pubbliche in modo da consentire la riproduzione dell'intero processo.

Dal catalogo CFTI04MED sono stati considerati gli eventi sismici storici, ricostruiti dalle fonti con sufficiente attendibilità, ritenuti rappresentativi dello stile sismico dell'area in studio (GUIDOBONI *et al.*, 2007).

In Italia i risultati ufficialmente accreditati, relativamente ai più recenti studi di pericolosità sismica sono quelli disponibili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI 11 di ROVIDA *et al.*, 2011) che fa uso delle tecniche di ricerca ed analisi dei dati di base più avanzati e utilizza i dati derivati dal Data Base Macrosismico Italiano 11 (DBMI11 di LOCATI *et al.*, 2011) che oggi è già alla sua terza versione pubblica.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

5.1 Sismicità storica della Sicilia orientale e Calabria meridionale

Il quadro della sismicità che in epoca storica ha interessato la Sicilia Orientale e la Calabria meridionale, aree di riferimento per il presente studio, si può utilmente derivare dai cataloghi sismici:

CFTI04MED (GUIDOBONI *et al.*, 2007);

DBMI11 (LOCATI *et al.*, 2011);

CPTI11 (ROVIDA *et al.*, 2011).

Nella Figura 10 e Figura 11, estratte dal CPTI11, è mostrata la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area considerata nell'intervallo temporale 1000 - 1899 (Figura 10) e 1900 - 2006 (Figura 11) con un'indicazione della classe di magnitudo M_w (Magnitudo momento).

In Figura 12 sono riportate le massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale estratte dal catalogo DBMI11 che contiene 86071 MDP (Macroseismic Data Points) relativi a 1684 terremoti avvenuti dopo il 1000.

I dati sono riferiti a 15416 località e ad ogni punto riportato in figura è associata la massima intensità risentita.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

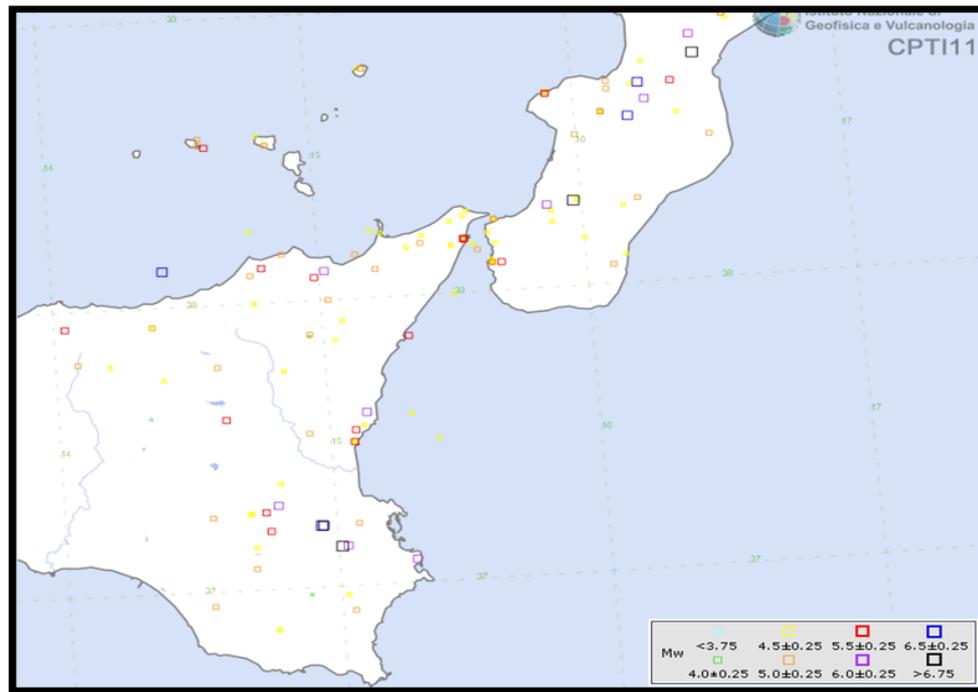


Figura 10 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1000-1899 (CPT111, Rovida *et al*, .2011)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

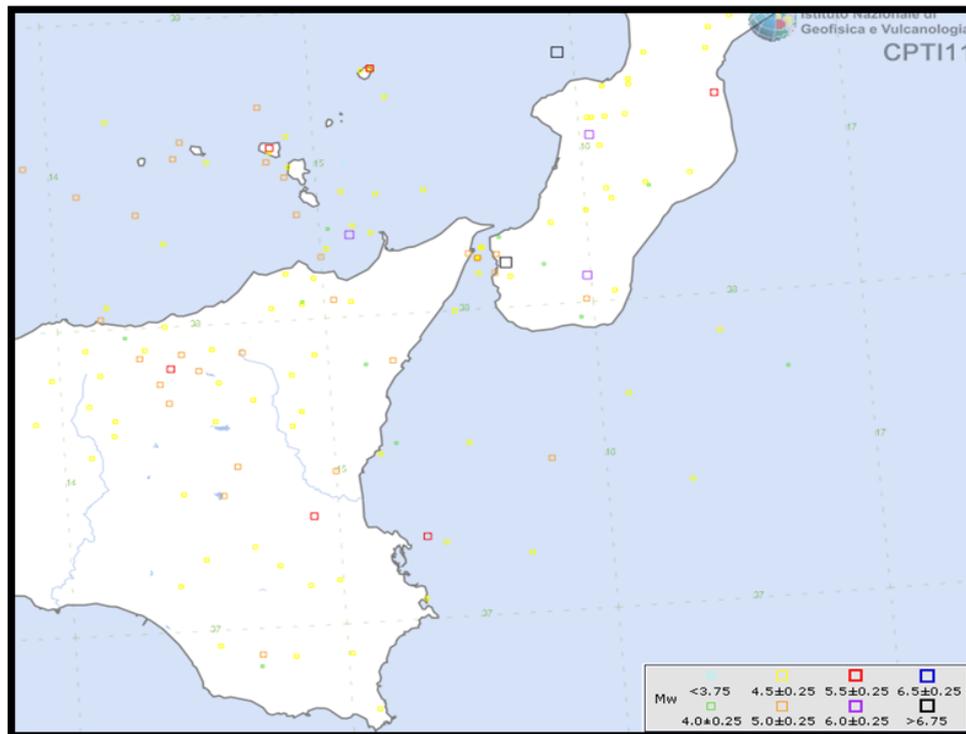


Figura 11 – Distribuzione degli epicentri dei terremoti della Sicilia orientale e della Calabria meridionale nell'intervallo temporale 1900-2006 (CPT111, Roviida et al., 2011)



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

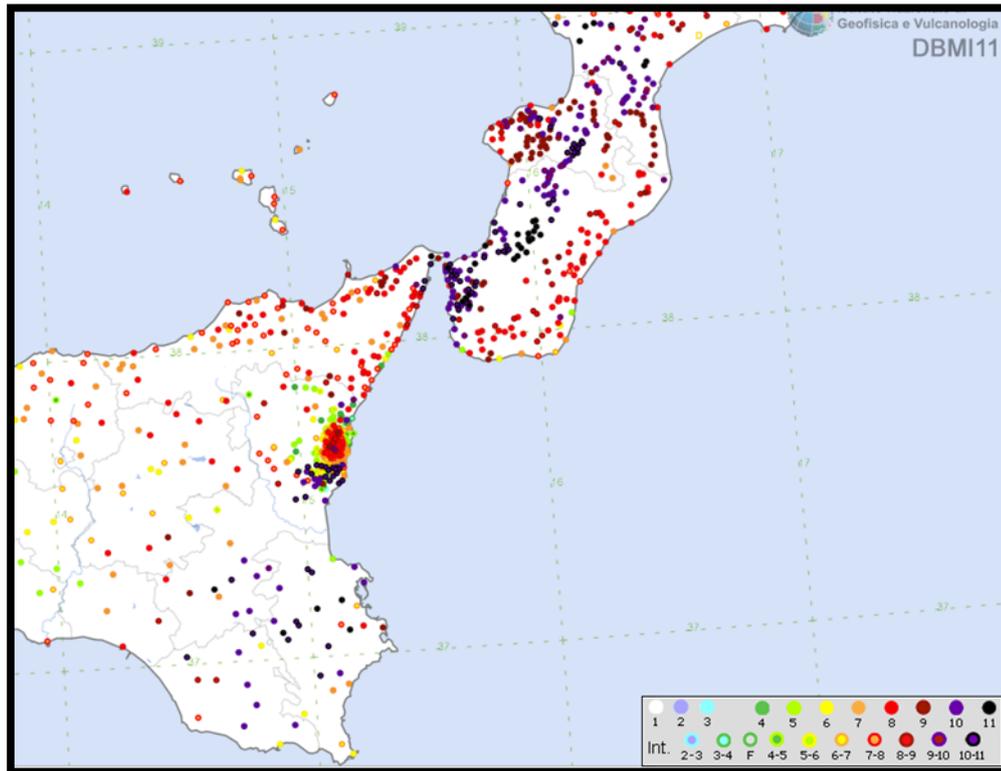


Figura 12 – Massime intensità risentite per ogni località della Sicilia orientale e della Calabria meridionale (DBMI11, Locati et al., 2011)

Dei numerosi terremoti che hanno colpito la Sicilia orientale prima del XVI secolo, si hanno informazioni lacunose ed insufficienti per la ricostruzione del campo macrosismico e degli effetti del sisma sul territorio. Dal catalogo CFTI04MED si sono considerati gli eventi sismici storici sotto descritti, ricostruiti dalle fonti con sufficiente attendibilità, ritenuti rappresentativi dello stile sismico dell'area in studio.

Sono terremoti che è possibile mettere in relazione alle strutture sismogenetiche presenti nella Sicilia orientale e che hanno avuto effetti macrosismici significativi nelle aree colpite. La magnitudo macrosismica equivalente M_e (GASPERINI e FERRARI, 1995, 1997), riportata nel citato catalogo, è stata calcolata attraverso il metodo delle aree di risentimento che si basa su un adeguato



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

campionamento del campo macrosismico, pertanto, in relazione a questi eventi può essere ritenuta sufficientemente attendibile.

Terremoto del 10.12.1542, ore 15:15, lat=37.23, lon=14.92, $I_{max}=10$, $M_e=6.9$: il terremoto fu avvertito in tutta la Sicilia e colpì in particolare l'entroterra collinare e montuoso degli Iblei. I danni maggiori si rilevano in un'area di circa 6000 kmq, comprendente Melilli, Occhiola, Lentini, Sortino, Avola, Buccheri, Ferla, Giarratana, Monterosso Almo, Palazzolo Acreide e Vizzini, dove molti edifici crollarono o divennero completamente inagibili. Le massicce distruzioni furono favorite dalle morfologie urbanistiche, che avevano come comune denominatore la discontinuità altimetrica, e l'irregolarità delle murature degli edifici costruiti in varie fasi. In alcuni paesi, in particolare a Sortino e a Lentini, i danni furono aggravati da frane e scoscendimenti e dal cedimento dei terreni di fondazione. Danni di notevole entità si ebbero anche a Siracusa, per la quale è stato possibile localizzare le aree urbane più danneggiate, e a Catania; danni più leggeri si verificarono ad Agrigento. La scossa fu sentita a Messina, a Trapani e, fortemente, a Palermo.

Terremoto del 25.08.1613, ore 05:00, lat=38.117, lon=14.783, $I_{max}=9$, $M_e=5.6$: il terremoto avvenne all'alba del 25 agosto (alla latitudine della Sicilia settentrionale, all'incirca le ore 5:00 GMT). Gli effetti più gravi risultarono concentrati nella città di Naso, dove crollarono oltre 200 abitazioni e tutte le altre furono gravemente danneggiate. I morti furono 103 (53 persone morirono nel crollo della chiesa di S.Pietro dei Latini); numerosi i feriti. A Messina la scossa fu sentita violentemente e con grande panico, e causò qualche leggero danno.

Terremoto del 11.01.1693, ore 13:30, lat=37.42, lon=15.05, $I_{max}=11$, $M_e=7.5$: il terremoto del gennaio 1693 colpì un territorio vastissimo, in due riprese, a distanza di due giorni. La prima scossa avvenne il 9 gennaio alle ore 4:30 italiane (21:00 GMT ca.). Nonostante le difficoltà incontrate nel distinguere gli effetti di questo primo evento da quelli del terremoto successivo, è stato possibile delineare, in maniera soddisfacente, il quadro complessivo degli effetti. La seconda scossa avvenne l'11 gennaio alle ore 21 italiane (13:30 GMT ca.). Gli effetti furono catastrofici anche perché si sovrapposero in parte a quelli della scossa precedente. L'area colpita fu tuttavia molto più vasta: un intero territorio di oltre 14000 kmq, considerando solo l'area dei danni maggiori, fu sconvolto; complessivamente danni di rilievo sono stati riscontrati in un'area che va dalla Calabria meridionale a Palermo e all'arcipelago maltese. Ovviamente l'ampiezza totale dell'area di risentimento è sconosciuta perché il mare limita il riscontro degli effetti osservabili; tuttavia, sembra accertato che la scossa fu avvertita



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

sensibilmente nella Calabria settentrionale e sulla costa tunisina. Tutte le città più importanti della Sicilia sud orientale furono sconvolte. Catania fu quasi interamente distrutta, così come Acireale e tutti i piccoli insediamenti sparsi sul versante orientale dell'Etna. Distruzioni vastissime si verificarono in tutti i centri della Val di Noto: Vizzini, Sortino, Scicli, Ragusa, Palazzolo Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiolà, Carlentini, Avola, Augusta, Noto. Crolli molto estesi subirono Siracusa, Caltagirone, Vittoria, Comiso. In complesso sono 70 i centri nei quali si verificarono danni uguali o maggiori al IX grado MCS. Crolli e danni gravi subirono anche Messina e alcuni centri della costa nord-orientale, fra cui Patti e Naso; lesioni e crolli parziali si ebbero a Palermo, Agrigento, Reggio Calabria e, più gravi, a Malta; danni più leggeri, si ebbero in alcuni centri della Calabria meridionale.

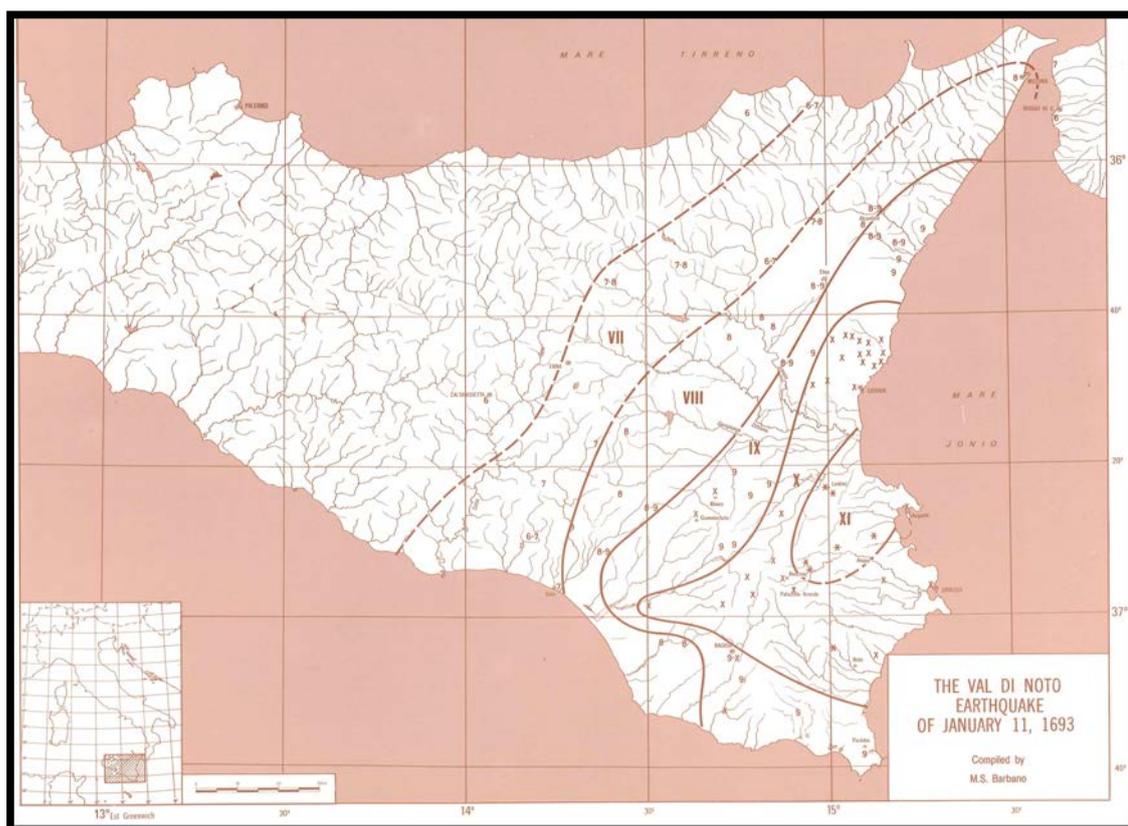


Figura 13 – Campo macrosismico del terremoto del 11/01/1693 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoleismic maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Terremoti del 1783, $I_{max}=9.5$, $M_e=6.2$: il 5 febbraio 1783 iniziò un periodo sismico, protrattosi per più di tre anni, che presentò 5 massimi di attività: 5 febbraio, 6 febbraio, 7 febbraio, 1 marzo e 28 marzo 1783, e varie centinaia di scosse minori, che ebbero effetti cumulativi devastanti su un territorio di varie migliaia di kmq. In meno di due mesi, a partire dal 5 febbraio fino al 28 marzo, gli epicentri delle scosse principali si spostarono dalla regione dell'Aspromonte all'istmo tra il golfo di Sant'Eufemia e il golfo di Squillace. La scossa del 5 febbraio 1783 ebbe un'area di risentimento estesa a tutta la Sicilia e a gran parte dell'Italia meridionale, dalla costa amalfitana al Salento. L'area dei maggiori effetti si situa nel versante tirrenico dell'Appennino calabrese, in una regione corrispondente ai Piani d'Aspromonte e alla Piana di Gioia Tauro, delimitata a sud dal massiccio aspromontano e a nord dalla catena delle Serre. Il terremoto ebbe effetti devastanti in 25 paesi; in altri 23 ci furono crolli estesissimi; in 49 località vi furono crolli gravi diffusi; altre 117 località subirono effetti distruttivi. La scossa del 6 febbraio 1783 causò danni gravissimi a Scilla e a Messina; la scossa del giorno successivo, 7 febbraio, fu avvertita in una vasta area compresa tra Messina e Matera e causò nuove distruzioni nei centri dei Piani d'Aspromonte e della Piana di Gioia Tauro, già gravemente danneggiati dalla scossa del 5 febbraio. L'area epicentrale di questa scossa si spostò in direzione nord – est rispetto a quelle dei terremoti precedenti, verso le valli del Mesima e del Marepotamo, sul versante tirrenico della catena delle Serre. Il terremoto fu completamente distruttivo in 20 località; altre 28 subirono crolli gravi diffusi; in 47 località causò effetti distruttivi diffusi. La scossa dell'1 marzo 1783 fu avvertita in un'ampia regione compresa tra Messina e Scalea e, rispetto ai precedenti eventi sismici, ebbe l'area dei massimi effetti spostata ancora più a nord, lungo la dorsale appenninica. A causa di questa scossa si ebbero effetti distruttivi a Polia e a Poliolo e danni molto gravi a Castelmonardo e Francavilla Angitola, centri del bacino dell'Angitola. La scossa del 28 marzo fu sentita in tutta l'Italia meridionale, dalla Sicilia a Napoli, alla Puglia meridionale. L'area dei massimi effetti è collocata nella regione istmica a sud di Catanzaro, sia sul versante ionico che su quello tirrenico: rappresenta la localizzazione più settentrionale tra le aree di maggiore danneggiamento dell'intero periodo sismico. La scossa ebbe effetti catastrofici in 12 località; altre 25 subirono effetti distruttivi; gravi danni si registrarono in 71 paesi. La scossa del 26 aprile 1783, in precedenza classificata di VIII – IX grado MCS, causò danni soltanto a Milazzo e fu sentita fortemente a Messina; si tratta perciò di un evento piuttosto marginale e notevolmente sovrastimato. La successione delle violentissime scosse avvenute tra il 5 febbraio e il 28 marzo 1783, caratterizzata da una migrazione degli epicentri lungo la catena appenninica in direzione nord – est, diede luogo ad ampie aree di sovrapposizione degli effetti distruttivi. Il quadro degli effetti che si è delineato è quindi, per



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

alcune località, il risultato dell'azione cumulativa di più scosse. Quando la documentazione lo ha consentito, sono stati distinti gli effetti di danno relativi ai singoli eventi sismici. Rimane tuttavia aperta la questione relativa alla eventuale sovrastima dei danni, non quantificabile, indotta dalla vulnerabilità di un patrimonio edilizio fortemente indebolito da numerosissime e ravvicinate scosse e già di per sé di cattiva qualità.

