

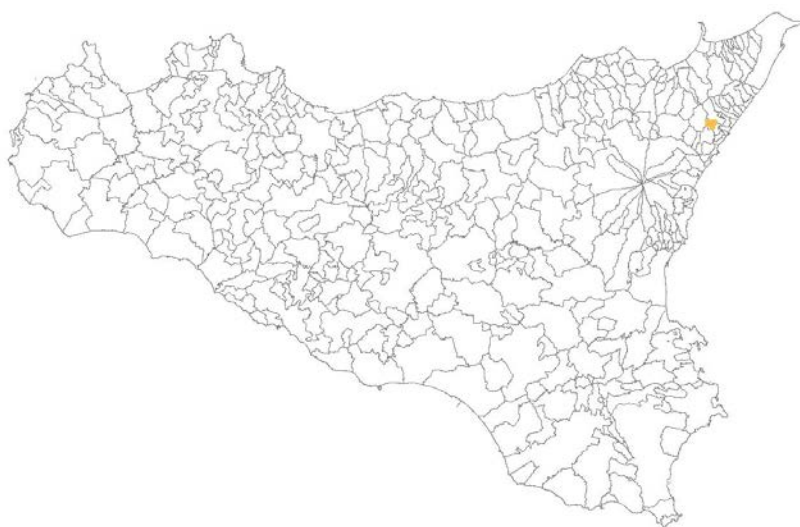
Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia
Comune di Limina



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*

Contraente: Regione Siciliana – Presidenza Dipartimento della Protezione Civile 	Soggetto realizzatore: Università degli Studi di Messina C.A.R.E.C.I. – Centro Attrazione Risorse Esterne e Creazione d'Impresa 	Data: Novembre 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

Sommario

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	11
3	CENSIMENTO DATI	13
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	14
4.1	Analisi Morfologica e Altimetrica	14
4.2	Idrografia.....	16
4.3	Inquadramento geologico strutturale regionale	17
4.4	Assetto geologico strutturale dell'area esaminata.....	24
4.5	Stratigrafia dell'area esaminata.....	25
4.6	Analisi geomorfologica ed assetto dei versanti.....	31
4.7	Classificazione litologica dei terreni affioranti	34
5	SISMICITÀ E ZONE SISMOGENETICHE	40
5.1	Storia sismica e pericolosità dell'area	43
6	METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE DELLE INDAGINI	49
7	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	54
8	GEOGNOSTICA E GEOFISICA	63
8.1	Strumentazione utilizzata	63
8.2	Processing dei dati	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

8.3	Il Rumore sismico	65
8.4	Teoria sull'analisi del Rumore Sismico.....	67
8.5	Aree Interessate dalle indagini di MS	69
8.6	Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti	72
8.7	Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico	74
8.8	Considerazioni sui risultati ottenuti	81
9	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)	83
9.1	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali	86
9.2	Zone suscettibili di instabilità	97
10	INDICAZIONI CONCLUSIVE.....	102
11	BIBLIOGRAFIA.....	103
12	ALLEGATI.....	111

Indice delle Figure

Figura 1 – Individuazione geografica dell'area	6
Figura 2 – Corografia dell'area.....	12
Figura 3 – Suddivisione del territorio in fasce altimetriche.....	16
Figura 4 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici.....	33
Figura 5 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido.	35
Figura 6 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura.....	36



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 – Carta geologico tecnica.....	39
Figura 8 – Catalogo parametrico dei terremoti (Gruppo di lavoro CPTI, 1999): epicentri dei maggiori terremoti della Sicilia e Calabria nel periodo 1125-1990. I poligoni rappresentano le Zone Sismogenetiche riconosciute (Meletti et alii, 2000).....	41
Figura 9 – Storia sismica di Limina estratta dal Database Macrosismico Italiano (DBMI11, Locati et alii, 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.	44
Figura 10 – Schema tettonico della Sicilia orientale e della Calabria meridionale. In legenda i forti terremoti estratti dal catalogo CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) (CPTI Working Group 2004, 2011).	48
Figura 11 – Comune di Limina: delimitazione dell'area indagata.	70
Figura 12 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione all'area studiata nel Comune di Limina.	72
Figura 13 – Carta delle frequenze nel Comune di Limina.....	74
Figura 14 – Profilo A-A'	75
Figura 15 – Profilo B-B'	76
Figura 16 – Rappresentazione schematica di manifestazioni sorgentizie nelle successioni metamorfiche dei Monti Peloritani (da Ferrara, 1999 modificato).....	77
Figura 17 – Curve HVSR relative ai siti 083040P13 e 083040P14.	81
Figura 18 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.....	85
Figura 19 – Schema delle zone suscettibili di instabilità	86
Figura 20 – Schema delle zone suscettibili di instabilità	99



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

Indice delle Tabelle

Tabella 1 – Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati.....	33
Tabella 2 – Trasposizione analitica della aree in dissesto individuate.....	34
Tabella 3 – Storia sismica di Limina.....	44
Tabella 4 – Sorgenti del rumore sismico	66
Tabella 5 – Sigle dei siti di selezionati con relativa data di registrazione ed indicazione dell'uso del suolo.	71
Tabella 6 – 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.....	71
Tabella 7 – Risultati dei rilievi HVSR in relazione alla geologia ed all'altimetria.	80
Tabella 8 – Compendio dei dati geognostici diretti disponibili per la Zona 0	87
Tabella 9 – Compendio dei dati geognostici diretti disponibili per la Zona 2	93



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 Limina in Provincia di Messina (Figura 1 – Individuazione geografica 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

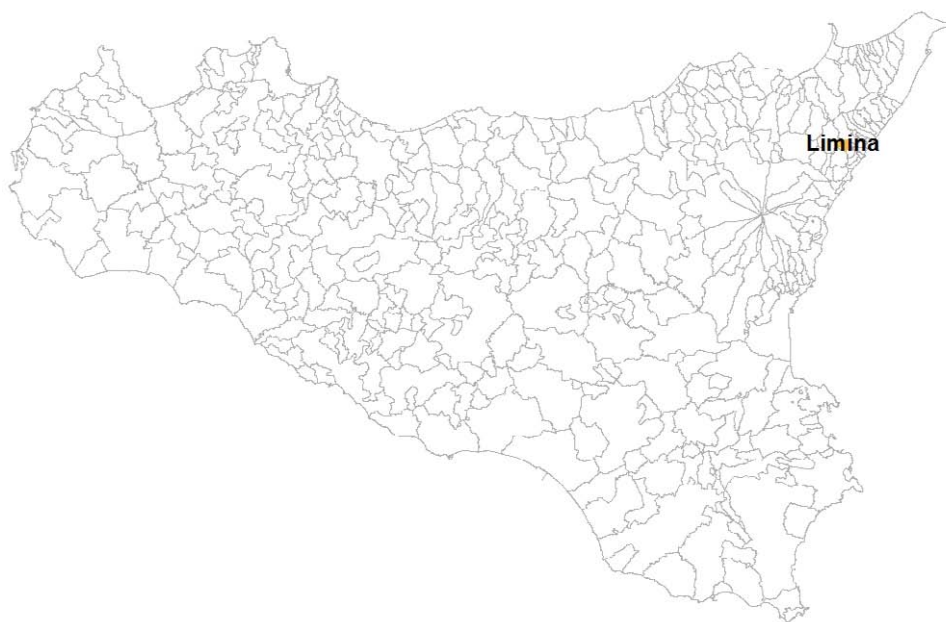


Figura 1 – Individuazione geografica dell'area

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:



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

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



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

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 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



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

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 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:

INDAGINI MINIME OBBLIGATORIE	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. ; Rilevamenti geologici di controllo sul terreno; 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
-------------------------------------	--



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

	del livello 1; Misure passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.
ANALISI ED ELABORAZIONI	Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili; Rilettura, sintesi dei dati.
PRODOTTI FINALI OBBLIGATORI	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 Limina in Provincia di Messina.

Il territorio comunale di Limina è ubicato nella parte nord - orientale dei Monti Peloritani, sul versante ionico, si estende sul fianco destro del bacino della Fiumara d'Agrò (Figura 2 – Corografia dell'area) e ricade, nella cartografia ufficiale in scala 1:25.000 edita dall'I.G.M., nella tavoletta "Limina" F° 262 I NO.

Il territorio comunale si estende per circa 9,9 kmq e il centro abitato è ubicato nella parte centromeridionale, ad una quota media di 560 m s.l.m..

Amministrativamente è caratterizzato dal centro abitato di Limina, ove risiede la maggior parte della popolazione ed è sede Municipale, non esistono centri abitati secondari di rilevante importanza. Gli abitanti censiti sono circa 900.

La zona di studio comprende una zona di fondo valle (fino a 200 m s.l.m), che si individua esclusivamente nel basso fondovalle della Fiumara di Agrò , una zona sub collinare (da 200 fino a circa 600 m s.l.m.), entro cui ricade la quasi totalità del territorio comunale, e una zona pedemontana (oltre 600 m s.l.m.), che ricade in una stretta fascia del settore occidentale e sud occidentale del territorio comunale. La quota massima viene raggiunta in corrispondenza di Portella Naduri, (870 m.s.l.m.).

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 degli 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 di supporto alla redazione del P.R.G. (01.03.2000 data protocollo Genio Civile);
- Studio Geologico inerente il P.P. della Zona Artigianale (01.03.2000 data protocollo Genio Civile);
- Studio Geologico relativo ai lavori di realizzazione di OO.UU. (Parrocchia di San Sebastiano) nel comune di Limina (21 giugno 2000 data nel documento)
- Studio Geologico relativo alla Variante al P.R.G. (15.11.2007 data protocollo Genio Civile);
- 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 Limina ricade sul versante ionico dei Monti Peloritani e si estende sul fianco destro del bacino della Fiumara d'Agrò per una superficie complessiva di circa 9,9 Km². Confina ad O e a NO con il comune di Antillo, a N e NE con il comune di Casalvecchio Siculo, ad E e SE con il comune di Forza d'Agrò, a S con il comune di Mongiuffi Melia ed a SO con il comune di Roccafronza.

Il paesaggio presenta una morfologia di tipo bassomontano, aspra con versanti scoscesi e accidentati con inclinazione media del pendio compresa tra il 30% ed il 40% e valli strette profondamente incise da torrenti e valloni dal bacino modesto che



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

si alternano a rilievi, che raggiungono la quota massima in corrispondenza di Portella Naduri (870 m s.l.m.), ed a modeste aree pianeggianti presenti in corrispondenza degli alvei delle fiumare e nelle zone di flesso dei versanti.

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

- zona di fondo valle (fino a 200 m s.l.m.), che si individua esclusivamente nel basso fondovalle della Fiumara di Agrò che con il suo percorso sinuoso, che si orienta in direzione circa EO, contorna il limite comunale meridionale;
- zona sub collinare (da 200 fino a circa 600 m s.l.m.),), entro cui ricade la quasi totalità del territorio comunale, che si contraddistingue per la presenza di un paesaggio rappresentato da rilievi con pendii acclivi ed incisioni strette e profonde, localmente interrotto da zone subpianeggianti, corrispondenti a rare superfici naturali e, più frequenti, opere di spianamento e/o terrazzamento antropico spesso con cospicue difficoltà d'accesso;
- zona pedemontana (oltre 600 m s.l.m.), che ricade in una stretta fascia del settore occidentale e sud occidentale del territorio comunale, in corrispondenza dell'allineamento di creste Portella Naduri, Rocca Crici, spartiacque di sinistra del Torrente Mandrazze, ripropone il quadro fisiografico precedente con pendii aspri e più ripidi che tendono, pertanto, ad una maggiore instabilità.

La figura di seguito proposta (Figura 3) rappresenta l'andamento altimetrico del territorio comunale suddiviso nei seguenti intervalli: 100-200 m; 200-600 m; 600-1373 m.

Sempre in Figura 3 è riportata l'area oggetto delle indagini eseguite (poligono colorato) che, in assenza di precise indicazioni dell'Amministrazione Comunale, è stata circoscritta al nucleo urbanizzato di Limina e dalla quale si evince che l'area considerata nel presente studio ricade quasi interamente nella fascia compresa tra 200 e 600 m s.l.m.

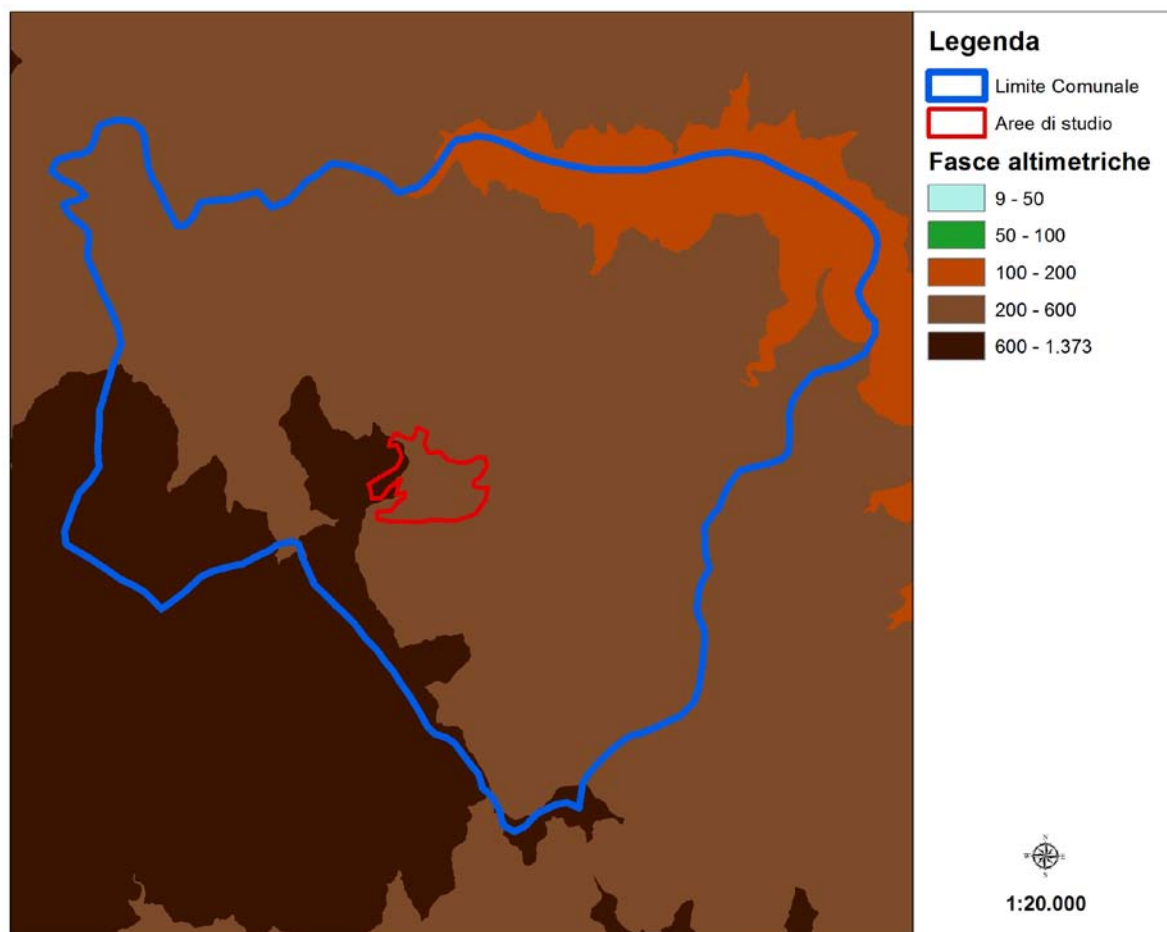


Figura 3 – Suddivisione del territorio in fasce altimetriche

4.2 Idrografia

Nel quadro morfologico dei Monti Peloritani si sviluppano elementi idrografici particolari, tipici dell’arco Calabro Peloritano, denominati “fiumare” e caratterizzati da un regime idrologico tipicamente torrentizio, fortemente influenzato dalle precipitazioni stagionali. Tali fiumare hanno uno sviluppo complessivo che può essere suddiviso in due parti e precisamente:



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

- tratto montano-collinare - in questo settore i corsi d'acqua si contraddistinguono per una ridotta lunghezza ed elevata pendenza e, in particolare, nei tratti principali delle aste fluviali l'elevato trasporto solido assume caratteri di debris flow;

- tratto vallivo - caratterizzato da minori pendenze e ampi letti fluviali, spesso sovralluvionati, a testimonianza delle impetuosità delle portate di piena.

Il territorio comunale di Limina ricade sul fianco destro del bacino idrografico di una delle fiumare più importanti di questo settore orientale dei M. Peloritani: la fiumara d'Agrò.

Il corso d'acqua ha origine sulle alte pendici di Montagna Grande (1.374 m.s.m.), si sviluppa per circa 20 Km e sfocia nel mare Ionio, nei pressi di S. Alessio Siculo.

Il reticolo idrografico è costituito da una serie di modeste linee d'impluvio che confluiscono a pettine nella fiumara d'Agrò. Si tratta sempre di incisioni con deflussi in alveo concentrati nel periodo invernale e portate variabili in funzione dell'andamento pluviometrico locale.

Gli alvei che presentano caratteristiche morfologiche piuttosto giovanili, sono caratterizzati da elevate pendenze longitudinali, da tempi di corrivazione piuttosto brevi e da regimi idrologici irregolari, con fenomeni di piena concentrati e, praticamente, coincidenti con gli eventi piovosi più intensi e prolungati.

I corsi d'acqua più significativi esistenti nel territorio comunale, procedendo da Est verso Ovest sono il vallone Crapinaro, il vallone Porcheria e il torrente Mandrazze.

4.3 Inquadramento geologico strutturale regionale

La condizione geostrutturale di una zona di modesta estensione, come il territorio del Comune di Limina, può essere correttamente definita solo in riferimento all'assetto generale di un territorio più vasto.



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

Nel caso particolare occorre riferirsi alle condizioni del settore nordorientale della Sicilia e, in particolare, alla zona del versante orientale dei monti Peloritani, nell'ambito della quale ricade il suddetto comune.

Cartografia geologica disponibile:

- FOGLIO 601 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:50.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- FOGLIO 613 DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (1:50.000) E LE RELATIVE NOTE ILLUSTRATIVE;
- CARTA GEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI MESSINA (1:50.000);
- CARTA GEOLOGICO-MORFOLOGICA DELL'AREA DI TAORMINA (1:5.000);
- CARTA GEOLOGICA DEI MONTI DI TAORMINA (1:25.000);
- CARTA GEOLOGICA DEL GOLFO DI PATTI (1:50.000);
- SCHEMA GEOLOGICO DELLA SICILIA NORD ORIENTALE (1:200.000)

I primi dati geologici significativi relativi a questa zona derivano da rilevamenti effettuati alla fine dello scorso secolo da SEGUENZA (1869), da CORTESE (carta geologica del foglio n. 254, Messina, 1882) e da BALDACCI (1886).

Si tratta di lavori di base di notevole interesse in quanto rappresentano una sintesi delle precedenti conoscenze settoriali. Particolare importanza per la conoscenza della struttura geologica della Catena Peloritana rivestono la carta geologica alla scala 1:100.000 del Servizio Geologico d'Italia elaborata da BALDACCI (1886) e la relativa "Descrizione geologica dell'isola di Sicilia".

Il lavoro espone una descrizione piuttosto dettagliata delle formazioni geologiche esistenti, basata su una concezione statica dei terreni, ma lontana dalle concezioni successivamente maturate, soprattutto per merito delle intuizioni, delle interpretazioni e degli studi, successivamente elaborati da LUGEON ed ARGAND (1906) e da QUITZOW (1935).

Questi autori anticipano, nelle linee generali, le attuali concezioni sull'assetto tettonico della Sicilia nordorientale, attribuendo le inversioni dell'ordine stratigrafico, osservato per talune successioni litologiche, a fenomeni di trasporto orogenico e avanzando la teoria dei grandi "carreggiamenti", successivamente ripresa e documentata, per altre zone della Sicilia, da FABIANI e TREVISAN (1940), BENELO (1949, 1950), SCHMIDT DI FRIEDBERG (1959).



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

Un notevole contributo alla conoscenza degli aspetti petrografici e strutturali dei Peloritani deriva anche dagli studi eseguiti da ANDREATTA (1941).

Nel 1960 viene pubblicato da OGNIBEN lo “Schema geologico della Sicilia nordorientale” che rappresenta una sintesi dei dati stratigrafici, petrografici e tettonici precedenti e costituisce un fondamentale ed originale contributo alla conoscenza delle condizioni geostrutturali della regione.

