

COMUNE DI S. ALESSIO SICULO

(Città metropolitana di Messina)

**RECUPERO RISTRUTTURAZIONE E/O COSTRUZIONE
NUOVO EDIFICIO SCOLASTICO SCUOLA ELEMENTARE A.
GUSSIO. (CIG) 87387379E5.**



RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE
Amministrazione Comunale

IL GEOLOGO RELATORE
Dott. Uchino Fabio.



**STUDIO DI GEOLOGIA
TECNICO AMBIENTALE**

FABIO UCCHINO

geologoucchino@gmail.com

fabioucchino@pecgeologidisicilia.it

Tel/Fax: 0942751527 - Cell: 3476685347

Via Contura inf. 10 - 98038 Savoca (Me)

P.iva: 02906380833 C. fiscale: CCH FBA 76B10 F158F

INDICE

PREMESSA:	2
1.INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO DEL SITO	4
2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE STRUTTURALI	5
2.1 Geologia generale	5
2.2 Successione litologica dell'area rilevata.	7
3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	8
4. PERICOLOSITÀ E VINCOLI GRAVANTI SUL SITO – MITIGAZIONE DEL RISCHIO	9
4.1- Caratteri generali	9
4.2- Pericolosità gravanti sul sito.....	9
4.3 – Vincoli gravanti sul sito.....	9
5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI.....	10
5.1 – Potenziale alla liquefazione dei terreni di fondazione in condizioni sismiche.....	11
6. AZIONE SISMICA: CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	12
6.1 – Pericolosità sismica	12
6.2 – Normativa di riferimento ai fini progettuali.....	18
6.3 Categoria di sottosuolo e condizioni Topografiche	19
7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	21
ELABORATI GRAFICI.....	23

Committente:

AMMINISTRAZIONE COMUNALE S. ALESSIO SICULO

Oggetto:

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DI SUPPORTO AL PROGETTO PER IL “RECUPERO RISTRUTTURAZIONE E/O COSTRUZIONE NUOVO EDIFICIO SCOLASTICO SCUOLA ELEMENTARE A. GUSSIO”. (CIG) 87387379E5.

PREMESSA:

La presente relazione è stata redatta per conto della *Spett.le Amministrazione Comunale*. Il sito di progetto ricade nella Piazza Onofrio Zappalà, tra la Via Stazione e la Via Consolare Valeria, nel Comune di S. Alessio Siculo, città metropolitana di Messina. I dati catastali riguardano il Foglio 5, part.lla 233, 234.

Il progetto prevede la ristrutturazione e/o costruzione, nuovo edificio scolastico scuola elementare A. Gussio”.

Lo studio geologico, di cui trattasi, mira a ricostruire e ad illustrare la situazione litostratigrafica locale, l’origine e la natura dei litotipi, il loro stato di alterazione, fratturazione e degradabilità, i lineamenti idrogeologici, geomorfologici e sismici della zona. Inoltre verranno forniti gli elementi conoscitivi sulla situazione geologica e geotecnica, morfologica e idrogeologica, dell’area in oggetto, richiesti dalle disposizioni di legge in materia di progettazione delle opere di fondazione ai sensi del *D.M. 11 Marzo 1988, D.M. 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni*.

Sulla scorta di quanto sopra citato si è provveduto ad eseguire uno studio geologico che è stato così schematizzato: una prima fase caratterizzata da un’opportuna ricerca bibliografica e cartografica tematica; una seconda fase caratterizzata da un idoneo rilevamento superficiale, dell’area di progetto e di una parte di territorio a suo contorno, sufficiente ampio, tale da consentire opportune e valide correlazioni. Infine, sulla base della disponibilità economica, sono state effettuate delle indagini geofisiche (Masw e tomografia sismica) e una prova penetrometrica dinamica, allo scopo di caratterizzare il sedime di fondazione dal punto di vista sismico e geotecnico.

E' parso pertanto opportuno prendere in considerazione l'intero comprensorio in cui è inserito il territorio comunale, per poi scendere nella descrizione particolareggiata e specificatamente geologico-tecnica dell'area interessata.

Il presente studio è stato articolato nel seguente modo:

- Inquadramento geografico, geomorfologico e idrografica del sito;
- Caratteristiche geologico- strutturali;
- Caratterizzazione litologica;
- Caratteristiche idrogeologiche;
- Pericolosità e vincoli gravanti sul sito;
- Caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione;
- Sismica;
- Conclusioni;
- Allegati grafici.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICO DEL SITO.

L' area in esame è situata nel territorio comunale di S. Alessio Siculo (ME), e ricade nella *Tavoletta di "S. Teresa di Riva"* alla scala 1:25000 della carta d'Italia - Foglio n° 262, quadrante: I, Orientamento: N.E. Coordinate geografiche (WGS84): Lat. 37.924076°; Long. 15.347862° (indicanti un punto posto al centro dell'area d'intervento). Altitudine: 7,00 m s.l.m. (circa).

La morfologia del territorio vede un paesaggio tipico del settore orientale e sud-orientale dei Monti Peloritani. Esso è caratterizzato da una fascia pianeggiante, rappresentata dalla zona costiera e dai fondovalli alluvionali, che passa verso l'interno ad una morfologia di tipo collinare, caratterizzata da acclività variabili con rilievi via via più aspri procedendo verso monte. Più in generale laddove sono presenti gli affioramenti litoidi (calcari, metamorfiti, conglomerati o quarzareniti), la morfologia del terreno si presenta più aspra, con scarpate accidentate e talvolta subverticali. Invece, in corrispondenza degli affioramenti prevalentemente argilloso-sabbiosi del Flysch di Capo d'Orlando e la dove affiorano depositi alluvionali o vecchi terrazzi marini il terreno mostra minore acclività fino ad essere sub pianeggiante e mostra una morfologia più blanda.

I rilievi risultano essere caratterizzati da valli strette che sono il risultato dell'azione morfogenetica esercitata dalle acque correnti superficiali, mediante l'erosione lineare.

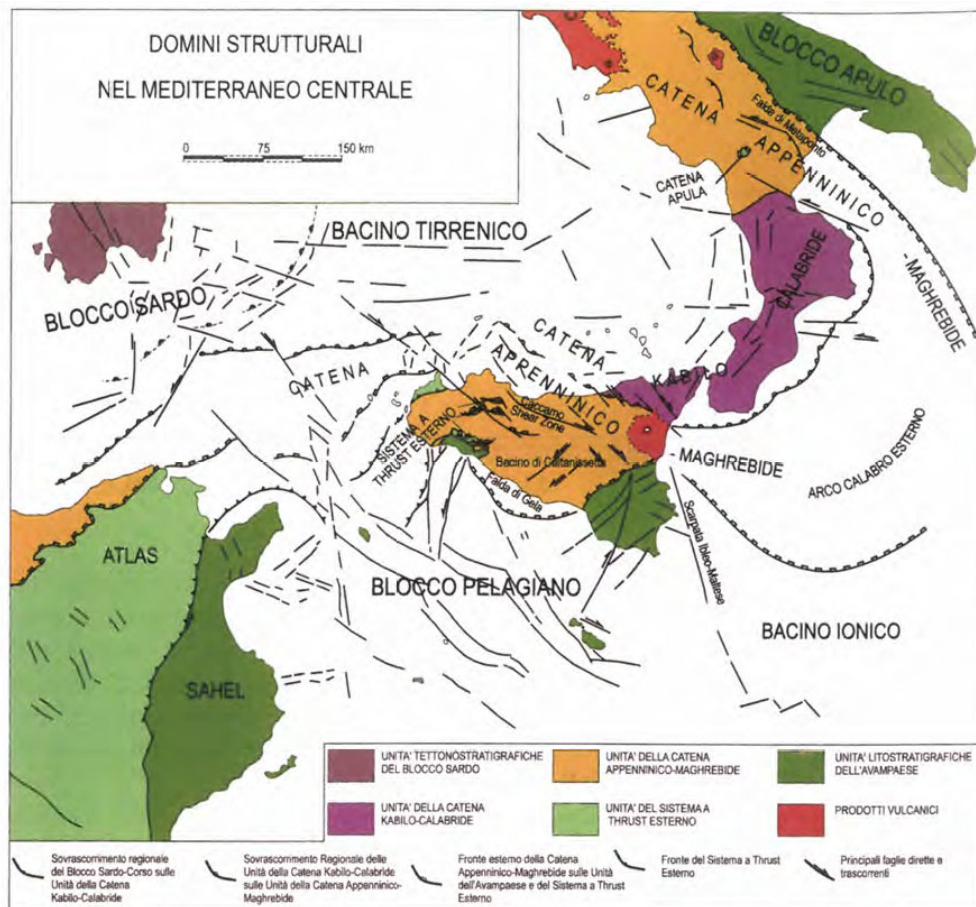
Il sistema idrografico superficiale è costituito da una serie di torrenti e valloni, a regime tipicamente torrentizio, confluenti a pettine nel torrente principale e da esso al mare. Questi corsi d'acqua temporanei, denominati localmente fiumare, presentano alvei brevi e molto inclinati che da incassati nella parte a monte si allargano verso valle e spesso nel tratto finale presentano una coltre alluvionale di spessore variabile costituita da materiale mal classato e scarsamente arrotondato. Nel complesso, la densità di drenaggio è abbastanza elevata in quanto la maggior parte dei litotipi affioranti nel territorio è costituita da rocce poco permeabili come le formazioni metamorfiche scistose.