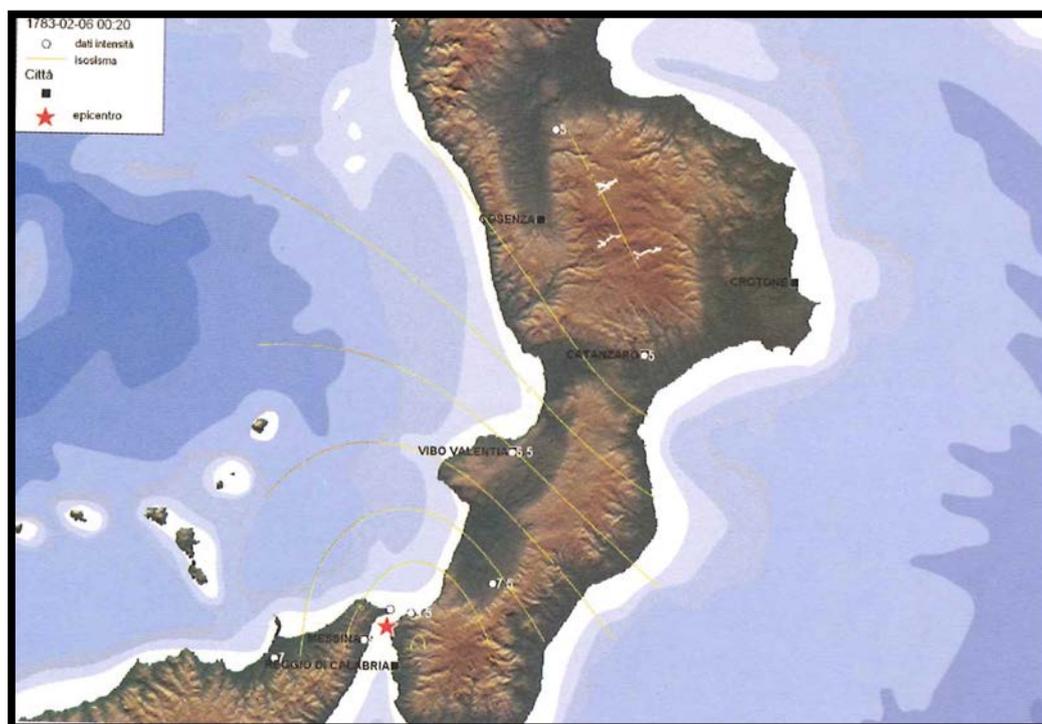


Figura 14 – Campo macrosismico del terremoto del 06/02/1783 (Tiberti *et al.*, 2006)



Figura 15 – Campo macrosismico del terremoto del 07/02/1783 (Tiberti *et al.* 2006)



Figura 16 – Campo macrosismico del terremoto del 28/03/1783 (Tiberti *et al.*, 2006)



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Terremoto del 10.03.1786, ore 14:10, lat=38.1, lon=15.017, $I_{max}=9$, $M_e=6.2$: la scossa avvenne alle ore 20:45 italiane (14:10 GMT ca.) del 10 marzo e colpì soprattutto le località della Sicilia settentrionale affacciate sul golfo di Patti. Gravi distruzioni si ebbero, in particolare, a Oliveri, San Piero Patti e Scala; crolli e gravi dissesti a Milazzo e a Patti. A Naso furono notevolmente danneggiate 72 case e vari edifici religiosi; a Messina caddero alcuni muri degli edifici in ricostruzione dopo i terremoti del 1783.

Terremoto del 20.02.1818, ore 18:15, lat=37.60, lon=15.12, $I_{max}=9.5$, $M_e=6.2$: la scossa del 20 febbraio avvenne alle ore 1:10 italiane (18:15 GMT ca.); interessò la regione etnea e fu avvertita fortemente in tutta la Sicilia e, più leggermente, nella Calabria meridionale e a Malta. Gli effetti più gravi riguardarono l'immediato entroterra di Acireale: le borgate di Aci Consolazione e Aci Santa Lucia furono pressochè completamente distrutte; crolli estesi a gran parte dell'abitato si verificarono ad Aci Catena, Aci Platani, Aci San Filippo e Aci Sant'Antonio. Complessivamente quasi 60 centri subirono crolli di edifici o danni generalizzati al patrimonio edilizio, compresi alcuni paesi dei versanti settentrionale e occidentale dell'Etna; in altre 40 località circa avvennero danni più leggeri. In generale, la presenza di scadenti tipologie edilizie amplificò dovunque gli effetti del terremoto. A Catania, in base ai rilievi condotti dall'Intendenza, 1768 case risultarono danneggiate, di queste oltre il 35% furono dichiarate cadenti e dovettero essere puntellate o demolite. La città era stata interamente ricostruita dopo il terremoto del 1693, era quindi "nuova" dal punto di vista dello stato di conservazione del patrimonio edilizio. Le perizie attestano che il terremoto danneggiò edifici caratterizzati da evidenti e gravi difetti di costruzione: molte case non erano dotate di fondamenta sufficientemente solide, altre erano state innalzate o ampliate in un secondo momento, causando uno squilibrio tra la mole delle costruzioni e le fondazioni. L'1 marzo, alle ore 9:30 italiane (2:45 GMT ca.), una seconda violenta scossa colpì la Sicilia orientale, in particolare la regione Iblea, danneggiando gravemente Militello in Val di Catania, Mineo, Ragusa, Vizzini e numerosi altri centri. La scossa causò ulteriori leggeri danni a Catania e fu sentita fortemente nell'acese.

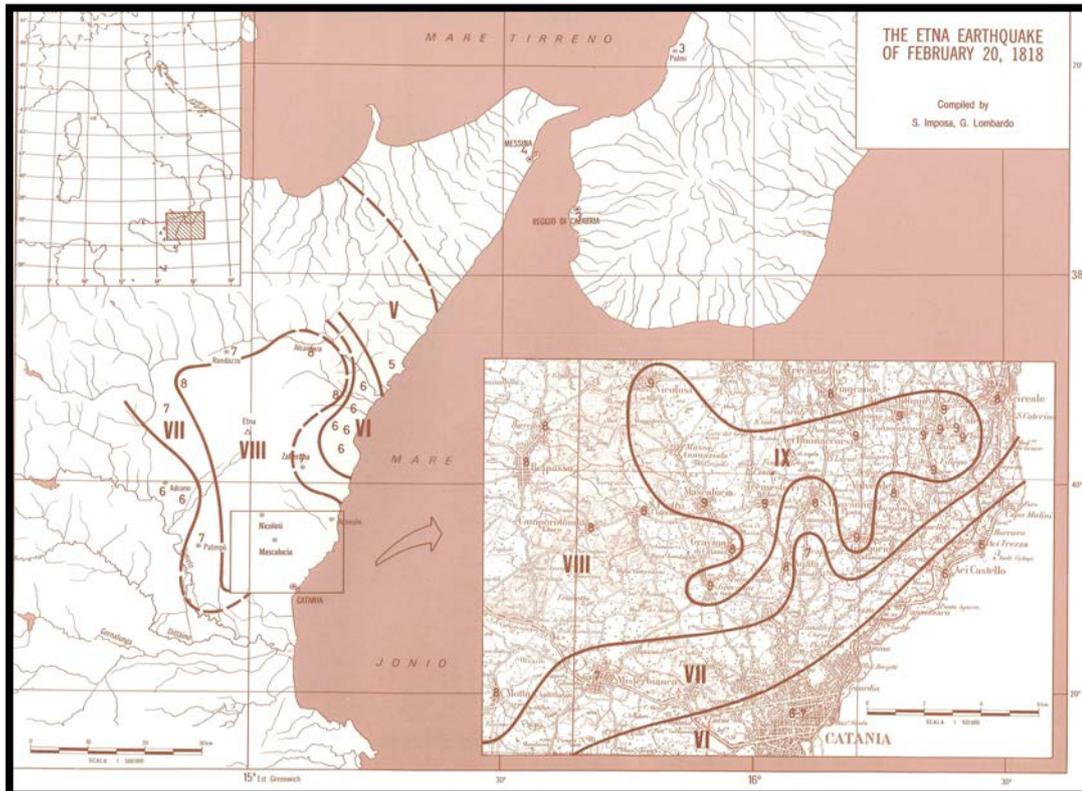


Figura 17 – Campo macrosismico del terremoto del 20/02/1818 (C.N.R., P. F. G. - Postpischl editor, Atlas of Isoseismal maps of Italian Earthquakes, Bologna 1985)

Terremoto del 08.08.1894, ore 05:16, lat=37.65, lon=15.12, $I_{max}=9.5$, $M_e=5.1$: la scossa principale avvenne alle ore 5:16 GMT e causò effetti distruttivi in un'area ristretta (14 kmq ca.) del versante sud-orientale dell'Etna. Le località più colpite furono alcune borgate e contrade dei comuni di Zafferana Etnea e Acireale (Mazzasette, Pisano, Scacchieri, Fleri, Zerbate) dove gran parte delle abitazioni crollarono o divennero inabitabili. Crolli e gravi lesioni si verificarono in altre 15 località circa. Ad Acireale il terremoto causò leggeri danni in alcuni edifici civili e religiosi; a Catania e in molti centri della provincia fu avvertito fortemente, ma senza danni.

Terremoto del 08.09.1905, ore 01:43, lat=38.67, lon=16.05, $I_{max}=10.5$, $M_e=6.9$: il terremoto si manifestò con maggiore violenza nell'area compresa fra Aiello, in provincia di Cosenza,



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

fino al massiccio del monte Poro, su cui sono situati Monteleone (l'odierna Vibo Valentia), Triparni, Cessaniti, Piscopio, San Gregorio, Zammarò, Pargheliae Zungri. In 37 paesi i crolli interessarono la grande maggioranza degli edifici, quando non la loro totalità. A Pizzo, molti edifici divennero inabitabili e a Vibo Valentia fu danneggiata soprattutto la parte bassa della città, tanto che le strade furono descritte come un cumulo di macerie. I paesi maggiormente colpiti furono quelli verso la costa tirrenica, fra i capi Suvero e Vaticano; i meno colpiti furono quelli compresi nell'estremità meridionale della Calabria. Danni si verificarono anche alle isole Eolie e in circa 30 comuni della provincia di Messina. Il terremoto fu avvertito distintamente in tutta l'Italia meridionale e nella Sicilia orientale: la scossa fu sentita in modo molto sensibile a Catania, nella zona etnea, ad Augusta e a Siracusa, in modo più leggero fino a Palermo. In Basilicata il terremoto fu avvertito sensibilmente a Rionero in Vulture e a Nova Siri e causò qualche danno a Colobraro; si sentì una forte scossa a Taranto e ad Andria, più leggera a Lecce. La scossa fu avvertita anche a Napoli.

Terremoto del 28.12.1908, ore 04:20:27, lat=38.15, lon=15.683, $I_{max}=11$, $M_e=7.1$: il terremoto del 28 dicembre 1908 è considerato uno degli eventi di più elevata magnitudo della storia sismica italiana e, dal punto di vista degli effetti, rappresentò una autentica catastrofe, sia per l'altissimo numero di morti, sia perché distrusse due città importanti come Messina e Reggio Calabria. La ricostruzione del quadro complessivo di un disastro di tale portata è influenzata da alcuni fattori preesistenti. Per comprendere adeguatamente l'impatto di questo evento sismico è infatti necessario ricordare che, se si escludono le due città dello Stretto e poche altre zone più sviluppate, la regione su cui si abbatté il terremoto era un'area caratterizzata da un'economia molto povera. Questo inevitabilmente si ripercuoteva sulla qualità dell'edilizia: i materiali impiegati erano scadenti e le tecniche costruttive molto vulnerabili dal punto di vista sismico; l'età e il degrado dei manufatti erano elevati; la manutenzione scarsa o inesistente. Inoltre, in molte località calabresi, gli effetti di questo terremoto si sovrapposero ai danni, non adeguatamente riparati, dei terremoti degli anni precedenti (1894, 1905 e 1907) aumentando l'entità delle distruzioni. La scossa avvenne alle ore 4:20 GMT e, per quanto riguarda i danni più gravi, colpì un'area di circa 6000 km². In circa 80 località delle province di Messina e Reggio Calabria gli effetti furono devastanti, con distruzioni estese dal 70 al 100% delle costruzioni. Nel Messinese l'area delle distruzioni pressoché totali fu ristretta e comprese, oltre a Messina, 13 località dell'immediato entroterra della città e delle estreme propaggini settentrionali dei monti Peloritani, fino alla costa tirrenica. Per quanto riguarda la città di Messina, il terremoto, con il maremoto e gli incendi che lo seguirono, distrusse completamente il tessuto urbano (abitazioni, edifici pubblici civili



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

ed ecclesiastici, infrastrutture). Le costruzioni che resistettero furono incredibilmente poche: secondo le statistiche ufficiali del Ministero dei Lavori pubblici, soltanto due case risultarono illese. Tutti gli altri fabbricati furono o distrutti totalmente o completamente sventrati: ne rimasero in piedi solo le pareti esterne, mentre collassarono tetti, solai, muri divisorii, scale. In Calabria il terremoto ebbe effetti distruttivi in una regione molto più estesa, comprendente tutto il versante occidentale del massiccio dell'Aspromonte. A Reggio le distruzioni furono di entità leggermente inferiore rispetto a Messina; tuttavia nei rioni più popolari della città i crolli totali furono estesissimi e in molti edifici sprofondarono tutte le strutture interne. Il terremoto fu quasi totalmente distruttivo in diversi centri abitati importanti come Calanna, Sant'Alessio e Sant'Eufemia in Aspromonte, Villa San Giovanni, e in tutte le località della riviera sia a nord che a sud di Reggio, che furono devastate anche dal grande tsunami che seguì la scossa. Distruzioni estese fino a circa il 50% degli edifici furono riscontrate in 35 località, fra cui, in Calabria, alcuni paesi posti sul versante ionico dell'Aspromonte. L'area all'interno della quale gli effetti del terremoto furono gravi, con crolli totali limitati, ma molti edifici gravemente lesionati e resi inabitabili, fu molto vasta e comprese oltre 170 località. Tale area include, in Calabria, la piana di Gioia Tauro, la Grecanica, la Locride e arriva fino alla penisola di capo Vaticano e alle località dell'istmo di Marcellinara, in provincia di Catanzaro; in Sicilia, comprende tutto il versante ionico dei Peloritani fino alle pendici nordorientali dell'Etna. Secondo i dati statistici rilevati dal Ministero dei Lavori pubblici, approssimati per difetto, nelle tre province di Messina, Reggio Calabria e Catanzaro (che all'epoca comprendeva anche l'attuale provincia di Vibo Valentia), le case distrutte o demolite furono oltre 40.000; quelle gravemente danneggiate e rese totalmente o parzialmente inabitabili circa 33.000; quelle lesionate circa 68.000. La popolazione rimasta senza tetto fu certamente superiore a 120.000 persone. Danni più leggeri, con lesioni in genere non gravi e in un numero complessivamente limitato di case o edifici pubblici, furono rilevati in oltre 350 centri abitati sparsi su un'area estesa a nord fino alle province di Crotone e Cosenza; in Sicilia fino ad alcune località delle province di Enna, Caltanissetta, Agrigento e Ragusa. La scossa fu sentita dalle persone in un'area vastissima: in direzione nord fino all'isola d'Ischia e alla provincia di Campobasso; verso est fino al Montenegro, all'Albania e alle isole Ionie della Grecia; verso sud fu sensibile fino all'arcipelago maltese; a ovest fino a Ustica.

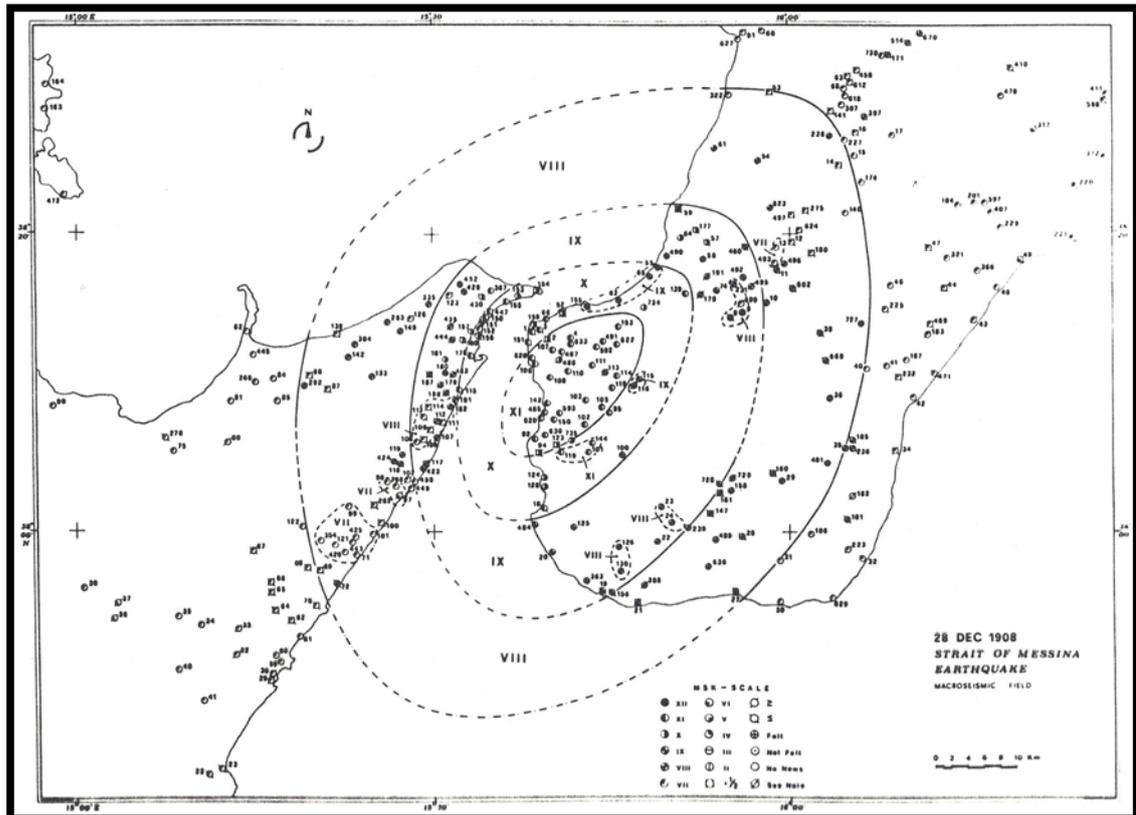


Figura 18 – Campo macrosismico del terremoto del 28/12/1908 (Bottari et al., 1984)

5.2 Strutture sismogenetiche e faglie attive

Il riferimento di base per la ricostruzione del quadro della sismogenesi è costituito dal Database of Individual Seismogenic Sources (DISS di BASILI *et al.*, 2008) disponibile per il territorio italiano, rappresentato in Figura 19.