In sintesi OGNIBEN riconosce l'esistenza di una successione geologica basale (“Complesso basale”) cui si sovrappongono tettonicamente vari “complessi” di terreni costituiti da singole successioni, suddivise in una o più “falde di trasporto”, a loro volta ricoperte da terreni postorogeni (“Complesso neoautoctono”).

Lo schema proposto da OGNIBEN viene, negli anni successivi, avvalorato e parzialmente adeguato sia in base alle indagini di dettaglio eseguite dallo Stesso (1970, 1971) sia da numerosi altri studiosi tra i quali, per brevità, si citano TRUILLET (1968), DUEE (1969), ATZORI (1970, 1972), ATZORI et alii (1974), LENTINI e VEZZANI (1975, 1978), AMODIO MORELLI et alii (1976), GHISSETTI e VEZZANI (1978), BONARDI (1980), GIUNTA et alii (1980), NIGRO e SIDOTI (1993), CARBONE et alii (2007).

Per quanto riguarda specificatamente la zona considerata un quadro geostrutturale aggiornato viene rappresentato sulla “Carta geologica dei monti di Taormina” alla scala 1:25.000 (1994) curata da CARBONE et alii dell'Istituto di Geologia dell'Università di Catania e nella “Carta geologica della Provincia di Messina” alla scala 1:50.000 a cura di LENTINI et alii, (2.000).

Allo stato attuale delle conoscenze i lineamenti geostrutturali della Sicilia nordorientale possono essere sintetizzati nello schema descritto di seguito, tratto dai lavori a larga scala estesi a tutta la catena peloritana-nebroidea. Per semplicità non si fa riferimento ad altri significativi studi, non sempre concordanti con quanto di seguito descritto, non sempre sufficientemente estesi e dettagliati.

L'unità stratigrafica più bassa, nota con la denominazione di “Flysch Numidico”, è costituita da una potente successione di argille brune con intervalli di quarzareniti. La formazione affiora in vasta zona, nel settore occidentale del territorio della provincia di Messina, ad O-SO del torrente Furiano, fino a Mistretta, Castel di Lucio e Tusa.



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

In sovrapposizione tettonica al Flysch Numidico si sovrappongono varie unità raggruppate nel "Complesso Sicilide

L'unità di base è costituita dalla Formazione delle "Argille scagliose", costituita da prevalenti argille varicolori caoticizzate inglobanti lenti litoidi eterogenee. Questi terreni affiorano nel bacino del torrente Furiano, in una fascia che si estende in modo frastagliato, da S. Fratello a Cesarò, nonché, in placche discontinue, nei territori di Capizzi, Caronia, Mistretta e Tusa.

Le argille scagliose passano superiormente ad un'alternanza calcareo-marnosa con calcilutiti biancastre e rari livelli calcarenitici riferibili alla "Formazione di Polizzi".

Segue un intervallo di "Argille varicolori" e quindi un'alternanza di marne, calcari marnosi e arenarie tufitiche appartenenti alla unità del "Flysch di Troina-Tusa", affiorante nelle zone di S. Teodoro, Mistretta e Tusa.

Il vasto territorio nebroideo compreso tra Acquedolci, Cesarò e S. Domenica di Vittoria, è costituito da un'altra unità alloctona in facies di flysch denominata "Flysch di M. Soro" e riferita ad un'età cretaceo-eocenica.

Nell'ambito di questa formazione vengono distinti vari intervalli (o "membri") di cui uno, inferiore, a composizione argilloso-calcareo, uno intermedio a composizione argilloso-arenacea e una parte sommitale prevalentemente quarzarenitica.

Il complesso dei terreni sicilidi si chiude con un'alternanza argilloso-arenaceo-conglomeratica denominata "Flysch di Reitano" le cui aree di affioramento sono localizzate nei Nebrodi occidentali e, nella zona a SSE del comprensorio di Taormina, sul fianco destro del fiume Alcantara, con la "Formazione di Piedimonte" costituita da una successione argilloso-arenacea oligocenica.

In sovrapposizione tettonica sui terreni del Complesso Sicilide, e in particolare sul Flysch di M. Soro, si accavalla, lungo l'allineamento S. Fratello-Sant'Agata di Militello-Roccella Valdemone-Taormina, un'altra successione di terreni alloctoni che, nel loro insieme, formano il "Complesso Calabride", che si estende nel settore nebroideo orientale e nella catena peloritana.

Questo è formato da varie falde di ricoprimento costituite da terreni di origine metamorfica con placche discontinue di una copertura sedimentaria prevalentemente carbonatica.



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 posizione strutturale delle falde è chiaramente indicativa di un'inversione dell'originaria successione stratigrafica in quanto le varie unità sono in atto accavallate in ordine di metamorfismo crescente.

In pratica, in ordine di sovrapposizione dal basso verso l'alto, si riscontrano le seguenti successioni litologiche.

In corrispondenza della fascia di sovrapposizione con i terreni sicilidi, e cioè lungo l'allineamento sopra indicato, vengono distinte tre unità strutturalmente molto simili denominate rispettivamente "Unità di Capo S. Andrea", "Unità di Longi-Taormina", "Unità di S. Marco D'Alunzio".

Si tratta di tre successioni costituite da un intervallo basale di metamorfiti di basso grado, a prevalenti semiscisti clorico-sericitici grigio-nerastri e filladi, e da una sovrastante successione sedimentaria, talora lacunosa e condensata, comprendente un livello di arenarie e conglomerati rossi e una serie carbonatica a calcari, dolomie, calcari marnosi e marne in facies di "scaglia".

Ancora piuttosto simile alle precedenti risulta la "Unità di Rocca Novara" affiorante nella zona di Novara di Sicilia, anch'essa costituita di metamorfiti di basso grado e da lembi residui di una copertura carbonatica.

Seguendo l'ordine di sovrapposizione tettonica si passa ad una unità a prevalenti filladi con discontinui lembi di calcari e calcari marnosi, denominata "Unità di Mandanici".

Il Complesso Calabride si chiude con la "Falda dell'Aspromonte", costituita da metamorfiti di medio-alto grado a prevalenti micascisti, gneiss biotitici e occhiadini con intrusioni aplitico-pegmatitiche.

Questa unità forma l'ossatura dei Peloritani orientali, da Messina a Castoreale, affiorando in modo discontinuo fino a Capo Calavà e a Capo d'Orlando.

Le Unità calabridi vengono ricoperte, in discordanza, dal "Flysch di Capo d'Orlando", di età compresa tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore, formato da un intervallo basale conglomeratico, in lenti talora piuttosto potenti, e da una successione di prevalenti arenarie grigio-giallastre con subordinati livelli o interstrati argillitico-siltosi.



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

Questa formazione risulta molto estesa nella fascia di passaggio tra i Peloritani e i Nebrodi, e si rinviene anche in placche discontinue sovrapposte alle metamorfite nel settore SE dei Peloritani fino alle aree di Limina e S. Alessio Siculo.

Dall'analisi dell'assetto strutturale del flysch emergono chiare evidenze indicative di un parziale coinvolgimento dello stesso nei movimenti tettonici che hanno coinvolto la successione delle unità metamorfiche.

In ricoprimento tettonico sul Flysch di Capo d'Orlando, e sulle unità calabridi, si rinvengono, più diffusamente sul versante tirrenico della dorsale peloritana, ad Est dell'allineamento Brolo-Floresta e fino a S. Lucia del Mela, numerose placche di argille caotiche variegiate che nella letteratura specializzata vengono individuate con la denominazione di "Complesso Sud-Liguride" o "Argille Scagliose Antisicilidi".

Su questa unità poggiano in discordanza tettonica delle arenarie glauconitiche piuttosto smembrate note con la denominazione di "Calcareniti di Floresta", corrispondenti al "Complesso Post-sudliguride" di OGNIBEN (1960).

Le formazioni geologiche già descritte, tutte collegate alla dinamica dell'orogenesi alpina, vengono localmente ricoperte da una successione di terreni postorogeni autoctoni essenzialmente costituita da:

- una formazione basale conglomeratico-arenacea-sabbiosa o marnosa datata al Miocene superiore, affiorante lungo le fasce pedemontane del settore NE del territorio provinciale di Messina;
- livelli, piuttosto limitati, di depositi di facies evaporitica (Serie Gessoso-Solfifera) con lenti di calcari bianchi, spesso brecciati, gessi, gessareniti e livelletti di argille gessose, passanti verso l'alto a marne e calcari marnosi bianchi a foraminiferi (Trubi). Questi terreni si rinvengono in numerose placche piuttosto scompaginate dalla periferia di Messina (zona di Annunziata e Giostra e nell'area di Castanea-Gesso) fino a Villafranca Tirrena - Rometta, Venetico, Roccavaldina e Pace del Mela, ed altri piccoli affioramenti nella zona ad Ovest, fino a Patti;
- una successione di marne e argille azzurre passanti a facies sabbioso-calcarenitiche, di età plio-pleistocenica, presente lungo l'immediato entroterra costiero da Villafranca a Furnari (facies argilloso-sabbiose) nonché, in placche isolate, in altre località, come a Naso e Rometta;



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 formazione pleistocenica delle “sabbie e ghiaie di Messina” costituita da depositi di sabbie, ghiaie e conglomerati di origine fluvio-deltizia, affiorante in placche con spessore fino ad oltre 200 metri, sulle propaggini collinari prospicienti la linea di costa, nella fasce costiere tra S. Alessio e Nizza di Sicilia e a Nord di Messina. Relativamente alla loro genesi le Ghiaie di Messina sono oggetto di differenti interpretazioni infatti secondo alcuni autori sono considerate trasgressive su tutti i termini sottostanti (LOMBARDO, 1980; GHISETTI, 1981; ATZORI et alii, 1983) mentre, BARRIER (1987) considera questi corpi come una facies deltizia diacrona, regressiva a progradazione centripeta diretta verso il centro dello Stretto, in seguito al brusco sollevamento dei retrostanti terreni cristallini. In ogni caso tutti concordano nel definire le Ghiaie di Messina come una successione sedimentaria di ambiente transizionale dove è possibile distinguere una porzione basale tipicamente marina e una porzione superiore tipica degli ambienti transizionali costieri;
- i depositi alluvionali di origine fluviale, terrazzati, recenti o attuali, a composizione sabbiosa ghiaiosa che, lungo le fasce costiere e i fondovalle dei corsi d'acqua principali, ricoprono le unità precedentemente descritte, con spessori talora piuttosto consistenti.

Gli studi più recenti tendono ad inquadrare la situazione strutturale della zona nell'ambito del quadro tettonico legato all'orogene appenninico-maghrebide (Africa settentrionale). In tale ottica nel settore NE della Sicilia s'individuerebbero due elementi strutturali principali tettonicamente sovrapposti e denominati: “Catena Kabilo-Calabride” e “Catena Appenninico-Maghrebide” (LENTINI et alii, 1995). La Catena Kabilo-Calabride comprende le falde di ricoprimento con basamento metamorfico, con le relative coperture mesocenozoiche e costituisce l'ossatura dei Peloritani. Essa si sovrappone, lungo un fronte compreso tra S. Agata di Militello e Taormina, alla Catena Appenninico-Maghrebide, prevalentemente costituita terreni sedimentari in parte riferibili al “Complesso Sicilide” di OGNIBEN, (Argille scagliose, Flysch di M. Soro, FLysch Numidico).

In riferimento agli schemi strutturali sopra citati, in letteratura si rinvencono numerosi altri lavori tendenti a definire le caratteristiche tettoniche, litologiche 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

stratigrafiche delle varie unità o a proporre modelli cinematici o tettonico-strutturali spesso in netto contrasto tra di loro.

I temi trattati nei suddetti lavori, pur se interessanti dal punto di vista del perfezionamento del modello geologico strutturale regionale, risultano poco rilevanti ai fini dell'analisi della geologia di ambito comunale, in relazione agli scopi degli odierni studi.

4.4 Assetto geologico strutturale dell'area esaminata

Le caratteristiche geologiche e stratigrafiche del territorio comunale di Limina sono state individuate 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 e sono state limitate ad un intorno sufficientemente rappresentativo dei terreni su cui ricade il centro abitato.

L'areale delimitato ricade nell'ambito del settore orientale dei Monti Peloritani che, dal punto di vista geologico strutturale, costituisce il lembo meridionale dell'Arco Calabro Peloritano che raccorda la Catena Appenninica Meridionale alla Catena Siculo - Maghrebide.

I terreni affioranti sono di natura metamorfica e sedimentaria, con rapporti giaciturali regolati da complesse strutture tettoniche determinate da grandi dislocazioni a "falde di ricoprimento" verificatesi nel corso dell'orogenesi alpina - appenninica e, successivamente, dai movimenti epirogenetici che hanno portato al sollevamento della dorsale settentrionale della Sicilia.

Nel dettaglio si riconoscono le seguenti unità tettoniche, in ordine di sovrapposizione dal basso verso l'alto, ricoperte, in corrispondenza dell'alveo delle aste fluviali principali, dai terreni alluvionali recenti ed attuali a composizione prevalentemente sabbioso ghiaiosa:

- Unità di Capo S. Andrea;
- Unità di Taormina;
- Unità di S. Marco d'Alunzio;



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 di Mandanici;
- Coperture tardorogene.

Si tratta di successioni litologiche molto simili, costituite da un intervallo basale di metamorfiti e da una sovrastante serie di terreni carbonatici in placche discontinue.

I rapporti strutturali tra le varie unità, nell'ambito del territorio in esame, risultano talora piuttosto confusi e di difficile interpretazione, a causa sia della analoga litologia delle metamorfiti delle varie Unità sia della presenza di dislocazioni minori per faglia e per locali accavallamenti tettonici secondari.

Le unità di S. Marco d'Alunzio, di Taormina e di Capo S. Andrea sono da riferire ad una stessa originaria successione smembrata in più parti, che si sono sovrapposte una sull'altra nel corso del trasporto orogenico. L'Unità di Mandanici tende a differenziarsi dalle altre unità in quanto le metamorfiti basali presentano un metamorfismo più elevato.

Le unità sopra elencate vengono trasgressivamente ricoperte dal flysch di Capo d'Orlando e da una deposito di conglomerati di dubbia collocazione tettonico-strutturale, anche se simili ai conglomerati basali del Flysch di Capo d'Orlando, individuato, nello studio geologico del P.R.G. consultato, come "Conglomerati di Limina". La giacitura e le caratteristiche strutturali dei depositi flyschiodi ne rivelano un parziale coinvolgimento nei movimenti tettonici che hanno determinato la messa in posto della successione metamorfiche.

Nell'ambito del quadro tettonico - strutturale va segnalata l'esistenza di modeste dislocazioni per faglia diretta, a sviluppo essenzialmente locale e molto limitato, probabilmente legate ai movimenti di assestamento, in fase epirogenetica, dei volumi più superficiali dell'ammasso roccioso, e di un fitto reticolo di diffusa microfessurazione, derivato dal susseguirsi degli stress tettonici.

4.5 Stratigrafia dell'area esaminata

Nel dettaglio la successione stratigrafica è costituita:

- Metamorfiti dell'Unità di Capo S. Andrea (Paleozoico - Eocene inf.)



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

Calcari detritici e biocalcareni, calcari dolomitici, calcari marnosi in facies di “Scaglia” (Lias-Eocene);

Successione metamorfica con prevalenti scisti cloritico-sericitici (Paleozoico).

- Metamorfiti dell'Unità di Taormina (Paleozoico - Eocene inf.)

Calcari detritici e biocalcareni, calcari dolomitici, calcari marnosi in facies di “Scaglia” (Lias-Eocene);

Arenarie e conglomerati rossi in facies di “Verrucano” (Lias inf.);

Successione metamorfica con prevalenti scisti cloritico-sericitici (Paleozoico).

- Metamorfiti dell'Unità di S. Marco d'Alunzio (Paleozoico - Eocene inf.)

Calcari dolomitici disarticolati, con venature cristalline, e calcari grigi (Lias inf.);

Successione metamorfica con prevalenti scisti cloritico-sericitici (Paleozoico).

- Metamorfiti dell'Unità di Mandanici (Paleozoico)

Filladi muscovitiche, filladi sericitiche, con vene e filoni di quarzo (Paleozoico).

- Conglomerati di Limina (Oligocene?)

Conglomerati poligenici a matrice rossastra.

- Flysch di Capo d'Orlando; (Oligocene superiore - Burdigaliano)

Arenarie arkosiche, a prevalenti elementi metamorfici, alternate a sottili livelli argillitico-siltosi.

- Coltre eluvio - detritica superficiale;

Coltri detritiche

Detriti di versante

Corpi di frane.

Inoltre sono stati evidenziati i seguenti elementi:

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

Seguendo l'ordine di sovrapposizione, dal basso verso l'alto, le caratteristiche litologiche sono le seguenti:



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 di Capo S. Andrea

L'unità che dal punto di vista della sovrapposizione tettonica si trova alla base della successione dei terreni che affiorano nella selezione areale considerata per il presente studio è costituita da litotipi a basso metamorfismo di origine prevalentemente argillosa o argilloso - arenacea. Si tratta di rocce tipicamente scistose a grana fine con prevalenti semiscisti cloritico - sericitici grigio-nerastri, a tessitura scistosa, con vene e noduli di quarzo, semimetamorfiti grafitiche e intervalli di metareniti. Generalmente i semiscisti si presentano fogliettati, spesso interessati da un fitto sistema di pieghe variamente orientate. Si sgretolano facilmente in scaglie appiattite, untuose al tatto, secondo superfici di scistosità lisce e lucenti. Localmente inglobano lenti di materiali carboniosi a grana molto fine, con minute mineralizzazioni ferrose. Gli affioramenti di questa Unità sono ben rappresentati, sul margine sinistro del torrente Mandrazze, dove se ne possono stimare potenze di circa 100 metri, nella selezione areale considerata si reperiscono in un limitato lembo del suo margine sud ovest.

Le metamorfiti sono ricoperte da discontinui piastroni di calcari grigi, in grossi banchi, e calcari dolomitici che evolvono a calcari marnosi in facies di "Scaglia", che si distribuiscono in piccole lenti difficilmente delimitabili.

Al contatto con le metamorfiti si rilevano sottili livelli non cartografabili di siltiti e arenarie rosse in facies di "Verrucano".

Unità di Taormina

Sul versante sinistro del torrente Mandrazze è visibile la sovrapposizione tettonica tra la precedente Unità ed i terreni dell'Unità di Taormina costituiti da una successione analoga a quella dell'Unità di Capo S. Andrea.

Le metamorfiti basali, oltre che dai litotipi sopra elencati, sono costituite da prevalenti areniti rosate.

Il passaggio ai sovrastanti membri sedimentari avviene attraverso un intervallo di arenarie e conglomerati rossi (Verrucano) ben osservabile sulle alte pendici della dorsale di Portella Naduri - Contrada S.Leo - Roccafiorita che però resta al di fuori della corrente selezione areale.



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

In continuità stratigrafica, infine, la sequenza dell'Unità di Taormina è completata da una successione calcareo - dolomitica in banconi di vario spessore.

Unità di S. Marco d'Alunzio

Nel territorio comunale di Limina questa unità è costituita da prevalenti metamorfiti di basso grado che si estendono su oltre il 50% del comprensorio considerato.

Si tratta di prevalenti semiscisti cloritico - sericitici grigi, con vene e noduli di quarzo, intervalli di metareniti e lenti di semimetamorfiti grafitiche.

Si sgretolano facilmente in scaglie appiattite, untuose al tatto, secondo superfici di scistosità lisce e lucenti.

La copertura sedimentaria risulta quasi assente, essendo limitata a dei sottili intervalli di calcari dolomitici con fitte venature cristalline, presenti sul limite NE del territorio comunale, in corrispondenza della scarpata che delimita l'alveo della fiumara d'Agrò. Il livello carbonatico ivi esistente consente di individuare la superficie di sovrapposizione tettonica con le metamorfiti dell'Unità di Mandanici.

Unità di Mandanici

Si tratta di metamorfiti di basso grado a prevalenti filladi muscovitiche e sericitiche con lenti e noduli di quarzo, differenziabili, rispetto al basamento dell'unità sopra descritta, per un più elevato grado di metamorfismo.

L'ammasso si presenta eterogeneo, ad elevata scistosità ed è contraddistinto da un fitto sistema di pieghe e convoluzioni. Le superfici di scistosità si suddividono in scaglie irregolari con caratteristica lucentezza. In affioramento si osservano colorazioni grigiastre, con differente sfumatura, dal grigio – verde (filladi a clorite) fino al grigio scuro (filladi-grafitiche), in funzione della composizione mineralogica.

La scistosità, sempre apprezzabile ad occhio nudo, si presenta sia di tipo planare sia ondulato spesso con termini variamente arricciati e pieghettati. Nei livelli più alterati e milonitizzati le filladi mostrano una tessitura a piccole scaglie talora argillificata.