L'area in oggetto ricade nella fascia costiera, del territorio comunale di S. Alessio Siculo, nel centro abitato. I caratteri morfologici vedono un'area ad andamento pianeggiante, tipica delle fasce costiere ioniche.

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE STRUTTURALI

2.1 Geologia generale

Il territorio siciliano presenta una conformazione geologica piuttosto articolata e complessa strettamente legata ai differenti processi geodinamici e morfo-evolutivi che si sono verificati nell'area durante il Quaternario (Lentini et al. 1991; Finetti et al. 1991; Monaco et al. 2000, 2002), quali l'attività vulcanico-tettonica, le variazioni del livello marino.



Domini strutturali nel Mediterraneo centrale (da Lentini et al. 1995, modificato)

Dal punto di vista geologico, le principali strutture che caratterizzano la Sicilia sono (Amodio-Morelli et al. 1976; Lentini et al. 1995; Catalano et al. 1996; Finetti et al. 1996; Monaco et al. 2000):

- **L'Avampese Ibleo**, affiorante nei settori Sud-Orientali dell'isola e caratterizzato da una potente successione carbonatica meso-cenozoica, con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche (Patacca et al. 1979; Lentini et al. 1984)
- **l'Avanfossa Gela-Catania**, affiorante nella porzione orientale della Sicilia e costituita da una spessa successione sedimentaria tardo-cenozoica, parzialmente sepolta sotto le coltri alloctone

del sistema frontale della catena (Ogniben 1969; Di Geronimo et al. 1978; Lentini 1982; Torelli et al. 1998);

- la **Catena Appenninico-Maghrebide**, affiorante nella porzione settentrionale dell'isola e costituita da sequenze meso-cenozoiche sia di piattaforma che di bacino, con le relative coperture flyschoidi mioceniche (Ogniben 1969, Amodio-Morelli et al. 1976; Mostardini 1986; Cello et al. 1989; Catalano et al. 1996; Monaco et al. 1998);
- la **Catena Kabilo-Calabride**, affiorante nei settori Nord-orientali della Sicilia e caratterizzata da un basamento metamorfico di vario grado con le relative coperture sedimentarie meso-cenozoiche, cui si associano le unità ofiolitifere del Complesso Liguride (Ogniben 1969; Amodio-Morelli et al. 1976; Bonardi et al. 1982; Tansi et al. 2007)

Nella sua complessità il paesaggio fisico della Sicilia risulta essere, quindi, il risultato di una complessa interazione di diversi fattori geologici, tettonici, geomorfologici e climatici, che nel corso del tempo hanno interessato il territorio in maniera differente.

L'area esaminata ricade nel dominio costituente l'edificio peloritano, cioè l'estrema porzione meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano. Esso è pertanto formato da una struttura a falde, sud-vergente, costituita da unità cristalline, alcune delle quali presentano una copertura sedimentaria meso-cenozoica.

Dal basso verso l'alto, partendo dai lavori di Bonardi et al.(1976), Giunta et al.(1988), Lentini et al. (2000), si riconoscono le seguenti unità:

- **Unità Longi-Taormina.** Costituita da un basamento epimetamorfico, dato da metasedimenti e metavulcaniti, ricoperto da una spessa successione sedimentaria mesocenozoica.
- **Unità di Fondachelli.** Costituita da un basamento epimetamorfico pre-alpino dato da filladi, metareniti, e rare metabasiti e metacalcari.
- **Unità di Mandanici.** Rappresentata da un basamento pre-alpino composto da filladi, quarziti, metabasiti, marmi e porfiroidi.
- **Unità del Mela.** Di nuova definizione (Messina et al., 1992, 1995, 1997 b) in terreni precedentemente ascritti all' Unità dell'Aspromonte, formata da un basamento Varisico
- **Unità dell'Aspromonte.** Formata da un basamento Varisico metamorfico di medio-alto grado, costituito da paragneiss e micascisti, gneiss occhialini e metagranati, anfiboliti, ultramafiti e marmi, intrusi da plutoniti tardo-Varisiche, e in parte riequilibrato in età Alpina.

Le unità sono separate da contatti tettonici di primo ordine, lungo i quali, specie tra le Unità di Fondachelli e di Mandanici, e tra queste e l'Unità dell'Aspromonte, sono presenti lembi di

successioni sedimentarie meso-cenozoiche (“trucioli tettonici”), attribuiti da alcuni Autori all’Unità Longi-Taormina e da Giunta et al. (1988), interpretati come residui delle originarie coperture sedimentarie delle Unità di Fondachelli o di Mandanici. Di questi lembi il più esteso affiora a Capo Ali. In discordanza sulle unità tettoniche descritte, affiora estesamente la formazione di **Stilo-Capo d’Orlando** (Bonardi et al. 1980), di età Oligocene sup.- Miocene inf., costituita essenzialmente da torbititi silico-clastiche la cui sedimentazione si interrompe durante il Langhiano, a seguito del ricoprimento tettonico di una coltre di **argille variegata (Unità Antisicilidi)**, di dubbia provenienza (retroscorrimento del Bacino Sicilide secondo Ogniben, 1960,1969,1973).

In discordanza sulle Unità Antisicilidi, e sui terreni sottostanti, giace la formazione miocenica delle **Calcareni di Floresta**. Depositi **tortoniano-messiniane** sono presenti prevalentemente nella parte settentrionale dei monti Peloritani e poggiano in discordanza su tutti i terreni più antichi.

2.2 Successione litologica dell’area rilevata.

In relazione al quadro geodinamico sopra descritto ed a seguito di un attento rilevamento superficiale, supportata da un’opportuna documentazione cartografica-tematica, l’area d’interesse progettuale può essere inserita nel seguente dominio litostratigrafico (vedi anche carta geologica in allegato):

Depositi Alluvionali recenti

Sono costituiti da limi, sabbie e ghiaie con età risalente all’Olocene. Essi sono il risultato dello smantellamento di rocce di origine metamorfica che affiorano nelle fasce sommatiali e in posizioni più interne, con le relative coperture sedimentarie. Si tratta di sedimenti non litificati dove il carattere tessiturale più immediato è una granulometria varia con un certo arrotondamento. Essi rappresentano i terreni di stretto interesse progettuale in quanto affiorano nell’area su cui ricadrà l’opera in oggetto.

La litologia sopra descritta nella sua naturale conformazione (cioè in assenza di attività antropiche) è solitamente ricoperta da uno strato superficiale di materiale detritico costituente il prodotto di erosione e degradazione della roccia madre, rappresentante anche il terreno vegetale. Lo spessore solitamente varia in 1,00 m circa.

3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

In relazione alle complesse condizioni stratigrafico-strutturali prima descritte, il territorio peloritano, in generale, risulta caratterizzato da particolari condizioni idrogeologiche con conseguente distribuzione alquanto disomogenea delle risorse idriche sotterranee. I terreni affioranti presentano infatti sostanziali differenze di comportamento nei confronti dell'infiltrazione delle acque meteoriche e della circolazione idrica al loro interno, in dipendenza della litologia e delle caratteristiche strutturali che ne condizionano la permeabilità (Amantia et al., 1993; Coltro et al, 1980; Ferrara, 1987, 1993).

Nelle zone a più alta quota, dove affiorano in prevalenza metamorfiti e depositi terrigeni in alternanza fliscioide, la permeabilità è discontinua, dipendendo principalmente dalla frequenza, distribuzione e tipologia delle discontinuità, oltre che dal grado di alterazione superficiale degli ammassi rocciosi. Lungo le fasce collinari, caratterizzate da notevole eterogeneità litologica, le condizioni risultano molto variabili da luogo a luogo per la presenza di termini a permeabilità differente per tipo e grado. Nelle pianure costiere e lungo i fondovalle, dove più estesi e consistenti sono i depositi alluvionali, si riscontrano condizioni di alta permeabilità per porosità che favoriscono l'esistenza di falde estese e di apprezzabili risorse idriche.

I terreni d'interesse progettuale, direttamente presenti nei luoghi di progetto, sono stati ricondotti alle seguenti classi di permeabilità:

Terreni da media ad alta permeabilità:

Rappresentati dai depositi alluvionali e dalla coltre detritica superficiale. Sono caratterizzati da elevata permeabilità per porosità, seppure variabile in relazione alla granulometria, la quale favorisce l'infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica e di deflusso superficiale.

La presenza di falda idrica sotterranea, nei luoghi di progetto, può essere stimata ad una profondità di circa 5,00 m dal piano campagna.

Dai sopralluoghi effettuati non sono state osservate sorgenti o venute a giorno di falde idriche superficiali che potrebbero interferire con la struttura di progetto.