In particolare le aree sismogenetiche in questo rappresentate, più significative ai fini della presente trattazione ed a cui possono essere riferiti gli eventi sopradescritti sono:

- Strutture dei graben della Catena Costiera Calabra, dove si può localizzare la crisi sismica del 1783.
- Strutture dello stretto di Messina a cui possono essere ascritti gli eventi del 1905 e del 1908.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

- C) Struttura sismogenetica Patti - Isole Eolie.
- D) Strutture dell'area etnea in cui, generalmente, si registra una sismicità di tipo superficiale che limita gli effetti più gravi a circoscritti ambiti del distretto etneo.
- E) Strutture del Plateau Ibleo -Avanfossa.
- F) Sistema Ibleo Maltese, a cui possono essere attribuiti, anche se con qualche incertezza, i sismi del 1169, del 1542 e del 1693.
- G) Sistema trascorrente Scicli-Ragusa-Monte Lauro.

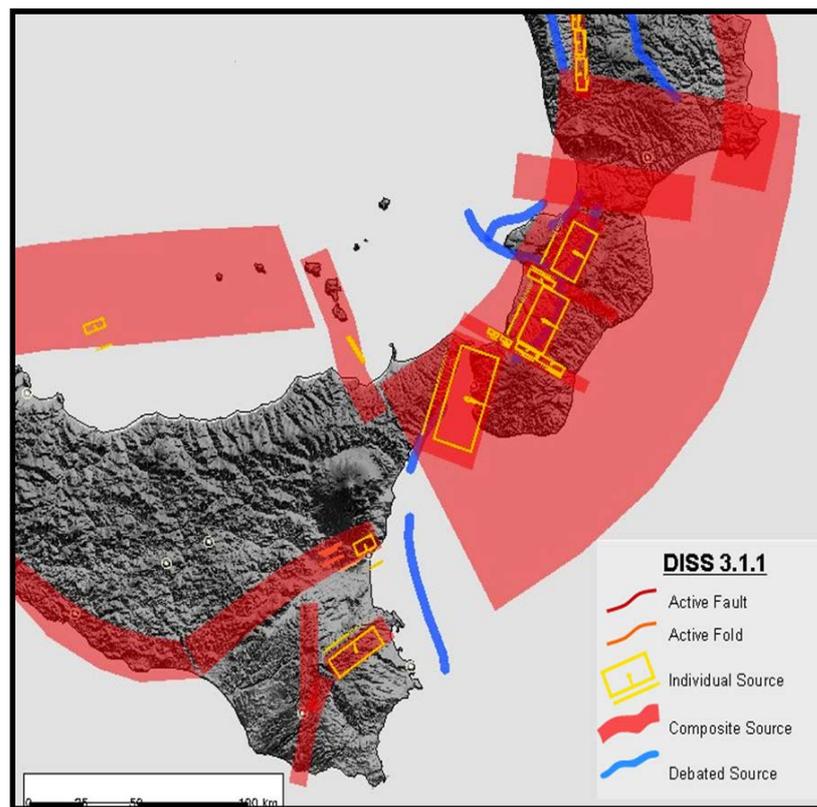


Figura 19 – Mappa delle principali strutture sismogenetiche. Database of IndividualSeismogenicSources (Basili *et al.*, 2008)



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, estratta dal catalogo della sismicità italiana 1981 - 2002 (INGV, 2011) è mostrata, ai fini di un utile confronto, la distribuzione degli epicentri dei terremoti avvenuti nell'area di studio tra il 1981 e il 2011 con una indicazione della classe di magnitudo.

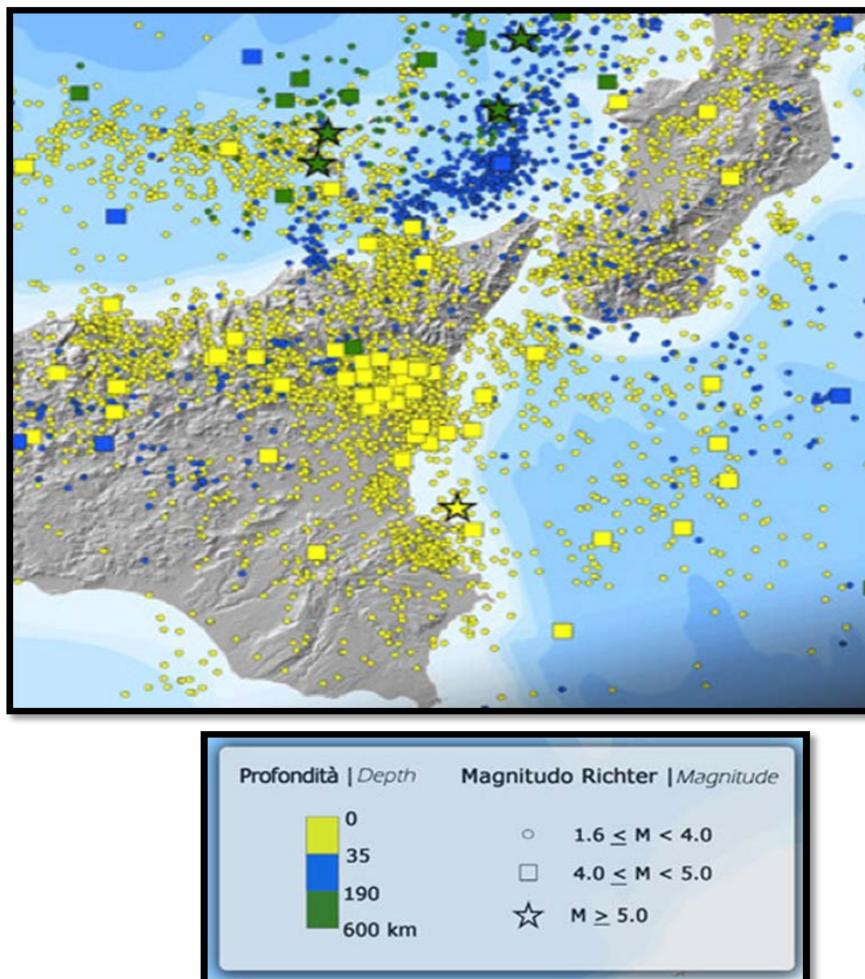


Figura 20 – Mappa della distribuzione degli epicentri dei terremoti strumentali localizzati dall'INGV tra il 1981 e il 2011. Catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (INGV, 2011)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

5.3 Sismicità storica del comune di Palazzolo Acreide

Il territorio comunale di Palazzolo Acreide ricade quasi al centro dell'altopiano ibleo, ad E del Sistema Ibleo Maltese e nell'ambito della struttura sismogenetica Scicli-Ragusa-Monte Lauro, in un settore caratterizzato dalla massima attività sismica dell'intera Sicilia sud orientale.

Infatti alla prima di queste strutture si può attribuire la sorgente del terremoto del 11.01.1693 (XI MCS; M_w 7,41) che rappresenta l'evento di riferimento per l'area in esame che ricade tra l'area mesosismica e quella dell'isosista di X MCS di tale evento.

Nella Tabella 4 è riportata la storia sismica estraibile dal DBMI11 (LOCATI *et al.*, 2011) dalla quale si evince che le maggiori intensità macrosismiche ($I = X/XI$ MCS e $I = VIII/IX$ MCS), sono state risentite, rispettivamente, in occasione del sisma del 10.12.1542 ($I = IX$ MCS, M_w 6,77) e del grande sisma del 1693.

La storia sismica riporta l'indicazione degli effetti del terremoto del 15.04.1978 (M_w 6,06) avvenuto nel Golfo di Patti, riferibile alla struttura sismogenetica "Patti – Eolie" che ha avuto effetti di IV MCS nel territorio comunale. Effetti pari a VI - VII MCS possono, però, essersi verificati in occasione del terremoto di Messina del 28.12.1908 ($I = XI$ MCS, M_w 7,10) anche se non riferiti nella relativa storia sismica.

Il territorio comunale in questione, infatti, analogamente ai comparti territoriali limitrofi, dove tali effetti sono stati registrati, rientra tra le isosiste di 6 e 7 grado del relativo campo macrosismico.

Nella seconda metà del secolo appena trascorso la documentazione degli effetti degli eventi sismici si arricchisce, evidenziando come il territorio comunale di Palazzolo Acreide è frequentemente sollecitato da sismi di minore energia, che si verificano nelle strutture sismogenetiche adiacenti.

Storia sismica di Palazzolo Acreide [37.062, 14.903]						
Numero di eventi: 15						
Effetti	In occasione del terremoto del:					
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw	
8-9	1542 12 10 15:15	Siracusano	32	10	6.77	±0.32
7-8	1693 01 09 21:00	Val di Noto	30	8-9	6.21	±0.31
10-11	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11	7.41	±0.15
3-4	1727 01 07	NOTO	14	6-7	4.83	±0.35
5-6	1848 01 11 12:00	Golfo di Catania	41	7-8	5.45	±0.39
NF	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04	±0.16
2	1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87	±0.25
3-4	1908 12 10 06:20	NOVARA DI SICILIA	64	7	5.13	±0.26
3	1924 08 17 21:40	MONTI IBLEI	22	5	4.73	±0.24
3	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
5-6	1980 01 23 21:2	MODICA	122	5-6	4.58	±0.14
5	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304	7	5.64	±0.09
4	2002 09 06 01:2	PALERMO	132		5.94	±0.09
4	2004 12 30 04:0	Monti Iblei	49	5	4.17	±0.17

Tabella 4 – Storia sismica del comune di Palazzolo Acreide (DBMI11 Locati *et al.*, 2011); Is è l'intensità macrosismica risentita (MCS); Ax l'area epicentrale; Np è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; Io è l'intensità macrosismica dell'epicentro (MCS); Mw è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

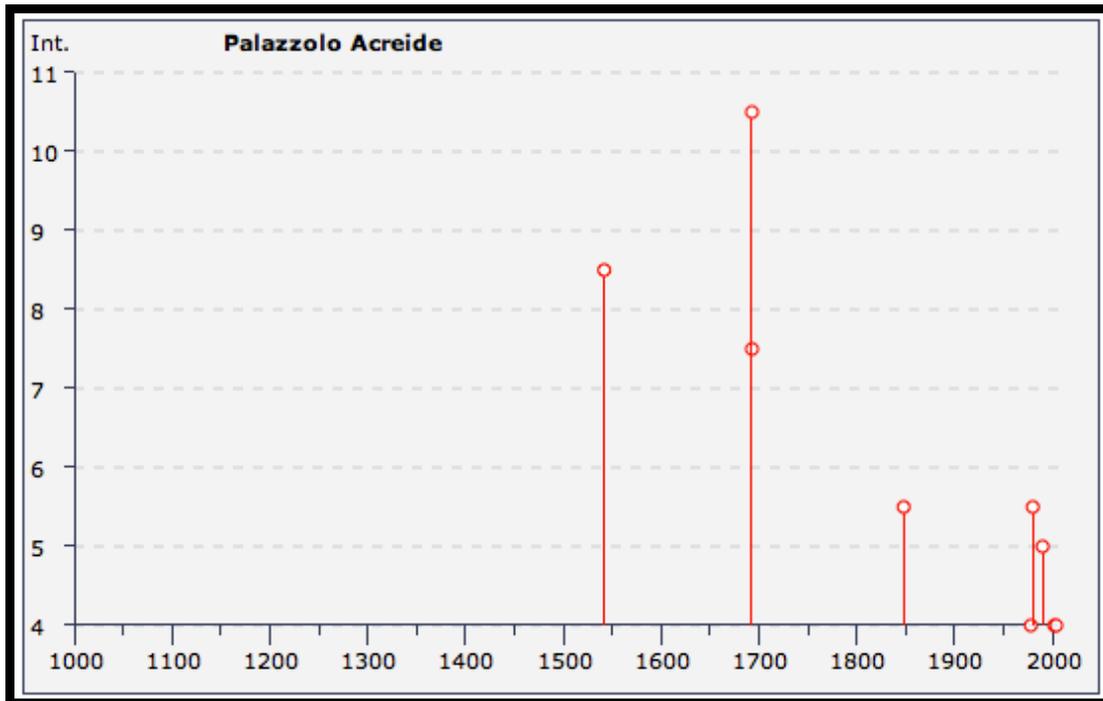


Figura 21 – Grafico della storia sismica di Palazzolo Acreide (DBMI11, Locati et al., 2011)

Per la definizione quantitativa della pericolosità sismica di base, si può fare riferimento ai valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30% in 50 anni riferita a suoli rigidi (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>).

Le stime del Parametro di scuotimento (PGA) sono state determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti valutati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da CORNELL (1968), da BENDER & PERKINS (1987) e dal Gruppo di Lavoro MPS (2004); la loro incertezza è espressa mediante percentili, nell'assunto che il catalogo sia un campione rappresentativo dell'intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel sito considerato.

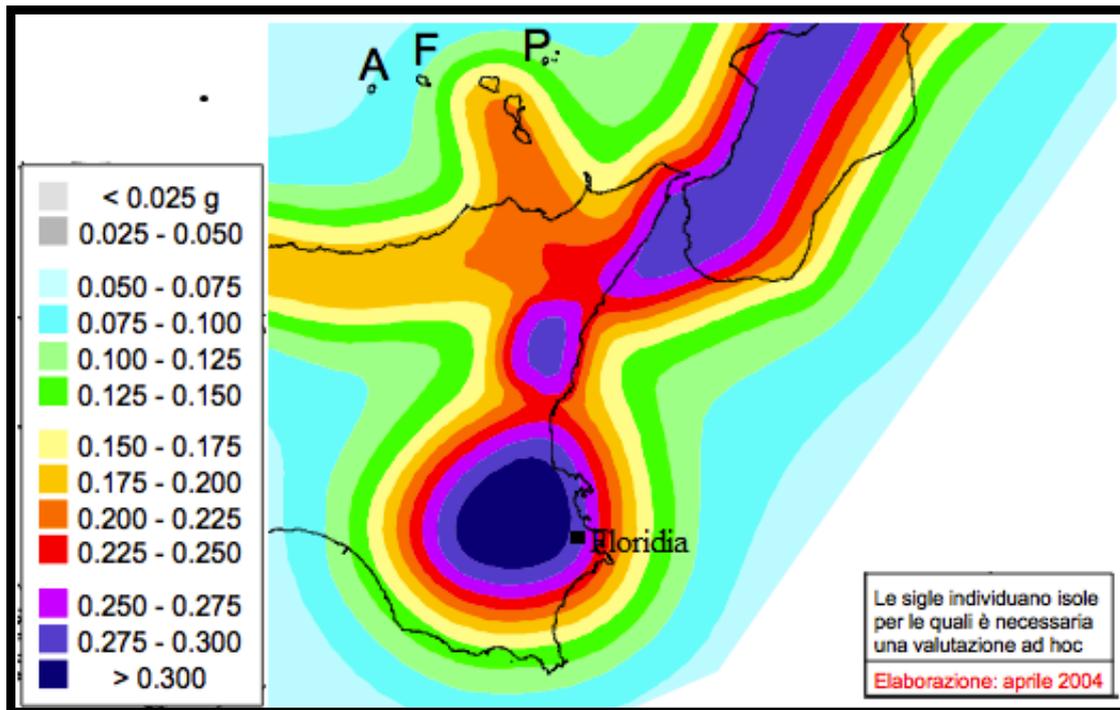


Figura 22 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.

I valori di PGA pubblicati sul sito INGV, risultano riferiti a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s) e sono restituiti in una mappa di pericolosità sismica generata da una griglia di valori con maglia di $3,5 \times 3,5$ km. Per un generico sito il calcolo è eseguito mediante la media pesata della distanza del sito considerato dai quattro vertici della griglia dei valori di accelerazione, entro cui questo ricade:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Nella seguente tabella vengono riportati i valori relativi al Parametro di scuotimento (PGA), stimati per il territorio comunale di Palazzolo Acreide, per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o in modo equivalente per differenti periodi di ritorno.

Parametro di scuotimento PGA (g)		Probabilità in 50 anni/Periodo di ritorno				
		2%	5%	10%	22%	30%
		2475a	975a	475a	201a	140a
Percentile	16	0,464	0,309	0,215	0,136	0,111
	50	0,608	0,389	0,270	0,170	0,136
	84	0,709	0,485	0,325	0,192	0,155

Tabella 5 – Valori di PGA stimati per il comune di Palazzolo Acreide per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati derivati dalla mappa digitale della pericolosità sismica sul sito INGV e risultano riferiti a suoli rigidi



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

6 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI

Nel presente capitolo viene esplicitata la procedura informatica seguita per l'inserimento dei dati nel database del progetto che di fatto è la base per la redazione della presente nota illustrativa.

In merito all'acquisizione informatica delle indagini fornite dal Comune di Palazzolo Acreide si è proceduto al caricamento delle stesse all'interno delle più recenti strutture dati fornite dalla Protezione Civile, rappresentate cioè dai database MS Access *Cdl_tabelle.mdb* e *Indagini.mdb*, nella versione 2.0.

Nello specifico, il Comune di Palazzolo Acreide ha provveduto a fornire i seguenti elaborati tecnici:

Nome documento	Descrizione	Data
Relazione Illustrativa PRG	Studio geologico per la revisione del Piano Regolatore	Marzo 2003

La relazione prevedeva l'esecuzione di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio così distribuite:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Descrizione documento	Ind. Geofisica	Ind. Geognostica	Prove di Laboratorio
Studio geologico per la revisione del Piano Regolatore	Down-hole, sismica a rifrazione, sondaggio elettrico verticale, sismica a rifrazione	Sondaggio con prelievo di campioni	Analisi su campione

Si è inoltre provveduto a realizzare una nuova campagna indagini caratterizzata da 12 misure di microtremore a stazione singola.

Sulla base delle indagini di nuova realizzazione e di quelle presenti nella documentazione geologica fornita si è proceduto pertanto al popolamento delle tabelle presenti nel database *Cdl_tabelle.mdb* ed alla contemporanea localizzazione delle indagini all'interno delle features puntuale e lineare presenti nel GeoDB *Indagini.mdb*. L'editing delle indagini è stato effettuato a partire dalla localizzazione presente nella documentazione sotto forma di elaborato cartografico ed al confronto con le basi cartografiche fornite dalla Regione Siciliana (CTRN alle scale 1:10.000 e 1:2.000; ortofoto 2008).

L'attività di popolamento del database *Cdl_tabelle.mdb* ha portato all'inserimento delle seguenti indagini e relativi parametri, raggruppati per classe e tipologia di indagine, e distinti fra indagini puntuali e indagini lineari:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Indagini Puntuali			
Classe Indagine	Tipo Indagine	Parametro	Numero
GF	DH	VP	15
GF	DH	VS	15
GF	HVSR	FR	12
GG	SC	CAM	14
GG	SS	L	26
GL	SM	E1	7
GL	SM	PV	14
GL	SM	W	7
Indagini Lineari			
Classe Indagine	Tipo Indagine	Parametro	Numero
GE	SEV	-	4
GF	SR	-	14

Per il comune in oggetto si è quindi provveduto al caricamento di 65 siti di indagine, fra puntuali e lineari, caratterizzati da un totale di 65 indagini e 110 parametri.

Durante le attività di popolamento del database *Cdl_tabelle.mdb* si è provveduto inoltre, per le tipologie di dati che prevedevano un intervento interpretativo, a definire ed attuare alcune convenzioni. Le convenzioni utilizzate vengono riportate di seguito e descritte per singola tabella.

Tabella Sito Puntuale

Si è provveduto a popolare il campo *note_sito* con la dicitura dell'oggetto della relativa relazione geologica. I valori di quota del campo *quota_sml* sono stati prelevati direttamente dal DTM fornito dalla Regione Siciliana tramite servizio WMS e, quando il dato non era ancora disponibile, dalla CTRN alla scala 1:10.000 sempre fornita dalla Regione. Le coordinate inserite nei campi *coord_x* e *coord_y* sono state prelevate mediante strumenti software dalla base cartografica CTRN alla scala 1:10.000 della Regione Siciliana. Per quanto concerne gli indirizzi del campo *indirizzo* questi sono stati estrapolati confrontando l'ubicazione del sito di indagine presente in relazione con lo stradario, prendendo in considerazione la via più vicina. Nei casi in cui non fossero presenti tratti stradali per un determinato sito si è provveduto ad indicare il nome della località o di un manufatto nelle immediate



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

vicinanze. Il valore del campo *data_sito* è stato ottenuto impostando il valore predefinito “now()” che fornisce automaticamente la data del sistema al momento dell’inserimento del dato.