Nello studio geologico del PRG sono segnalati intensi processi 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

tettonizzazione, distribuiti a variabile profondità, responsabili dell'allentamento della parti più superficiali dell'ammasso.

Conglomerati di Limina

L'abitato di Limina sorge su di un esteso piastrone di conglomerati poligenici rossastri discretamente cementati, a prevalenti elementi metamorfici in matrice arenitico-siltosa che ricopre la facies metamorfica dell'Unità di S. Marco d'Alunzio.

Lembi di più limitata estensione si rinvencono anche nella zona a N e NO del santuario di S. Filippo, alla periferia del centro urbano.

Si tratta di un deposito con peculiari caratteristiche litologiche che ne rendono incerta l'associazione ad analoghe litofacies ben collocabili dal punto di vista stratigrafico; è dubbiosamente riferito in letteratura all'Oligocene.

Nella sequenza visibile in affioramento si osserva una parte basale ricca di ciottoli a spigoli vivi, che verso l'alto divengono più arrotondati, con dimensioni da pochi centimetri a 50-70 cm, che insieme alla matrice, di colore marrone tendente al rossastro, conferiscono all'insieme un aspetto estremamente peculiare che ha dato origine alla denominazione di "pietra nuciddara" con cui, localmente, viene indicata questa formazione.

Dal punto di vista genetico i ciottoli derivano da filladi, gneiss di vario tipo, micascisti, graniti e più rari elementi calcarei e arenacei.

Lo spessore della formazione è valutato, nello studio di P.R.G. consultato, superiore ai 50 metri.

L'inserimento di questa formazione nell'ambito del quadro geologico dei Peloritani non è chiaramente definibile, l'autore dello studio geologico del P.R.G. ritiene di ravvisare forti analogie tra le caratteristiche litostratigrafiche del conglomerato di Limina e l'intervallo conglomeratico basale del "Flysch di Capo d'Orlando" a cui quindi andrebbe associato.

Flysch di Capo d'Orlando

In un limitato settore a SE, della selezione areale considerata, si rileva una successione alternata di argille ed arenarie, riferibile al "Flysch di Capo d'Orlando".



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

Si tratta di depositi torbidity conglomeratico-arenacei, che verso l'alto evolvono ad arenarie quarzoso-micacee in strati di vario spessore alternati a sottili livelli argillitico-siltosi o argillosi o da rari intervalli di brecce grossolane a prevalenti elementi metamorfici. Lungo i bordi dell'affioramento la roccia si presenta intensamente fessurata e tettonizzata.

Al coinvolgimento della formazione nei movimenti tardo-orogenici può essere imputata l'esistenza di alcune faglie, di fratture e la fitta rete di fessurazioni che interessano questa unità.

Coltre Eluvio - Detritica superficiale

Coltri detritiche e Detriti di versante

Nell'ambito del territorio comunale tutte le unità litologiche sopra descritte sono ricoperte da una diffusa, anche se discontinua, coltre di materiali detritici che provengono dalla degradazione degli affioramenti più acclivi, dall'erosione dei fianchi dei canali delle linee d'impluvio e dalla progressiva denudazione dei versanti.

Dal punto di vista granulometrico, prevalgono le associazioni di sabbie con ghiaie e ciottoli fino a trovanti di cospicue dimensioni, dispersi irregolarmente nel deposito, la frazione limosa è subordinata o, talora, assente.

Si rinvenivano esclusivamente nelle aree di fondovalle e dal punto di vista litologico sono costituite da elementi lapidei di gneis, filladi, quarzo, micascisti e di più rari calcari.

Normalmente le coltri detritiche si presentano discontinue e con spessori tali da non renderne possibile la restituzione cartografica. Al contrario, in particolari situazioni morfologiche, assumono un considerevole sviluppo areale con spessori anche rilevanti. E' il caso della scarpata che si estende per quasi tutta la periferia SE del centro urbano e che costituisce il fianco sinistro della valle del torrente Crapinaro, alla cui base si è formato un potente deposito di detriti a spese degli affioramenti dei Conglomerati di Limina. Ulteriori contributi derivano dall'erosione del versante compreso tra il rilievo di Monte Calvario e quello di Serra Numaresi, che qui costituiscono il fianco destro della valle del torrente Crapinaro.

Il settore è interessato da intensa attività erosiva, al piede delle scarpate, che ha prodotto grandi accumuli di materiali detritici con potenze probabilmente anche



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

superiori ai 10 metri e che possono assumere particolare importanza, anche dal punto di vista della stabilità dei versanti, come segnalato nello studio geologico di P.R.G. I relativi depositi, pertanto, sono stati opportunamente distinti nell'allegata Carta geologico tecnica.

Corpi di frane recenti e storiche

Nell'ambito della selezione areale qui considerata sono state evidenziate le aree interessate da diversi dissesti morfologici a vario grado di attività la cui entità assume maggiore rilevanza nelle zone con stratificazioni o discontinuità metamorfiche a franapoggio o dove la pendenza del detrito finisce con il superare l'angolo di riposo del pendio.

Dal punto di vista litologico i corpi sono generalmente costituiti da un accumulo di materiali detritici formati da una mescolanza caotica di pietrame e massi, di varie dimensioni, immersi in una matrice terrosa a composizione limo-sabbiosa.

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 ed 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. E' infatti possibile osservare che il territorio qui esaminato presenta



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 fisiografia aspra ed irregolare totalmente condizionata dalle rocce cristalline che affiorano nella quasi totalità dell'areale considerato.

Dall'esame degli elaborati dello studio geologico di PRG, e della cartografia del PAI Sicilia e di quanto disponibile in bibliografia è stato possibile derivare, per tutto il territorio comunale di Limina, 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 (Figura 4) 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 PRG, PAI, CARG);
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_BetaII

Di seguito viene restituito il risultato sotto forma di elaborato cartografico (Figura 4) e di tabelle riepilogative quantitative degli elementi geomorfologici individuati.

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

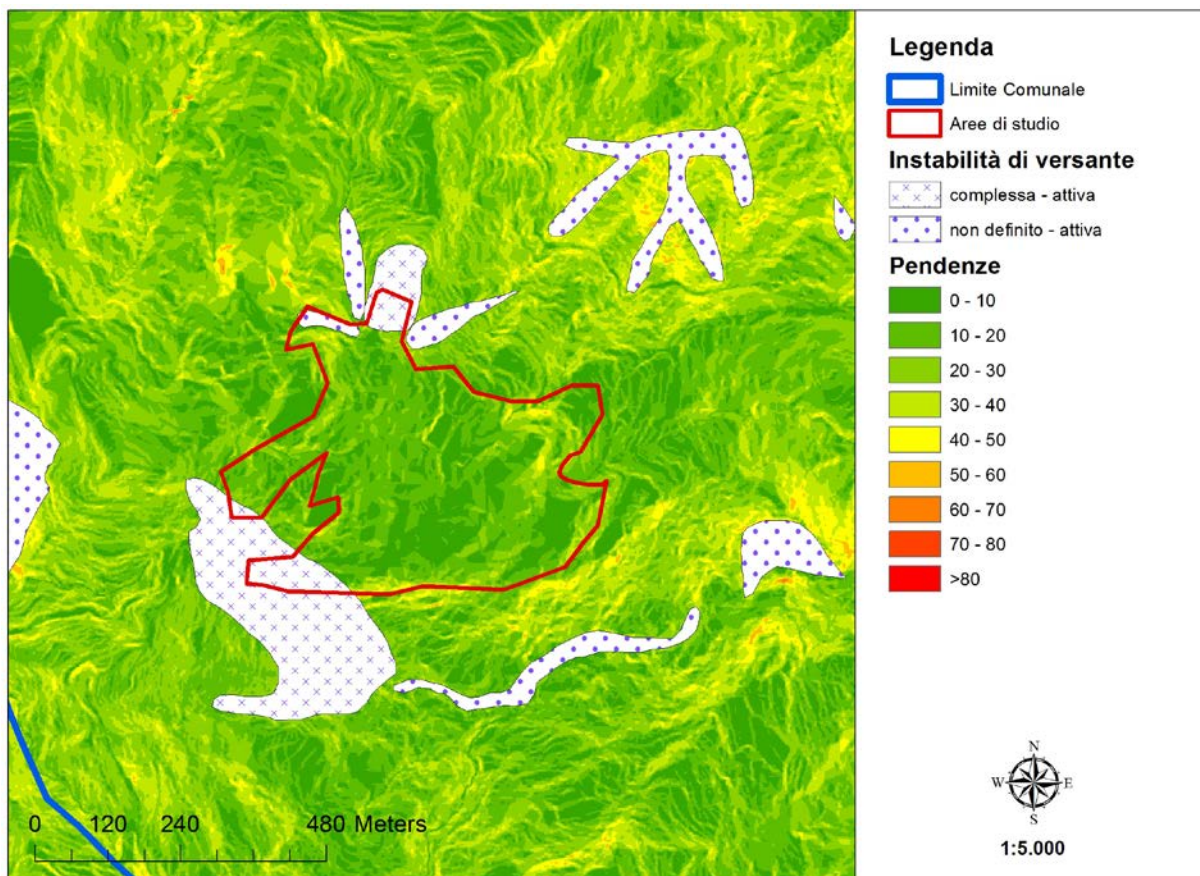


Figura 4 – Carta delle pendenze e dei dissesti geomorfologici

Descrizione	Numero
Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	6
Picchi isolati	2

Tabella 1 – Trasposizione analitica degli elementi geomorfologici individuati



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 la selezione areale di Limina, qui in esame, sono stati censiti 11 dissesti: gli eventi più frequenti risultano non definiti (9) seguiti da eventi provocati da frane complesse (2), anch'esse attive.

La tabella seguente (Tabella 2) esibisce i dati raccolti raggruppati per tipologia di dissesto.

Tipo dissesto	N° totale	Superficie Totale (mq)
Non definito	9	104540,35
Complessa	2	82010,90

Tabella 2 – Trasposizione analitica della 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 5, Figura 6) 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

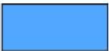
Substrato geologico rigido o non rigido		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	NR	Substrato geologico non rigido
	SF	Substrato geologico rigido molto fratturato
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato,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

Figura 5 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: substrato rigido o non rigido.

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

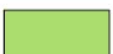
Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, 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 6 – Legenda della carta geologico tecnica della microzonazione sismica: terreni di copertura

Secondo tali indicazioni i terreni riconosciuti nel comprensorio comunale Limina sono stati classificati nel modo seguente.

A) Substrato geologico di tipo “Lapideo” (LP): litofacies metamorfiche delle seguenti Unità:

- Unità di Capo S. Andrea;
- Unità di Taormina;
- Unità di S. Marco d'Alunzio;
- Unità di Mandanici.



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

Semiscisti cloritico-sericitici grigio-nerastri a tessitura scistosa, con vene e noduli di quarzo e semimetamorfiti grafitiche e intervalli di metareniti. Tutti i litotipi si presentano intensamente fratturati.

B) Substrato geologico di tipo “Granulare Cementato” (GR): litofacies arenacea della seguente Unità:

- *Conglomerati di Limina;*
- *Flysch di Capo d'Orlando (intervallo basale).*

Conglomerati poligenici con elementi eterometrici di origine prevalentemente metamorfica con subordinati elementi carbonatici, per quanto riguarda i Conglomerati di Limina; litotipi flyschoidi caratterizzati da conglomerati massivi poligenici, a prevalenti elementi metamorfici. Entrambi i litotipi si presentano intensamente fratturati.

C) Substrato geologico di tipo “Lapideo Stratificato” (LPS): litofacies calcaree e calcarenitiche della seguente Unità:

- *Unità di capo S. Andrea.*

Calcari, biocalcareni in grossi banchi, calcari dolomitici, livelli di calcari marnosi e marne in facies di “Scaglia”.

D) Substrato geologico di tipo “Alternanza di Litotipi Stratificato” (ALS): alternanza argilloso arenacea della seguente Unità:

- *Flysch di Capo d'Orlando (porzione superiore).*

Porzione superiore del Flysch caratterizzata da arenarie arkosiche in banconi di vario spessore separati da sottili livelli argillitico-siltosi, intensamente fratturate.

E) Terreni di copertura classificati come “Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia” (GW) della seguente formazione:

- Coltri detritiche e Detriti di versante.

Depositi detritici sciolti costituiti da una mescolanza caotica di pietrame e massi, di varie dimensioni, immersi in una matrice medio-fine a composizione limo-sabbiosa.

La precedente classificazione è compendiata nella seguente tabella e restituita nell'allegata Carta geologico-tecnica (Figura 7).

Categorie	Sottocategorie	Litotipi
-----------	----------------	----------

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 rigido o non rigido	Lapideo	Unità di Capo S. Andrea
		Unità di Taormina
		Unità di S. Marco d'Alunzio
		Unità di Mandanici
	Granulare Cementato	Conglomerati di Limina
		Flysch di Capo d'Orlando
	Lapideo Stratificato	Calcari cristallini
	Alternanza di litotipi, stratificato	Unità di Capo S. Andrea
Terreni di copertura	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	Coltri detritiche e detriti di versante

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

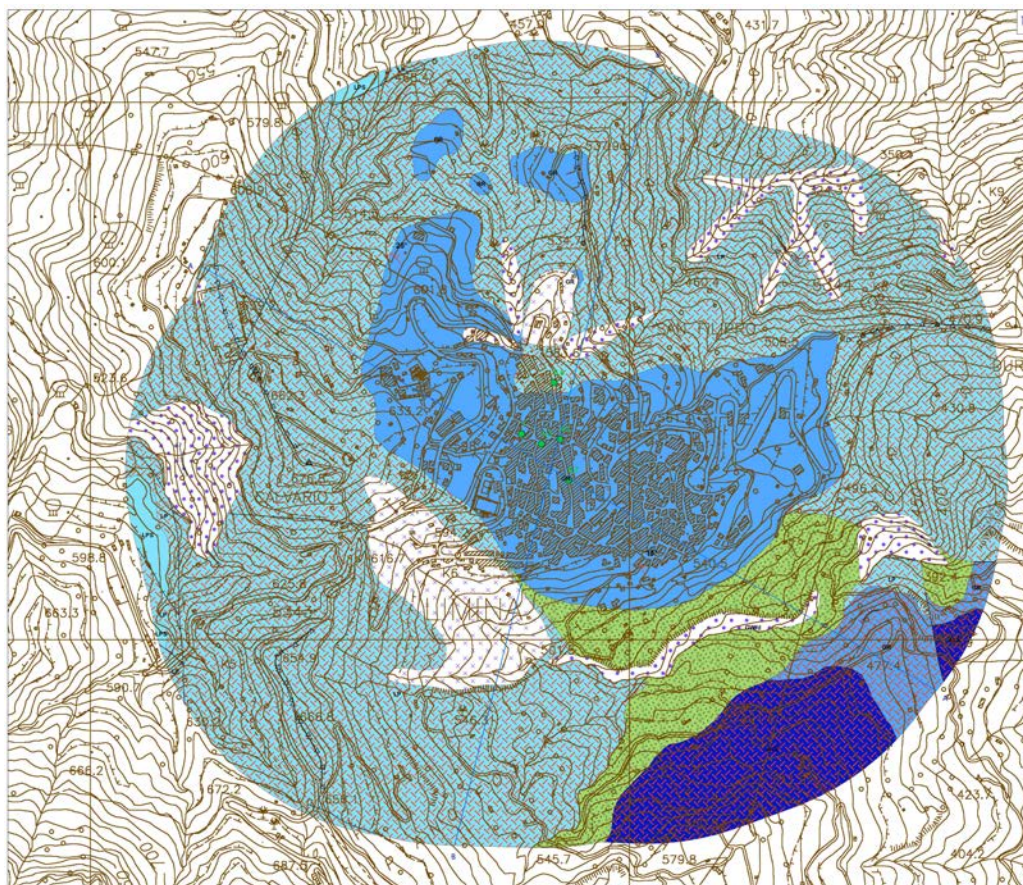


Figura 7 – Carta geologica tecnica



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 SISMICITÀ E ZONE SISMOGENETICHE

L'area della Catena dei Peloritani ricade entro un esteso comparto del territorio italiano in cui si localizza la più alta pericolosità della nazione essendo stata colpita nel passato da molti terremoti distruttivi (magnitudo $M = 6.4-7.3$).

L'influenza dei terremoti capaci di dare un contributo significativo alla pericolosità sismica del settore in studio, ricadono pertanto in un ambito più esteso di quello regionale e sono riferibili a zone sismogenetiche situate nella Sicilia Orientale e Settentrionale e la Calabria. In questo contesto sono state individuate diverse zone sismogenetiche (ZS) caratterizzate da sismicità omogenea (MELETTI et alii, 2000a) (Figura 8).

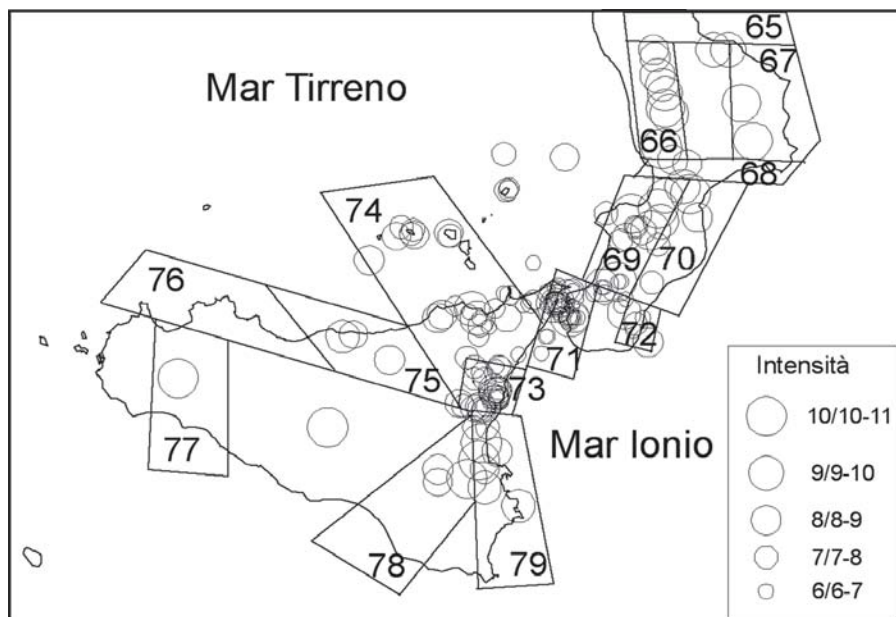


Figura 8 – Catalogo parametrico dei terremoti (Gruppo di lavoro CPTI, 1999): epicentri dei maggiori terremoti della Sicilia e Calabria nel periodo 1125-1990. I poligoni rappresentano le Zone Sismogenetiche riconosciute (Meletti et alii, 2000)

In Sicilia orientale la sismicità è distribuita soprattutto lungo la costa ionica, con eventi che hanno raggiunto $M \approx 7.0$ (AZZARO & BARBANO, 2000) caratterizzati da lunghi periodi di ritorno. Le strutture più importanti, alla cui attività possono essere ascritti i terremoti più forti occorsi in quest'area (1169, $I_{max} = X$ MCS; 1693, $I_{max} = XI$) sono rappresentate da una cintura di faglie dirette che si estende per 370 km dalla Scarpata Ibleo - Maltese, nel settore sud orientale della Sicilia (ZS 79 Figura 8), fino alla Valle del Crati nella Calabria tirrenica (ZS 69 Figura 8). Tale sistema è stato geodinamicamente interpretato come una zona di rift, denominata appunto rift siculo-calabro (MONACO et alii, 1997; MONACO & TORTORICI, 2000) che espleta una costante deformazione estensionale lungo l'asse orientato ONO-ESE con velocità, stimata da misure VLBI (Very Long Baseline Interferometry), di circa 4,9 mm/a (WARD, 1994).



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 ZS 73 delimita il distretto vulcanico etneo che si contraddistingue per un'attività sismica caratterizzata da frequenti terremoti di bassa magnitudo e più rari eventi di maggiore intensità (1911, $I_{max} = X$ MCS) ma con profondità ipocentrale superficiale (Figura 10) (MONACO et alii, 1995, 1997; GRESTA et alii, 1997). Le conseguenze dei più rari sismi ad elevata intensità, pertanto, non producono effetti distruttivi ma sono appena avvertiti al di fuori dell'area stessa.

Al confine tra i Nebrodi e i Peloritani occidentali l'attività sismica (SZ 74) è individuabile lungo il versante tirrenico, in particolare lungo l'allineamento Patti-Vulcano-Salina (AZZARO et alii, 2000).