4. PERICOLOSITÀ E VINCOLI GRAVANTI SUL SITO – MITIGAZIONE DEL RISCHIO

4.1- Caratteri generali

Il territorio Comunale di Sant'Alessio Siculo, come esposto nei capitoli precedenti, presenta una morfologia da pianeggiante a subpianeggiante che evolve verso l'interno a caratteristiche prevalentemente collinari. Il centro abitato si sviluppa lungo la fascia costiera e nei primi rilievi ad essa adiacenti e risulta caratterizzato geologicamente da depositi alluvionali e filladi dell'Unità di Mandanici. Le aree che sono soggette a dissesto sono concentrate lungo i rilievi, nella fascia collinare, e le caratteristiche tipologiche del tipo di dissesto, sono connesse alla natura dei terreni in affioramento e di substrato. Principalmente si possono verificare fenomeni di crollo, con distacco di porzioni lapidee, le cui instabilità sono determinate dall'intensa fratturazione dei termini affioranti, e fenomeni di franosità diffusa con erosione lungo i versanti e asportazione del suolo alterato, accompagnato da fenomenologie localizzate di trasporto di massa, crolli e scorrimento della porzione di terreno superficiale.

4.2- Pericolosità gravanti sul sito

L'area d'interesse progettuale è ubicata lungo la fascia costiera, pianeggiante, dove si sviluppa il centro abitato. In tale fascia non sono stati osservati fenomeni di instabilità e/o di evoluzione morfologica tali da indurre fenomeni di dissesto e modificare la stabilità della struttura di progetto. L'area risulta stabile dal punto di vista geomorfologico.

4.3 – Vincoli gravanti sul sito

Dal punto di vista dei vincoli gravanti sul sito, si fa riferimento alla documentazione cartografica sviluppata dall'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana -*Piano Stralcio di Bacino – P.A.I. – Bacino F.ra d'Agrò ed area compresa tra F.ra Agrò e T.te Savoca (098) carta n. 614050 scala 1:10000*

L' aree di progetto risultano così catalogata:

- NON risultano inserite tra le aree a rischio geomorfologico e idraulico (vedi allegati);

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Vengono qui di seguito riassunte in maniera descrittiva le caratteristiche tecniche, compartimentali di massima, dei vari terreni affioranti nell'area d'intervento. Tali caratteristiche sono state ricavate sulla base delle indagini effettuate in loco (vedi report indagini in allegato). In particolare la tomografia sismica ha permesso di ricostruire la successione sismostratigrafica del sito mentre la prova penetrometrica dinamica ha permesso di ricavare le caratteristiche geotecniche di massima del terreno. Viene qui di seguito esposta la stratigrafia verticale partendo dall'alto verso il basso:

TERRENO VEGETALE/RIPORTO ANTROPICO

Nel sito di progetto, sulla base delle indagini, risulta uno spessore superficiale di materiale detritico, intorno a 1,00 m dal p.c.. Si tratta principalmente di terreni incoerenti caratterizzati da sabbia limoso ghiaiosa, che nella parte più superficiale acquistano le caratteristiche di terreno sciolto, terreno vegetale, con la presenza di apparati radicali e abbondanti clasti lapidei. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

TERRENO VEGETALE/RIPORTO	
Angolo di attrito interno (ϕ)	27°
Coesione (t/m^2)	0,00
Peso di volume γ (t/m^3)	1,8

DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

Si tratta di terreni di natura sedimentaria costituiti da limi, sabbie e ghiaie, di derivazione metamorfica, che sono stati deposti e accumulati dall'acqua. Si tratta di sedimenti non litificati dove il carattere tessiturale più immediato è una granulometria varia con un certo arrotondamento. Strutturalmente si trovano distribuiti in livelli che tendono a diminuire di granulometria spostandoci dall'asta fluviale verso l'esterno, cioè in funzione della velocità di trasporto da parte delle acque. Presentano un buon grado di addensamento, buona proprietà drenante e scarso potere compressibile. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI	
Angolo di attrito interno (ϕ)	29° - 31°
Coesione (t/m^2)	0
Peso di volume γ (t/m^3)	1,9

5.1 – Potenziale alla liquefazione dei terreni di fondazione in condizioni sismiche

Dai dati litologici, idrogeologici, geotecnici e geosismici che caratterizzano i terreni d'interesse progettuale, sono scaturiti dei litotipi di fondazione che ci hanno permesso di definire che il ***Rischio Di Liquefazione Risulta “Nullo”***.

Vedasi in allegato la relazione descrittiva con elaborati di calcolo in merito alla valutazione del potenziale di liquefazione del sito d'interesse progettuale.

6. AZIONE SISMICA: CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

6.1 – Pericolosità sismica

Strutturalmente il territorio comunale presenta dei sistemi di faglie (vedi carta geologica) che testimoniano la complessa attività geodinamica di eventi tettonici succedutesi nelle diverse ere geologiche (edificio a falde). Sulla base di ricerche bibliografiche la loro attività è riferibile alle diverse fasi deformative che si sono succedute durante la costruzione dell'edificio tettonico peloritano. Allo stato attuale non si hanno dati, di microzonazione sismica, che mostrino il loro grado di attività. La loro presenza influenza la morfologia del territorio che, come detto precedentemente, è costituito principalmente da versanti acclivi ed aspri con pendii che a volte si presentano molto irti a causa della presenza di evidenti piani di faglia.

I dati sismici sulle faglie attive nel territorio regionale siciliano che possono fare sentire i loro effetti nel territorio comunale di S. Alessio Siculo sono riferibili a:

1. - Il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano. Essa approfondisce le conoscenze e la precisa collocazione spaziale delle faglie attive, in special modo di quelle giudicate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci).

Per **faglia attiva** si intende una lineazione generata in risposta a processi tettonici tuttora in corso e che continueranno probabilmente ad agire nel prossimo futuro. Quindi, una faglia si considera attiva quando si è originata e/o riattivata durante il campo di stress agente correntemente nell'area.

Per faglia **capace** si intende una faglia attiva che ha generato fagliazione superficiale o effetti morfogenici, durante un evento sismico di magnitudo medio-alta negli ultimi 25 Ka.

Qui di seguito viene riportato uno stralcio della mappa del catalogo ITHACA relativo alla zona d'interesse progettuale e dove vengono rappresentate le faglie attive e/o capaci:

Il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano. Essa approfondisce le conoscenze e la precisa collocazione spaziale delle faglie attive, in special modo di quelle giudicate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci).

Per **faglia attiva** si intende una lineazione generata in risposta a processi tettonici tuttora in corso e che continueranno probabilmente ad agire nel prossimo futuro. Quindi, una faglia si considera attiva quando si è originata e/o riattivata durante il campo di stress agente correntemente nell'area.

Per faglia **capace** si intende una faglia attiva che ha generato fagliazione superficiale o effetti morfogenici, durante un evento sismico di magnitudo medio-alta negli ultimi 25 Ka.

Qui di seguito viene riportato uno stralcio della mappa del catalogo ITHACA rappresentante le faglie attive e/o capaci del territorio siciliano, relazionato in funzione del sito di progetto:



Stralcio faglie attive e/o capaci nella fascia ionica in cui ricade il territorio di studio. La linea rossa indica la faglia normale conosciuta con il nome «Messina-Giardini» ritenuta per molti la faglia che ha generato il terremoto di Messina del 1908.

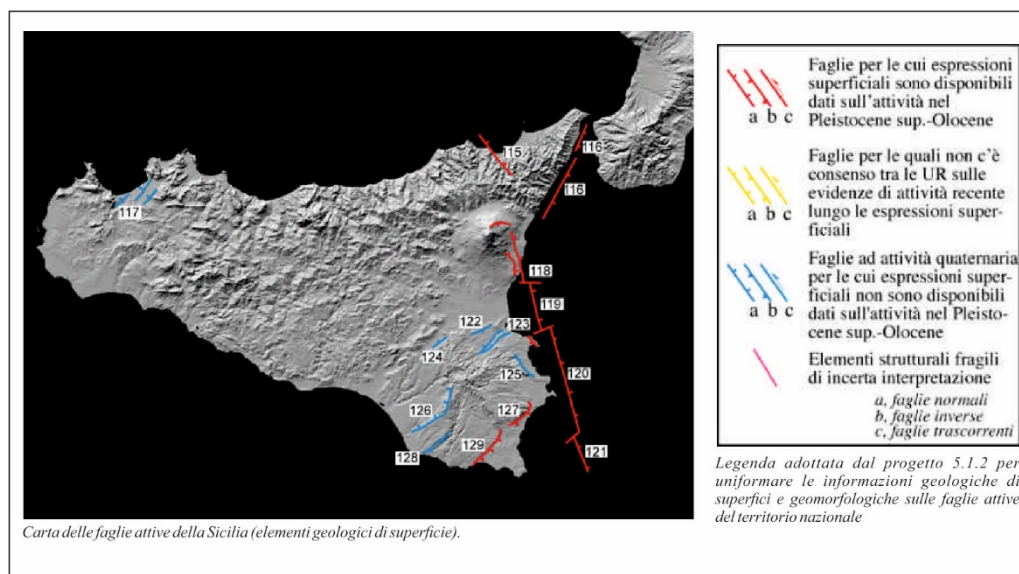
Nella carta, sopra rappresentata, si osserva in **rosso la lineazione e/o faglia**, in direzione nord/est-sud/ovest, a mare, che viene definita la “Messina-Giardini Naxos”, ritenuta da molti geologi la faglia responsabile del terremoto del 1908. Essa rappresenta la fagliazione più vicina che può fare sentire il suo effetto sismico nel territorio di studio, d’interesse progettuale.