Tabella Indagini Puntuali

Il campo *id_indpuex*, quando non è stato possibile popolarlo secondo quanto previsto dalle specifiche, è stato valorizzato con una codifica che ne semplificasse la lettura e che riconducesse facilmente alla tipologia di indagine (es. S1DH1: indagine down-hole n. 1 del sondaggio 1). Non sempre nella documentazione analizzata è stato possibile risalire alla data dell’indagine, vuoi perché non presente, vuoi perché illeggibile; in particolare vengono spesso riportati i risultati di indagini delle quali si conosce soltanto l’anno o il mese di esecuzione. In tali casi si è provveduto ad inserire nel campo *data_ind* il primo giorno del primo mese dell’anno di riferimento (es. indagine eseguita nel 2001, *data_ind*: 01/01/2001).

Il campo *note_ind* è stato inoltre utilizzato per illustrare la presenza di particolari situazioni.

Tabella Parametri Puntuali

La valorizzazione del campo *attend_mis* è stata eseguita inserendo sempre il valore “1” quando in relazione il relativo dato è risultato leggibile e frutto di una misurazione strumentale. Per quanto concerne invece l’inserimento della stratigrafia dei sondaggi e, quindi, durante le fasi di popolamento del parametro “L”, il campo *attend_mis* è sempre stato valorizzato con “2”, a causa della difficoltà di interpretazione e/o dello scarso allineamento fra la descrizione fornita nella relazione geologica e la *tabella di classificazione terreni e substrato* presente nelle specifiche di archiviazione (versione 2.0). Anche per questa tabella il campo *note_par* è stato utilizzato per descrivere situazioni particolari.

Tabella Sito Lineare

Si è provveduto a popolare il campo *note_sito* con la dicitura dell’oggetto della relativa relazione geologica. I valori di quota del campo *Aquota* e *Bquota* sono stati prelevati direttamente dal DTM fornito dalla Regione Siciliana tramite servizio WMS



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

e, quando il dato non era ancora disponibile, dalla CTRN alla scala 1:10.000 sempre fornita dalla Regione. Le coordinate inserite nei campi *Acoord_x*, *Acoord_y*, *Bcoord_x* e *Bcoord_y* sono state estrapolate mediante strumenti software dalla base cartografica CTRN alla scala 1:10.000 della Regione Siciliana. Il valore del campo *data_sito* è stato ottenuto impostando il valore predefinito “now()” che fornisce automaticamente la data del sistema al momento dell’inserimento del dato.

Tabella Indagini Lineari

Il campo *id_indpuex*, quando non è stato possibile popolarlo secondo quanto previsto dalle specifiche, è stato valorizzato con una codifica che ne semplificasse la lettura e che riconducesse facilmente alla tipologia di indagine. Non sempre nella documentazione analizzata è stato possibile risalire alla data dell’indagine, vuoi perché non presente, vuoi perché illeggibile; in particolare vengono spesso riportati i risultati di indagini delle quali si conosce soltanto l’anno o il mese di esecuzione. In tali casi si è provveduto ad inserire nel campo *data_ind* il primo giorno del primo mese dell’anno di riferimento (es. indagine eseguita nel 2001, *data_ind*: 01/01/2001).

Tabella Parametri Lineari e Tabella Curve

Le tabelle non sono state popolate nel primo caso perché, per le indagini inserite, le specifiche non prevedono il caricamento di parametri e nel secondo a causa dell’assenza di dati tabellari nella documentazione fornita dal Comune di Palazzolo Acreide.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

7 ELABORATI CARTOGRAFICI

Sulla base di quanto precedentemente esposto, integrato con le informazioni di carattere geologico - tecnico (indagini geognostiche, prove di laboratorio, indagini geofisiche) acquisite durante la fase di censimento dati è stato possibile suddividere le diverse unità stratigrafiche secondo i criteri geologico – tecnici definiti nell'ICMS ai fini della Microzonazione Sismica. E' opportuno precisare che l'area oggetto di studio è stata definita su un intorno di 500 m a partire dalle aree di studio comunicate dall'Amministrazione Comunale, pertanto il livello conoscitivo derivante dall'analisi degli studi geologico tecnici condotti nell'area risultano fortemente condizionati sia nel numero sia nella distribuzione areale dei dati necessari per condurre uno studio di Microzonazione Sismica. È pertanto necessario prevedere per la successiva fase un approfondimento sia in termini di rilevamento geologico – tecnico sia in termini di indagini geognostiche e di laboratorio, per colmare le lacune conoscitive relative alla caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi e dei terreni e di conseguenza aggiornare la carta geologico - tecnica.

In accordo con le specifiche riportate negli ICMS le unità litostratigrafiche affioranti nell'area sono state suddivise nelle due classi previste e precisamente:

- terreni di copertura – all'interno di questa categoria sono state inserite le unità geologiche di copertura aggregate in funzione della litologia, dello stato di addensamento o consistenza e dell'ambiente genetico e deposizionale. Pertanto nella tabella di seguito proposta si riportano le unità litostratigrafiche e la relativa classificazione a standard ICMS e 2.0:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato	Gen
Depositi antropici - Materiali di riporto compatto a granulometria variabile di spessore fino a 5 m circa	RI – Terreni contenenti resti di attività antropica	13	zz
Alluvioni recenti e attuali - Depositi ghiaioso-sabbiosi in prevalenza carbonatici	GP – Depositi ghiaioso-sabbiosi in prevalenza carbonatici	14	tf
Materiale fluvio-lacustre - Materiale fluvio-lacustre limoso-argilloso	OL - Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose	14	lc

- substrato geologico rigido o non rigido – all'interno di questa categoria sono state inserite le unità geologiche del substrato aggregate in funzione della litologia, dello stato di coesione. Pertanto nella tabella di seguito proposta si riportano le unità litostratigrafiche e la relativa classificazione a standard ICMS e 2.0:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato
Vulcaniti - Blocchi lavici compatti di dimensioni fino a 2 m, associati a materiale tufaceo poco coerente	GR - Granulare cementato	25
Formazione Palazzolo - Calcareniti bianco-giallastre in banchi (Membro Buscemi) - Banchi carbonatici duri a grana arenitica di colore bianco-pagolino a stratificazione non sempre distinguibile	GR - Granulare cementato	23
Formazione Palazzolo - Calcari grigi a grana fine e calcari marnosi in alternanza (Membro Gaetani) - Alternanza di calcareniti chiare e marne sabbiose più tenere. Differisce dalla porzione sottostante per l'assenza di nodularità e per una minore fratturazione degli strati	ALS – Alternanza di litotipi stratificato	23
Formazione Palazzolo - Alternanza calcarenitico marnosa nodulare - Calcareniti a grana media e fine, di colore prevalentemente giallastro, associate a marne spesso sabbiose, caratterizzate da una marcata stratificazione nodulare, o calcareniti marnose	ALS – Alternanza di litotipi stratificato	23
Formazione Tellaro – Marne grigio-azzurre e marne calcaree giallastre - Marne grigio-azzurre al taglio fresco in strati con spessori fino al metro con intercalati livelli calcarenitici	ALS – Alternanza di litotipi stratificato	24

Da un punto di vista squisitamente informatico gli elaborati cartografici per gli studi di Livello 1 previsti dalla più recente versione delle specifiche di rappresentazione e archiviazione informatica (2.0, al momento della stesura della presente relazione), unitamente a quanto indicato nella convenzione fra il Dipartimento Regionale di Protezione Civile e la scrivente Università degli Studi, puntano ad illustrare l'attuale stato della conoscenza mediante la produzione della Carta delle indagini, della Carta geologico-tecnica, della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) e della Carta delle frequenze.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Tutti gli elaborati prodotti contengono il frutto del collezionamento delle informazioni fornite dal Comune di Palazzolo Acreide, integrate con la bibliografia scientifica di maggior rilievo, ed ospitano inoltre informazioni di recente acquisizione frutto delle indagini geofisiche realizzate ex novo, nonché dati provenienti da rielaborazioni informatiche effettuate su quanto già acquisito. Per una migliore comprensione di come si è operato per ottenere gli output cartografici finali oggetto della convenzione si procederà a descriverli uno per uno, ponendo l'accento non sulle modalità di archiviazione e rappresentazione, basate sulla scrupolosa analisi della documentazione tecnica fornita dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, ma bensì sugli aspetti relativi alle modalità di aggregazione e rielaborazione dei dati di origine.

Carta delle Indagini

Questo elaborato è il frutto della rappresentazione cartografica a standard 2.0 dei siti puntuali e lineari di indagine già caricati all'interno della banca dati *Cdl_tabelle.mdb*. Le scelte effettuate dal gruppo di lavoro riguardano unicamente due aspetti non dettagliati nella documentazione tecnica di riferimento e sono relativi alla scelta della colorazione della base cartografica ed alla impostazione degli elementi inseriti in legenda. In particolare la base cartografica è stata impostata sostituendo al colore nero il colore marrone (RGB 115, 70, 0) al fine di agevolare notevolmente la lettura sia dei simboli che delle relative etichette associate, mentre per la legenda si è scelto di inserire tutti i simboli relativi alle indagini, così come forniti dalla succitata Commissione tecnica, in modo tale da semplificare e velocizzare le attività di allestimento per la stampa.

All'interno della carta in oggetto sono state inoltre inserite le indagini HVSR di nuova realizzazione.

Carta geologico - tecnica

L'elaborato in questione costituisce l'aggregazione delle informazioni di natura geologica effettuate dal gruppo di lavoro a partire dalla geologia e geomorfologia di base, integrata con le indagini geognostiche già implementate nella banca dati.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Per quanto concerne la rappresentazione delle unità geologico tecniche, suddivise in “Terreni di copertura” e “Substrato geologico rigido”, archiviate all'interno della feature *Geotec*, si è proceduto mediante collezione, analisi, aggregazione e sintesi dei rilievi geologici provenienti da varie fonti, quali i rilievi geologici effettuati per il PRG comunale, la letteratura scientifica più recente e verifiche speditive di campagna. Per le unità geologiche così individuate, l'archiviazione informatica e la relativa rappresentazione cartografica è passata attraverso l'assegnazione dei codici sulla tipologia, sullo stato e sull'ambiente genetico-deposizionale, effettuata confrontando e normalizzando i dati di letteratura con i risultati delle indagini geofisiche, geognostiche e di laboratorio. La fase di aggregazione dei dati è stata invece effettuata aggregando affioramenti adiacenti con il medesimo codice *Tipo_gt*, ma differenziandoli sulla base dei campi *Stato* e *Gen*. In questo modo è stato possibile cartografare le seguenti unità geologico - tecniche:

Terreni di copertura						
Tipo_gt	Descrizione	Stato	Descrizione	Gen	Descrizione	Numero
GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	14	Sciolto	tf	Terrazzo fluviale	4
OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità	14	Sciolto	lc	Lacustre	2
RI	Terreni contenenti resti di attività antropica	13	Poco addensato	zz	Altro	5
Substrato rigido / non rigido						
Tipo_gt	Descrizione	Stato	Descrizione	Gen	Descrizione	Numero
ALS	Alternanza di litotipi stratificato	23	Coesivo consistente	-	-	9
ALS	Alternanza di litotipi stratificato	24	Coesivo moderatamente consistente	-	-	1
GR	Granulare cementato	23	Coesivo consistente	-	-	4
GR	Granulare cementato	25	Coesivo poco consistente	-	-	1

Le medesime modalità di intervento sono state effettuate per gli elementi tettonico strutturali, frutto cioè della sintesi ed adeguamento a standard di diverse fonti. Per quanto riguarda invece le forme di superficie ed in particolare per gli orli di terrazzo fluviale, per la loro individuazione si è operato mediante procedure informatiche che, nel dettaglio, hanno previsto la realizzazione un elaborato digitale che mostrasse, a partire dai valori delle singole celle del DTM, i dislivelli di quota in un intorno di circa 5m. Filtrando i risultati ottenuti per un range di valori compreso fra “10 – 20m” e > “20m” si è poi provveduto ad una verifica speditiva mediante DTM (2m), CTRN (agg. 2008) e Ortofoto (2008) ed infine all’editing delle geometrie relative agli orli di terrazzo fluviale, suddivisi nelle due classi previste dalle specifiche di riferimento. Di seguito la sintesi delle strutture tettoniche e delle forme di superficie cartografate, archiviate all’interno della feature *Elineari*:



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Faglia non attiva / frattura vulcanica cosismica		
Tipo_el	Descrizione	Numero
7011	Faglia diretta – tratto accertato	26
Altri elementi lineari		
Tipo_el	Descrizione	Numero
5051	Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)	31
5052	Orlo di terrazzo fluviale (>20m)	8

Le stesse fonti dati, ulteriormente integrate con gli elementi di dissesto geomorfologico presenti nel PAI, sono state utilizzate per l'individuazione, la definizione e l'archiviazione delle zone suscettibili di instabilità. In particolare la metodologia di rappresentazione cartografica, nelle aree in cui si verificava la sovrapposizione di dissesti presenti in diverse fonti dati, ha puntato alla perimetrazione dell'area di ingombro complessiva. Di seguito gli elementi di instabilità, archiviati all'interno della feature *Instab*:

Instabilità di versante		
Tipo_i	Descrizione	Numero
3011	Crollo o ribaltamento – attiva	3
3012	Scorrimento – attiva	2
3015	Non definito – attiva	2

Infine, per quanto riguarda l'archiviazione e rappresentazione cartografica degli elementi geologici e idrogeologici, questi sono stati acquisiti dai rilievi geologici effettuati per la redazione del PRG comunale (per le giaciture degli strati) e dal database delle indagini *Cdl_tabelle.mdb* (per l'ubicazione dei sondaggi). Di seguito la sintesi degli elementi geologici e idrogeologici archiviati nella feature *Geoidr*.

Elementi geologici e idrogeologici		
Tipo_gi	Descrizione	Numero
11	Giacitura strati	8
21	Profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo	7

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

La realizzazione dell'elaborato da un punto di vista informatico ha previsto la semplice rappresentazione delle informazioni precedentemente elaborate e descritte nel capitolo dedicato alla descrizione della metodologia di individuazione delle microzone omogenee. Rispetto a quanto previsto dalla specifiche si è provveduto ad inserire il layer “Aree di Studio”, in modo da agevolare l'individuazione delle aree di interesse individuate dal Comune.

Carta delle frequenze

L'elaborato in questione è stato realizzato perché previsto dalla convenzione fra il DRPC e l'Università e prevede la rappresentazione delle indagini HVSR di nuova realizzazione. In particolare si è provveduto ad evidenziare per ciascun punto di misura i valori di frequenze e le relative amplificazioni secondo la seguente convenzione:

- in nero l'indicazione del valore della frequenza fondamentale e relativa amplificazione
- in blu l'indicazione del secondo valore di frequenza e relativa amplificazione
- n.a. nessuna amplificazione

Poiché le specifiche non prevedono degli standard di rappresentazione per la carta in oggetto si è provveduto a realizzare un layout ad hoc per l'inserimento nella presente relazione, per quanto concerne invece la metodologia di acquisizione si rimanda al capitolo dedicato.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

8 GEOGNOSTICA E GEOFISICA

L'analisi geognostico – geofisica è stata basata su due set di dati: il primo costituito da tutti i dati disponibili e potenzialmente utilizzabili per gli scopi del presente studio, derivati dagli studi commissionati dall'Amministrazione Comunale di Palazzolo Acreide a professionisti e ditte specializzate, allo scopo di supportare il progetto di P.R.G. e studi geologici di salvaguardia del territorio comunale. Il secondo gruppo di dati è basato su misure di vibrazione del sottosuolo, eseguite, specificatamente per questo I Livello di Microzonazione Sismica, mediante uso del TROMINO®.

8.1 Strumentazione utilizzata

Per le registrazioni dei dati di campagna è stato usato un tromometro (misuratore di vibrazioni) digitale di ultima generazione concettualmente derivato da quello concepito nel 1870 da Timoteo Bertelli.

Tale strumentazione, commercializzata con la denominazione TROMINO®, è prodotta e brevettata da Micromed S.p.a. e possiede i vantaggi di essere estremamente compatta, leggera e dotata di una grande semplicità di utilizzo: Queste caratteristiche ne permettono il posizionamento e l'attivazione della registrazione quasi ovunque in pochi minuti.

La versione utilizzata per le acquisizioni di questa indagine è dotata di tre canali velocimetrici elettrodinamici, ad alta risoluzione, disposti secondo tre direzioni tra di loro ortogonali e smorzati criticamente.

Il segnale del microtremore, rilevato dai velocimetri, è inviato ad un convertitore integrato A/D a 24 bit, equivalenti a 128 Hz, e registrato in una scheda di memoria interna da 1 Gb: in questo modo sono stati evitati cavi di connessione potenzialmente in grado di introdurre rumori meccanici od elettronici nel processo di acquisizione.

Il costruttore dichiara un'operatività del sistema nell'intervallo di frequenze 0,1 - 1024 Hz su tutti i canali, che può estendersi fino a 32 kHz limitando le registrazioni a



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

due canali, garantendo la visibilità di microtremiti fino a ± 1.5 mm/s con un'accuratezza, al di sopra di 0,1 Hz, maggiore di 10^{-4} .

8.2 Processing dei dati

Il processing dei dati acquisiti in campagna è stato effettuato con il software GRILLA realizzato dalla stessa Micromed S.p.a., che costituisce il logico completamento della strumentazione realizzata.

L'attuale versione del software permette l'equalizzazione dei dati acquisiti solo a 128 e 512 Hz, semplici considerazioni analitiche indicano che una frequenza di campionamento a 128 Hz è ampiamente sufficiente alla ricostruzione dei segnali imputabili alle frequenze di interesse stratigrafico (< di 40 Hz), mentre l'adozione della frequenza di campionamento a 512 Hz è stata prevista per lo studio di vibrazioni fino a 100 Hz derivate dalle attività antropiche, in accordo alle norme UNI 9916 e DIN 4150, pertanto l'utilizzo di campionamenti a frequenze diverse deve necessariamente essere ricondotto a quelle di base utilizzando una apposita funzione del database di Grilla (*File>Desampling*).

Il software consente la scelta delle finestre temporali (in numero e durata) in seguito all'analisi dei grafici della variazione temporale ed azimutale dello spettro H/V e che devono essere selezionate secondo criteri di stabilità delle frequenze d'interesse eliminando eventuali transienti.

Le serie temporali registrate, nelle tre componenti del moto, vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (tipicamente FFT) fino alla produzione delle curve H/V, dove la componente H è restituita come media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali.

Il software permette, inoltre, l'applicazione del test di significatività H/V proposto dal progetto Site EffectS Assessment using AMbient Excitations (SESAME, 2005) basato su due serie di criteri (3 il primo e 6 il secondo).

I criteri del primo gruppo valutano la durata della registrazione e la durata delle finestre di analisi verificando la loro adeguatezza alla frequenza analizzata; i successivi sei criteri sono di significatività della distribuzione statistica e valutano la convergenza del picco individuato ad una gaussiana e la deviazione standard della



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

frequenza ed ampiezza del picco: in pratica indicano semplicemente se la forma del picco possiede una struttura ben definita.

E' utile osservare che la rigida applicazione di questi criteri non è desiderabile per diverse situazioni specifiche: per esempio, in siti dove affiora il bedrock o dove i contrasti di velocità sono molto deboli, per esempio a causa della graduale transizione di velocità verso il basso, i criteri SESAME non vengono superati. Questo non implica necessariamente la mancata o l'errata acquisizione di risonanze importanti: si tratta nel primo caso di un sito privo di amplificazione e questa è comunque un'informazione stratigrafica, mentre, nel secondo caso, che il picco, o i picchi, di frequenza non sono chiaramente definibili, ed anche questa, se ben interpretata, può costituire un'interpretazione stratigrafica.