Questa sismicità è associabile alle strutture trascorrenti destre NO-SE presenti nell'area (terremoto di Patti del 1978, BARBANO et alii, 1979). Altre strutture presenti nell'area sono quelle connesse ai terremoti di Naso, i quali potrebbero essere causati dall'attivazione di faglie normali orientate NE-SO responsabili del sollevamento della Catena. Le strutture peri-tirreniche (circa E-O) presenti in mare potrebbero costituire la sorgente del terremoto del 1823 ($M = 5.9$) (AZZARO et alii, 2000).

La ZS 71 comprende il territorio comunale oggetto di questo studio. Questo settore come i precedenti ZS 79 e ZS 69 è interessato dal passaggio del rift siculo-calabro nelle porzioni di mare prospicienti le coste. In particolare vari Autori hanno teorizzato la presenza di un segmento di faglia diretta lungo circa 40 km, denominato faglia di Taormina, che correndo parallelamente alla costa compresa tra Giardini Naxos a sud e Gabria a nord, deforma verticalmente l'area sin dal tardo Quaternario con un'alternanza di periodi intersismici e di repentini forti eventi cosismici.

Tuttavia in questo settore l'unico terremoto storico che può dare informazioni di carattere sismogenetico è il terremoto del 28 dicembre 1908 ($M \approx 7.1$; $I_{max} = XI$, MCS) (GHISSETTI & GRESTA, 1990), ampiamente descritto da BARATTA (1910).

Trattandosi di un terremoto del primo decennio del secolo scorso i dati strumentali non sono molto precisi ed al contempo nelle cronache sono assenti precisi riferimenti alle evidenze di fagliazione superficiale. Per cui collocazione spaziale, geometria e dimensione del volume sismogenetico sono stati ricostruiti in modo diverso dai vari Autori che hanno proposto vari modelli al riguardo (GHISSETTI, 1992; VALENSISE & PANTOSTI, 1992, 2001).



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 Storia sismica e pericolosità dell'area

La storia sismica di un sito costituisce elenco cronologico degli effetti causati dai terremoti vicini e lontani espressi in intensità macrosismica, e rappresenta la base essenziale per considerare i possibili impatti del terremoto con il territorio nel tempo.

Attraverso la ricostruzione della storia sismica, pertanto, si può riuscire a valutare la pericolosità al sito mediante l'utilizzo di metodi analitici di recente sviluppo (MAGRI et alii, 1994).

Per la ricostruzione delle storie sismiche del territorio in studio si può fare riferimento ai dati disponibili in letteratura, quali il database GNDT DOM4.1 (MONACHESI & STUCCHI, 1997), il Catalogo dei Forti Terremoti Italiani 150 (BOSCHI et alii, 1997, 2000), il Database Macrosismico Italiano (DBMI11, LOCATI et alii, 2011). La revisione delle fonti storiche utilizzate in questi ultimi cataloghi ha permesso l'aggiornamento delle analisi eseguite di migliorare e/o di aggiungere nuovi dati che si rivelano particolarmente preziosi nella valutazione dei terremoti più forti che hanno provocato i maggiori danni.

Per quanto riguarda la storia sismica del territorio comunale di Limina si può fare utile riferimento al Database Macrosismico Italiano (DBMI11, LOCATI et alii, 2011) disponibile sul sito INGV (Tabella 3; Figura 9).

Effetti		In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw	
7	1693 01 11 13:30	Sicilia orientale	185	11	7.41 ±0.15	
7-8	1818 02 20 18:15	Catanese	128	9-10	6.23 ±0.12	
5-6	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16	
8	1908 12 28 04:2	Calabria merid.-Messina	800	11	7.10 ±0.15	
3	1975 01 16 00:0	Stretto di Messina	346	7-8	5.20 ±0.09	

Effetti

In occasione del terremoto del:

I[MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
4	1978 03 11 19:2	Calabria meridionale	126	8	5.24 ±0.09
4-5	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304	7	5.64 ±0.09
5	1999 02 14 11:4	Patti	101		4.69 ±0.09
NF	2001 04 22 13:56	VERSANTE OCCIDENTALE	55	5-6	3.49 ±0.26

Tabella 3 – Storia sismica di Limina

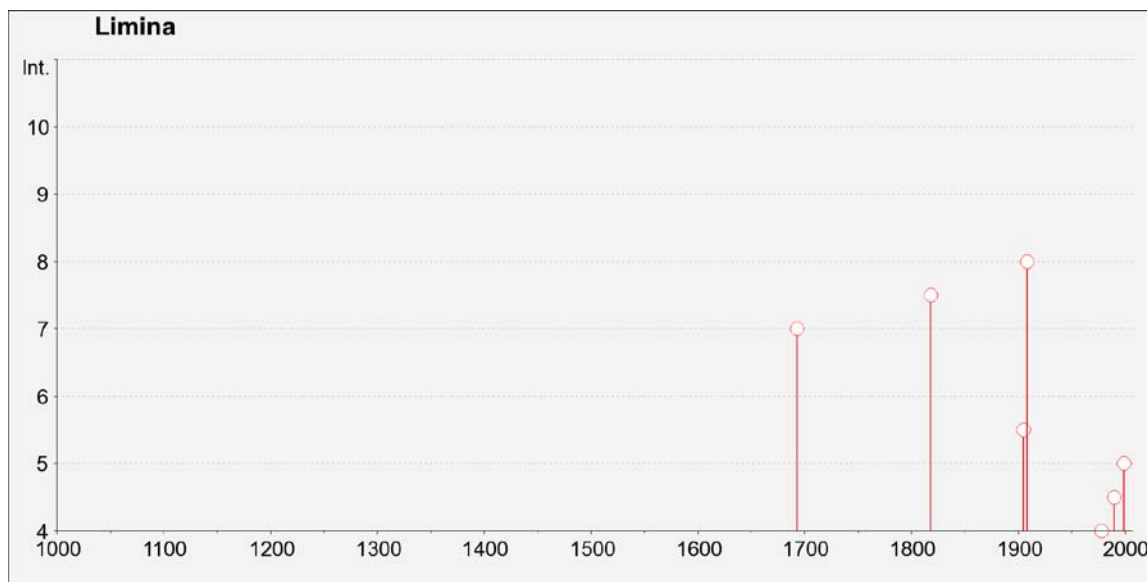


Figura 9 – Storia sismica di Limina estratta dal Database Macrosismico Italiano (DBMI11, Locati et alii, 2011); Is è l'intensità macro-sismica risentita (MCS); Ax l'area epicentrale; Np è il numero di località in cui è disponibile il dato macrosimico; Io è l'intensità macro-sismica dell'epicentro (MCS); MW è la magnitudo momento dell'evento con accanto il grado d'incertezza della stima.



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 catalogo di sito così ricostruito può essere usato per il calcolo del periodo di ritorno medio delle intensità calcolate mediante il metodo di MAGRI et alii (1994). A questo scopo la procedura prevede l'utilizzo di una funzione di distribuzione discreta che, per ogni terremoto, descrive la probabilità che gli effetti macrosismici siano più grandi o uguali a ciascun valore d'intensità della scala adottata. La probabilità è calcolata a partire dai valori osservati al sito. Per ogni classe d'intensità, trattata indipendentemente dalle altre, si calcola inoltre la soglia di completezza.

D'altro canto, l'analisi delle storie sismiche mette in evidenza che i terremoti di magnitudo più elevata che hanno colpito le località in studio sono stati i medesimi (1783, 1908): i siti più vicini alle sorgenti di tali eventi sono stati distrutti totalmente, gli altri, più lontani, solo gravemente danneggiati.

Confrontando inoltre le storie sismiche dei principali centri abitati dell'area con i dati relativi ad alcune località della Sicilia sud-orientale (BARBANO & RIGANO, 2001), risulta che le città di Messina e di Reggio di Calabria presentano pericolosità sismica maggiore, data la notevole frequenza di eventi di media intensità.

Infatti, l'analisi della sismicità di località quali Lentini e Siracusa ad esempio, compiuta utilizzando il metodo MAGRI et alii (1998), ha condotto ai seguenti risultati: effetti di intensità VII hanno un periodo di ritorno medio di 70 anni e quelli di intensità VIII di 115 anni.

La maggior parte delle località analizzate hanno periodi di ritorno confrontabili con quelli di Catania per valori di intensità IX e X (BARBANO & RIGANO, 2001). Le stime di pericolosità eseguite in ambito GNDT (MELETTI et alii, 2000b) evidenziano, invece, valori di pericolosità più alti per l'area dello Stretto di Messina rispetto a quelli ottenuti per l'area catanese.

Infine, i periodi di ritorno medi ottenuti per le località in studio tramite il metodo MAGRI et alii (1994) sono più brevi rispetto ai valori ricavati da SLEJKO et alii (1998) utilizzando il metodo Cornell, con il quale per esempio risulta che la massima intensità attesa nella zona dello Stretto di Messina e nella Calabria meridionale (intensità IX) corrisponde ad un periodo di ritorno di 475 anni. Queste diverse valutazioni possono essere spiegate considerando che il metodo di Cornell assume zone sismogenetiche estese caratterizzate da tasso di sismicità omogeneo.



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 principali risultati di questo studio possono essere così sintetizzati: i cataloghi di sito mostrano che solo il terremoto del 1908 ha provocato effetti distruttivi nelle località oggetto di studio, mentre invece sono molto frequenti i terremoti che hanno provocato danni gravi.

Oltre a questo approccio di analisi statistica dei dati ricavati dai database e dai cataloghi, una approfondita analisi della storia sismica e della pericolosità del sito in oggetto di studio, ha richiesto l'esame di vari altri lavori di morfotettonica costiera e geofisica marina, effettuati da vari Autori nell'ultimo decennio, che hanno contribuito ad incrementare l'accuratezza e la completezza del quadro in esame.

La serie di terrazzi marini affioranti tra Capo Taormina e Capo Peloro ha permesso di definire un tasso di deformazione verticale dell'area compreso tra 1,7 mm/a e 1,1mm/a (CATALANO & DE GUIDI, 2003; ANTONIOLI et alii, 2006) suggerendo la presenza di una faglia diretta, denominata faglia di Taormina, localizzata nell'area antistante le coste comprese tra Giardini Naxos e Briga e responsabile delle deformazioni dell'area in esame (Figura 10).

Tale struttura che corre parallelamente alla costa con orientazione NNE-SSO, sarebbe ancor più importante se inquadrata all'interno del contesto geodinamico del Rift Siculo-Calabro (MONACO & TORTORICI 2000, CATALANO et alii, 2008), in quanto rappresenterebbe un' importante elemento di continuità della cintura di faglie che dalla Sicilia sud-orientale corre fino alla Calabria tirrenica (Figura 10).

Lungo quest'area, inoltre, sono stati segnalati numerosi indicatori morfologici e biologici (solchi di battente, fasce di balanidi e dendropoma, rim algali etc.) dislocati da importanti eventi cosismici. Analisi radiometriche ^{14}C e stratigrafiche hanno consentito di individuare cronologicamente 3 eventi sismici che hanno dislocato le aree costiere oggetto di studio sin da circa 5000 anni fa, testimoniando l'attività della faglia di Taormina anche durante l'Olocene (STEWART et alii, 1997; RUST and KERSHAW, 2000; DE GUIDI et alii, 2003; SPAMPINATO et alii, 2012). La coesistenza di evidenze di deformazione verticale lenta e costante con deformazioni rapide e repentine ha indotto vari autori ad ipotizzare che la faglia di Taormina espleti una continua deformazione verticale, sin dal tardo Quaternario, attraverso periodi di lento e costante sollevamento intersismico intervallati da importanti eventi cosismici capaci di dislocare repentinamente intere porzioni di aree costiere.



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

Diversi autori analizzando il catalogo CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) (CPTI Working Group 2004, 2011) hanno evidenziato come questo settore del Rift Siculo – Calabro, al contrario delle porzioni meridionali e settentrionali che hanno registrato in epoca storica forti eventi sismici, non presenta avere le stesse caratteristiche e gli eventi sismici di cui si registra cronaca sono scarsi se non inesistenti per quanto riguarda sismi a $M \geq 7$. Tale analisi, incrociata con le evidenze morfotettoniche che testimoniano per l'area diversi eventi sismici negli ultimi 5000, è stata interpretata ipotizzando che la faglia di Taormina si trovi in quella in fase di quiescenza sismica (Figura 10) (NERI et alii, 2006).

Se questa teoria trovasse conferma quest'area rappresenterebbe la più estesa di tutto il territorio italiano in quiescenza sismica, costituendo proprio in considerazione di ciò un sito ad alta pericolosità che potrebbe essere interessato da forti eventi in futuro (STEWART et alii, 1997).

Una recente campagna oceanografica (TAORMINA 2006) condotta lungo le coste dello Ionio comprese tra la Sicilia nord – orientale e la Calabria meridionale non ha evidenziato la presenza di nessuna struttura assimilabile alla faglia di Taormina (ARGNANI et alii, 2009), tuttavia va considerato che tale campagna non ha raggiunto le parti più prospicienti le coste, potendosi arrestare per motivi di sicurezza della nave a circa 1000 m da esse.

Queste considerazioni implicano che l'esistenza e la localizzazione della faglia di Taormina resta un problema aperto che inficia in maniera rilevante le stime di pericolosità sismica dell'area in esame. La sola analisi statistica degli eventi sismici occorsi nell'area, infatti, tenderebbe a sottostimare la pericolosità di una zona che potrebbe essere soggetta a quiescenza sismica ancor più se contestualizzata geodinamicamente all'interno di un sistema di cintura di faglie dirette che in zone prospicienti hanno manifestato forte attività 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

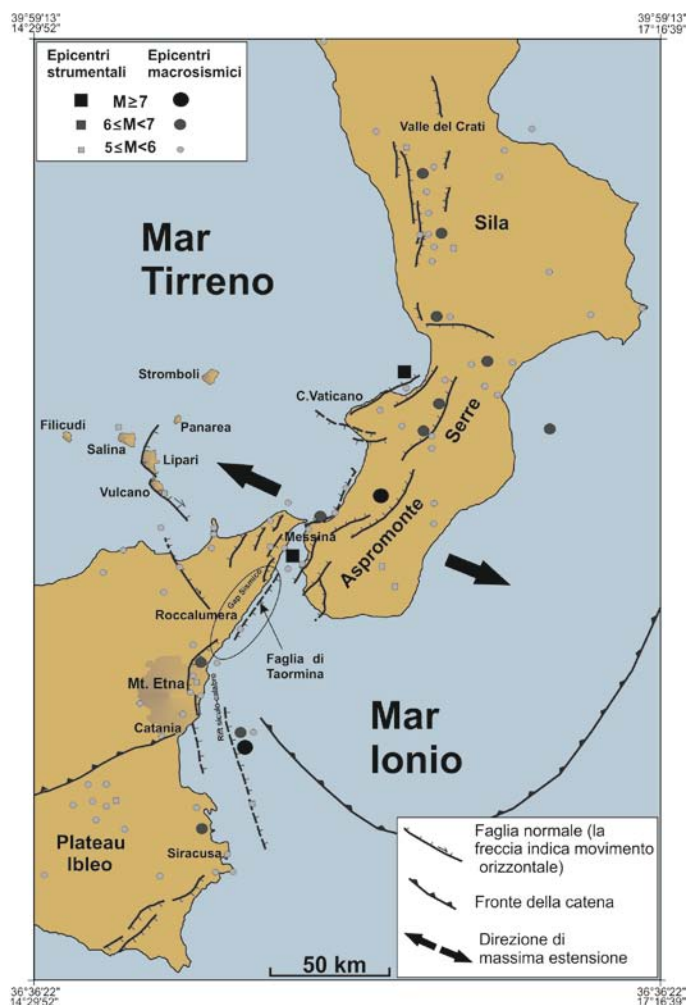


Figura 10 – Schema tettonico della Sicilia orientale e della Calabria meridionale. In legenda i forti terremoti estratti dal catalogo CPTI (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) (CPTI Working Group 2004, 2011).



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

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 Limina 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 Limina ha provveduto a fornire i seguenti elaborati tecnici:

Nome documento	Descrizione	Data
Studio Geologico-Tecnico	Studio geologico - tecnico dei litotipi interessati dal Progetto di consolidamento della strada provinciale S.P. 12, strada di collegamento tra Mongiuffi, Roccaforte e Limina	-
Indagini Geologico-Tecniche	Lavori di realizzazione di OO.UU. (Parrocchia San Sebastiano) nel Comune di Limina	21/06/2000
Relazione Geologico-Tecnica	Piano Regolatore Generale. Piano Particolareggiato – Zona Artigianale	01/03/2000 (Genio Civile)

Tutte le relazioni prevedevano l'esecuzione di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio così distribuite:

Descrizione documento	Ind. Geofisica	Ind. Geognostica	Prove di Laboratorio
Studio geologico - tecnico dei litotipi interessati dal Progetto di consolidamento della strada provinciale S.P. 12, strada di collegamento tra Mongiuffi, Roccafiorita e Limina	Sismica a rifrazione	Sondaggio con prelievo di campioni, indagini di laboratorio, prove di permeabilità	Analisi su campione
Lavori di realizzazione di OO.UU. (Parrocchia San Sebastiano) nel Comune di Limina	Sismica a rifrazione	Sondaggio a carotaggio continuo, penetrometrica dinamica SPT	-
Piano Regolatore Generale. Piano Particolareggiato – Zona Artigianale	Sismica a rifrazione	-	-

Si è inoltre provveduto a realizzare una nuova campagna indagini caratterizzata da 9 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	HVSR	FR	9
GG	SC	CAM	5
GG	SS	L	29
GL	SM	E1	2
GL	SM	PV	5
GL	SM	W	3
GS	SPT	PT	13
IG	LF	K	2
Indagini Lineari			
Classe Indagine	Tipo Indagine	Parametro	Numero
GF	SR	-	19

Per il comune in oggetto si è quindi provveduto al caricamento di 35 siti di indagine, fra puntuali e lineari, caratterizzati da un totale di 56 indagini e 68 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 (es. “S.P. 12 – Durbi”). 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. S1.SPT3: indagine SPT n. 3 del sondaggio 1). Non sempre nella documentazione analizzata è stato possibile risalire alla data dell’indagine, vuoi perché non presente, vuoi perché illeggibile. 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 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



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

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.

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 Limina.



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 detritici sciolti costituiti da una mescolanza caotica di pietrame e massi, di varie dimensioni, immersi in una matrice medio-fine a composizione limo-sabbiosa	GW – Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	14	fd

- 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:

Unità Litostratigrafica	Tipo_gt	Stato
Flysch di Capo d'Orlando – Arenarie arkosiche in banconi di vario spessore separati da sottili livelli argillitico-siltosi	ALS – Alternanza di litotipi, stratificato	31
Flysch di Capo d'Orlando – Intervallo basale del flysch costituito da conglomerati massivi poligenici, a prevalenti elementi metamorfici	GR – Granulare cementato	31
Conglomerati di Limina – Conglomerati poligenici con elementi eterometrici di origine prevalentemente metamorfica con subordinati elementi carbonatici	GR – Granulare cementato	23
Unità di S. Marco d'Alunzio – Semiscisti cloritico-sericitici grigio-nerastri a tessitura scistosa, con vene e noduli di quarzo e semimetamorfiti grafiche e intervalli di metareniti	LP – Lapideo	31
Unità di Taormina – Semiscisti cloritico-sericitici grigio-nerastri a tessitura scistosa, con vene e noduli di quarzo e semimetamorfiti grafiche e intervalli di metareniti	LP – Lapideo	31
Unità di Capo S. Andrea – Calcarei, biocalcareni in grossi banchi, calcari dolomitici, livelli di calcari marnosi e marne in facies di "Scaglia"	LPS – Lapideo, stratificato	23
Unità di Capo S. Andrea – Semiscisti cloritico-sericitici grigio-nerastri a tessitura scistosa, con vene e noduli di quarzo e semimetamorfiti grafiche e intervalli di metareniti	LP – Lapideo	31

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



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, della Carta geologico-tecnica, della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1) e della Carta delle frequenze.

Tutti gli elaborati prodotti contengono il frutto del collezionamento delle informazioni fornite dal Comune di Limina, 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



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

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.