2. - Altre informazioni invece sono date dal progetto “*Sintesi dell’attività svolta nell’ambito del progetto 5.1.2 “Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili” – Stato di conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie – F. Galadini, C. Meletti, E. Vittori.*

Il progetto 5.1.2 “Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili” è legato alle ricerche in campo sismotettonico condotte dal GNDT nell’arco temporale di più di un decennio.

Da diversi anni sono in corso di realizzazione presso vari enti delle banche dati contenenti le informazioni disponibili sulle faglie attive del territorio nazionale. Gli esempi più significativi

vengono dall'Istituto Nazionale di Geofisica (ING) (Valensise e Pantosti, 1999) e dall'ANPA (Vittori et al., 1997). La creazione di un inventario di faglie attive è stato ritenuto necessario per fornire in maniera sintetica informazioni sulla tettonica attiva utili ad un disegno aggiornato della zonazione del territorio nazionale. Qui di seguito viene mostrata la carta sulle faglie attive della Sicilia dal progetto 5.1.2.

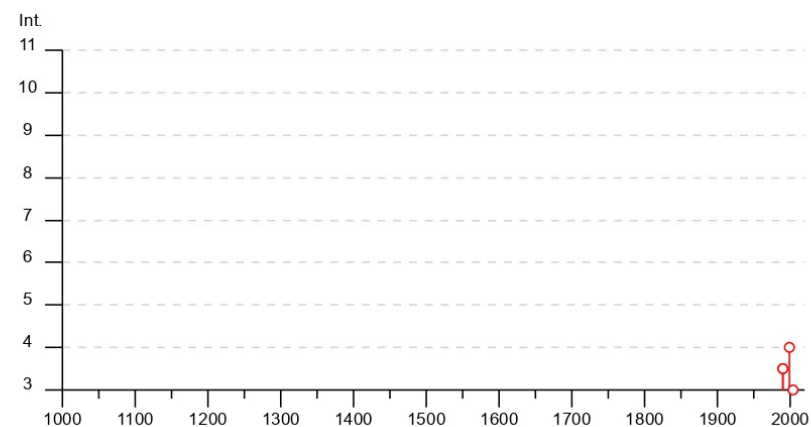


3. - Per quanto concerne la sismicità storica del comune di Furci Siculo facciamo riferimento al Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI 15 – a cura di Andrea Rovida, Mario Locati, Romano Camassi, Barbara Lolli, Paolo Gasperini. CPTI15 è un prodotto scientifico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) la cui realizzazione ha richiesto anni di lavoro e raccoglie il frutto della ricerca di diversi autori di diversi enti. Il catalogo copre l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti, e contiene 4760 terremoti nella finestra temporale 1000-2017. Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza. La magnitudo utilizzata è la magnitudo momento (M_w) e in tutti i casi è riportata la relativa incertezza.

Qui di seguito vengono riportati i dati storici dei terremoti che hanno interessato il Comune di S. Alessio Siculo, con le loro intensità. Come si evince dalla documentazione gli eventi più rilevanti che hanno fatto sentire di più il loro effetto, in termini di intensità (magnitudo), sono stati quelli con area epicentrale "Sicilia Sud-Orientale" e "Isole Eolie" con un valori di intensità superiore a 5 (vedi lo storico qui di seguito).

Sant'Alessio Siculo

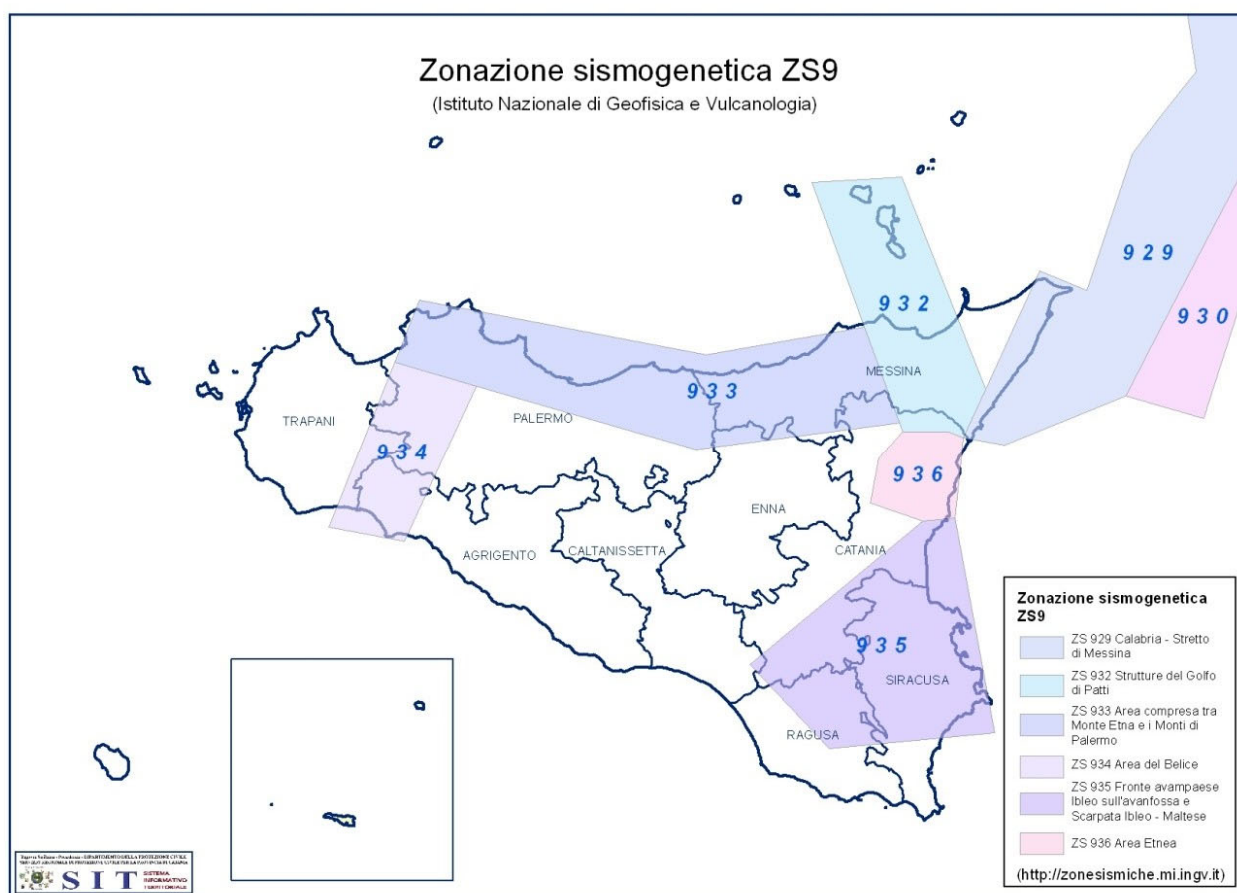
PlaceID IT_67296
 Coordinate (lat, lon) 37.924, 15.349
 Comune (ISTAT 2015) Sant'Alessio Siculo
 Provincia Messina
 Regione Sicilia
 Numero di eventi riportati 6



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
3-4	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105		4.38
4	1999	02	14	11	45	5	Golfo di Patti	101	6	4.66
NF	2001	04	22	13	56	3	Etna - Versante occidentale	55	6	4.19
3	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

4. – Cartografia a scala nazionale **Zonazione sismogenetica ZS9**, prodotta dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, elaborata dall'INGV, valutabile sulla base di uno schema geodinamico e sismotettonico nonché sulla sismogenesi (geometria delle sorgenti e comportamento atteso) degli eventi tettonici. La ZS9 propone la suddivisione del territorio nazionale in fasce che presentano al loro interno requisiti di omogeneità in relazione alle caratteristiche geo-strutturali, cinematiche e sismiche.

L'area di progetto ricade nella zona 929 (vedi carta qui di seguito riportata) interessata dalle zone sorgenti della Calabria fino allo stretto di Messina. Essa si rifà ai vari eventi sismici a più elevata magnitudo tra i quali spiccano la sequenza del 1783 e i terremoti del 1905 e 1908.