Ulteriore, e relativamente comune, caso di non superamento dei criteri SESAME è costituito da quei siti in cui sono presenti inversioni di velocità causate da strati lenti (Low Velocity Layer), non rilevabili in superficie, cavità e/o strutture artificiali superficiali od a piccola profondità (pavimentazioni, lastricati, fondazioni asimmetriche, paratie, platee di fondazione). In queste situazioni sono state riscontrate pesanti alterazioni della componente spettrale orizzontale che non interessano quella verticale (CASTELLARO E MULARGIA, 2009) che producono rapporti H/V con ampiezza inferiori a 1 (non rispetto del criterio 3 del secondo gruppo SESAME) per larghi intervalli di frequenze, ostacolando l'individuazione dell'autofrequenza del sito. E' comunque possibile rilevare ugualmente l'autofrequenza dall'analisi degli spettri delle singole componenti.

8.3 Il Rumore sismico

Le vibrazioni sismiche ambientali (o rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (OKADA, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico può essere classificato come microtremore se contiene alte frequenze (> di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze (< di 0.5 Hz).

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è noto (GUTEMBERG, 1958; ASTEN, 1978, 1984) che le sorgenti dei microsismi sono molteplici (Tabella 6 – Sorgenti del rumore sismico): le perturbazioni atmosferiche sugli oceani, che si



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

propagano come onde superficiali sui continenti, l'impatto di fulmini sul terreno, i movimenti isostatici, i fenomeni di microfratturazione crostale, mentre le sorgenti dei microtremori sono essenzialmente le attività antropiche come il traffico veicolare e le attività industriali.

Sorgenti microsismiche	Gutenberg (1958)	Asten (1978, 1984)
Onde oceaniche contro le coste	0.05 - 1 Hz	0.5 - 1.2 Hz
Perturbazioni metereologiche a grande scala	0.1 - 0.25 Hz	0.16 - 0.5 Hz
Cicloni oceanici	0.3 - 1 Hz	0.5 - 3 Hz
Condizioni metereologiche locali	1.4 - 5 Hz	
Tremore vulcanico	2 - 10 Hz	
Attività antropiche e veicolari	1 - 100 Hz	1.4 - 30 Hz

Tabella 6 – Sorgenti del rumore sismico

E' opinione diffusa, anche se non unanime, che il rumore sismico ambientale si propaga come onde superficiali, in ogni caso queste rivestono un ruolo fondamentale perché possiedono una velocità prossima a quella delle onde S (LACHET & BARD, 1994).

Inoltre il rumore sismico, in virtù della sua ubiquità, della sua natura stocastica e del contenuto in frequenze di interesse ingegneristico, si dimostra utile per la stima degli effetti di sito (BEN - MENAHEM & SINGH, 1981). E' stata, infatti, ampiamente riconosciuta, da tempo, la dipendenza dell'andamento dello spettro del rumore di fondo dalle condizioni topografiche e litostratigrafiche locali.

Nel moto di propagazione dello scuotimento sismico entro il bedrock le onde sismiche subiscono il fenomeno dell'attenuazione geometrica che sostanzialmente ne lascia inalterato il contenuto spettrale. Nel percorso di emersione verso la superficie terrestre lo spettro delle onde sismiche può però modificarsi, più o meno intensamente, in dipendenza delle caratteristiche fisiche dei terreni attraversati e che sovrastano il bedrock. Gli effetti possibili sono di amplificazione e/o di attenuazione selettiva del contenuto in frequenza, in questo caso la colonna di sedimenti



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

sovrapposta al bedrock agisce come un filtro, o di nessuna variazione del contenuto spettrale, caso generalmente riferibile al bedrock affiorante.

8.4 Teoria sull'analisi del Rumore Sismico

I primi tentativi di ricavare dati stratigrafici dall'analisi del rumore sismico risalgono agli anni '60 del secolo scorso. Dai primi lavori di KANAI (1954, 1957) e DOUZE (1964), che classificarono i tremori ambientali come onde di volume, si svilupparono studi basati sull'assunto che lo spettro del rumore sismico è correlabile, nel dominio della frequenza, a quello di eventi sismici avvenuti nella stessa area (KANAI & TANAKA, 1961).

Sotto questa ipotesi i microtremori sono onde S che incidono verticalmente e lo spettro del moto, che abbandona l'interfaccia bedrock/suolo, è bianco. Lo spettro del microtremore, pertanto, è rappresentativo della funzione di amplificazione sismica dei depositi incoerenti sovrapposti al bedrock. Sebbene esiste un'innegabile, anche se grossolana, correlazione tra caratteristiche geologiche del sito e frequenza del picco massimo degli spettri, che indurrebbe a interpretarla come la frequenza di risonanza del moto fondamentale, questa pratica ha trovato riscontro, solo per frequenze di picco basse ($f_0 < 1$ Hz), in diversi siti del Giappone (spiegando quindi il motivo della diffusione in quel paese), a Città del Messico (LERMO *et al.*, 1988) e Los Angeles (YAMANAKA *et al.*, 1993). Per tali motivi si tende a considerare tale tecnica poco affidabile.

Il perfezionamento del metodo avviene con l'utilizzo dei rapporti spettrali, calcolando cioè i rapporti degli spettri di Fourier delle stesse componenti registrate simultaneamente su siti di terreni incoerenti e su un sito roccioso vicino. In questo caso si presuppone che il moto, registrato su roccia sia rappresentativo di quello che arriva sull'interfaccia roccia/terreno, sotto il sito di terreni incoerenti. I risultati ottenuti si mostrano apprezzabili ed in accordo con quelli ottenuti da registrazioni di terremoti solo a basse frequenze dove l'origine del rumore è la stessa per tutti i siti indagati (YAMANAKA *et al.*, 1993). Risultati controversi sono stati invece ottenuti a frequenze più alte (GUTIERREZ and SINGH, 1992).

Negli anni '70 del secolo scorso NOGOSHI & IGARASHI (1971) e SHIONO (1979) nell'ambito di studi sul significato fisico del rapporto tra le componenti



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

orizzontali e verticali (H/V) del rumore ambientale mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh e conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura sovrastante il bedrock.

Successivamente NAKAMURA (1989), osservando empiricamente che la componente verticale del rumore sismico non è influenzata dalla presenza degli strati superficiali, propone di utilizzare il rapporto H/V come stimatore affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. L'ipotesi avanzata è che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, che non eccitano il tetto del bedrock, e che siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

In lavori più recenti si è avuta parziale giustificazione dei risultati ottenuti da Nakamura con considerazioni teoriche (FIELD *et al.*, 1992; FIELD & JACOB, 1993; LERMO & CHAVEZ-GARCIA, 1994; LACHET & BARD, 1995; FAH *et al.*, 2001) le cui conclusioni dimostrano come la frequenza del picco massimo del rapporto H/V è correlabile con l'ellitticità, in superficie, del modo fondamentale delle onde di Rayleigh: alla frequenza di risonanza l'ellisse dello spostamento di Rayleigh cambia segno ed il rapporto H/V tende teoricamente all'infinito.

La maggiore attendibilità dei risultati è stata però verificata in condizioni geologiche semplici e con forti contrasti di velocità (DELGATO *et al.*, 2000). I migliori risultati, per la predizione degli effetti di sito con le misure del rapporto H/V, del rumore sismico, riguardano solo la frequenza di risonanza del modo fondamentale dello strato di sedimenti, quando non ci sono effetti laterali 2D o 3D.

Successivamente in America e poi in Europa la tecnica H/V ha trovato importanti applicazioni in ambito sismico. Con la realizzazione di un progetto denominato SESAME (2005) (Site EffectS Assessment using AMBient Excitations), che si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola ed array, si è certificata l'affidabilità delle misure spettrali per la ricostruzione sismica del sottosuolo.

Permangono comunque incertezze sulla completa affidabilità del metodo di Nakamura a causa dei bassi livelli di ampiezza coinvolti che in assenza di forti



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

contrasti di velocità contribuiscono a rendere poco definibili i picchi della funzione H/V.

8.5 Aree Interessate dalle indagini di MS

In riferimento alla delimitazione delle aree del Comune di Palazzolo Acreide da sottoporre agli studi di MS di primo livello, la perimetrazione fornita dall'Amministrazione Comunale è stata ulteriormente ampliata in modo tale da comprendere l'intero nucleo urbano. (Figura 23).

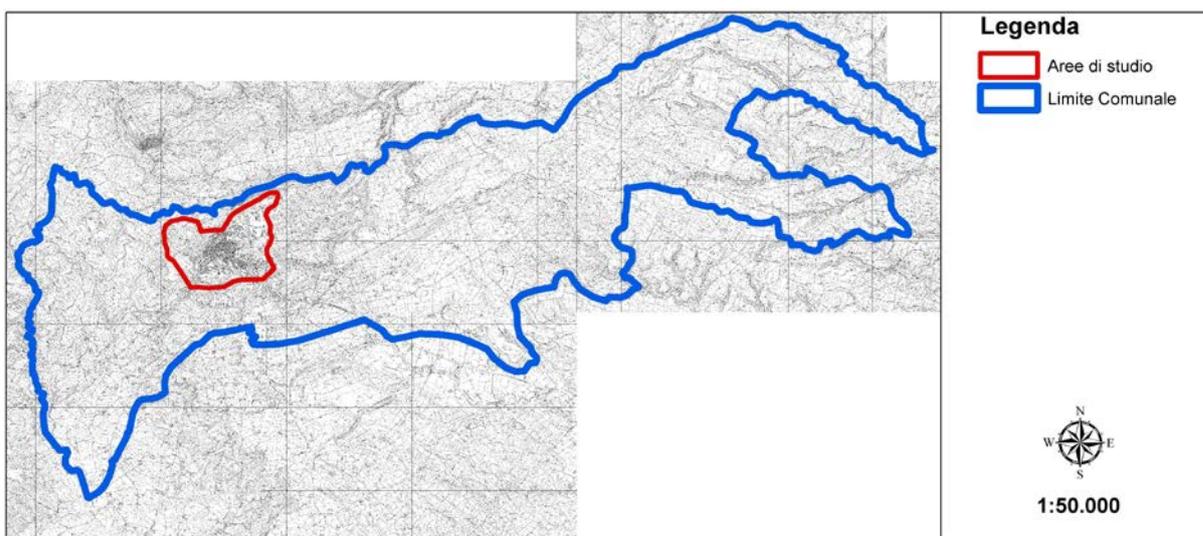


Figura 23 – Comune di Palazzolo Acreide: delimitazione delle aree indagate (contorno rosso)

L'area indagata è stata pertanto coperta con 12 punti complessivi di registrazione di rumore sismico così distribuiti: 9 nel centro abitato e 3 nella fascia esterna immediatamente circostante.

Nelle tabelle seguenti (Tabella 7, Tabella 8), sono riassunti: sigla identificativa, coordinate geografiche, quota dei siti di registrazione e risultati ottenuti.

IDENTIFICATIVO	DATA
PLZ_01	03/12/2012



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

PLZ_03	03/12/2012
PLZ_04	03/12/2012
PLZ_05	03/12/2012
PLZ_06	03/12/2012
PLZ_07	03/12/2012
PLZ_08	03/12/2012
PLZ_09	03/12/2012
PLZ_10	03/12/2012
PLZ_11	03/12/2012
PLZ_12	03/12/2012
PLZ_14	03/12/2012

Tabella 7 – Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo.

IDENTIFICATIVO	ID_SPU	LATITUDINE	LONGITUDINE	QUOTA s.l.m.	f0	H/V	f ₁	H/V	f ₂	H/V
PLZ_01	089015P8	14° 54' 58,745" E	37° 4' 17,591" N	613,17	1,59	4,11				
PLZ_03	089015P9	14° 54' 46,955" E	37° 3' 59,386" N	623,32	2,16	2,14				
PLZ_04	089015P10	14° 54' 22,468" E	37° 3' 53,615" N	625,79	n.a.	n.a.				
PLZ_05	089015P11	14° 53' 30,296" E	37° 3' 52,164" N	613,51	1,66	5,83				
PLZ_06	089015P12	14° 54' 33,382" E	37° 3' 50,926" N	634,37	5,53	5,70				
PLZ_07	089015P13	14° 55' 21,353" E	37° 3' 42,638" N	611,04	2,00	3,79				
PLZ_08	089015P14	14° 53' 37,889" E	37° 3' 38,951" N	743,85	n.a.	n.a.				
PLZ_09	089015P15	14° 53' 51,276" E	37° 3' 36,011" N	708,27	2,4	3,84				
PLZ_10	089015P16	14° 54' 15,898" E	37° 3' 34,028" N	639,43	n.a.	n.a.				
PLZ_11	089015P17	14° 54' 59,640" E	37° 3' 33,060" N	622,39	1,75	4,70				
PLZ_12	089015P18	14° 53' 41,787" E	37° 3' 29,580" N	759,61	n.a.	n.a.				
PLZ_14	089015P19	14° 54' 2,603" E	37° 3' 28,679" N	687,36	n.a.	n.a.				

Tabella 8 – Quadro riassuntivo dei siti di registrazione con esibizione dei dati di frequenza elaborati (per tutti i siti l'accoppiamento suolo/sensore è diretto ed orientato verso Nord; tutti i rilievi sono stati eseguiti in condizioni di bel tempo.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Figura 24 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione alle aree studiate nel Comune di Palazzolo Acreide

8.6 Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti

I valori di frequenza ottenuti dal processing dei dati acquisiti (Tabella 8), sono stati esibiti nel relativo elaborato (Carta delle frequenze) a fianco del simbolo, che individua il sito di registrazione, con i seguenti criteri (Figura 25):

- in alto il valore della frequenza fondamentale e della relativa amplificazione;
- a destra il valore della seconda frequenza e della relativa amplificazione;
- in basso il valore della terza frequenza e della relativa amplificazione.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Il primo gruppo (es: 1,5-2) in alto, indicherà il valore dell'autofrequenza, insieme a quello della corrispondente amplificazione, in legenda sono specificate le relative attribuzioni.

Nei i siti, dove è stato rilevato un unico picco di frequenza è, ovviamente, visibile un'unica etichetta.

Nel caso di siti privi di amplificazioni (bedrock affiorante): l'etichetta riportata sarà semplicemente la sigla n.a. (nessuna amplificazione).

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

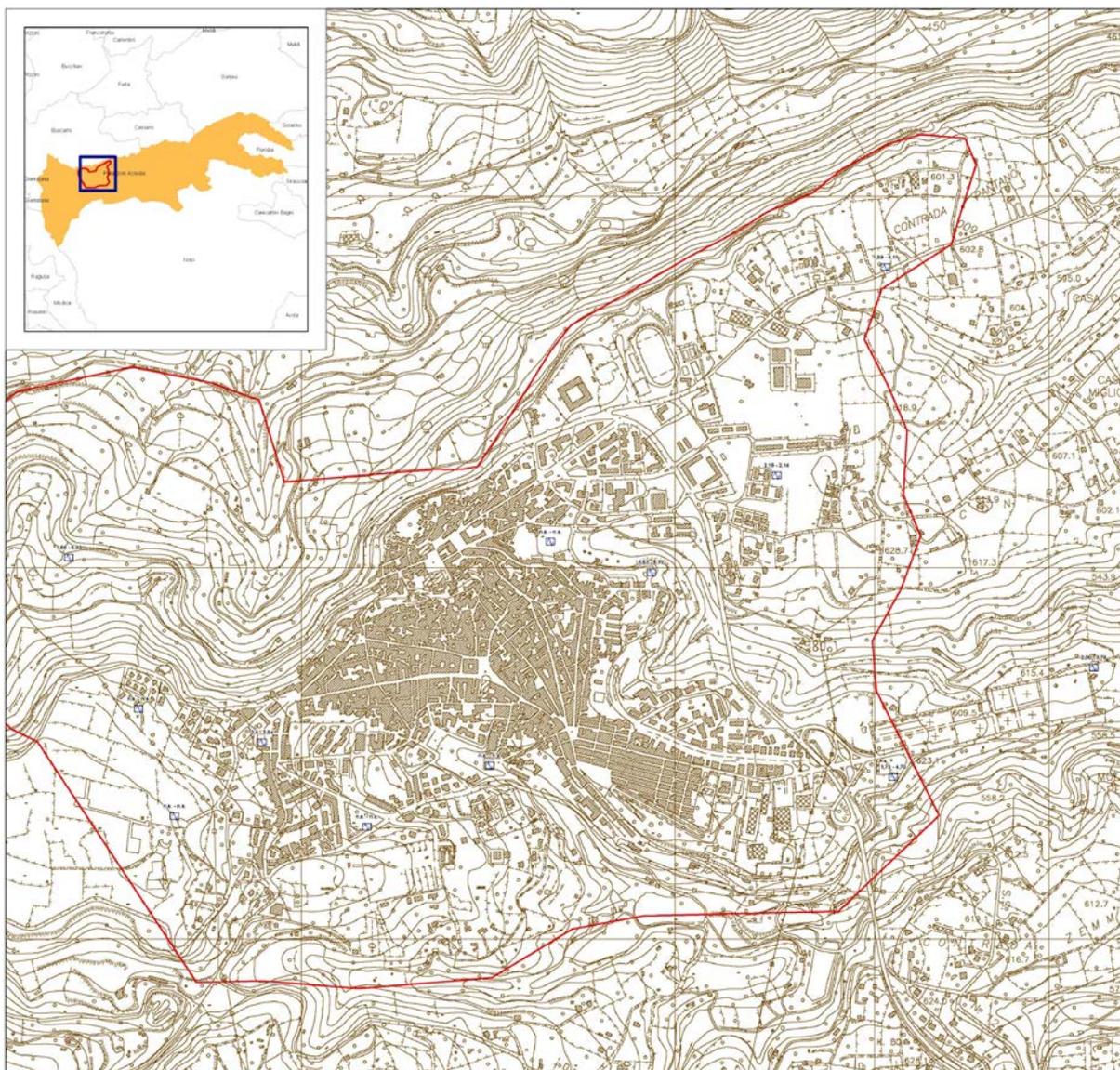


Figura 25 – Carta delle frequenze nel Comune di Palazzolo Acreide

8.7 Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico

In relazione alla classificazione, illustrata al paragrafo 7 del capitolo 4 delle presenti note, è possibile derivare una rappresentazione schematica preliminare,



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

della distribuzione dei gruppi litologici in profondità, da impiegare come base per la programmazione delle indagini, indirizzate alla precisazione dei rapporti giaciturali ed alle definizioni quantitative delle caratteristiche geotecniche, proprie dei livelli di studio successivi.

Tale rappresentazione è stata compendiate nella sezione che corre la Carta geologico – tecnica (Figura 26 – Profilo A-A').



Figura 26 – Profilo A-A'

Nella selezione areale studiata, al centro della quale ricade l'abitato di Palazzolo Acreide (Foto 1) affiorano estesamente terreni di natura sedimentaria con una sequenza stratigrafica che può essere così schematizzata:

- Porzione inferiore: costituita dalle marne grigio-azzurre e marne calcaree del Langhiano inferiore – Messiniano afferenti alla Formazione Tellaro;
- Porzione superiore: costituita dall'alternanza calcarenitico marnosa nodulare, dall'alternanza di calcari e calcari marnosi (Membro Gaetani) e dalle calcareniti in banchi (Membro Buscemi) tutte relative alla Formazione Palazzolo. Nella porzione occidentale si presentano in affioramento le vulcaniti plio-pleistoceniche.

In particolare la porzione su cui ricade l'area oggetto di studio è costituita prevalentemente dai terreni della Formazione Palazzolo.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Foto 1 – Vista dell'abitato di Palazzolo Acreide

Sulla base delle indagini geologiche acquisite e in particolare analizzando la distribuzione delle Vs determinate con le indagini geofisiche di tipo down-hole e sismica a rifrazione si evidenziano pochi orizzonti sismici riferibili ad un bedrock geofisico ($V_s > 800$ m/s). La tabella di seguito proposta (Tabella 9), tratta dal database delle indagini (oggetto di consegna e parte integrante del presente studio), riporta l'elenco delle indagini geofisiche di sismica a rifrazione prodotte a supporto del Piano Regolatore Generale Comunale dove, per ogni indagine, vengono riportate le velocità delle onde S al variare della profondità ed in grassetto si evidenziano le indagini ricadenti all'interno del buffer oggetto di studio. Pur non essendo previste dagli standard di archiviazione verranno riportate le profondità di riferimento così come illustrato nella documentazione tecnica fornita dall'Amministrazione Comunale.