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
GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	14	Sciolto	fd	Falda detritica	1
Substrato rigido / non rigido						
Tipo_gt	Descrizione	Stato	Descrizione	Gen	Descrizione	Numero
ALS	Alternanza di litotipi stratificato	31	Molto fratturato	-	-	2
GR	Granulare cementato	23	Coesivo consistente	-	-	5
GR	Granulare cementato	31	Molto fratturato	-	-	2
LP	Lapideo	31	Molto fratturato	-	-	7
LPS	Lapideo stratificato	23	Coesivo consistente	-	-	3

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 scarpata, 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 scarpata, suddivisi nelle due classi previste dalle specifiche di riferimento. Anche per l’individuazione delle creste si è ricorso ad una elaborazione numerica mediante GIS, sempre affiancata alle analisi di dettaglio della CTRN e delle Ortofoto, mediante la quale si è provveduto all’individuazione di tutti i bacini idrografici dell’area a partire dal DTM ed alla successiva selezione delle geometrie di interesse. Di seguito la sintesi delle strutture tettoniche e delle forme di superficie cartografate, archiviate all’interno della feature *Elineari*:

Faglia non attiva / frattura vulcanica cosismica		
Tipo_el	Descrizione	Numero
7011	Faglia diretta – tratto accertato	10
7021	Faglia inversa – tratto accertato	1
Altri elementi lineari		
Tipo_el	Descrizione	Numero
5041	Orlo di scarpata morfologica (10-20m)	6
5060	Cresta	4

Per quanto concerne l'identificazione dei picchi isolati, che come previsto dalle specifiche di riferimento rientrano all'interno della feature E puntuali, si è proceduto attraverso la selezione dei punti quotati e delle curve di livello della CTRN 1:10.000 e successivamente all'identificazione dei punti quota che ricadevano all'interno del contesto morfologico "picco isolato". Di seguito si riporta la tabella riepilogativa degli elementi morfologici puntuali riconosciuti.

Elementi morfologici puntuali		
Tipo_ep	Descrizione	Numero
6010	Picco Isolato	2

Gli elementi morfologici relativi alle forme di superficie e sepolte sono state ricavate attraverso l'analisi e l'integrazione di diverse fonti dati, quali la base cartografica CTRN scala 1:10.000, le carte geomorfologiche consegnate dal Comune di Roccalumera e le carte geomorfologiche presenti in letteratura. Gli elementi così individuati sono stati cartografati e archiviati nella feature *Forme* secondo la seguente classificazione:

Forme di superficie e sepolte		
Tipo_f	Descrizione	Numero
4020	Falda detritica	2

Le stesse fonti dati, ulteriormente integrate con gli elementi di dissesto geomorfologico presenti nel PAI, sono state utilizzate per l'individuazione, 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

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
3014	Complessa - attiva	2
3015	Non definito – attiva	9

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	2
21	Profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo	7

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)

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



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

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 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

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 Limina a professionisti e ditte specializzate, allo scopo di supportare il progetto di redazione del P.R.G. e P.E. (Piano Particolareggiato di zone di espansione per il soddisfacimento del fabbisogno residenziale pubblico e privato) 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



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

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 due canali, garantendo la visibilità di microtremori 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 (< 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 da SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) nel 2005.



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

Si tratta di due gruppi di condizioni: 3 il primo gruppo e 6 il secondo. I primi tre criteri 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 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



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

riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico può essere classificato come microtremore se contiene alte frequenze (> 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze (< 0.5 Hz).

Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è noto (GUTENBERG, 1958; ASTEN, 1978, 1984) che le sorgenti dei microsismi sono molteplici (Tabella 4 – Sorgenti del rumore sismico): le perturbazioni atmosferiche sugli oceani, che si 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	<i>Gutenberg (1958)</i>	<i>Asten (1978, 1984)</i>
Onde oceaniche contro le coste	0.05 - 1 Hz	0.5 - 1.2 Hz
Perturbazioni meteorologiche a grande scala	0.1 - 0.25 Hz	0.16 - 0.5 Hz
Cicloni oceanici	0.3 - 1 Hz	0.5 - 3 Hz
Condizioni meteorologiche locali	1.4 - 5 Hz	
Tremore vulcanico	2 - 10 Hz	
Attività antropiche e veicolari	1 - 100 Hz	1.4 - 30 Hz

Tabella 4 – 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



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

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 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 alii, 1988) e Los Angeles (YAMANAKA et alii, 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



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

solo a basse frequenze dove l'origine del rumore è la stessa per tutti i siti indagati (YAMANAKA et alii, 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 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 alii, 1992; FIELD & JACOB, 1993; LERMO & CHAVEZ-GARCIA, 1994; LACHET & BARD, 1995; FAH et alii, 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 alii, 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



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 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 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 Limina da sottoporre agli studi di MS di primo livello, in assenza di indicazioni da parte del Comune, è stato stabilito, su indicazione del Dipartimento Regionale della Protezione Civile, di estendere le indagini al solo centro urbano (Figura 11).

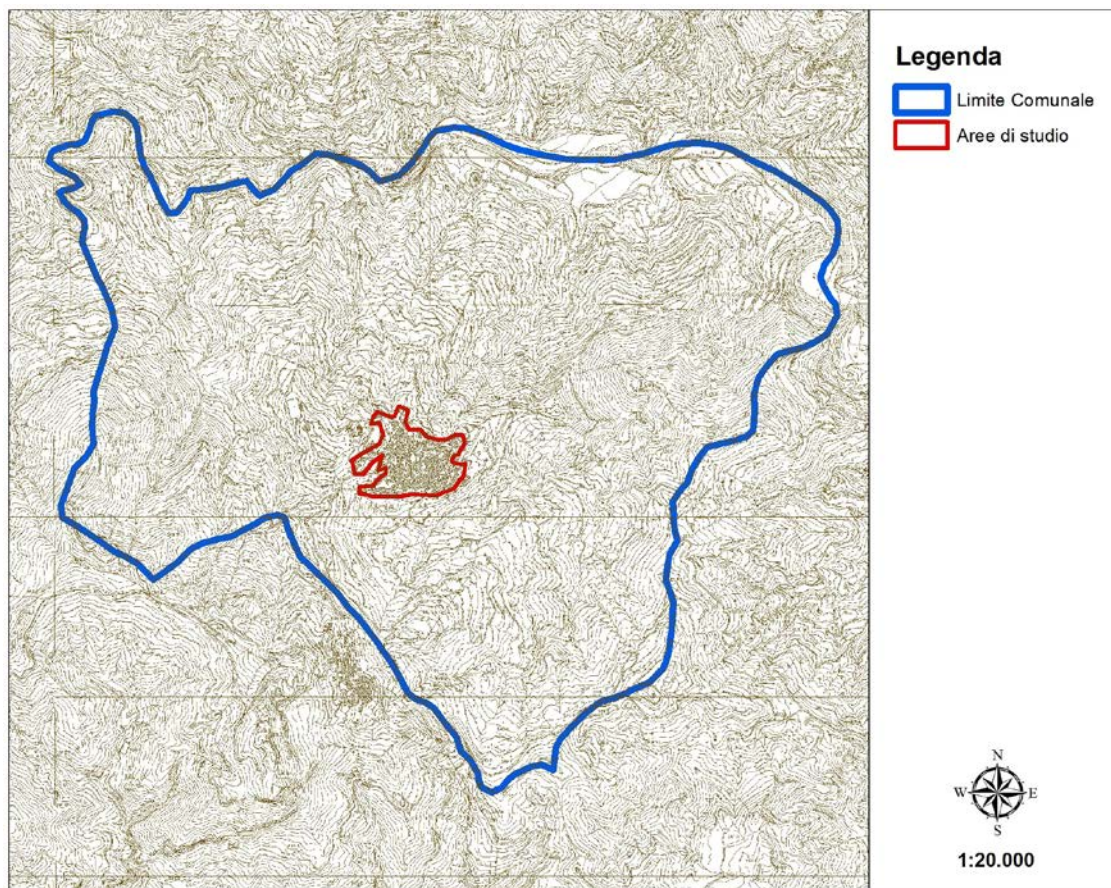


Figura 11 – Comune di Limina: delimitazione dell'area indagata.

L'area indagata è stato coperta con 9 punti di registrazione di rumore sismico e nelle tabelle seguenti (Tabella 5, Tabella 6), sono riassunte: sigla identificativa, coordinate geografiche, quota dei siti di registrazione e risultati ottenuti.

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

IDENTIFICATIVO	DATA	SITO DI REGISTRAZIONE
HVSR - LMN 1 - 2012	05/10/2012	VIGNETO INCOLTO
HVSR - LMN 2 - 2012	05/10/2012	FRUTTETO INCOLTO
HVSR - LMN 3 - 2012	05/10/2012	STRADA STERRATA
HVSR - LMN 4 - 2012	05/10/2012	GIARDINO PRIVATO
HVSR - LMN 5 - 2012	05/10/2012	ULIVETO FRUTTETO
HVSR - LMN 6 - 2012	11/10/2012	VIGNETO INCOLTO
HVSR - LMN 7 - 2012	11/10/2012	ORTO
HVSR - LMN 9 - 2012	11/10/2012	TERRENO INCOLTO
HVSR - LMN 11 - 2012	11/10/2012	TERRENO VICINO A CASOLARE

Tabella 5 – 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.	f ₀	H/V	f ₁	H/V	f ₂	H/V
HVSR - LMN 1 - 2012	083040P8	37° 56' 21,881" N	15° 16' 11,404" E	566.7	3.48	3				
HVSR - LMN 2 - 2012	083040P9	37° 56' 22,266" N	15° 16' 20,339" E	558.1	1.72	2.44	4.5	2.20		
HVSR - LMN 3 - 2012	083040P10	37° 56' 36,796" N	15° 16' 16,937" E	580.4	3.2	1.96				
HVSR - LMN 4 - 2012	083040P11	37° 56' 27,345" N	15° 16' 15,247" E	584.8	2.39	2.44	19	1.85		
HVSR - LMN 5 - 2012	083040P12	37° 56' 31,729" N	15° 16' 30,800" E	526.8	2.39	2.05				
HVSR - LMN 6 - 2012	083040P13	37° 56' 37,595" N	15° 16' 7,270" E	604.7	2.58	2.96				
HVSR - LMN 7 - 2012	083040P14	37° 56' 31,628" N	15° 16' 11,317" E	616.1	3.13	3.85				
HVSR - LMN 9 - 2012	083040P16	37° 56' 31,667" N	15° 16' 22,479" E	560.6	3.59	2.41				
HVSR - LMN 11 - 2012	083040P18	37° 56' 26,559" N	15° 16' 32,907" E	520.2	2.2	1.8	6.86	1.90		

Tabella 6 – 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).

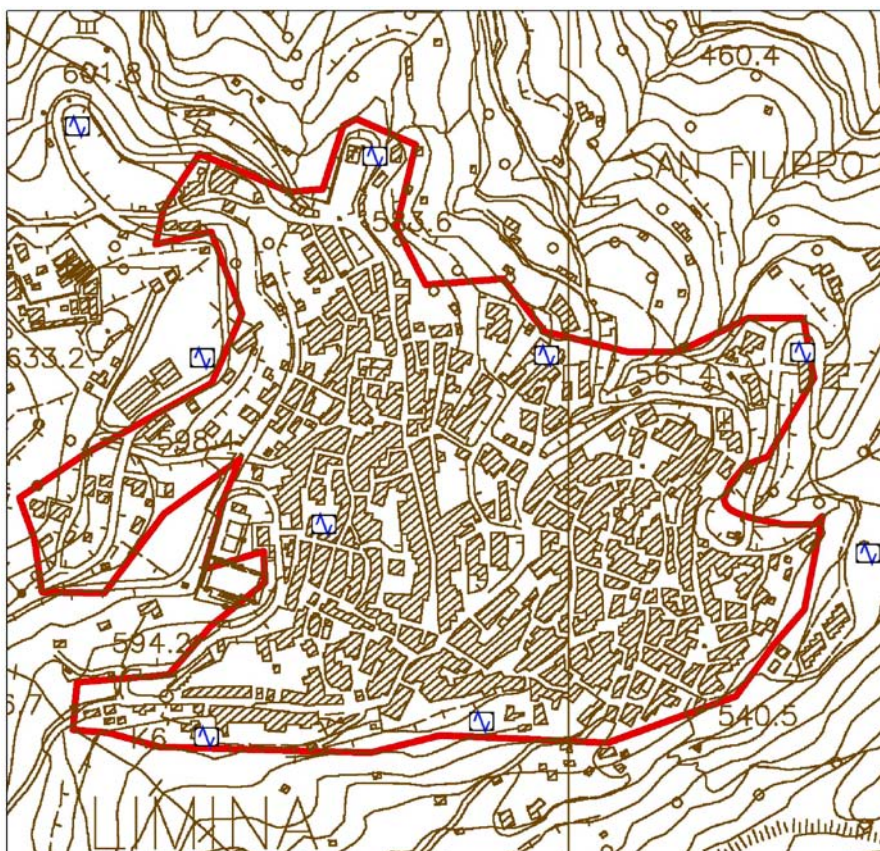


Figura 12 – Distribuzione delle indagini HVSR in relazione all'area studiata nel Comune di Limina.

8.6 Rappresentazione dei valori di frequenza ottenuti

I valori di frequenza ottenuti dal processing dei dati acquisiti (Tabella 6), sono stati esibiti nel relativo elaborato (Figura 13 – Carta delle frequenze nel Comune di Limina) a fianco del simbolo, che individua il sito di registrazione, con i seguenti criteri:

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

- in basso il valore della terza frequenza e della relativa amplificazione.

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

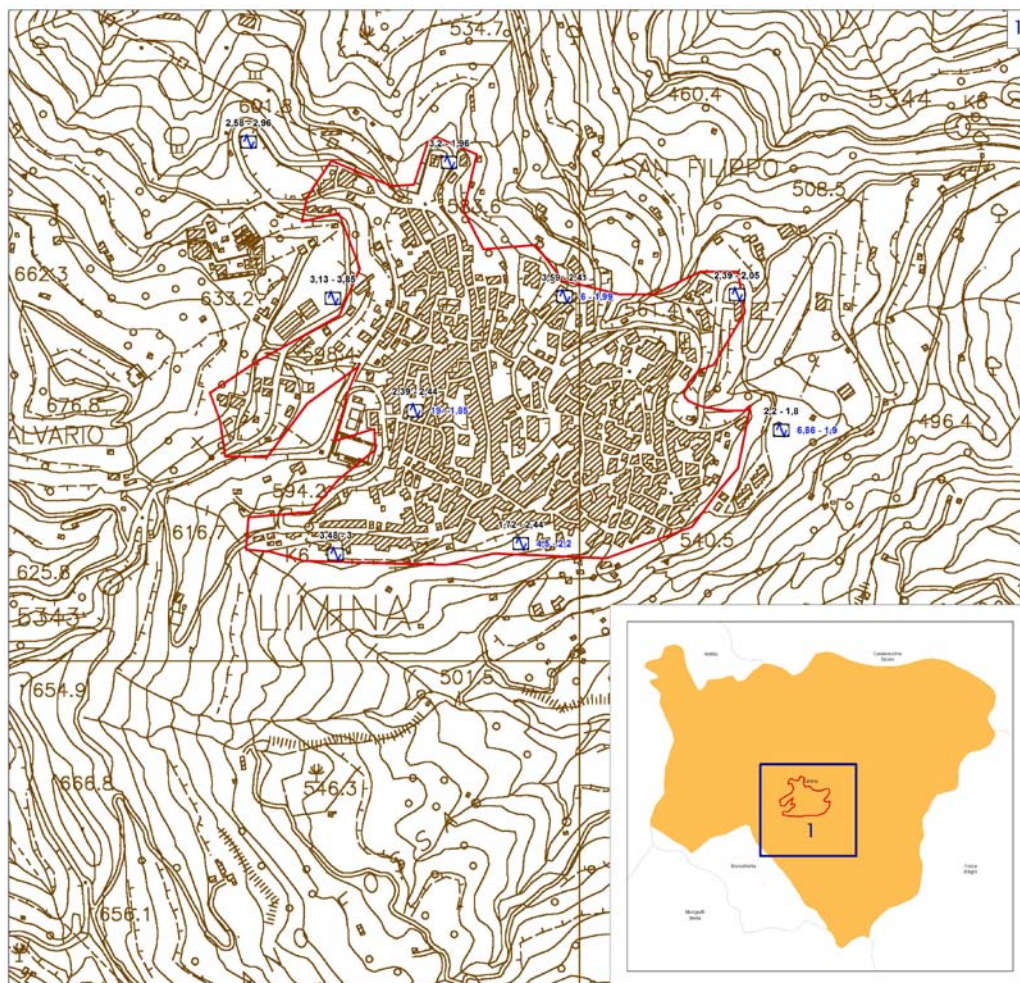


Figura 13 – Carta delle frequenze nel Comune di Limina

8.7 Modello geologico dell'area in studio e bedrock geofisico

In riferimento alla classificazione, illustrata al paragrafo 7 del capitolo 4 delle presenti note, è possibile derivare una rappresentazione schematica preliminare, 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 compendiata nelle sezioni che corredano la Carta geologico – tecnica (Figura 14, Figura 15).

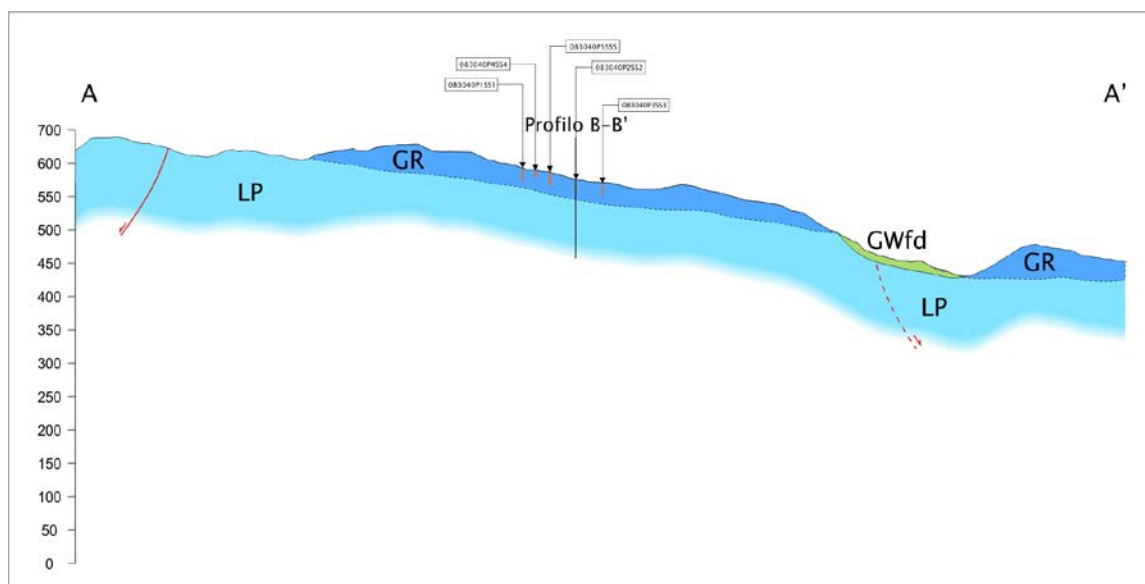
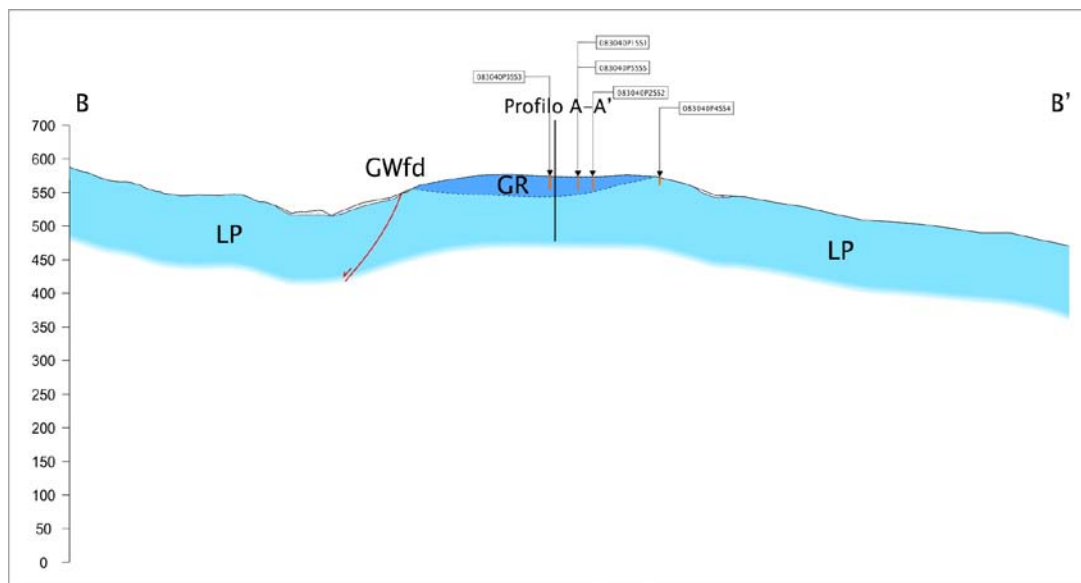


Figura 14 – Profilo A-A'



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



Nella selezione areale studiata, al centro della quale ricade l'abitato di Limina, sono presenti terreni metamorfici prevalenti, con struttura scistosa, dell'Unità tettonica di Capo S. Andrea, Taormina, S. Marco d'Alunzio e Mandanici, e subordinati terreni in facies calcarea ed argilloso arenacea riferibili alle Unità di Capo S. Andrea e del Flysch di Capo d'Orlando che nell'insieme costituiscono il substrato geologico irregolarmente ricoperto da terreni detritici ed alluvionali. Tali formazioni, pur nell'ambito di consistenti differenze litologiche, sono equiparabili, dalla presenza di un diffuso e irregolare sistema di fratturazione derivato degli stress tettonici subiti durante la fase di messa in posto.