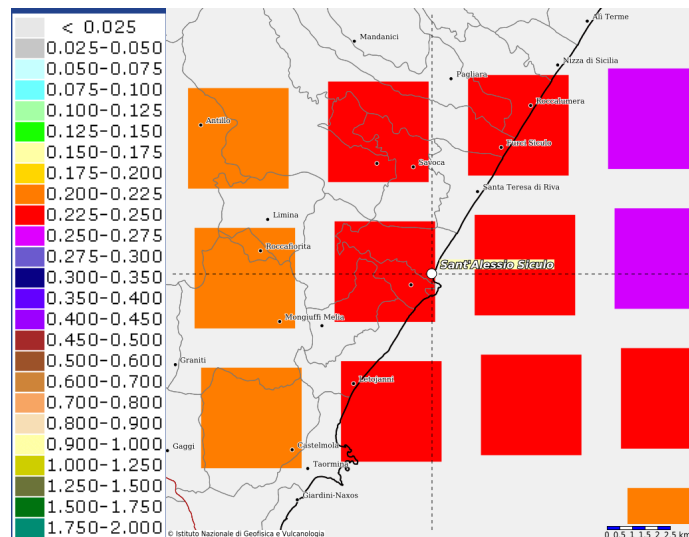
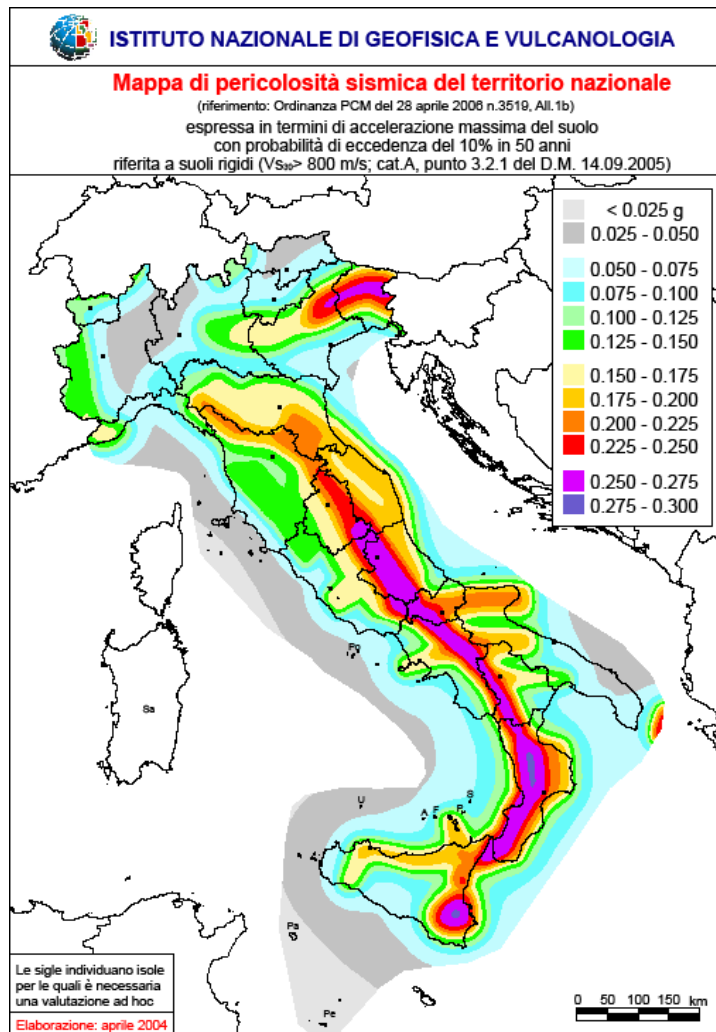


Zonazione sismogenetica della Sicilia-Calabria. Le diverse zone identificano stili deformativi differenti con differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc., differenze che per una corretta valutazione della pericolosità sismica sono significative.

Infine si ha:

5. - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale, proposta dall'INGV, costituente la base o punto di riferimento, dei dati di pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005. **Da essa sono stati determinati, dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, i parametri contenuti nell'allegato A del D.M. 14.01.2008.**

L'area in esame secondo la Mappa della pericolosità sismica realizzata dall'INGV, rientra in una delle zone a maggiore pericolosità dell'intero territorio nazionale, essendo caratterizzata da valori di accelerazione massima del suolo comprese tra 0,225 e 0,250g (figura pag.19).



Mappa interattiva di pericolosità sismica

6.2 – Normativa di riferimento ai fini progettuali

Le “*Norme Tecniche per le Costruzioni - Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018,*” sono emesse ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l’Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell’art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall’art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm ii.. Esse definiscono i principi per il progetto, l’esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell’area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 , T_c , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti. Qui di seguito viene inserita la mappa interattiva di pericolosità sismica del Comune di Gallodoro

6.3 Categoria di sottosuolo e condizioni Topografiche

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,ep}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,ep} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,ep}$ è definita dal parametro V_{s30} ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Nell'area in oggetto, sulla scorta dei dati a disposizione dello scrivente, ricavati dalla prova di sismica attiva di tipo MASW (vedi report indagini in allegato), effettuata nel sito di progetto, il sedime di fondazione viene classificato come di **tipo C (Tabella 3.2.II – D.M. 14.01. 2008)**.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie Topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Il sito di progetto ricade nella fascia costiera ad andamento pianeggiante; sulla base della tabella sopra esposta possiamo considerare tale area come di **categoria T1**.

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base agli studi e accertamenti effettuati nell'area in oggetto, e in base a quanto esposto nei paragrafi precedenti, è possibile trarre le seguenti conclusioni:


- L' area in esame è situata nel territorio comunale di Furci Siculo (ME), e ricade nella *Tavoletta di "S. Teresa di Riva" alla scala 1:25000 della carta d'Italia - Foglio n° 262, quadrante: I, Orientamento: N.E. Coordinate geografiche (WGS84): Lat. 37.924076°; Long. 15.347862° (indicanti un punto posto al centro dell'area d'intervento). Altitudine: 7,00 m s.l.m. (circa).*
- **Analisi morfologica:** l'area in oggetto ricade nella fascia costiera, del territorio comunale di S. Alessio Siculo (ME), nel centro abitato. I caratteri morfologici vedono un'area ad andamento pianeggiante, tipica delle fasce costiere ioniche.
- **Analisi idrogeologica:** dai dati raccolti durante la fase di rilevamento di superficie, confrontati con quelli idrogeologici locali non sono state osservate sorgenti o venute a giorno di falde idriche superficiali che potrebbero interferire con la struttura di progetto. La falda idrica si posiziona intorno a 5,00 m dal p.c..
- **Condizioni di pericolosità sul sito:** l'area di progetto può essere valutata come stabile dal punto di vista geomorfologico e idraulico. Nell'area di progetto non si sono riscontrati fenomenologie di dissesto in atto o potenziali.
- **Vincoli gravanti sul sito:** dal punto di vista dei vincoli gravanti sul sito, si fa riferimento alla documentazione cartografica sviluppata dall'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana -*Piano Stralcio di Bacino – P.A.I. – Torrente Savoca (099) – Torrente Pagliara ed area tra T.te Pagliara e T.te Fiumedinisi (100), carta n. 614050 scala 1:10000.* L'area di progetto **NON** risulta inserita tra le aree a rischio geomorfologico e idraulico (vedi allegati);
- **Litologia e geotecnica dell'area in oggetto:** i terreni di stretto interesse geotecnico sono i *"Depositi Alluvionali Recenti"*. Essi sono costituiti da limi, sabbie e ghiaie di derivazione metamorfica che sono stati depositi e accumulati dall'acqua. Si tratta di sedimenti non litificati

dove il carattere tessiturale più immediato è una granulometria varia con un certo arrotondamento.

- **Valutazione del potenziale di liquefazione del sito in oggetto:** dai dati litologici, idrogeologici, geotecnici e geosismici che caratterizzano i terreni d'interesse progettuale, sono scaturiti dei litotipi di fondazione che ci hanno permesso di definire che il ***Rischio Di Liquefazione Risulta “Nullo”***. Vedasi in allegato la relazione descrittiva con elaborati di calcolo in merito alla valutazione del potenziale di liquefazione del sito d'interesse progettuale.
- **Risposta sismica locale:** nell'area in oggetto, sulla scorta dell'indagine di sismica attiva di tipo MASW, effettuata nel sito di progetto, il sedime di fondazione viene classificato come di **tipo C (Tabella 3.2.II – D.M. 17.01.2018)**. Riguardo invece l'andamento topografico, l'area in oggetto, viene inserita nella categoria **T1 (Tab. 3.2.III del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le Costruzioni”)**.

Savoca, li 10/08/2021

Il Geologo Relatore
Dott. Fabio UCCHINO



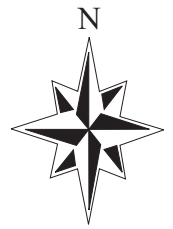
The image shows a circular official stamp of the Regional Order of Geologists of Sicily (Ordine Regionale dei Geologi della Sicilia). The stamp contains the text: 'Ordine Regionale dei Geologi della Sicilia', 'Dott. Geol. UCCHINO FABIO', 'n. 2889', and 'Sez. A'. A handwritten signature in blue ink is written over the stamp.