Sismica a rifrazione					
ID_SLN	Id_indInex	tipo_ind	parametro	spessore medio	valore
089015L5	TS1	SR	VS	0,93	167
			VS	-	624

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

089015L6	TS2	SR	VS	0,26	192
			VS	3,76	475
			VS	-	1118
089015L7	TS3	SR	VS	1,15	227
			VS	2,42	594
			VS	-	1013
089015L8	TS4	SR	VS	0,92	243
			VS	-	1082
089015L9	TS5	SR	VS	1,28	432
			VS	-	906
089015L10	TS6	SR	VS	2,40	154
			VS	-	320
089015L11	TS7	SR	VS	0,80	291
			VS	7,7	1175
			VS	-	1659
089015L12	TS8	SR	VS	0,40	223
			VS	6,20	472
			VS	-	1352
089015L13	TS9	SR	VS	3,20	517
			VS	-	1255
089015L14	TS10	SR	VS	-	493
089015L15	TS11	SR	VS	0,70	346
			VS	3,96	676
			VS	-	1662
089015L16	TS12	SR	VS	0,63	183
			VS	4,50	561
			VS	-	1398
089015L17	TS13	SR	VS	1,33	310
			VS	4,50	542
			VS	-	1372
089015L18	TS14	SR	VS	1,15	175
			VS	-	509



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Tabella 9 – elenco delle indagini di sismica a rifrazione e relative velocità delle onde S misurate

Di seguito si riporta invece l'elenco delle indagini di tipo down-hole con i valori di velocità delle Vs, relativa profondità ed in grassetto le indagini che ricadono all'interno del buffer dell'area di studio.

Down-Hole						
ID_SPU	tipo_ind	tipo_parpu	spessore	prof_top	prof_bot	valore
089015P1	DH	VS	15	0	2	183
		VS		2	15	504
089015P2	DH	VS	13	0	1	108
		VS		1	9,5	1183
		VS		9,5	13	360
089015P3	DH	VS	14	0	2	171
		VS		2	14	763
089015P4	DH	VS	13	0	4	181
		VS		4	13	565
089015P5	DH	VS	13,5	0	6	321
		VS		6	13,5	410
089015P6	DH	VS	13	0	6	290
		VS		6	13	399
089015P7	DH	VS	13	0	6	511
		VS		6	13	1058

Tabella 10 – elenco delle indagini down-hole e relative velocità delle onde S misurate

Le indagini di tipo down-hole sono accoppiate a sondaggi geognostici che hanno consentito la definizione della seguente stratigrafia locale.

Sondaggi					
ID_SPU	Spessore indagine (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore strato (m)	Descrizione
089015P1	20	0	2,2	2,2	Terreno vegetale

Sondaggi					
ID_SPU	Spessore indagine (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore strato (m)	Descrizione
		2,2	3	0,8	Calccare molto alterato
		3	12	9	Calccare giallastro molto fratturato con subordinati livelli centimetrici di marne siltose
		12	20	8	Calccare color crema mediamente fratturato con subordinati intercalati livelli decimetrici di marne siltose
089015P2	15	0	0,5	0,5	Terreno vegetale
		0,5	8,8	8,3	Alternanza calcarenitico marnosa
		8,8	9,8	1	Calcarenite marnosa verdastra
		9,8	13,25	3,45	Alternanza calcarenitico marnosa
		13,25	15	1,75	Marne e calcareniti marnose
089015P3	15	0	0,3	0,3	Riporto e terreno vegetale
		0,3	4,1	3,8	Alternanza calcarenitico marnosa
		4,1	9,8	5,7	Calcarenite marnosa verdastra
		9,8	13,25	3,45	Alternanza calcarenitico marnosa
		13,25	15	1,75	Marne argillose mediamente plastiche e consistenti
089015P4	15	0	0,8	0,8	Riporto e terreno vegetale
		0,8	4,8	4	Marne giallastre mediamente plastiche e consistenti
		4,8	15	10,2	Marne argillose alternate a livelli calcarenitici marnose
089015P5	15	0	0,5	0,5	Terreno vegetale
		0,5	7,5	7	Marne argillose bianco-giallastre mediamente plastiche
		7,5	15	7,5	Marne argillose grigio-azzurre molto plastiche e consistenti
089015P6	15	0	0,5	0,5	Terreno vegetale
		0,5	15	14,5	Alternanza calcarenitico marnosa

Sondaggi					
ID_SPU	Spessore indagine (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore strato (m)	Descrizione
089015P7	15	0	0,3	0,3	Terreno vegetale
		0,3	5,5	5,2	Marne calcaree e calcareniti marnose mediamente cementati a tratti molto molto fratturate
		5,5	6,5	1	Cavità
		6,5	15	8,5	Marne calcaree e calcareniti marnose mediamente cementati a tratti molto molto fratturate

Tabella 11 – elenco dei sondaggi e relativa stratigrafia

Delle indagini sopra riportate soltanto alcune rientrano all'interno del buffer relativo all'area di studio e, di queste, soltanto quelle di seguito elencate mostrano intervalli di velocità superiori agli 800 m/s.

Sismica a rifrazione					
ID_SLN	Id_indInex	tipo_ind	parametro	spessore medio	valore
089015L6	TS2	SR	VS	0,26	192
			VS	3,76	475
			VS	-	1118
089015L9	TS5	SR	VS	1,28	432
			VS	-	906
089015L16	TS12	SR	VS	0,63	183
			VS	4,50	561
			VS	-	1398
089015L17	TS13	SR	VS	1,33	310
			VS	4,50	542
			VS	-	1372

Tabella 12 – elenco delle indagini di sismica a rifrazione ricadenti nel buffer dell'area di studio e con Vs > 800 m/s

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Down-Hole						
ID_SPU	tipo_ind	tipo_papu	spessore	prof_top	prof_bot	valore
089015P2	DH	VS	13	0	1	108
		VS		1	9,5	1183
		VS		9,5	13	360

Tabella 13 – elenco delle indagini di tipo down-hole ricadenti nel buffer dell'area di studio e con Vs > 800 m/s

Sondaggi					
ID_SPU	Spessore indagine (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore strato (m)	Descrizione
089015P1	20	0	2,2	2,2	Terreno vegetale
		2,2	3	0,8	Calccare molto alterato
		3	12	9	Calccare giallastro molto fratturato con subordinati livelli centimetrici di marne siltose
		12	20	8	Calccare color crema mediamente fratturato con subordinati intercalati livelli decimetrici di marne siltose
089015P2	15	0	0,5	0,5	Terreno vegetale
		0,5	8,8	8,3	Alternanza calcarenitico marnosa
		8,8	9,8	1	Calcarenite marnosa verdastra
		9,8	13,25	3,45	Alternanza calcarenitico marnosa
		13,25	15	1,75	Marne e calcareniti marnose
089015P4	15	0	0,8	0,8	Riporto e terreno vegetale
		0,8	4,8	4	Marne giallastre mediamente plastiche e consistenti
		4,8	15	10,2	Marne argillose alternate a livelli calcarenitici marnose



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Sondaggi					
ID_SPU	Spessore indagine (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore strato (m)	Descrizione
089015P6	15	0	0,5	0,5	Terreno vegetale
		0,5	15	14,5	Alternanza calcarenitico marnosa

Tabella 14 – elenco dei sondaggi ricadenti nel buffer dell'area di studio

L'analisi delle indagini di sismica a rifrazione mostra la presenza di orizzonti riconducibili al bedrock geofisico per lo più a partire da circa 5 m di profondità, tranne per l'indagine 089015L9 che mostra la presenza di Vs pari a 906 m/s già oltre 1,28 m di profondità, dato ulteriormente avvalorato dall'indagine down-hole 089015P2 presente 600 m più a NE, dove un orizzonte con velocità delle Vs pari a 1183 m/s si riscontra già nell'intervallo di profondità 1 – 9,5 m. Lo stesso sondaggio è stato utilizzato per la ricostruzione della stratigrafia e mostra la presenza dell'alternanza calcarenitico marnosa tipica della Formazione Palazzolo che interessa tutta l'area e che ben si allinea con l'inversione di velocità delle Vs che si riscontra, nella stessa indagine down-hole, al di sotto dei 9,5 m di profondità.

L'eterogeneità dei valori di HVSR distribuite all'interno dell'area di indagine, con frequenze che spaziano da 2,00 a 5,00 fino a misure che non mostrano alcuna amplificazione nel raggio di poche decine di metri, possono da un lato confermare l'estrema variabilità del contesto stratigrafico caratterizzato da estese alternanze calcarenitico – marnose e dall'altro evidenziare la necessità di ulteriori e più specifiche indagini mirate alla ricostruzione del bedrock geofisico, da proporre ed eseguire per la successiva seconda fase degli studi di microzonazione sismica.

8.8 Considerazioni sui risultati ottenuti

Sulla base dei dati complessivamente acquisiti è stato possibile definire un modello geologico tecnico qualitativo del sottosuolo delle aree del Comune di Palazzolo Acreide, supportato unicamente dai dati derivati dalla registrazione di rumore sismico, mediante la tecnica di Nakamura.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

I risultati ottenuti indicano che la tecnica impiegata, segnatamente per il contesto geologico del territorio comunale, permette l'acquisizione, in modo agevole ed in tempi relativamente brevi, di dati potenzialmente in grado di trasportare ad un ambito quantitativo il modello elaborato, condizione questa essenziale per gli obiettivi degli studi di MS di livello superiore.

A questo scopo è però indispensabile, nel caso in esame, la disponibilità di dati geognostici del sottosuolo in grado di valutare con maggiore affidabilità le caratteristiche delle formazioni d'interesse (litologia e rigidità sismica).

Sarà pertanto necessario approntare un programma di indagini geofisiche e geognostiche orientato dai risultati fin qui conseguiti e dalle indicazioni derivabili dal rilievo geologico - geomorfologico.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

9 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

Sulla base di quanto previsto dall'ICMS le aree comunali, interessate dalle indagini, sono state suddivise in tre classi di suscettibilità:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di forma $C > 0.25$ dove $C = H/L$, H = spessore della coltre alluvionale, L = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;
- c) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente sinistabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

Nelle selezioni areali considerate per il comune di Palazzolo Acreide non sono presenti Zone stabili, quindi di seguito sono state individuate solo quelle appartenenti alle altre due categorie.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (da qui in poi MOPS) realizzata per il Comune di Palazzolo Acreide ha una superficie di circa 8,26



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Kmq e comprende una zona di estensione più ampia rispetto a quella dell'area interessata dai rilievi di rumore sismico.

Nelle selezioni areali considerate per il Comune di Palazzolo Acreide sono state individuate 6 zone suscettibili di amplificazioni locali e 7 zone suscettibili di instabilità.

Nonostante nell'area oggetto di studio affiorino estesamente terreni di natura sedimentaria costituenti il substrato geologico questi non costituiscono in ogni caso zone stabili per le seguenti ragioni:

- condizioni topografiche: pendii con inclinazioni superiori ai 15° e/o dislivelli superiori a 30 m;
- successioni sedimentarie caratterizzate da una $V_s < 800$ m/s;

Per quanto concerne i terreni di copertura questi sono stati classificati come zone suscettibili di amplificazioni locali a partire dalle indicazioni degli ICMS e, quindi, sulla base di fattori topografici e morfologici locali nonché fattori di carattere litostratigrafico ($V_s < 800$ m/s, spessori > 5 m).

Nella selezione areale studiata sono state individuate 6 zone suscettibili di amplificazioni locali (Figura 27) e 7 zone suscettibili di instabilità (Figura 28) che verranno di seguito descritte.

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

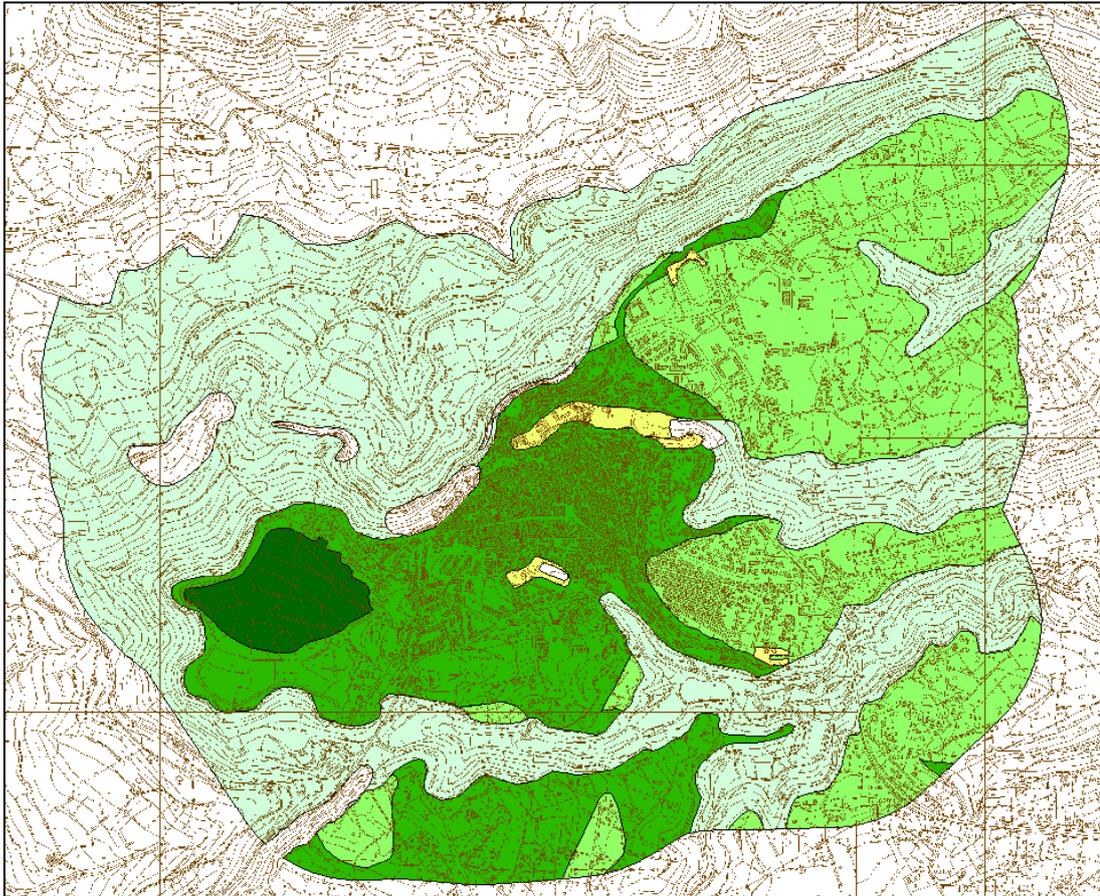


Figura 27 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

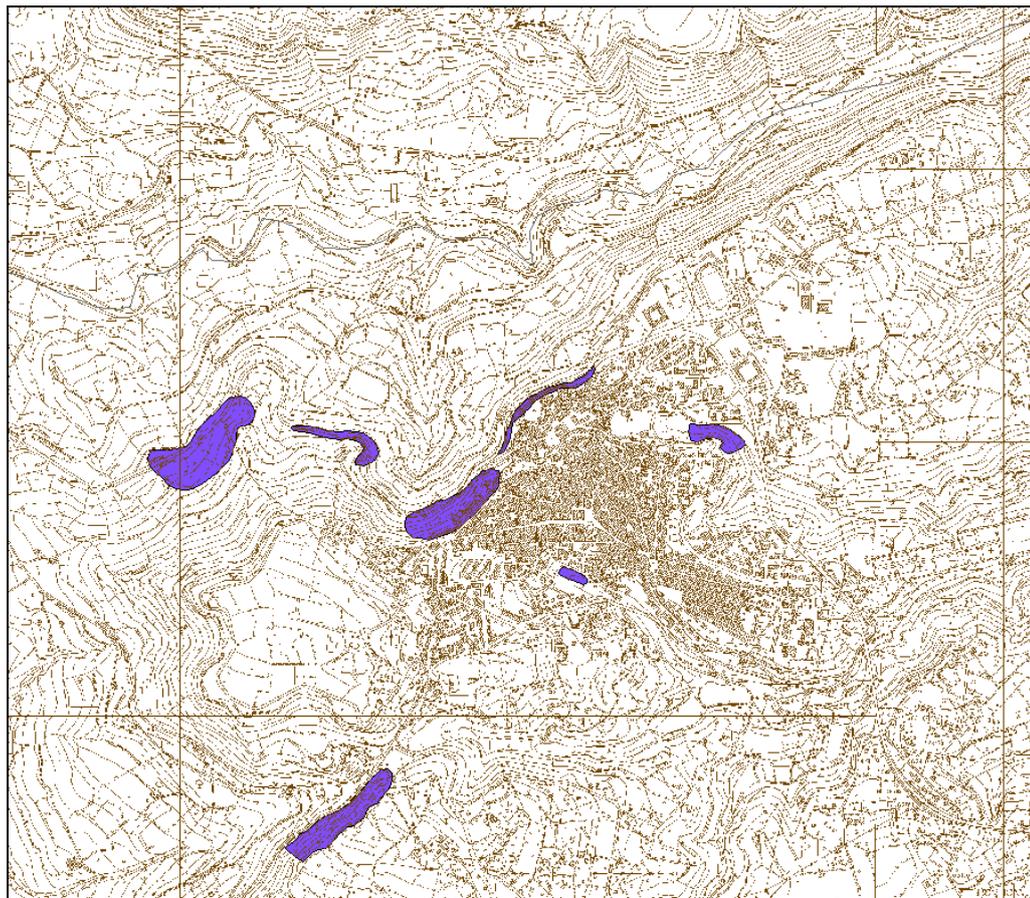


Figura 28 – Schema delle zone suscettibili di instabilità

9.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zona 1

In questa zona ricadono le aree fluviali relative al Fiume Anapo nel settore settentrionale ed ai corsi d'acqua di Cava Gangaro e Cava dei Mulini nel settore orientale che hanno scavato importanti scarpate con pendenze per lo più $> 15^\circ$, contornate a monte da diversi orli di terrazzo fluviale con dislivelli compresi fra 10-20 m e anche superiori ai 20 m. Tale zona segue quindi l'andamento delle valli comprendendo i versanti acclivi ed il letto dei corsi d'acqua caratterizzato da depositi



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

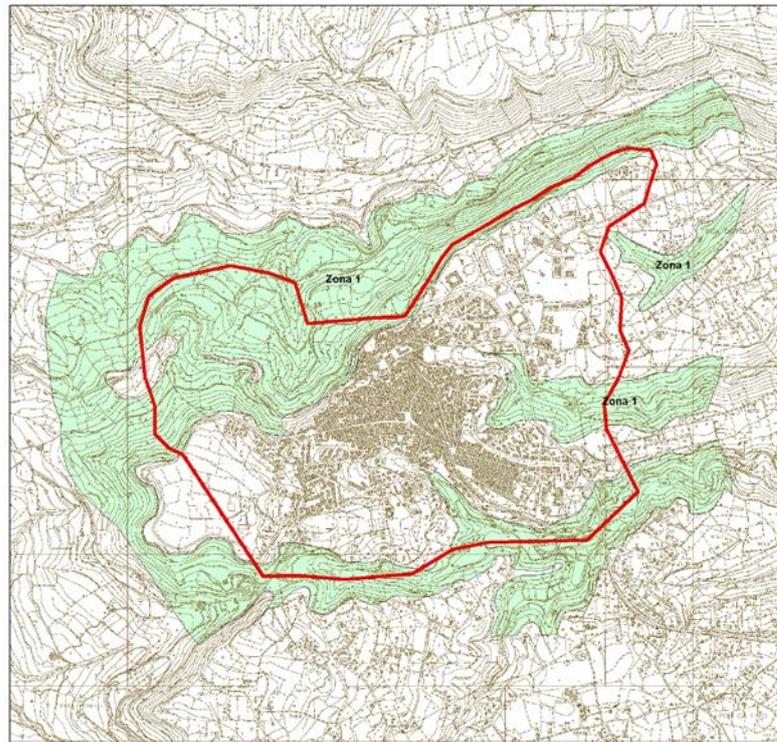


Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

ghiaioso-sabbiosi incoerenti di natura prevalentemente carbonatica e rappresenta quindi una zona suscettibile di amplificazione locale per effetti topografici e morfologici. All'interno di questa zona ricadono inoltre le marne grigio – azzurre con intercalati livelli calcarenitici della Formazione Tellaro e, in parte, i banchi carbonatici a grana arenitica di colore bianco – paglino del Membro Buscemi afferente la Formazione Palazzolo che caratterizza buona parte del centro abitato.