Si rinviene, ancora, in corrispondenza del centro urbano di Limina un esteso deposito conglomeratico, abbastanza cementato, che è stato differenziato dalle precedenti litofacies per non essere, al contrario, interessato con la stessa intensità dal processo di fratturazione sopradescritto.

Nel complesso il risultato è la produzione di una coltre detritica che, nelle aree a minore acclività, tende ad accumularsi fino a raggiungere grandi spessori,

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

denudando gli affioramenti più integri che nelle adatte condizioni giacitureali possono mantenere fronti di arretramento pressoché verticali.

Questo schema strutturale degli ammassi rocciosi, trova riscontro anche nel modello di circolazione idrodinamica delle acque meteoriche che si infiltrano prima entro la copertura detritica e subito dopo nella parte superficiale alterata e decompressa dei terreni del substrato dove, pertanto, la permeabilità è più alta, mentre la roccia sottostante, più integra sebbene deformata, presenta permeabilità bassa e sostiene il moto suborizzontale dei volumi infiltrati generando le diffuse manifestazioni sorgentizie rilevabili nell'area (Figura 16).

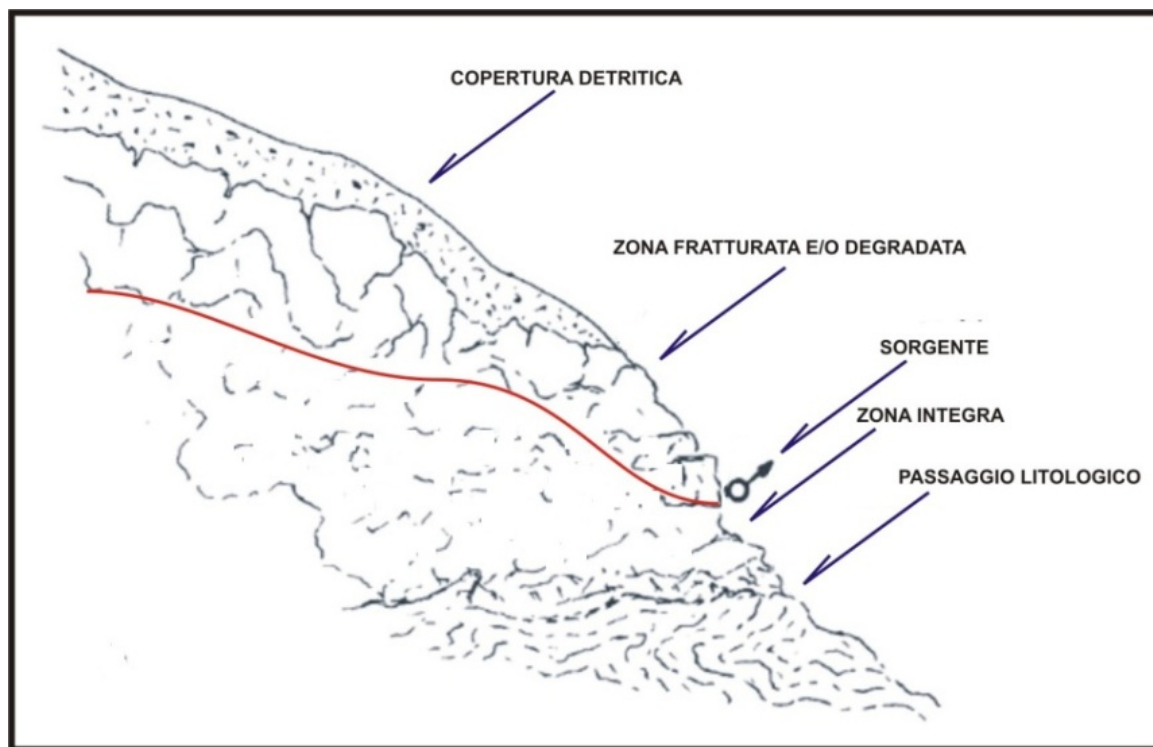


Figura 16 – Rappresentazione schematica di manifestazioni sorgentizie nelle successioni metamorfiche dei Monti Peloritani (da Ferrara, 1999 modificato).



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 copertura detritica nei punti di maggior accumulo tende, verso il fondo valle, a sovrapporsi, gradualmente, e quasi senza soluzione di continuità, ai terreni alluvionali dell'alveo di piena. Su ambedue i depositi si formano suoli, anche di notevole spessore, realizzando le condizioni ottimali per le colonizzazioni antropiche.

Nel territorio comunale di Limina è presente un'intensa circolazione idrica subsuperficiale, testimoniata dalla presenza di numerose sorgenti perenni, diffusamente distribuite nel territorio, e da diversi pozzi che invece si localizzano nei pressi delle zone di fondovalle.

Non si dispone di dati geognostici diretti che permettono definizioni quantitative della copertura detritica, si possono comunque stimare potenze medie, nelle zone di degradazione diffusa, di circa 5 m confortate da considerazioni stratimetriche che sembrano coerenti con i risultati delle indagini di sismica di rifrazione acquisiti, mentre nelle aree di accumulo (valle del torrente Crapinaro) possono essere raggiunti e superati i 10 metri di spessore.

Il modello del sottosuolo, complessivamente deducibile, ai fini del proseguo degli studi e degli obiettivi di Microzonazione Sismica del centro urbano di Limina, è, pertanto, assimilabile ad un substrato a varia rigidità, costituito principalmente da terreni metamorfici e subordinatamente da formazioni sedimentarie, che presentano condizioni di irregolare alterazione e fratturazione, essenzialmente nella parte apicale degli ammassi, modellato dalla morfogenesi e sormontato da una copertura di detriti eterogenei incoerenti.

Risulta inoltre evidente, dall'insieme dei dati fin qui raccolti e considerati, la rilevanza della densità del reticolo di discontinuità litologiche per fratturazione e per scistosità delle varie unità litologiche. Queste, infatti, mostrano un grado di coerenza e di compattezza tipico più di un ammasso detritico che di una formazione rocciosa integra e continua, come dimostra anche la tipologia dei dissesti che è stato possibile ricostruire.

Per questo modello di sottosuolo, pertanto, le condizioni superficiali sono tali da non raggiungere i requisiti necessari per assimilare questo al bedrock geofisico ($V_s > 800$ m/s) che si colloca a profondità maggiori del tetto del substrato geologico.

La considerazione più rilevante che ne deriva, ai fini degli odierni studi, è che il bedrock geofisico, ossia il comparto più tenace dell'ammasso roccioso, si localizza

entro i volumi più interni del substrato geologico, dove sia per le minori condizioni di fratturazione e/o per il carico litostatico, quest'ultimo offre maggiori prestazioni in termini di resistenza geomeccanica.



Foto 1 - Vista dell'abitato di Limina.

Nella seguente tabella sono riportati risultati derivati dal processing dei dati derivati dalle misure di rumore sismico eseguite associate alla litologia del sito di registrazione.

IDENTIFICATIVO	LITOLOGIA	QUOTA s.l.m.	f_0
HVSR - LMN 1 - 2012	DETRITO/SEMISCISTI U.S.M.A.	566.72	3.48
HVSR - LMN 2 - 2012	CONGLOMERATI	558.10	1.72
HVSR - LMN 3 - 2012	SEMISCISTI U.S.M.A.	580.37	3.2
HVSR - LMN 4 - 2012	CONGLOMERATI	584.82	2.39

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

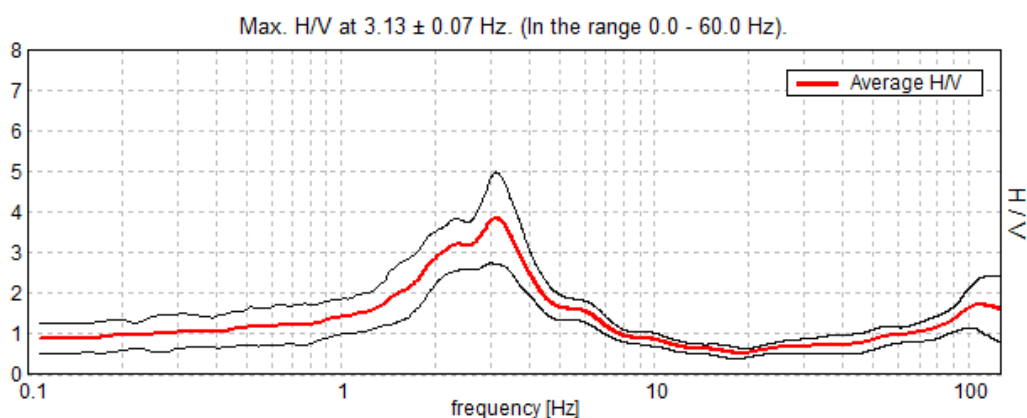
Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

HVSR - LMN 5 - 2012	CONGLOMERATI	526.76	2.39
HVSR - LMN 6 - 2012	CONGLOMERATI	604.65	2.58
HVSR - LMN 7 - 2012	CONGLOMERATI	616.12	3.13
HVSR - LMN 9 - 2012	CONGLOMERATI	560.64	3.59
HVSR - LMN 11 - 2012	CONGLOMERATI	520.17	2.2

Tabella 7 – Risultati dei rilievi HVSR in relazione alla geologia ed all'altimetria.

I risultati dei rilievi eseguiti restano circoscritti al perimetro del centro urbano e, segnatamente, alla sola formazione dei Conglomerati di Limina, ad eccezione dei soli rilievi **083040P8**, **083040P10**, che invece ricadono su terreni metamorfici.

Le curve ottenute si mostrano ben amplificate (Figura 17) e le autofrequenze ricadono in un range abbastanza ristretto (1,72 - 3,59 Hz) che sulla base di una pura stima delle velocità delle onde di taglio, per i Conglomerati di Limina, ed in riferimento alla relazione tra questa ed i valori di autofrequenza (AKI, 1964; WATHELET et alii, 2004) indicherebbe valori di medi di profondità del bedrock sismico verosimilmente dello stesso ordine di grandezza dello spessore del deposito conglomeratico.



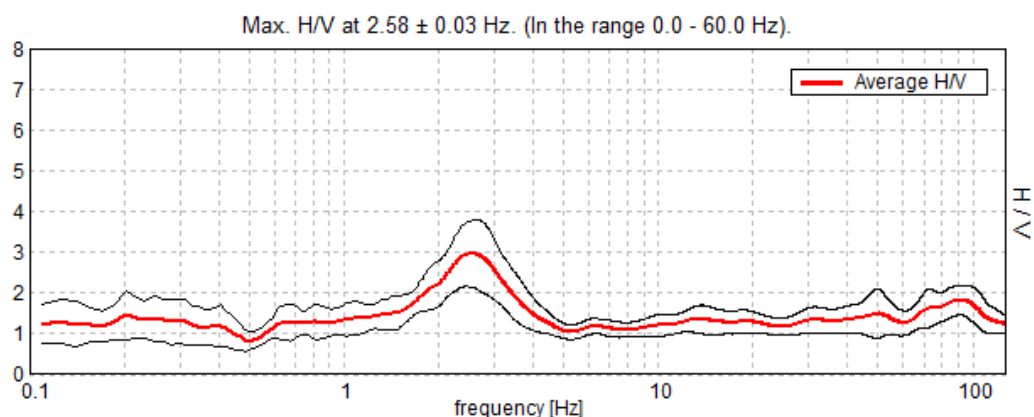


Figura 17 – Curve HVSR relative ai siti 083040P13 e 083040P14.

Questo lascia aperto il problema della posizione del bedrock sismico in quest'area che, secondo questa deduzione, si potrebbe individuare entro la formazione dei Conglomerati di Limina.

Infatti sulla base del modello geologico elaborato i Conglomerati di Limina sono sovrapposti alla fasce decomprese dei sottostanti terreni metamorfici che, sulla base delle differenze geomeccaniche tra le due facies descritte in precedenza, realizzerebbero un importante contrasto di velocità che gli attuali rilievi HVSR non evidenziano.

8.8 Considerazioni sui risultati ottenuti

Sulla base dei dati complessivamente acquisiti è stato possibile definire un modello geologico tecnico qualitativo del sottosuolo del Comune di Limina, che è stato confrontato con i dati derivati dall'elaborazione di originali registrazioni di rumore sismico, mediante la tecnica di Nakamura.

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



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

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, che qui risultano praticamente assenti, 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).

Nell'area di Limina non sono presenti Zone stabili, quindi di seguito sono state individuate solo quelle appartenenti alle altre due categorie.



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 carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (da qui in poi MOPS) realizzata per il Comune di Limina ha una superficie di circa 1,96 Km² e comprende una zona di estensione più ampia rispetto a quella dell'area interessata dai rilievi di rumore sismico.

Nonostante nell'area oggetto di studio affiorino estesamente terreni di natura litoide 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 dislivelli superiori a 30 m
- la presenza di uno strato di alterazione che generalmente interessa i primi metri delle formazioni il cui spessore, sulla base dei dati ad oggi disponibili, può raggiungere valori superiori ai 3 m

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 3 zone suscettibili di amplificazione (Figura 18) e 11 zone suscettibili di instabilità (Figura 19) 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

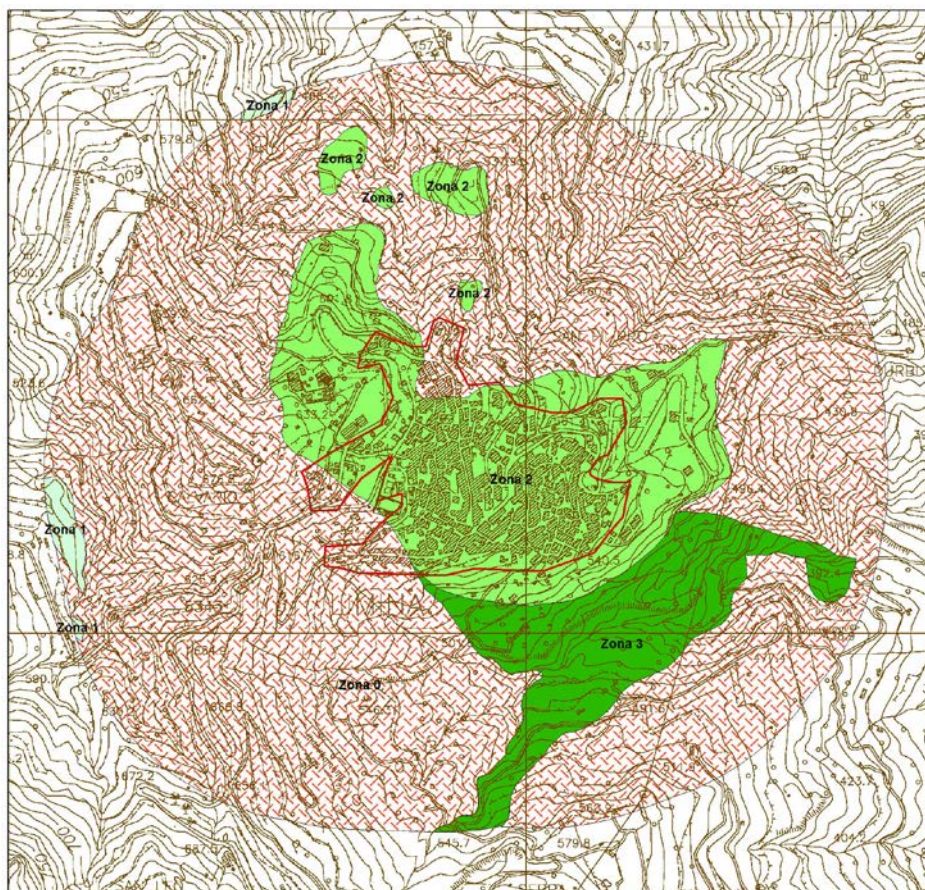


Figura 18 – Schema delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

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

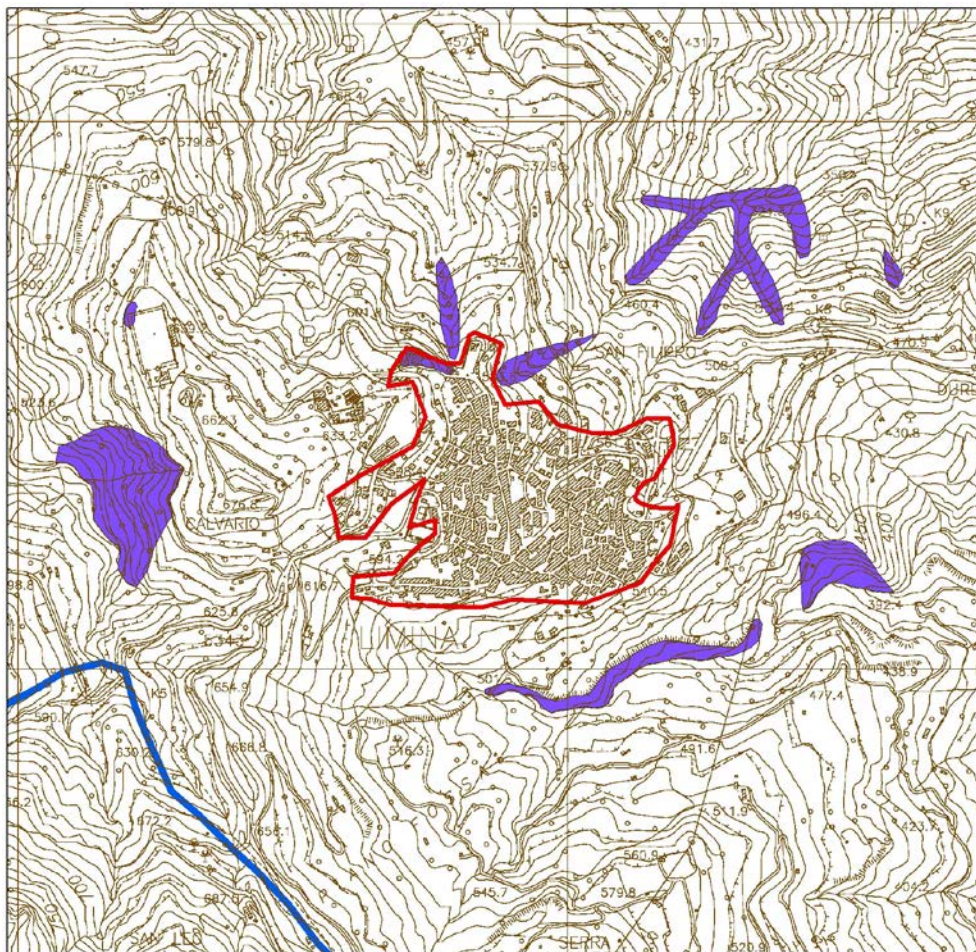


Figura 19 – Schema delle zone suscettibili di instabilità

9.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zona 0

In questa zona, che comprende praticamente tutta la selezione areale qui considerata, affiorano terreni appartenenti a formazioni metamorfiche e sedimentarie



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

riferibili al substrato geologico affiorante ed appartenenti a litofacies delle seguenti Unità strutturali: Capo S. Andrea, Taormina, S. Marco d'Alunzio, Mandanici.

La classificazione in zona stabile, ma suscettibile di amplificazioni, locali è data dalle condizioni di acclività (frequenti pendii con inclinazioni superiori ai 15° e dislivelli superiori a 30 m).

Tali formazioni appaiono interessate, nelle parti apicali, da un esteso sistema di fratture che determina frequenti soluzioni di continuità dell'ammasso roccioso che pertanto risulta disarticolato ed allentato. In conseguenza di queste condizioni strutturali il tetto del bedrock geofisico va collocato a profondità maggiori di quelle del tetto del substrato geologico.

Superiormente è presente una copertura detritica incoerente il cui spessore, discontinuamente variabile, in assenza di dati puntuali, è stimabile nell'ordine di alcuni metri. In corrispondenza, al contrario, di zone meno acclivi e/o interessate da maggiore intensità del processo erosivo, tale strato di copertura può raggiungere spessori dell'ordine delle decine di metri.