ELABORATI GRAFICI

- *Corografia dell'area in scala 1:25.000*
- *Ortofoto scala 1:2000*
- *Carte del Rischio e della Pericolosità proposta dal P.A.I. in scala 1:10.000*
- *Carta Geologica in scala 1:10000*
- *Sezione Geolitologica scala 1:100*
- *Report indagini*
- *Valutazione potenziale liquefazione*

STRALCIO COROGRAFICO

scala 1:25000

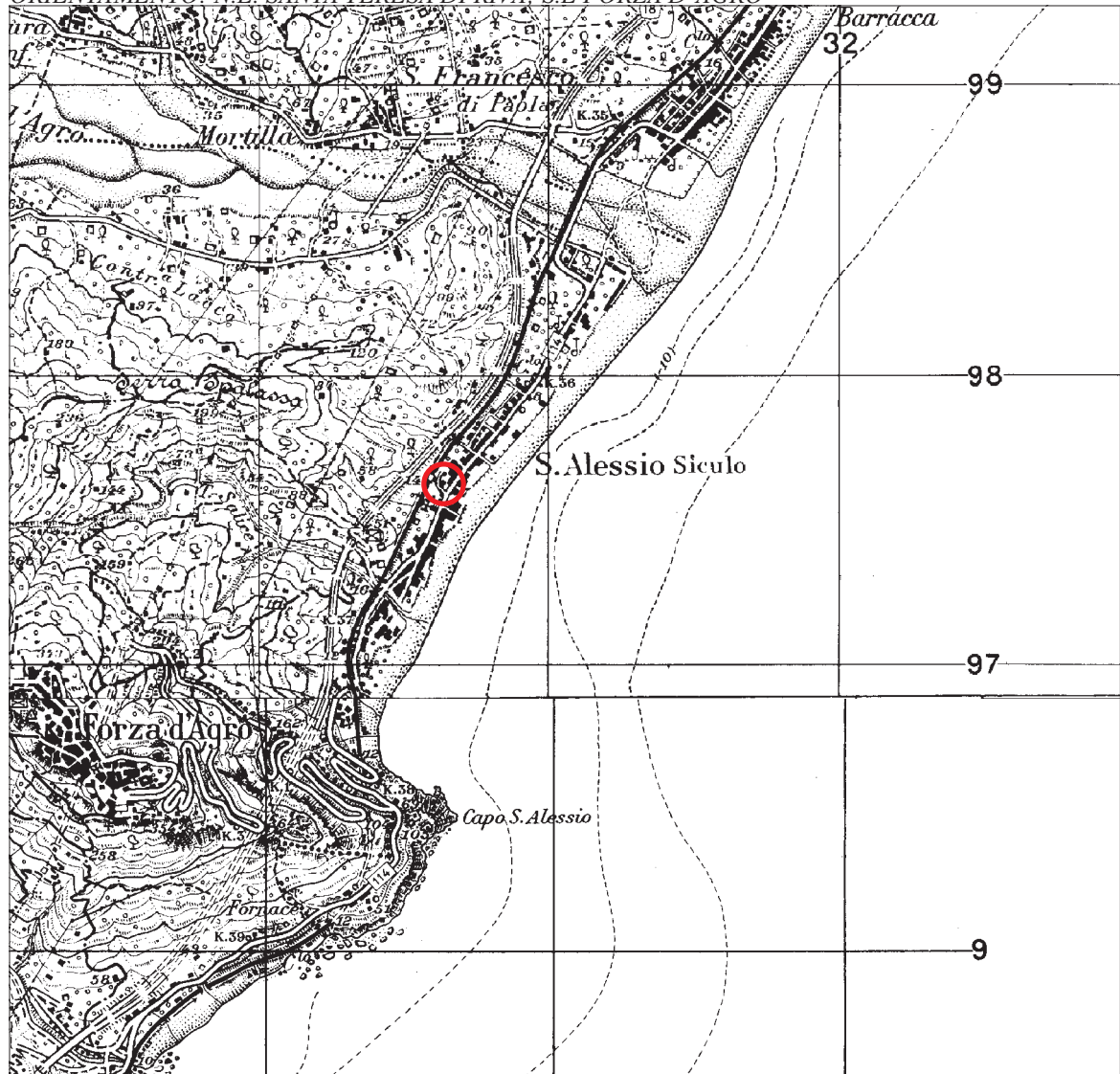


Area d'interesse progettuale.

FOGLIO: N° 262

QUADRANTE: I

ORIENTAMENTO: N.E. SANTA TERESA DI RIVA; S.E FORZA D'AGRO'



ORTOFOTO
Scala 1:2000



Area d'interesse progettuale





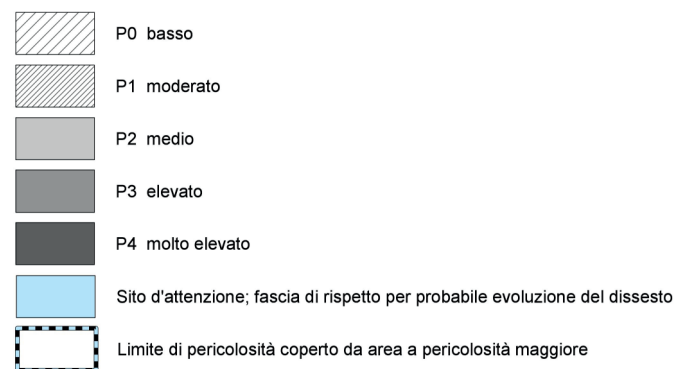
 Limite della F.ra d'Agrò ed area tra F.ra d'Agrò e T.te Savoca (098)

 Limite comunale

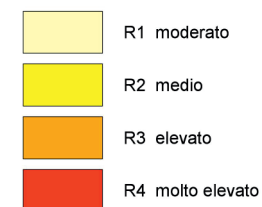
 *Aree d'interesse progettuale*



LIVELLI DI PERICOLOSITÀ



LIVELLI DI RISCHIO



REPUBBLICA ITALIANA



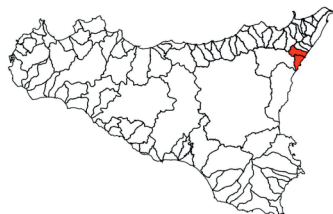
Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART.1 D.L. 180/98 convertito con modifiche con la L.267/98 e ss. mm. ii.)

Area tra F. Alcantara e F.ra d'Agrò (097)
Bacino Idrografico della F.ra d'Agrò ed area
tra F.ra d'Agrò e T.te Savoca (098)

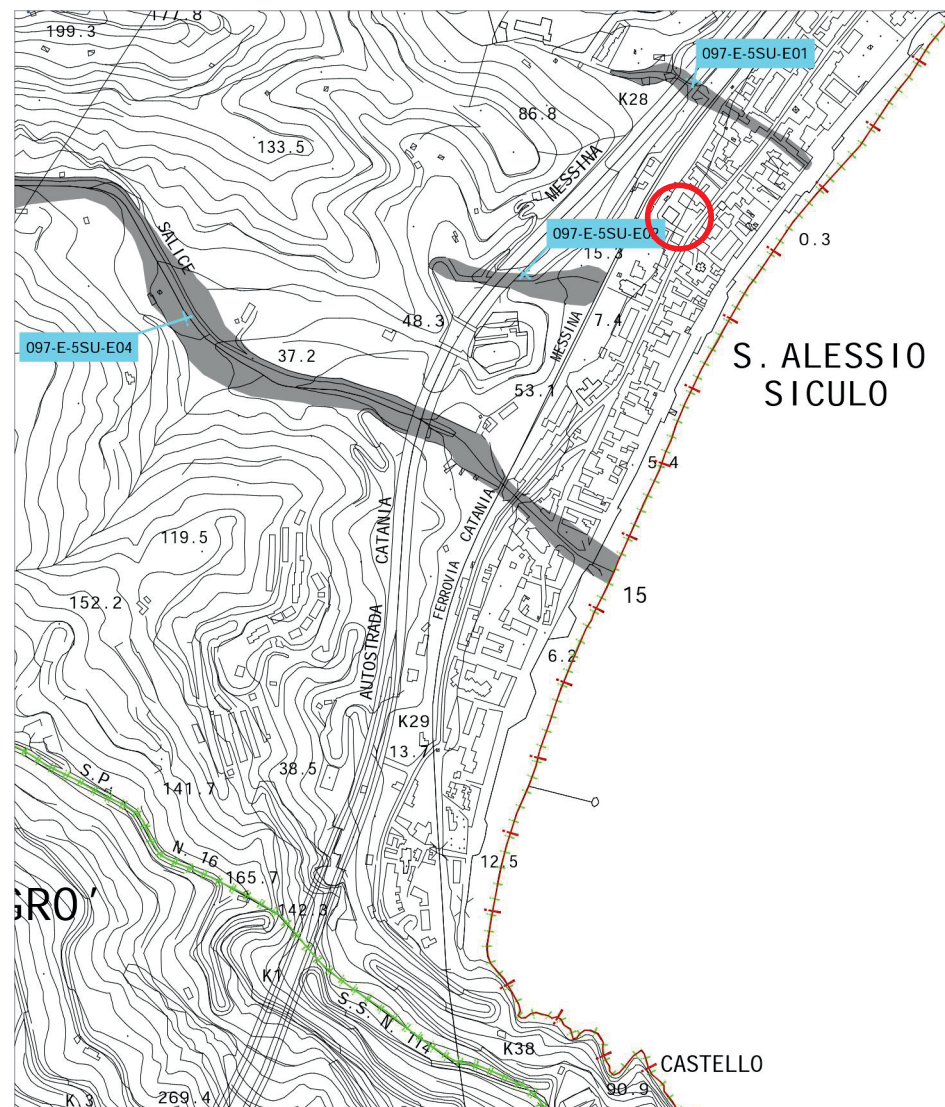


CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 07

COMUNI DI :
FORZA D'AGRO - LETOJANNI - SANT'ALESSIO SICULO - SANTA TERESA DI RIVA - SAVOCA
Scala 1:10.000

1 600150		
2 613030	3 613040	4 614010
5 613070	6 613080	7 614050
8 613110	9 613120	
10 613150	11 613160	

Anno 2006









VALORI DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

	P1 Pericolosità bassa
	P2 Pericolosità moderata
	P3 Pericolosità alta
	Sito d'attenzione