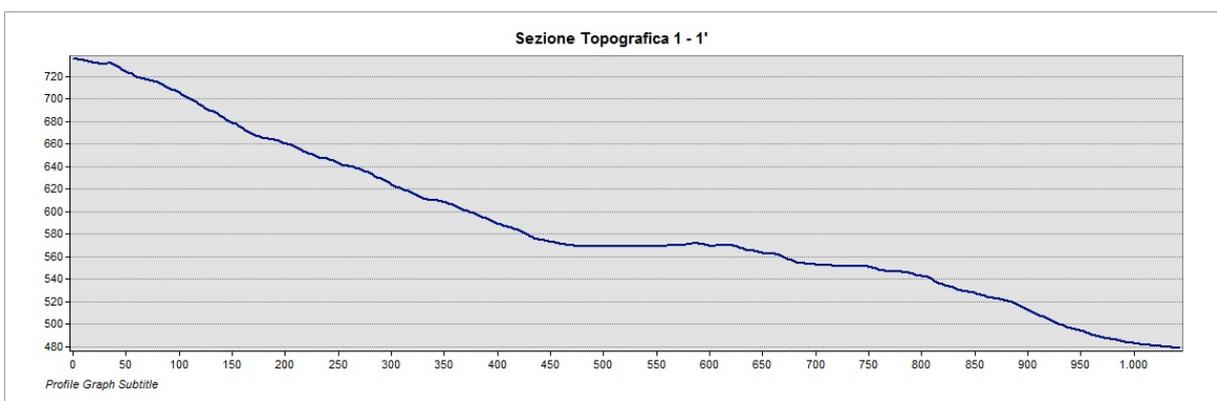
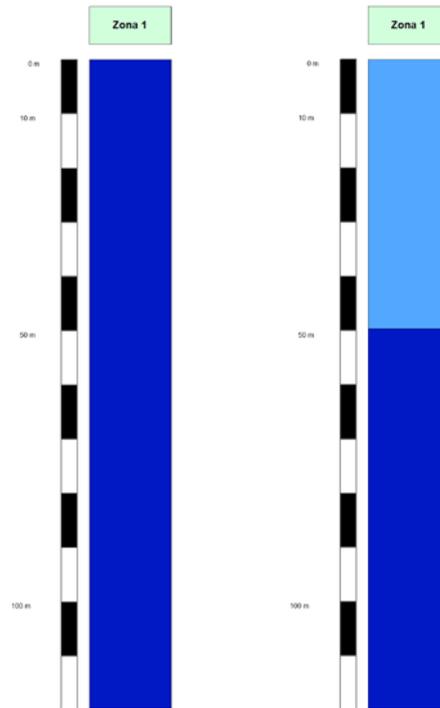
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa





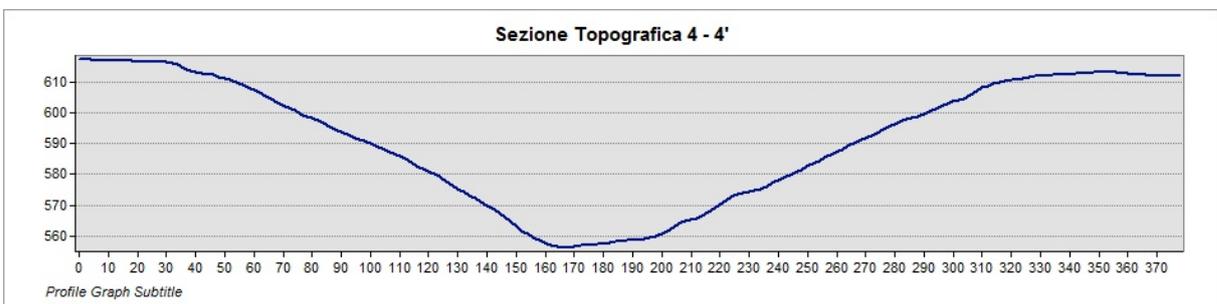
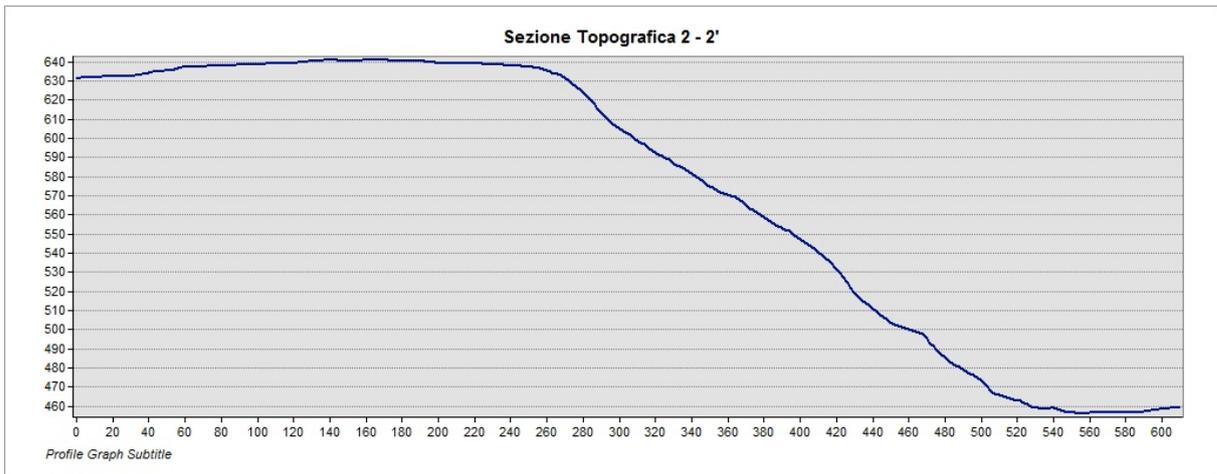
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa





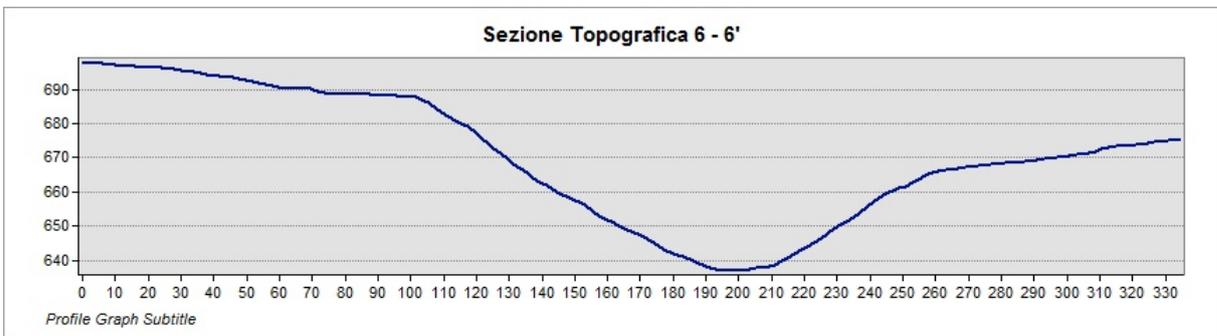
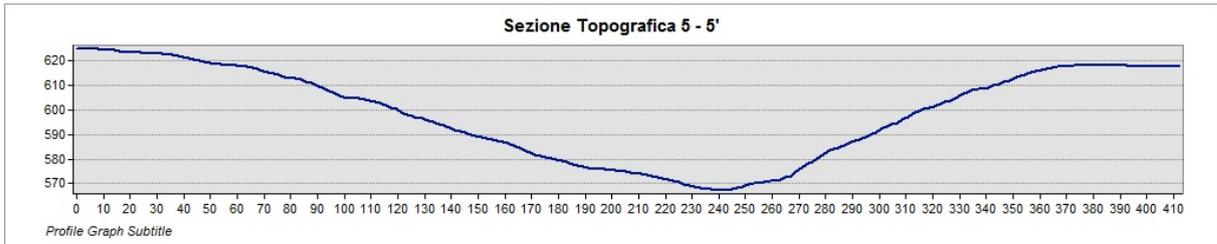
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



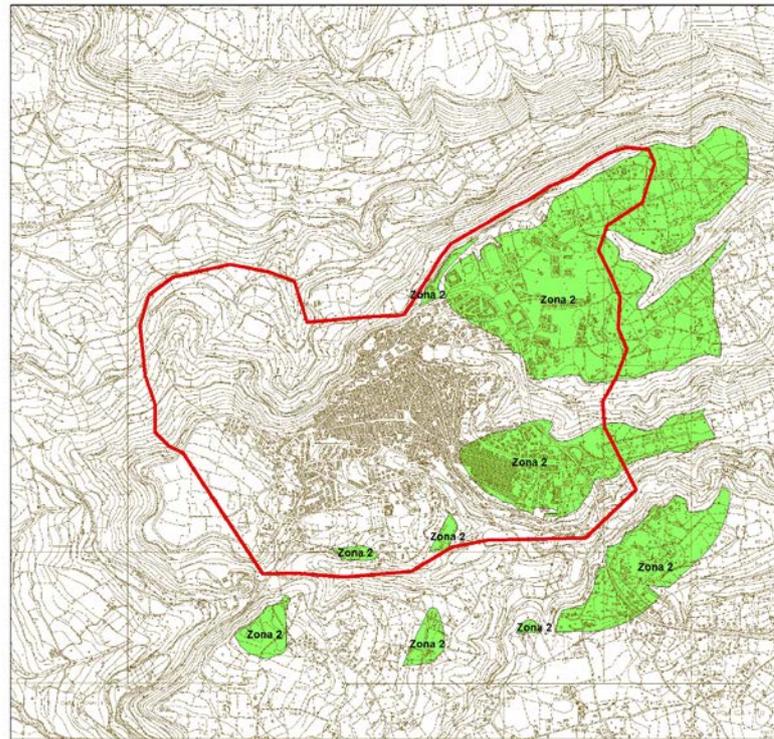
Zona 2

Comprende le calcareniti a grana media e fine alternate a marne nodulari spesso sabbiose che costituiscono la base della Formazione Palazzolo ed alle quali si sovrappone l'alternanza di calcareniti chiare e marne sabbiose del Membro Gaetani della medesima formazione. Affiorano estesamente intorno al centro urbano e sono state in parte inglobate all'interno della zona 1 a causa delle caratteristiche topografiche sopra elencate. In questa zona ricade l'indagine di sismica a rifrazione 089015L9 dalla quale si evince la presenza di un livello sismico al di sotto di 1,28 m di spessore con V_s pari a 906 m/s, tipica del bedrock geofisico. Occorre ciononostante puntualizzare che vista la successione stratigrafica tipica dell'area non sono rari casi di inversione della velocità delle V_s attraverso la Formazione Palazzolo, come risulta dall'interpretazione del vicino sondaggio 089015P2 (intervallo 0,5 – 8,8 m alternanza calcarenitico marnosa) e dal down-hole eseguito nel medesimo foro, pertanto tali dati vanno pesati con la dovuta cautela ed eventualmente integrati con indagini ad hoc.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

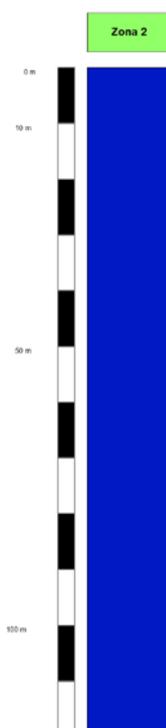
Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa





Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



Zona 3

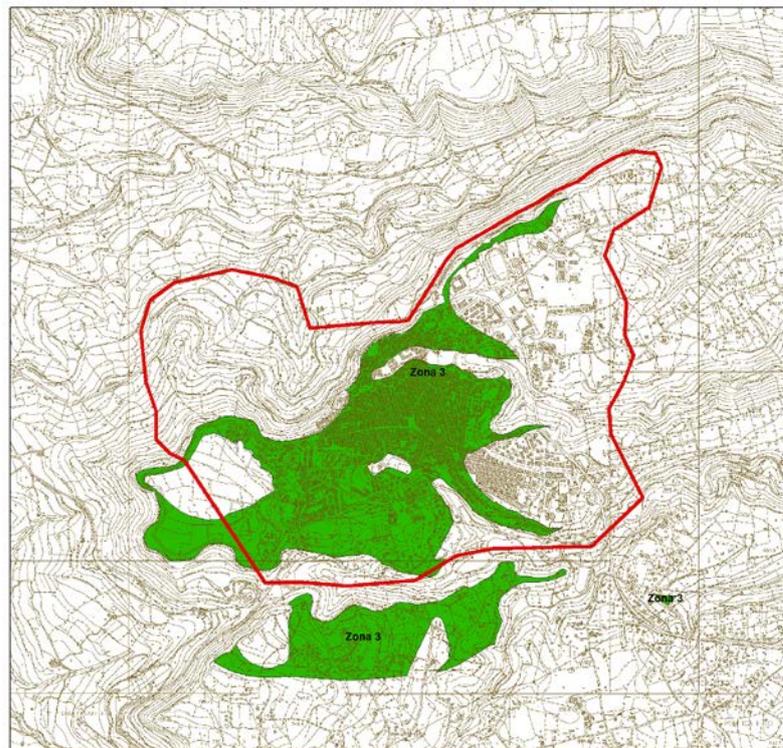
All'interno della zona 3 ricadono i calcari carbonatici a grana arenitica di colore bianco – paglino a stratificazione non sempre distinguibile, relativi al Membro Buscemi che costituisce, per l'area esaminata, la porzione sommitale della Formazione Palazzolo, nonché il deposito che caratterizza la maggior parte dell'abitato urbano di Palazzolo Acreide. All'interno di questa zona, nella periferia sud occidentale del centro urbano, è stata eseguita l'indagine di sismica a rifrazione 089015L6 che vede un incremento progressivo della velocità delle Vs oltre i 5 m di profondità, lasciando supporre la presenza di un orizzonte geologico con caratteristiche geofisiche tipiche del bedrock geofisico. Anche in questo caso però occorrerà approfondire la conoscenza dell'area attraverso un programma di indagini ad hoc che consenta una migliore definizione del sottosuolo e pertanto le aree



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

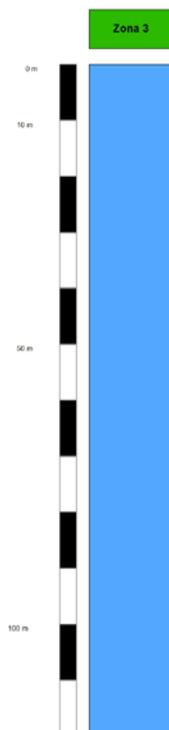
caratterizzata da questa litologia verranno in prima istanza classificate come suscettibili di amplificazioni locali.





Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



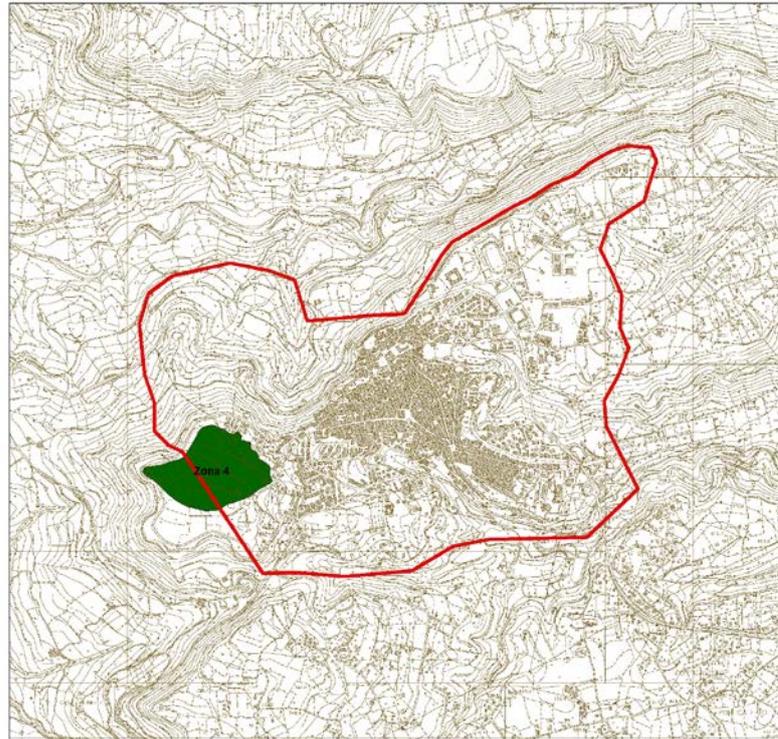
Zona 4

Si tratta di prodotti vulcanici limitati ad un affioramento localizzato nella periferia occidentale del centro urbano e caratterizzato da blocchi lavici compatti con dimensioni fino a 2 m, associati a materiale tufaceo poco coerente. Nonostante la morfologia tabulare che caratterizza l'affioramento e nonostante la presenza dell'indagine di sismica a rifrazione 089015L16 che mostra un incremento progressivo delle Vs fino a 1398 m/s oltre i primi 5 m di deposito, si ritiene tale zona come suscettibile di amplificazioni locali a causa delle scarse proprietà del deposito e per la pochezza di dati geologici che ne consentano una migliore caratterizzazione.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

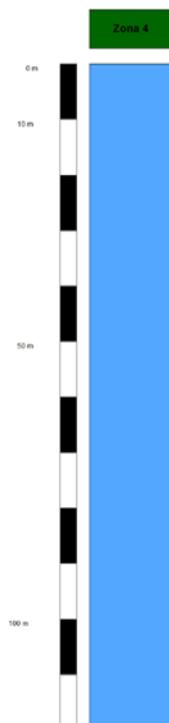
Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa





Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



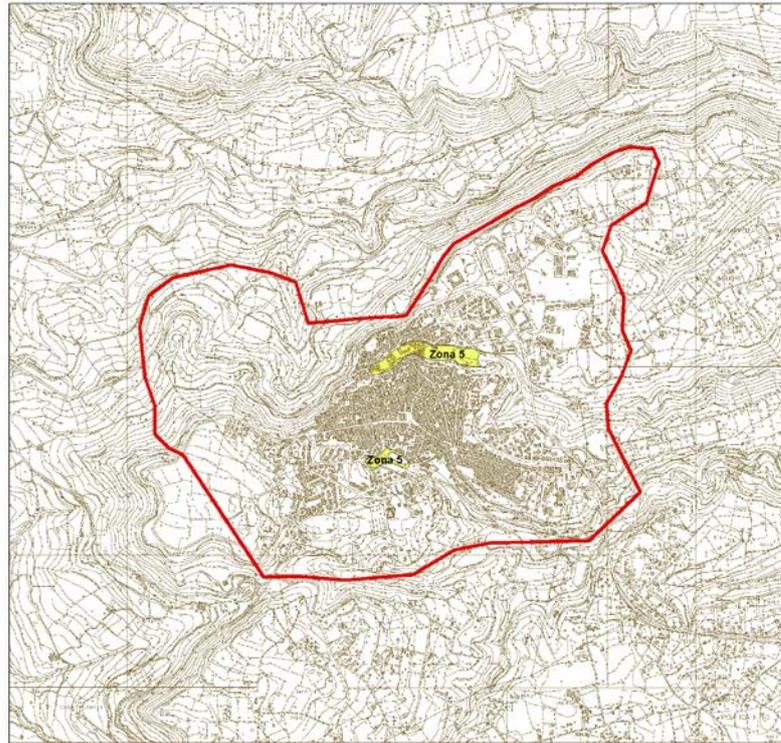
Zona 5

In questa zona sono compresi i depositi limoso-argillosi fluvio-lacustri presenti nel settore settentrionale ed in un piccolo lembo alla periferia sud del centro urbano. Non sono presenti indagini geologiche che consentano una migliore caratterizzazione dei depositi.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