Non si dispone di dati geognostici diretti per ulteriori caratterizzazioni di dettaglio.

Di seguito la stratigrafia dell'unico sondaggio che interessa la zona in oggetto.

Codice	Profondità sondaggio (m)	Codice litologia	Descrizione litologia	Spessore dello strato (m)
083040P4SS4	11	RI	Massetto e riempimento strada	0,6
		MH	Conglomerato Rosso - porzione alterata e degradata	2,6
		GRS	Conglomerati poligenici di colore prevalentemente rossastro, con intercalati livelli limoso-sabbiosi	7,8

Tabella 8 – Compendio dei dati geognostici diretti disponibili per la Zona 0

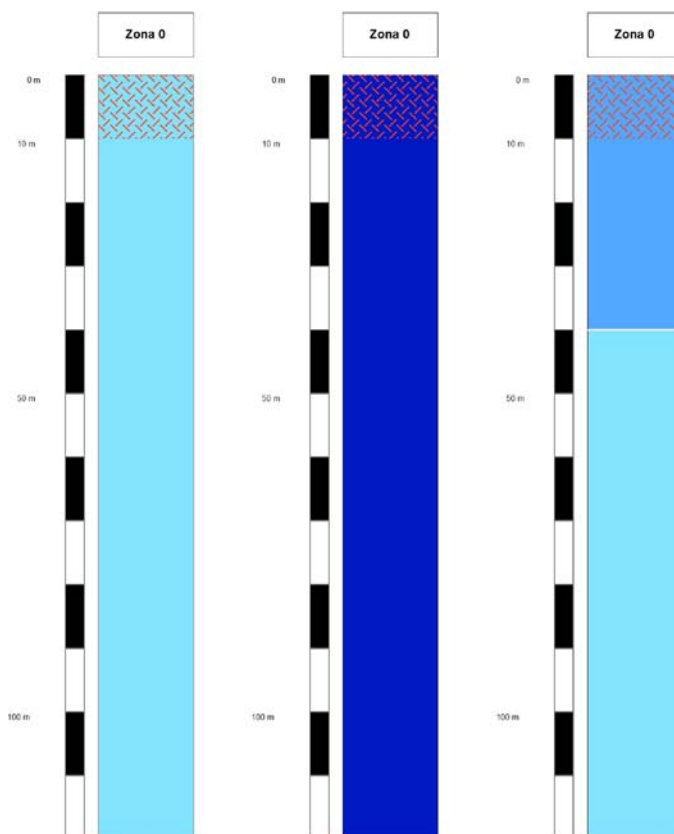


Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa



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



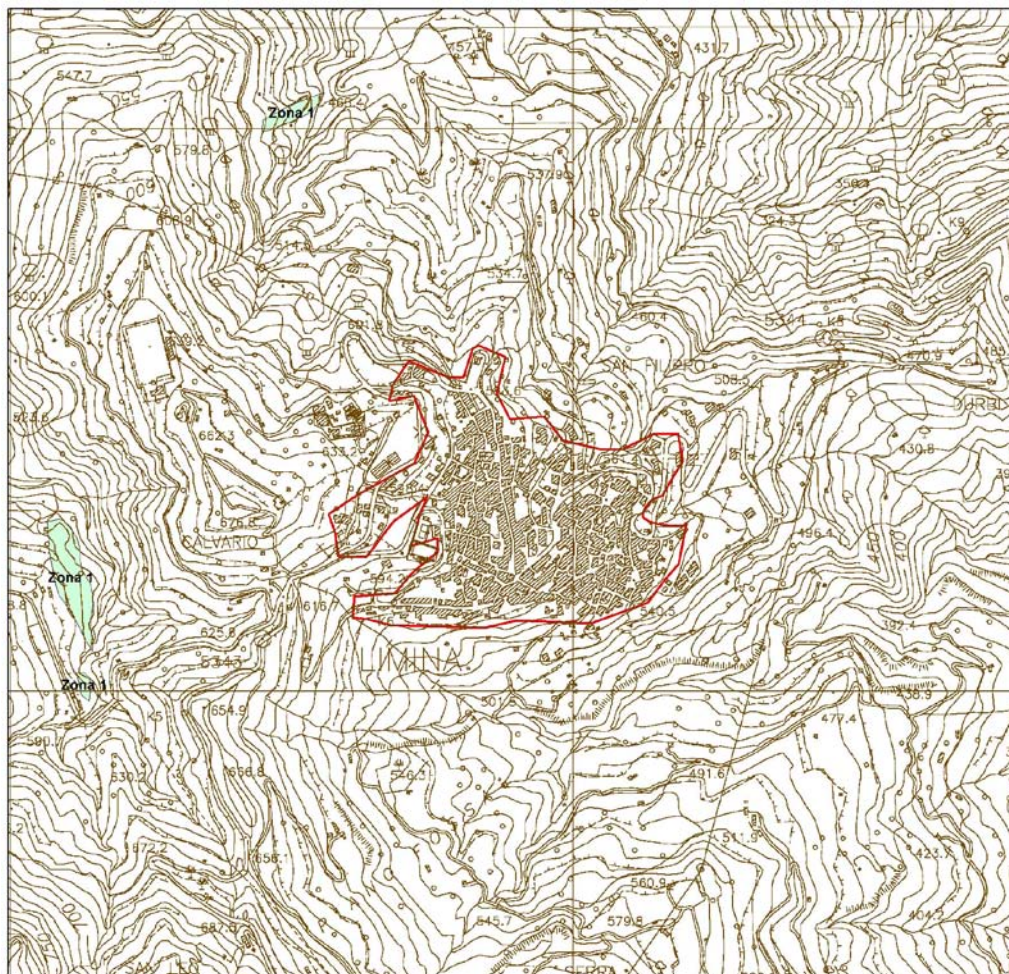
Zona 1

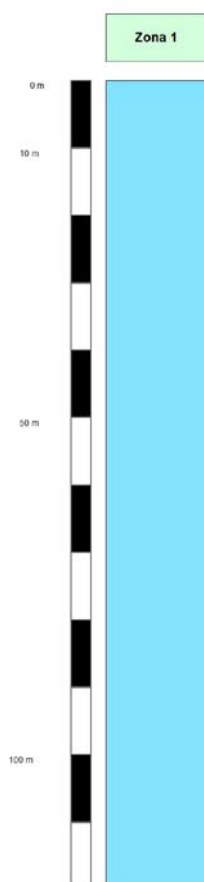
E' rappresentata da esigui affioramenti di facies calcaree dell'Unità di Capo S. Andrea che si differenzia, dalla precedente, solo per le caratteristiche deposizionali della litofacies che si presenta ben stratificata ma parimenti interessata dal reticolo di fratturazione.

Non si dispone di dati geognostici diretti per ulteriori caratterizzazioni di dettaglio.

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

Rappresenta la zona più importante, della selezione areale considerata, perché è quella su cui ricade quasi per intero il centro urbano, dove affiora esclusivamente la formazione dei Conglomerati di Limina, che si frammenta più a N e NO, per la presenza di piccoli lembi, meno estesi, alla periferia del centro urbano.

La formazione possiede una facies basale più ricca di ciottoli a spigoli vivi, ed una sommitale con ciottoli più arrotondati. Nelle stratigrafie dei dati geognostici disponibili, analizzati nell' Appendice A di corredo alle odierne note e riassunte nella

seguente tabella, sono inoltre indicate fasce superficiali di degradazione con potenze fino a 5 metri. Queste caratteristiche cioè gradazione del deposito e presenza di una strato di degradazione superficiale, potenzialmente in grado di indurre apprezzabili contrasti di velocità, non emergono dai risultati dell'elaborazione dei dati HVSR.

Codice	Profondità sondaggio (m)	Codice litologia	Descrizione litologia	Spessore dello strato (m)
083040P1SS1	20	RI	Massetto e riempimento strada	1
		GRS	Conglomerato Rosso - porzione alterata e degradata	3,7
		GRS	Conglomerati poligenici di colore prevalentemente rossastro, con intercalati livelli limoso-sabbiosi	15,3
083040P2SS2	20	RI	Massetto e riempimento strada	0,8
		RI	Materiale di riporto	2,3
		RI	Detrito	1
		MH	Livelli limoso-sasbbiosi intercalati al conglomerato poligenico di colore prevalentemente rossastro	10,1
		GRS	Conglomerati poligenici di colore prevalentemente rossastro, con intercalati livelli limoso-sabbiosi	5,8
083040P3SS3	20	RI	Massetto e riempimento strada	0,7
		MH	Conglomerato Rosso - porzione alterata e degradata	1,9
		GRS	Conglomerati poligenici di colore prevalentemente rossastro, con intercalati livelli limoso-sabbiosi	17,4

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

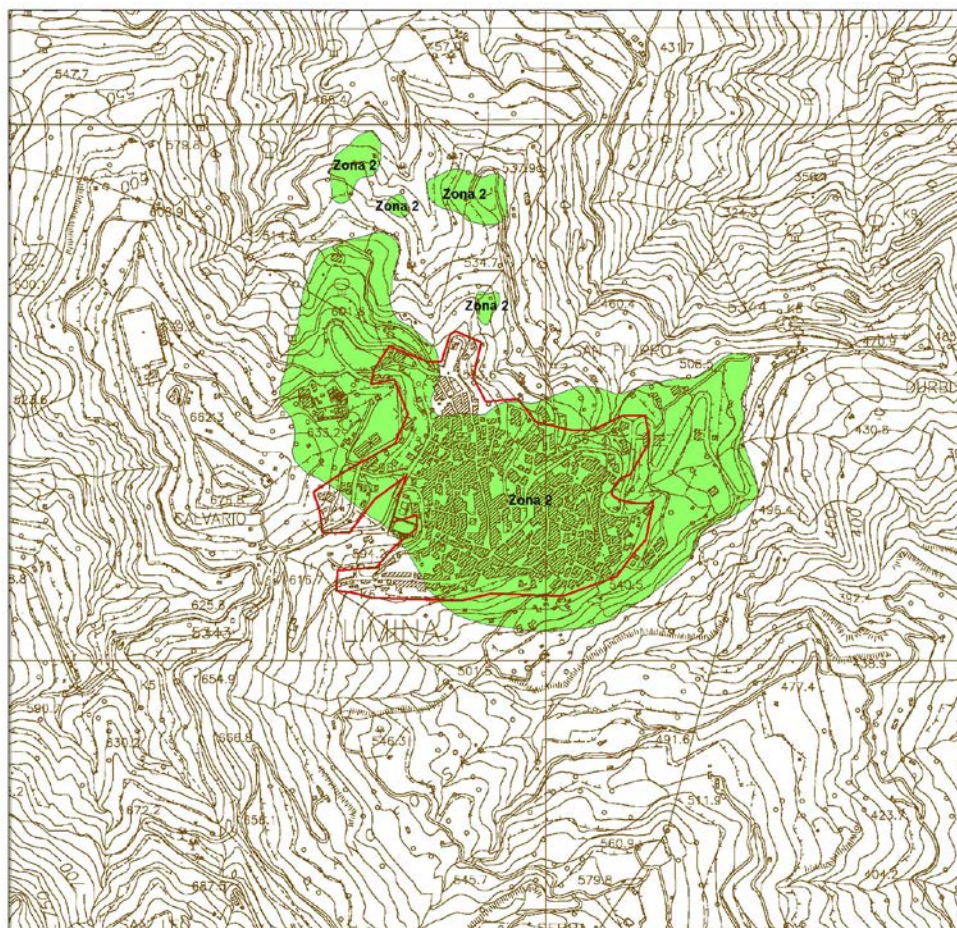
Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa

Codice	Profondità sondaggio (m)	Codice litologia	Descrizione litologia	Spessore dello strato (m)
083040P5SS5	20	RI	Massetto e riempimento strada	1
		RI	Detrito	3,3
		MH	Livelli limoso-sabbiosi intercalati al conglomerato poligenico di colore prevalentemente rossastro	8,5
		GRS	Conglomerati poligenici di colore prevalentemente rossastro, con intercalati livelli limoso-sabbiosi	7,2

Tabella 9 – Compendio dei dati geognostici diretti disponibili per la Zona 2

Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione
Civile

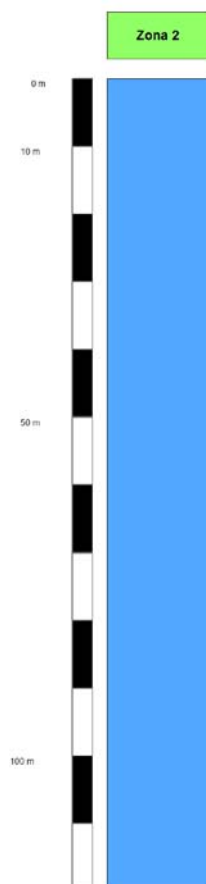
Università degli Studi di Messina
C.A.R.E.C.I
Centro Attrazione Risorse
Esterne e Creazione d'Impresa





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

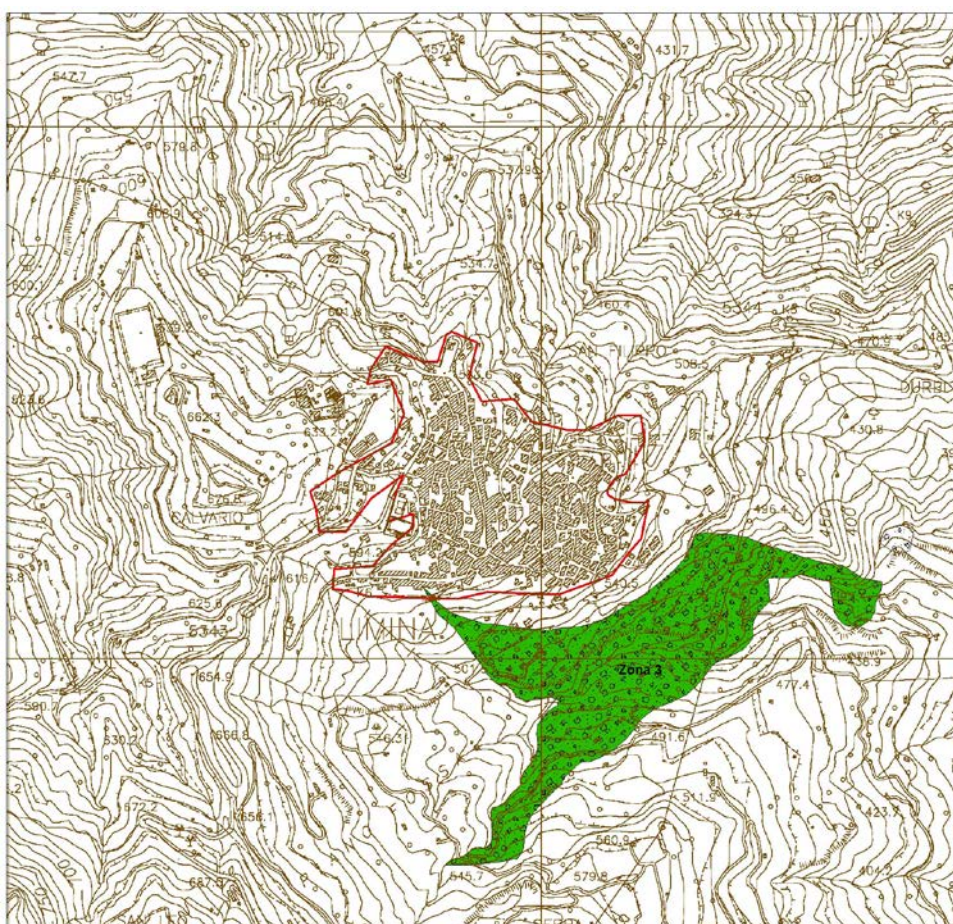
Questa zona comprende l'area di fondovalle del torrente Crapinaro che si localizza a S ed a SE del centro urbano di Limina.

La copertura superficiale è costituita da un accumulo detritico continuo, con una potenza massima di circa 10 metri, che dal punto di vista litologico si può assimilare ad un deposito di ghiaie, sabbie poligeniche e limo subordinato. Il sottostante substrato, non distinguibile, è costituito dalle facies metamorfiche delle Unità di S. Marco d'Alunzio, e dalle litofacies argilloso arenacee del flysch di Capo d'Orlando.

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

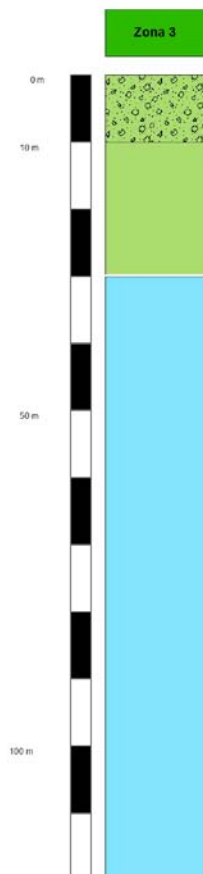
Non si dispone di dati geognostici diretti per ulteriori caratterizzazioni di dettaglio.





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 3 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,



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

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.

Nell'ambito del presente progetto e della costituita banca dati sono stati analizzati i dissesti presenti all'interno di un intorno di 500 m a partire dalle aree di studio comunicate dall'Amministrazione Comunale.

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 27 dissesti presenti sul territorio comunale 11 ricadono all'interno di questa carta (Figura 20).

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

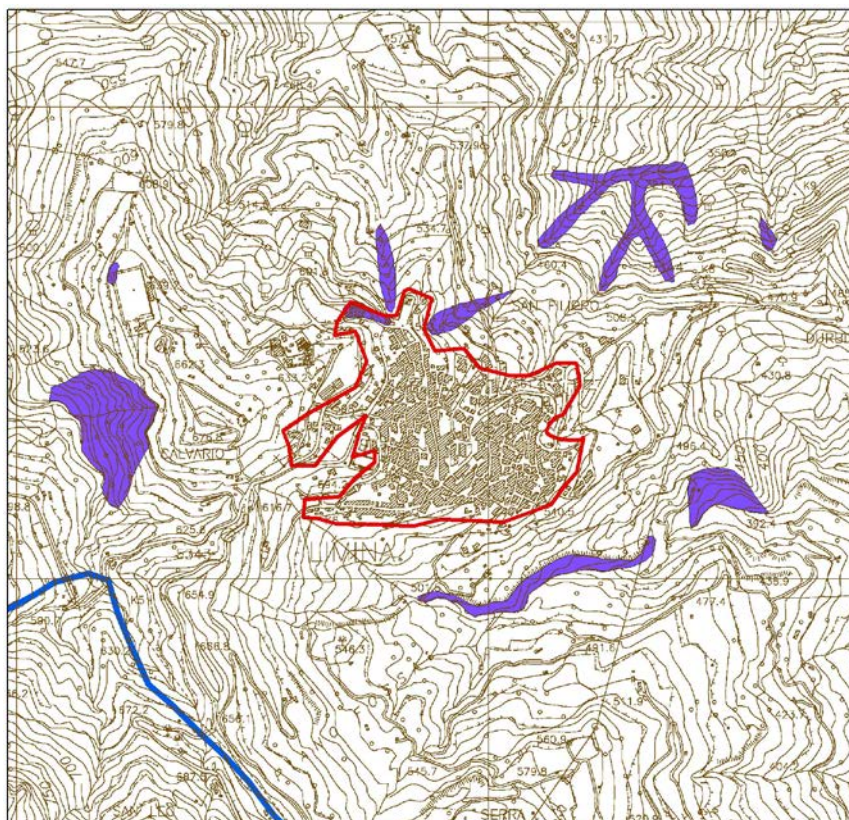


Figura 20 – Schema delle zone suscettibili di instabilità

Comune	Limina (ME)				
Bacino Idrografico (P.A.I.)	F.ra d'Agro' ed Area tra F.ra d'Agro' e T.te Savoca				
LOCALITA	SIGLA	COD_TIP	COD_ATT	PERICOLO	Superficie
Contrada Palombara	098-5LM-003	1	1	n.c.	769,0838
Contrada Santoleo	098-5LM-022	1	1	n.c.	16073,6199
Periferia Sud – Centro Urbano	098-5LM-015	8	1	2	13548,6246
Contrada Banda Forzà	098-5LM-008	4	4	0	78395,8155
Località San Filippo	098-5LM-024	9	1	1	2196,3776
Località San Filippo	098-5LM-017	11	1	1	5055,7561

Comune	Limina (ME)				
Bacino Idrografico (P.A.I.)	F.ra d'Agro' ed Area tra F.ra d'Agro' e T.te Savoca				
LOCALITA	SIGLA	COD_TIP	COD_ATT	PERICOLO	Superficie
Contrada Alfieri	098-5LM-010	11	1	2	16122,7466
Contrada Banda Forzà	098-5LM-006	8	1	2	15635,4942
Località San Filippo	098-5LM-018	5	1	3	11169,2339
Monte Calvario – Zona Ovest	098-5LM-020	8	1	2	36103,5498
Zona Nord Centro Urbano	098-5LM-013	11	1	2	28636,0257
Contrada Murrazzo	098-5LM-001	4	3	1	62556,2018
Contrada Santoleo	098-5LM-021	8	1	2	15046,5211
Contrada Alfieri	098-5LM-009	11	1	1	9459,1725
Contrada Murrazzo	098-5LM-002	4	4	0	20698,0822
Campo Sportivo	098-5LM-025	11	1	1	796,9657
Rocca Crici	098-5LM-023	1	1	n.c.	2725,9282
Contrada Alfieri	098-5LM-011	11	1	2	17373,5707
Versante Nord-Ovest Centro Abitato	098-5LM-016	5	1	3	70847,3346
Contrada Melia Serra	098-5LM-004	4	4	0	10611,49650
Durbi	098-5LM-012	11	1	2	11043,1426
Contrada Banda Forzà	098-5LM-005	8	1	1	7771,9755
Località San Filippo	098-5LM-019	11	1	1	5459,0465
Località Perronello	098-5LM-014	8	1	2	11833,8597
Contrada Banda Forzà	098-5LM-007	8	1	2	17447,1081

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



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

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 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 mancanza dei dati di base che rende indispensabili opportune integrazioni.