- Area tra F. Alcantara e F.ra d'Agrò (097)
- Bacino Idrografico della F.ra d'Agrò ed area tra F.ra d'Agrò e T.te Savoca (098)
- Limite comunale
- Aree d'interesse progettuale

CARTA GEOLOGICA

scala 1:10000

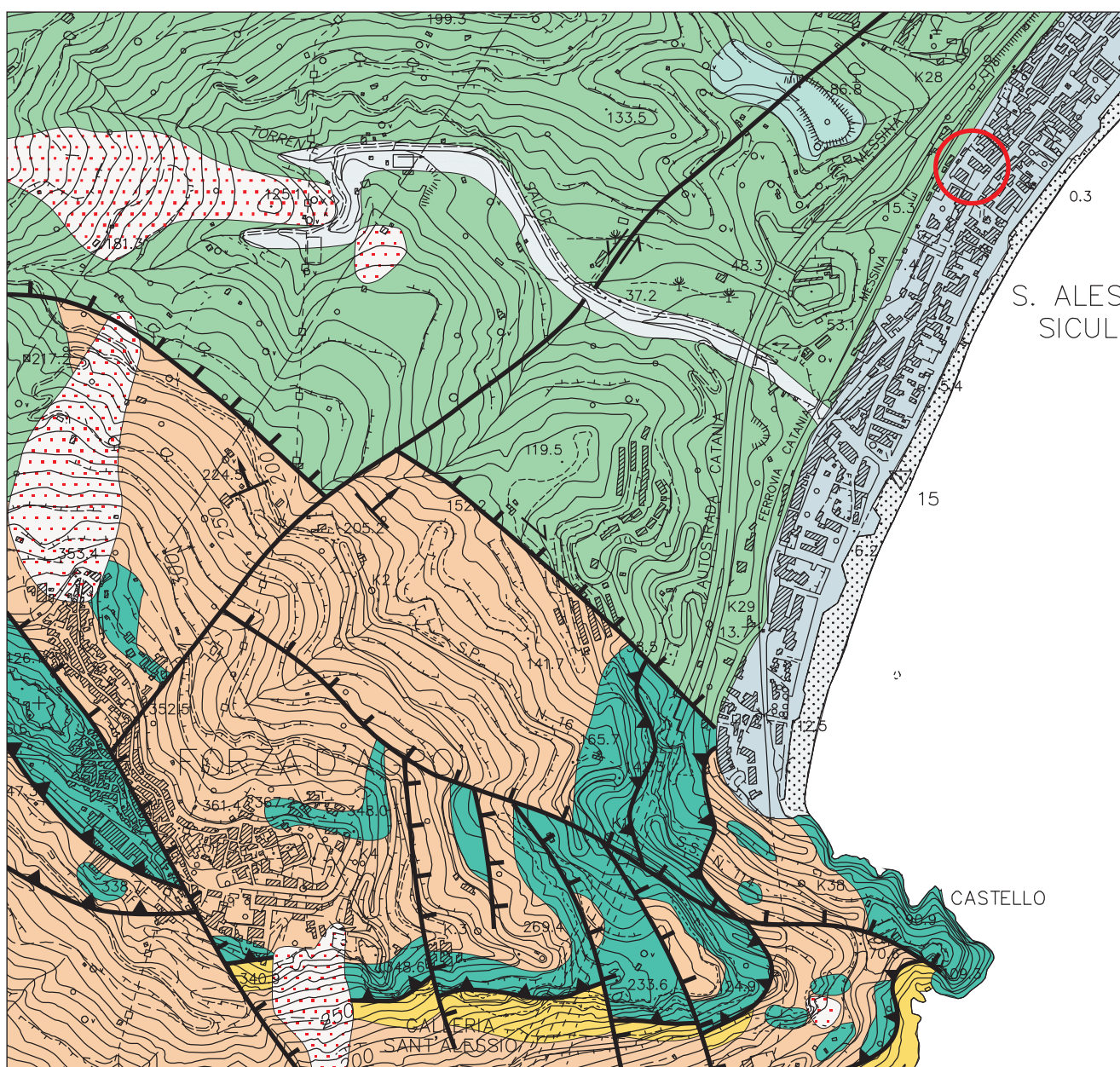
-  *Detrito di versante*
-  *Depositi alluvionali attuali (a) e spiagge (b). OLOCENE*
-  *Depositi alluvionali recenti. OLOCENE*
-  *Terrazzi marini. PLEISTOCENE SUP.*
-  *Flysch di capo d'Orlando. OLIGOCENE SUP. - MIOCENE INF.*
-  *Conglomerato Rosso*

UNITÀ DI MANDANICI

-  *Dolomie Grigie. GIURASSICO SUP.*
-  *Filladi*

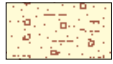
 *Area d'interesse progettuale*

-  *Faglie trascorrenti*
-  *Faglie dirette*
-  *Faglie inverse o thrust*
-  *Giacitura degli strati*



SEZIONE GEOLITOLOGICA

Scala 1:100



Terreno vegetale/Riporto antropico



Depositi Alluvionali



COMUNE DI S. ALESSIO SICULO
Provincia di Messina

Oggetto

RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “ *Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio*”.

RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI

Visti di competenza

Data inizio indagine:		Archivio	Rapp:
Data fine indagine:		Revis. 00/2021	

IL TECNICO
(Dott. Geol. Fabio UCCHINO)



COMMITTENTE:
AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI
S. ALESSIO SICULO

	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 1 di 19

INDICE

1. Premessa	pag. 2
2. MASW	pag. 2
2.1 <i>Normativa Italiana</i>	
2.2 <i>Normativa Europea</i>	
2.3 <i>Apparecchiatura utilizzata e geometria dell'array</i>	
2.3 <i>Analisi spettrale ed inversione della curva di dispersione</i>	
3. Tomografia Sismica	pag. 15
3.1 <i>Interpretazione dell'indagine tomografica</i>	
4. Prove Penetrometriche dinamiche continue DIN	pag. 16
5. Rapporto Conclusivo sulle indagini	pag. 18

	<p align="center">RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”</p>	<p align="center">Rev. 0 - 08/2021 Pag. 2 di 19</p>
--	--	---

1. PREMESSA

Su incarico della Dell'Amministrazione Comunale di S. Alessio Siculo (Me) è stata eseguita una campagna di indagini sismo-stratigrafiche esecutive a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”. Scopo della campagna d'indagine, preso atto delle previsioni progettuali, è stata quella di caratterizzare sismicamente i terreni interessati dagli interventi in previsioni. La tipologia d'indagine da eseguire, il numero e il loro posizionamento sono state valutate opportunamente, di concerto col progettista, tenendo conto delle necessità progettuali e della situazione morfologica dei luoghi analizzati. Tutte le indicazioni di cui al presente rapporto, atto a dare indicazioni sismo – stratigrafiche puntuali saranno verificate in fase operativa con la direzione e l'alta sorveglianza geologica.

2. MASW

2.1 Normativa Italiana

- ✓ O.P.C.M. 3271/2003
- ✓ D.M. 15/09/2005 Testo Unico sulle costruzioni.
- ✓ Decreto MIT del 17 Gennaio 2018 e relative NCT 2018

La normativa nazionale di riferimento, definisce l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio dal substrato fino al piano di posa di fondazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 3 di 19

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 1 – Tabella 3.2.II delle NCT 2018 – Categorie di Suolo in funzione della velocità delle onde di Taglio V_s

La $V_{s,eq}$ (m/s) non è una semplice media aritmetica delle V_{si} dei singoli strati, ma è una velocità “equivalente” degli strati posti tra il piano di posa delle fondazioni ed il sub-strato rigido.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella Tab. 3.2.II delle NCT 2018 riportate in precedente.

	<p align="center">RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”</p>	<p align="right">Rev. 0 - 08/2021 Pag. 4 di 19</p>
--	--	--

2.2 APPARECCHIATURA UTILIZZATA E GEOMETRIA DELL'ARRAY

Per la ricostruzione del modello geofisico è stata eseguita un'indagine con il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

La strumentazione utilizzata è composta da:

- Sistema di energizzazione: Mazza del peso di 8 Kg battente su piastra circolare in acciaio;
- Sistema di ricezione: Geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa con frequenza propria di 4,5 Hz, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una sorgente;
- Sistema di acquisizione: Sismografo Sysmatrack della M.A.E. s.r.l. con risoluzione di 24 bit e 24 canali, alimentazione 12 V esterna, notebook PC Windows XP con software di gestione strumentazione collegato alla centrale (sismografo) mediante interfaccia USB 2;
- Sistema di trigger: Geofono Starter con frequenza propria di 14 Hz che produce un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati che fissa l'inizio della registrazione.



Figura 2 - Strumentazione di acquisizione del segnale sismico (Sismografo Sysmatrack della M.A.E. s.r.l – S/N: M043979)

Le acquisizioni sono state effettuate utilizzando **array lineari** composti da 24 geofoni disposti secondo lo schema riportato di seguito.