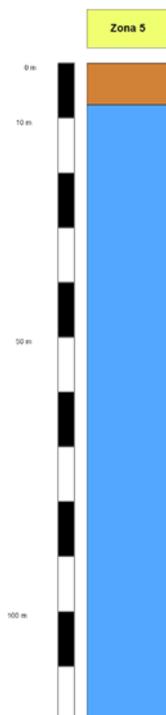
Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa





Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



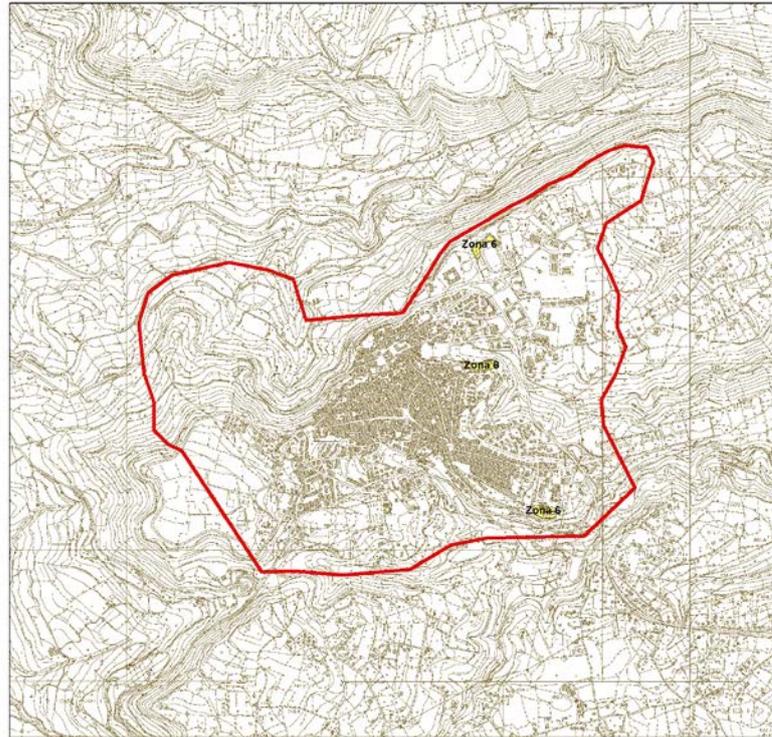
Zona 6

Depositi antropici costituiti principalmente da materiali di riporto compatto a granulometria variabile da mm al cm, con spessori fino a 5 m circa e localizzati nel settore periferico orientale del centro urbano. La presenza del materiale di riporto è da attribuire all'attività principale che si esercita nella zona e che ha portato alla creazione di ampi spazi, ricaricando e colmando eventuali irregolarità proprio con questo materiale.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa





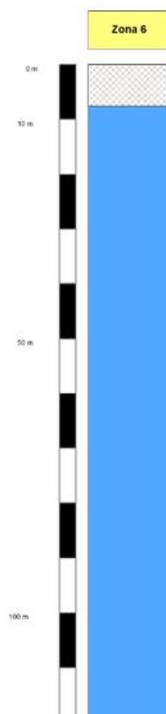
PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



9.2 Zone suscettibili di instabilità

Sulla base delle informazioni disponibili è stato possibile ascrivere a questa categoria tutti quei fenomeni legati ai processi morfogenetici che innescano, o hanno indotto, deformazioni permanenti sul territorio. Come descritto nel capitolo 0 e nel paragrafo 4.3 per la definizione di queste zone sono state analizzate ed elaborate le informazioni acquisite dal PAI. Questo piano ad oggi rappresenta, a livello regionale, lo strumento tecnico-scientifico con valenza amministrativa che meglio rappresenta lo stato conoscitivo del territorio in termini di dissesti geomorfologici e più in generale idro-geomorfologici. Va precisato che, pur essendo un valido strumento con elevata valenza amministrativa e governo della pianificazione territoriale, il PAI si riferisce ad uno stato dei luoghi e dei fenomeni funzione della data di esecuzione dei rilievi.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Nell'ambito del presente progetto e della costituita banca dati sono stati inseriti i dissesti presenti in tutto il territorio comunale al fine di avere una visione completa della relativa tematica.

Al contrario per la realizzazione della carta delle MOPS sono state individuate e classificate, come zone suscettibili di instabilità, solo quelle ricadenti all'interno delle aree interessate dai piani di espansione urbanistica così come vengono definite nel P.R.G.

Ciò premesso nella tabella di seguito proposta è riportato l'elenco completo dei dissesti presenti nel territorio comunale con evidenziato (in grassetto corsivo) quelli che rientrano nella carta delle MOPS in particolare dei 12 dissesti presenti sul territorio comunale 7 ricadono all'interno di questa carta.

Comune	Palazzolo Acreide (SR)				
Bacino Idrografico (P.A.I.)	F. Tellaro				
LOCALITA	SIGLA	COD_TIP	COD_ATT	PERICOLO	Superficie
EST CASE BONELLI	086-8PL-004	1	1	n.c.	6888,35
FONTANA RISTAGNO	086-8PL-005	1	1	n.c.	126859,26
S.P. 90 - FONTANAMURATA	086-8PL-001	1	1	n.c.	16480,75
S.P. 90 - FONTANAMURATA	086-8PL-003	1	1	n.c.	3755,67
S.P. 90 - CASA BONFIGLIO	086-8PL-002	1	1	n.c.	9333,86
C.da Poi	091-8PL-005	9	1	2	44291,19
C.da Piscarello	091-8PL-007	1	1	n.c.	12777,60
Zona Castello	091-8PL-006	1	1	n.c.	9931,42
C.da Piscarello	091-8PL-002	4	1	3	39441,96
Abitato	091-8PL-001	9	1	2	12212,78
Abitato	091-8PL-004	11	1	1	3418,35
C.da Piscarello	091-8PL-003	4	1	3	60404,25

Nella tabella sopra riportata ad ogni valore numerico inserito nelle colonne COD_TIP, COD_ATT, Pericolo corrisponde un preciso significato in termini di tipo dissesto, codice attività e Pericolo. La tabella di seguito proposta, consente la



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

decodifica in linguaggio formale del tipo di dissesto, del suo stato di attività e del suo grado di pericolosità così come definito nel DB del PAI.

Dissesti	COD_TIP
Crollo e/o ribaltamento	1
Colamento rapido	2
Sprofondamento	3
Scorrimento	4
Frana complessa	5
Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)	6
Colamento lento	7
Area a franosità diffusa	8
Deformazione superficiale lenta	9
Calanco	10
Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	11
Stato di attività	COD_ATT
Attivo	1
Inattivo	2
Quiescente	3
Stabilizzato artificialmente o naturalmente	4
Pericolosità	
P0 basso	1
P1 moderato	2
P2 medio	3
P3 elevato	4
P4 molto elevato	5



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

10 INDICAZIONI CONCLUSIVE

I rilievi geologici e geomorfologici acquisiti per il territorio comunale esaminato sono stati utili alla ricostruzione di un modello geologico preliminare del sottosuolo ed alla successiva classificazione delle formazioni presenti, in affioramento ed in profondità, finalizzata alla delimitazione di Microzone Omogenee. E' però necessario segnalare che l'analisi delle informazioni geologiche di base, propedeutica alla realizzazione degli elaborati prodotti, ha messo in evidenza per questo ambito territoriale la completa mancanza di dati geognostici che rende indispensabili opportune integrazioni.

I risultati conseguiti sono, pertanto da considerare preliminari e potranno essere perfezionati solo in sede di successivi approfondimenti.

In questa fase si possono suggeriscono le seguenti indicazioni:

1) MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL SOTTOSUOLO

Nel territorio in esame appare di grande utilità la ricostruzione della morfologia del substrato geologico, al di sotto delle coperture dei terrazzi fluviali, ai fini del dettaglio dello spessore delle coperture allo scopo di individuare eventuali giaciture complesse, derivate anche dalla presenza di strutture tettoniche sepolte o giustapposizioni tra corpi a differente litologia che possono differenziare notevolmente la risposta sismica locale.

L'eventuale progetto del programma d'indagini necessario dovrà essere fortemente vincolato alle informazioni geologiche di superficie ed in grado di definire:

- A. spessore dei terreni di copertura e profondità del substrato;
- B. dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratimetriche dei terreni di copertura;
- C. caratterizzazione sismica e geotecnica dei terreni di copertura;
- D. verificare attraverso analisi morfologiche di dettaglio le condizioni topografiche del centro urbano e delle aree immediatamente circostanti che realizzano nel complesso le morfologie vallive dei corsi d'acqua che circondano l'area analizzata, come evidenziato dai profili topografici realizzati per la Zona 1.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

2) ANDAMENTO DEL BEDROCK GEOFISICO

La ricostruzione dell'andamento del bedrock geofisico che, come è stato messo in evidenza dai risultati qui conseguiti, non coincide con il tetto del substrato geologico presenta maggiori difficoltà a causa della caotica distribuzione dei volumi che lo pongono entro le formazioni del substrato a profondità che variano in modo irregolare.

La precisione di una tale ricostruzione, dunque, dipende dalla densità dei dati acquisiti. Sarebbe quindi utile la realizzazione di una pianificazione delle indagini dirette necessarie a fornire dati quantitativi su caratteristiche litologiche e sismiche dei terreni attraversati.

11 BIBLIOGRAFIA

Asten M. W., 1978. Geological control of the three-component spectra of Rayleigh-wave microseisms. *Bulletin of the Seismological Society of America* 68 (6), 1623–1636.

Asten M. W., Henstridge J. D., 1984. Arrays estimators and the use of microseisms for reconnaissance of sedimentary basins. *Geophysics* 49 (11), 1828–1837.

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*, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014.

Bender B., Perkins D.M., 1987. SEISRISK III: a computer program for seismic hazard estimation. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 1772, 48.

Ben-Menahem, A. & S.J. Singh, 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.

Bottari A., Carapezza E., Carapezza M., Carveni P., Cefali F., Lo Giudice E., Pandolfo C., 1984. The Messina Strait Earthquake in the regional geostructural framework. *Act of XXVII International Geological Congress*, C 08 section, Moscow.

Butler R.W.H., Grasso M., Gardiner W. & Sedgely, 1997. Depositional patterns and their tectonic controls within the Plio-Quaternary carbonate sands and muds of



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

onshore and offshore SE Sicily (Italy). *Marine and Petroleum Geology*, 14 (7-8), 879-892.

Carbone S. & Lentini F., 1981a. Caratteri deposizionali delle vulcaniti del Miocene superiore negli Iblei (Sicilia sud orientale). *Geologia. Romana*, 20, 79-101.

Carbone S. & Lentini F., 1981b. Rapporti tra il vulcanesimo miocenico e tettonica nel settore orientale dei Monti Iblei (Sicilia sud orientale) *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 245-248.

Carbone S., Grasso M., Lentini F., 1982c. Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal cretaceo al Quaternario. *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 362-386.

Carbone S., Grasso M. e Lentini F., 1986. *Carta Geologica del Settore Nord-Orientale Ibleo (Sicilia SE) scala 1:50.000*. S.EL.CA Ed., Firenze.

Carbone S., 2011. *Note illustrative della Carta geologica D'Italia, scala 1:50.000, Foglio 241 Augusta*. S.EL.CA Ed., Firenze.

Castellaro S. e Mulargia F., 2009b. The effect of velocity inversions on H/V. *Pure Appl. Geophys.* 166, 567-592.

Catalano S., De Guidi G., Romagnoli G., Torrisi S., Tortorici G. & Tortorici L., 2008°. Evidence of a late Quaternary tectonic inversion along the Scicli Line: omplication for the sismotectonics of SE Sicily. *5° Convegno GNGT Roma, 2006*, 286-289.

Cornell C. A., 1968. Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1583-1606.

Costa M., Di Grande A., Maniscalco R., Musumeci C., 1993. Assetto stratigrafico delle ultime manifestazioni eruttive iblee. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania*, 20, 425-443.

CPTI Working Group, 2004. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*, INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04>.

CPTI Working Group, 2011. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11)*, INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11>.

Delgado J., Lopez Casado C., Giner J., Estevez A., Cuenca A. e Molina, S., 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations. *Pure Appl. Geophys.*, 157, 1445–1462.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Di Grande A., 1967. I sedimenti pleistocenici del margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo. *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat.*, 1, 1, 83-97

Di Grande A., 1968. L'alternanza neogenico quaternaria di vulcaniti e sedimenti al margine nord occidentale dell'Altopiano Ibleo. *Atti Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 1, 99-125.

Di Grande A., 1972. Geologia dell'area a nord di Augusta Francofonte (Sicilia SE). *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat.*, 7, 1, 91-125.

Di Grande A., Romeo M. e Raimondo W., 1983. Il membro di gaetani ed il membro Buscemi della Formazione Palazzolo: facies, distribuzione ed età. *Boll. Soc. Geol. It.*, 101, 343 - 372.

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.

Douze E. J., 1964. Rayleigh waves in short-period seismic noise. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 54-4, 1197-1212.

Fäh, D., F. Kind, D. Giardini, 2001. A theoretical investigation of average H/V ratios. *Geophys. J. Int.* 145, 535-549.

Fäh D., Kind F. and Giardini D., 2003. Inversion of local S-wave velocity structures from average H/V ratios, and their use for the estimation of site-effects. *J. Seismol.*, 7, 449–467.

Field E. and Jacob K., (1993). The theoretical response of sedimentary layers to ambient seismic noise, *Geophys. Res. Lett.* 20, 2925-2928.

Field E. H., Jacobs K.H. and Hough S.H., 1992. Earthquake site response estimations: a weak-motion case study. *Bull. Seism. Soc. Am.* 82, pp. 2283- 2307.

Gasperini P. e Ferrari G., 1995. Stima dei parametri sintetici, in: Boschi E. (a cura di), *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*, ING e SGA, Bologna, 96-111.

Gasperini P. e Ferrari G., 1997. Stima dei parametri sintetici: nuove elaborazioni, in: Boschi E. (a cura di), *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*, ING e SGA, Bologna, 56-64.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Gemmellaro G.C, 1885. Foglio 274 della Carta Geologica d'Italia (1:100.000) e le relative note illustrative.

Ghisetti F. & Vezzani L., 1980. The structural features of the Iblean Plateau and the Mont Judica area (South Eastern Sicily): a microtectonic contribution to the deformational history of the Calabrian Arc. *Boll. Soc. Geol. It.*, 99, 57-102.

Grasso M. & Lentini F., 1982. Sedimentary and tectonic evolution of the eastern Hyblean Plateau (Southeastern Sicily) during Late Cretaceous to Quaternary time. *Palaeog. Palaeocl. Palaeoecol.*, 39, 261-280.

Grasso M, Lentini F., Lombardo G. & Scamarda G., 1979. Distribuzione delle facies cretaceo-mioceniche lungo l'allineamento Augusta – Monte Lauro (Sicilia Sud Orientale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 98. 175-188.

Grasso M., Lentini F. & Pedley H.M., 1981. Late Tortonian Messinian (Miocene) palaeogeography of SE Sicily, information from two new formations of the Sortino group. *Sedimentary Geology*, 32, 279-300.

Grasso M., Lentini F., Carbone S., 1987., Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.): presentazione delle carte geologiche della Sicilia sud – orientale. *Memorie della Società Geologica Italiana vol. XXXVIII, fasc. unico.*

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G., 2007. CFTI04MED, Catalogo dei forti terremoti in Italia e nell'area mediterranea. INGV-SGA.

Gruppo di Lavoro MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione civile, INGV, Milano-Roma, Aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

Gutenberg B., 1958. Microseisms. *Advan. Geophys.*, 5, 53-92.

Gutierrez C. and Singh S. K., 1992. A site effect study in Acapulco, Guerrero, Mexico: comparison of results from strong-motion and microtremor data, *Bull. Seism. Soc. Am.* 82, 642-659.

Kafka F.T. & Kirkbride R.K., 1959. The Ragusa oil field (Sicily). *V. World Petr. Congr., Proc. Geol. Sect.*, 1, New York.

Kanai K., 1954. Measurements of Microtremors. *Bulletin of earthquake research institute, Tokyo University*, 32, 199-210



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Kanai, K., 1957. The requisite condition for the predominant vibration of ground. Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 457-471

Kanai K. and Tanaka T., 1961. On microtremors, VIII, Earthquake Res. Inst. Tokyo 39, 97-114.

Lachet C., & Bard P.Y., 1994. Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of the Nakamura's technique. J. Physics of the Earth, 42-4, 377-397.

Lachet C. & Bard P. Y., 1995. Theoretical investigation of the Nakamura's technique. Proceedings of the 3rd international conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics, 2, 617-675.

Lentini F., Carbone S. & Grasso M., 1984. Carta geologica della Sicilia sud orientale, scala 1:100.000. S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Grasso M. & Carbone S., 1987. Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione. In F. Lentini, M. Grasso & S. Carbone (Eds): "Sistemi avanafossa avampaese lungo la Catena appenninico Maghrebide". Conv. Soc. Geol. It., 1987, 60pp.

Lermo, J., F. J. Chavez-Garcia, 1994. Are microtremors useful in site response evaluation? Bulletin of Seismological Society of America 84, 1350-1364.

Lermo J., M. Rodriguez and S.K. Singh, 1988. Natural periods of sites in the valley of Mexico from microtremors measurements and strong motion data. Earthquake Spectra. 4(4), 805-814.

Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (eds.), 2011. DBMI11, the 2011 version of the Italian.

Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, QR of RTRI 30, p. 25-30.

Nogoshi M., and T. Igarashi, 1970. On the amplitude characteristics of microtremors, J. Seism. Soc. Jpn 23, 264-280.

Ogniben L., 1960. Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale. Riv. Min. Sic., 64-65, 183-212.

Okada H., 2003. The Microtremor Survey Method (translated by Koya Suto): Geophysical Monograph Series, No.12, Society of Exploration Geophysicists.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile



Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Patacca E., Scandone P., Giunta G. & Liguori V., 1979. Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (southern Sicily). *Geologica romana*, 18, 331-369.

Pedley H.M., 1981. Sedimentology and paleoenvironment of the southeast Sicilian Tertiary platform carbonates. *Sedimentary Geology*, 28, 273-291.

Postpischl D., 1985. Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes - Progetto P.F.G..

Rigo M. & Barbieri F., 1959. Stratigrafia pratica applicata in Sicilia. *Boll. Serv. Geol. D'It.*, 80, 351-441.

Rigo M. & Cortesini A., 1961. Contributo alla conoscenza strutturale della Sicilia sud-orientale. *Boll. Soc. geol. It.*, 81, 349-369.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M., 2011. CPT111, versione 2011 del Catalogo parametrico dei terremoti italiani.

SESAME Project: "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.

Shiono, K., Y. Ohta and K. Kudo, 1979. Observation of 1 to 5 sec microtremors and their applications to earthquake engineering. Part VI: existence of Rayleigh wave components. *Journal of Seismological Society of Japan*, 32, 115-124.

Spampinato C.R., Costa B., Di Stefano A., Monaco C., Scicchitano G., 2011. The contribution of tectonics to relative sea-level change during the Holocene in coastal south-eastern Sicily: New data from boreholes. *Quaternary International*, 232, 214-227.

Tiberti M. M., Fracassi U., Valensise G., 2006. Il quadro sismotettonico del grande terremoto del 1905, In "8 settembre 1905 Terremoto in Calabria" a cura di Ignazio Guerra e Antonello Savaglio, Volume edito dalla Regione Calabria Assessorato alla Cultura, Università della Calabria, Dipartimento di Fisica, Deputazione di Storia Patria per la Calabria. AGM S.r.l. Castrovillari (CS).

Yamanaka H., M. Dravinski and H. Kagami, 1993. Continuous measurements of microtremors on sediments and basement in Los Angeles, California. *Bull. Seism. Soc. Am*, 83(5), 1595-1609.

12 ALLEGATI

Elaborati Cartografici



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Carta delle indagini

Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Carta delle frequenze

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1)