Le indagini che si sono rese disponibili, sia di tipo diretto sia indiretto, sono assolutamente insufficienti per conferire al complessivo quadro geologico tecnico elaborati i necessari aspetti quantitativi.

Ai risultati conseguiti deve pertanto ascriversi una componente qualitativa che potrà essere risolta in senso quantitativo in sede di successivi e finalizzati approfondimenti.

In questa fase si suggeriscono le seguenti indicazioni:

1) MODELLO TRIDIMENSIONALE DEL SOTTOSUOLO.

Nel territorio in esame appare di grande utilità la ricostruzione della morfologia del substrato geologico sia ai fini del dettaglio dello spessore delle coperture e sia ai fini della individuazione di eventuali strutture 2D, derivate dalla presenza di strutture tettoniche o giustapposizioni tra corpi a differente litologia nell'ambito della successione metamorfica che ne potrebbero 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 coperture e profondità del substrato;
- B) Dettaglio delle caratteristiche litologiche e stratimetriche dei terreni di copertura;



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) Caratterizzazione sismica e geotecnica dei terreni di copertura.

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 fratturati dagli stress tettonici 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.

3) MICROZONE OMOGENEE.

Gli approfondimenti auspicabili dovranno essere indirizzati ad una maggiore caratterizzazione delle Zone Omogenee individuate segnatamente per la Zona 2.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla caratterizzazione della Zona 2 individuata, entro cui ricade il centro urbano di Limina. Qui è necessario acquisire una compiuta conoscenza della potenza della formazione dei conglomerati e delle loro caratteristiche litostratigrafiche oltreché dei rapporti strutturali con le sottostanti formazioni metamorfiche.

11 BIBLIOGRAFIA

Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust. *Geophysics* 29, 665-666

Amodio Morelli G., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin Lorenzoni E. & Zuppetta A., 1976. L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico- Maghrebide. *Mem. Soc. Geol. It.*, 17: 1-60.



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

Andreatta C., 1941. Studi geologici e petrografici sul cristallino dei Monti Peloritani. Boll. R. Uff. Geol. It., 46: 1-91.

Antonioli, F., Ferranti, L., Lambeck, K., Kershaw, S., Verrubbi, V., Dai Pra, G., 2006a. Late Pleistocene to Holocene record of changing uplift rates in southern Calabria and northeastern Sicily (southern Italy, Central Mediterranean Sea). Tectonophysics 422, 23–40.

APAT, 2008. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 601 Messina - Reggio di Calabria. Coord. scientifico F. Lentini. S.EL.CA. Firenze.

Argnani, A., Brancolini, G., Bonazzi, C., Rovere, M., Accaino, F., Zgur, F., Lodolo, E., 2009. The results of the Taormina 2006 seismic survey: possible implications for active tectonics in the Messina Straits. Tectonophysics 476, 159–169.

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.

Atzori P., 1970a. Contributo alla conoscenza degli scisti epizonali dei Monti Peloritani (Sicilia). Riv. Min. Sic., 21 (124-126): 1-21.

Atzori P., 1970b. Caratteri petrografici e petrochimici di un metadiabase dei Peloritani occidentali. Rend. Soc. It. Min. Petr., 26: 411-426.

Atzori P., 1972. Le anfiboliti della zona tra Mandanici e Altolia (Peloritani). Per. Miner., 41: 511-538.

Atzori P., Maccarrone E., Messina A. & Puglisi G., 1974. Le muscoviti delle metamorfiti di Milazzo e di alcune plutoniti calabro-peloritane - Atti Acc. Pel. Per. Sci. F.M.N., 54: 189-211.

Atzori P., Ghisetti F., Pezzino A. & Vezzani L., 1983. Carta geologica del bordo occidentale dell'Aspromonte. Scala 1:50.000, S.EL.CA., Firenze.

Atzori P., Cirrincione R., Del Moro A. & Pezzino A., 1994. Structural, metamorphic and geochronologic features of the Alpine event in south-eastern sector of the Peloritani Mountains (Sicily). Period. Miner., 63: 113-125.



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

Azzaro R. & Barbano M.S., 2000. Analysis of seismicity of Southeastern Sicily: proposal of a tectonic interpretation. *Annali Geofisica*, 43 (1): 1-18.

Azzaro R., Barbano M.S., Rigano R. & Antichi B., 2000. Contributo alla revisione delle zone sismogenetiche della Sicilia. In: *Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-99)*. F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (Eds.). CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa Terremoti, Roma, 31-38.

Baldacci I., 1886. Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia. *Mem. Descr. della Carta Geol. d'It.*, 1 vol. 408 pp.

Baratta M., 1910. La catastrofe sismica Calabro-Messinese (28 dicembre 1908), *Società Geografica Italiana*, Roma.

Barbano M.S. & Rigano R., 2001. Earthquake sources and seismic hazard in Southeastern Sicily. *Annali Geofisica*, 44 (4): 723-738.

Barbano S.M., Bottari A., Carveni P., Cosentino M., Ffederico B., Fonte G., Lo Giudice E., Lombardo G., Patané G., 1979. Macroseismic study of the Gulf of Patti earthquake in the geostructural frame of northeastern Sicily. "*Boll. Soc. Geol. Ital.*", 98, 155-174.

Barrier P., 1987. Stratigraphie des dépôts pliocènes et quaternaires du Detroit de Messine (Italie). *Doc. et Trav. IGAL*, 11: 59-81

Beneo E., 1949b. Tentativo di sintesi tettonica dell'Italia peninsulare e insulare. *Boll. Soc. Geol. It.*, 68, 66-80.

Beneo E., 1950 Appunti sulla elaborazione di una diagnosi strutturale della Sicilia. *Boll. Serv. Geol. d'It.*, 73, 409-438.

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

Bonardi G., Giunta G., Perrone V., Russo M., Zuppatta A. e Ciampo G., 1980. Osservazioni sulla evoluzione dell'Arco calabro – Peloritano nel Miocene inferiore: la Formazione di stilo capo d'Orlando. *Boll. Soc. geol. It.*, 99 (4), 365-393.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P., 1997. *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (vol.2)*. Istituto Nazionale di Geofisica e SGA storia geofisica ambiente.



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

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise G., 2000. Catalogue of Strong Italian Earthquakes. *Annali di Geofisica*, 43, 4, 268, with full database on CD-ROM.

Carbone S., Catalano S., Lentini F. Vinci G., 1994. Carta geologica dei Monti di Taormina (Monti Peloritani, Sicilia nord – orientale), scala 1:25.000, S.EL.Ca., Firenze.

Carbone S., Messina A., Lentini F., 2007. Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. F° 601, Messina-Reggio Calabria. Servizio Geologico d'Italia.

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

Catalano, S., De Guidi, G., Monaco, C., Tortorici, G., Tortorici, L., 2008. Active faulting and seismicity along the Siculo–Calabrian Rift Zone (Southern Italy). *Tectonophysics* 453 (2008) 177–192.

Cortese E. (1882) – Brevi cenni sulla geologia della parte NE della Sicilia.- *Boll. Com. Geol. D'Italia*, vol. XIII, Roma

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>.

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

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.

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

Dueé G., 1969. Etude géologique des Monts Nebrodi (Sicile). Thèse Fac. Sci., 2 vol. 221+169 pp., Paris.



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

Fabiani R. e Trevisan L., (1940). Prove dell'esistenza di uno stile tettonico a falde di ricoprimento nei Monti di Palermo. Atti R. Acc. D' Italia, vol. 11, 453-448.

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. 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.

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

Ghisetti F., 1981. L'evoluzione strutturale del bacino plio-pleistocenico di Reggio Calabria nel quadro geodinamico dell'arco calabro. Boll. Soc. Geol. It., 100: 433-466.

Ghisetti F., 1992. Fault parameters in the Messina Straits (southern Italy) and relations with the seismogenetic sources. Tectonophysics, 210: 117-133.

Ghisetti F. & Vezzani L., 1978. Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 252 (Naso), 253 (castro reale), 254 (Messina Reggio C.), 261 (Bronte) e 262 (M. Etna). In contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia. Pubbl. n. 155 del P.F. Geodinamica CNR, 247-260,6.

Ghisetti F. & Gresta S., 1990. Parametri geologici e sismologici a confronto nell'area dello stretto di Messina. Atti 9° Conv. G.N.G.T.S., 39-43, Roma.

Gresta S., Bella D., Musumeci C., Carveni P., 1997. Some efforts on active faulting processes (earthquakes and aseismic creep) acting on the eastern flank of Mt. Etna", Acta Vulcanol., 9: 101-108.

Giunta G. & Somma R., 1996. Nuove osservazioni sulla struttura dell'Unità di Alì (Monti Peloritani, Sicilia). Boll. Soc. Geol. It., 115: 489-500.

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.



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

ISPRA, 2010. Foglio 613 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 .
Coord. scientifico F.Lentini.

ISPRA, 2010. Note illustrative della Carta Geologica D'Italia (scala 1:50.000)
Foglio 613. A cura di S. Catalano.

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

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. & Vezzani L., 1975. Le unità meso-cenozoiche della copertura
sedimentaria del basamento cristallino peloritano (Sicilia nord-orientale). Boll. Soc.
Geol. It., 94: 537-554.

Lentini F. & Vezzani L., 1978. Tentativo di elaborazione di uno schema
strutturale della Sicilia orientale. Mem. Soc. Geol. It., 19: 495-500.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Di Stefano A., Gargano C., Romeo M.,
Strazzulla S. & Vinci G., 1995. Sedimentary evolution of basins in mobile belts:
examples from tertiary terrigenous sequences of the Peloritani Mts (NE Sicily). Terra
Nova, 7 (2): 161-170.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Grasso M., 1995b. Principali lineamenti
strutturali della Sicilia nord-orientale. Studi Geol. Camerti (1995/2): 319-329.

Lentini F., Carbone S., Grasso M., Di Stefano A., Romeo M. & Messina A.,
2000a. Carta Geologica della Provincia di Messina. Scala 1:50.000, 3 fogli.
S.EL.CA., Firenze.

Lentini F., Catalano S. & Carbone S., 2000. Note illustrative della carta
geologica della Provincia 174 di Messina. Scala 1: 50.000. S.EL.CA., Firenze.



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

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.

Lombardo G., 1980, Stratigrafia dei depositi pleistocenici della Sicilia nord-orientale. Atti Acc.Gioenia Sc. Nat. Catania, 12: 84-113.

Lugeon M. & Argand E., 1906. La racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabre. C. R. Acad. Sc. Paris, 142: 1107-1109.

Lugeon M., Argand E (1906a) - Sur de grandes phenomenes de charriage en Sicile. - C.R. Acad. Sciences, 142, 13 p

Magri L., Mucciarelli M. & Albarello D., 1994, Estimates of site seismicity rates using illdefined macroseismic data. Pageoph, 143 (4): 617-632.

Meletti C., Patacca E. & Scandone P., 2000a. Constuction of a seismo-tectonic model: The case of Italy. Pure Appl. Geophys. 157 (1-2): 11-35.

Monachesi G. & Stucchi M. (eds.), 1997. DOM4.1: an intensity database of damaging earthquakes in the Italian area. GNDT-CNR open file rep., 2 vv., Milano, 1052 pp. Web site: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/DOM/home.html>.

Monaco, C., Tortorici, L., 2000. Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily. Journal of Geodynamics 29, 407–424.

Monaco C., Petronio L. & Romanelli M., 1995. Tettonica estensionale nel settore orientale del Monte Etna (Sicilia): dati morfotettonici e sismici. Studi Geol. Camerti, v. spec. 2: 363-374.

Monaco C., Tapponnier P., Tortorici L., Gillot P.Y., 1997. Late Quaternary slip rates on the Acireale-Piedimonte normal faults and tectonic origin of Mt. Etna (Sicily). Earth Planetary Science Letters 147, 125–139.

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



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

Neri, G., Oliva G., Orecchio, B., Presti, D., 2006. A possible seismic gap within a highly seismogenic belt crossing Calabria and eastern Sicily, Italy. *Bulletin of the Seismological Society of America* 96, 1321–1331.

Nigro e Sidoti, 1993. L'area di Longi (Monti Nebrodi, Sicilia NE): un geotopo da valorizzare. *SIGEA* 1/2, 9-11.

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

Ogniben L., 1960. Schemi paleotettonistici anziché paleogeografici in regioni di corrugamento: l'esempio della Sicilia. *Mem. Soc. Geol. It.*, 9: 793-816.

Ogniben L., 1971. Tettonica della Sicilia e della Calabria.- *Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat.*, Catania s.4, n. 11.

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

Provincia Regionale di Messina, 1993. *Carta Geologica del Golfo di Patti*. S.EL.CA., Firenze

Quitow H.W., 1935. Der Deckenbau des Kalabrischen Massivs und seiner Randgebiete. *Abh. Ges.Wiss. Gottingen. Mat. Phys. Kl.*, 3 Folge, 13: 63-179.

Rust, D., Kershaw, S., 2000. Holocene tectonic uplift patterns in northeastern Sicily: evidence from marine notches in coastal outcrops. *Marine Geology* 167, 105–126.

Schmidt di Friedberg, 1959. La geologia del gruppo montuoso delle Madonie nel quadro delle possibilità petrolifere della Sicilia centro settentrionale. *Atti 2° Convegno Inter.Studi "Petr. Sicilia*, 130-136

Seguenza G., 1869. *Stratigrafia della Provincia di Messina*. – *Atti Soc. Ital. Di Sc. nat.*, vol. XII – Milano.

Servizio Geologico D'Italia, 2008. *Carta geologica d'Italia scala 1.50.000*, F° 601 Messina-Reggio Calabria

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

Slejko D., Peruzza L. & Rebez A., 1998. Seismic hazard maps of Italy. *Annali Geofisica*, 41 (2): 183-214.

Spampinato C.R, Scicchitano G., Ferranti L., Monaco C., 2012. Raised Holocene paleo-shorelines along the Capo Schisò coast, Taormina: New evidence 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

recent co-seismic deformation in northeastern Sicily (Italy). *Journal of Geodynamics* 55, 18-31

Stewart I., Cundy A., Kershaw S., Firth C., 1997. Holocene coastal uplift in the Taormina area, north-eastern Sicily: implications for the southern prolongation of the Calabrian seismogenic belt. *Journal of Geodynamics* 24, 37–50.

Truillet R., 1968. Etude géologique des Péloritains orientaux (Sicile). Thèse Fac. Sci., 2 voll., 547 pp., Paris.

Valensise G. & Pantosti D., 1992. A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: in the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake. *Terra Nova*, 44: 472-483.

Valensise G. & Pantosti D., 2001. The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review. *Jour. Seismology*, 5: 287-306

Ward S.N., 1994. Constraints on the seismotectonics of the central Mediterranean from Very Long Baseline Interferometry. *Geophys. J. Int* 117, 441±452.

Wathelet M, Jongmans D, Ohrnberger M., 2004. Surface wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements. *Near Surf Geophys* 2004:211–221

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

Carta delle indagini

Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Carta delle frequenze

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

ALLEGATO A

INDAGINI PRECEDENTI

- 1) Indagini a supporto dello studio geologico relativo ai lavori di realizzazione di OO.UU. (Parrocchia di San Sebastiano) nel comune di Limina (21 giugno 2000 data nel documento)
- 2) Indagini relative allo studio geologico inerente il P.P. della Zona Artigianale (01.03.2000 data protocollo Genio Civile);

Indagini dirette

- 1) Indagini a supporto dello studio geologico relativo ai lavori di realizzazione di OO.UU. (Parrocchia di San Sebastiano) nel comune di Limina (21 giugno 2000 data nel documento)
Si dispone solo della cartografia dell'ubicazione delle indagini in cui sono riportate le stratigrafie di cinque perforazioni contrassegnate con le sigle da S1, S3, S5 ed S6, di colore azzurro ed S4 di colore rosso, eseguite per i seguenti lavori che non è stato possibile acquisire integralmente:
A) Progetto di recupero immobili del centro urbano;
Sondaggi S1, S3, S5 ed S6
B) Progetto di ristrutturazione rete idrica interna;
Sondaggio S4
Si dispone unicamente di un documento di sintesi che riporta le colonne stratigrafiche dei sondaggi.
Profondità raggiunta: - 20 m dal p.c.
Prove in foro: totali 13 prove SPT standard a varie profondità distribuite in tutti i sondaggi;
Non si dispongono di ulteriori dettagli.

Indagini Geofisiche - Sismica di superficie di rifrazione

- 1) Indagini a supporto dello studio geologico relativo ai lavori di realizzazione di OO.UU. (Parrocchia di San Sebastiano) nel comune di Limina (21 giugno 2000 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

Si dispone solo della cartografia dell'ubicazione delle indagini in cui sono riportati tre gruppi di rilievi sismici di rifrazione in superficie. I primi due sono stati eseguiti per i seguenti lavori che non è stato possibile acquisire:

A) Progetto di recupero immobili del centro urbano;

Sezioni Sismiche sigle: da T1 a T5 colore rosso;

B) Progetto di ristrutturazione rete idrica interna;

Sezioni Sismiche sigle: da T1 a T5 colore azzurro;

C) E' riportato un terzo gruppo di Sezioni sismiche eseguite per il progetto di titolo di questa sezione di cui si dispone delle sezioni velocità e profondità.

Sezioni per la misura delle onde P numero 7 (sigle da T1 a T7 di colore verde);

Strumentazione utilizzata: dato non disponibile;

Numero geofoni: 8 (dedotto dai grafici acquisiti);

Lay out: dato non disponibile;

Distanza intergeofonica: 5 m (dedotto dai grafici acquisiti);

Numero di tiri di energizzazione: dato non disponibile;

Profondità massima raggiunta: - 4 m;

Processing utilizzato: G.R.M. (dedotto dai grafici acquisiti);

Software utilizzato: Gremix di Interpex Ltd. (dedotto dai grafici acquisiti);

Range di velocità ottenuto: onde P: 440 - 1340 m/s;

- 2) Indagini a supporto dello studio geologico inerente il P.P. della Zona Artigianale (01.03.2000 data protocollo Genio Civile);

E' stato eseguito in superficie un rilievo sismico di rifrazione. Sezioni per la misura delle onde P numero 8 (sigle numeri da 1 a 8);

Strumentazione utilizzata: Dolang a 12 canali non ulteriormente specificata;

Geofoni: Verticali; non ulteriormente specificati;

Energizzazione: massa battente non ulteriormente specificata;

Starter: non specificato;

Numero geofoni: 12;

Lay out: base distante in linea;

Distanza intergeofonica: dato non disponibile

Numero di tiri di energizzazione: dato non disponibile;

Offset esterno: non specificato;

Profondità massima raggiunta: - 8,4 m;

Registrazione dei segnali: non fornita;

Tecnica del picking: non indicata;



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

Processing utilizzato: GRM;
Software utilizzato: non specificato;
Tabulati di calcolo: non forniti;
Grafici forniti: Dromocrone e Sezioni profondità;
Range di velocità ottenuto: onde P: 170 - 2600 m/s;

Valutazione complessiva: L'esiguità dei dati suggerisce di considerare molto limitata l'attendibilità di questa indagine anche ai soli fini della caratterizzazione dei terreni superficiali.