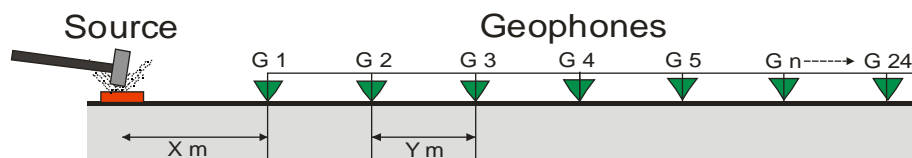


Figura 3 – Geometria dell'array lineare adottato: $X = 2,00\text{ m}$; $Y = 1,00\text{ m}$ (Masw 01)

2.3 INTERPRETAZIONE MASW

	<p align="center">RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”</p>	<p align="center">Rev. 0 - 08/2021 Pag. 5 di 19</p>
--	--	---

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 5) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_S$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_S$.

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



Figura 5 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

	<p align="center">RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”</p>	<p align="center">Rev. 0 - 08/2021 Pag. 6 di 19</p>
--	--	---

- 1 Nel “**metodo attivo**” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare (*array lineare*) composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- 2 Nel “**metodo passivo**” lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “*microtremori*”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

La normativa nazionale ed europea in materia antisismica definisce l'azione sismica di progetto sulla base del parametro $V_{s,eq}$. Questo rappresenta la “*velocità equivalente*” di propagazione delle onde S ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove $V_{S,i}$ e h_i sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato i-esimo.

Il V_s , così calcolato, consente la determinazione del “**tipo di sotto-suolo**” secondo le prescrizioni di cui alla **Tabella 3.2.II delle NCT 2018**.

A tal fine l'analisi sismica con tecnica **Masw attiva** (Multichannel analysis of surface waves) è stata eseguita secondo l'array riportato nello schema successivo.

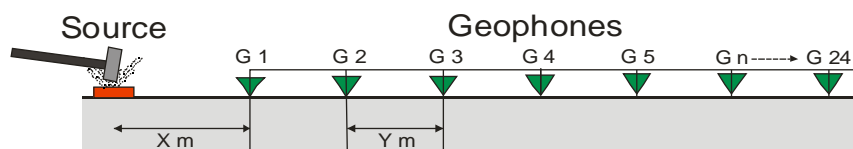


Figura 4 – Geometria dell'array lineare adottato MASW 01 ↔ $X = 1,00\text{ m}$; $Y = 1,00\text{ m}$

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Easy MASW - nr.lic. 6NENH-FPNVN-6A0FG-3NEI5). L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “phase velocity-frequency (v-f)” che analizza l'energia di

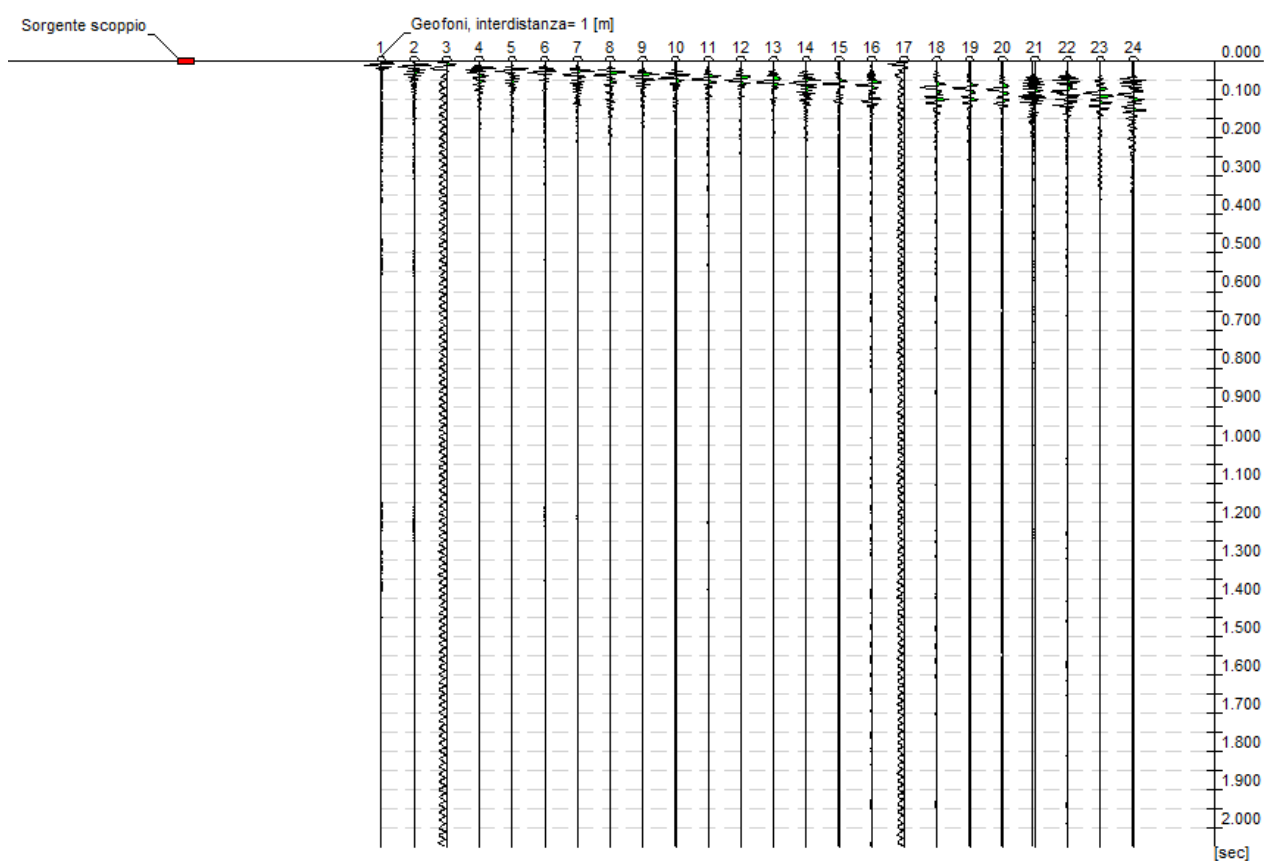
	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 7 di 19

propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica, in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie attraverso il piccaggio dei massimi energetici. Tale piccaggio consente la determinazione della curva di dispersione ed il profilo 1D delle Vs per successiva inversione.

N. tracce 24
Durata acquisizione [msec] 2048.0

Interdistanza geofoni [m] 1,0

Periodo di campionamento [msec] 1,00



2.4 ANALISI SPETTRALE ED INVERSIONE DELLE CURVA DI DISPERSIONE

Dal passaggio del sismogramma al dominio delle frequenze e la combinazione delle immagini migliori, dei diversi tiri, al fine di rafforzare i massimi energetici alle varie frequenze, si ottengono le immagini spettrali combinate dei tiri effettuate per le singole indagini (Fig. 8).

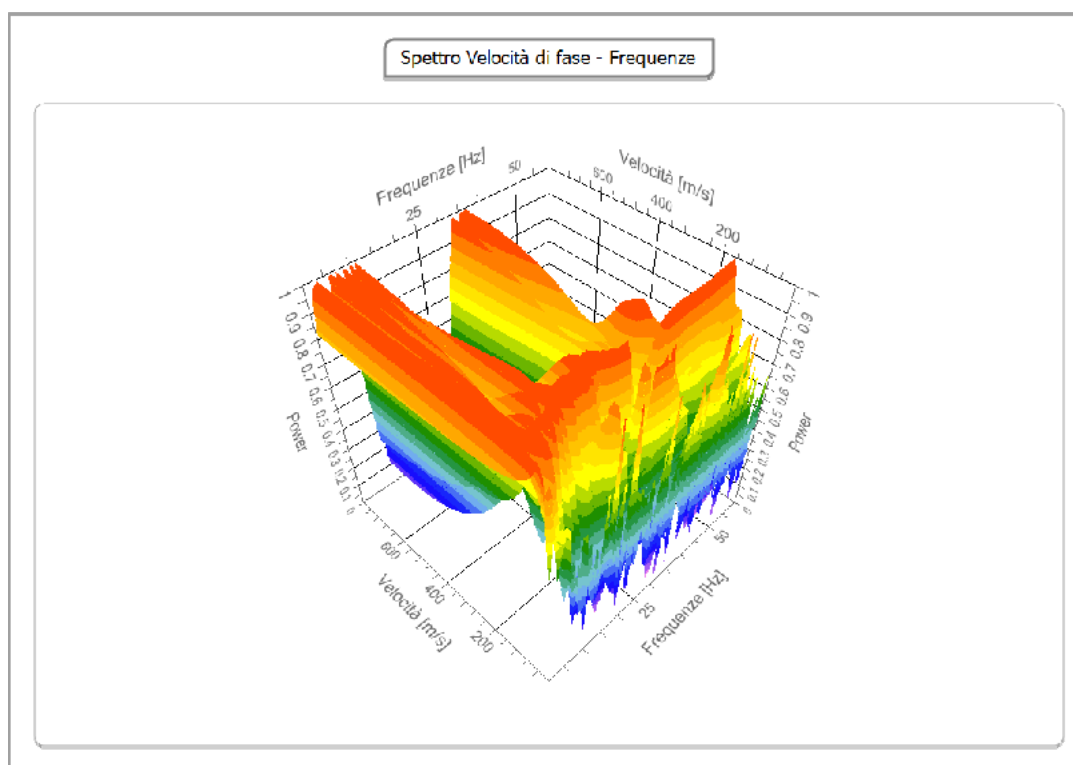
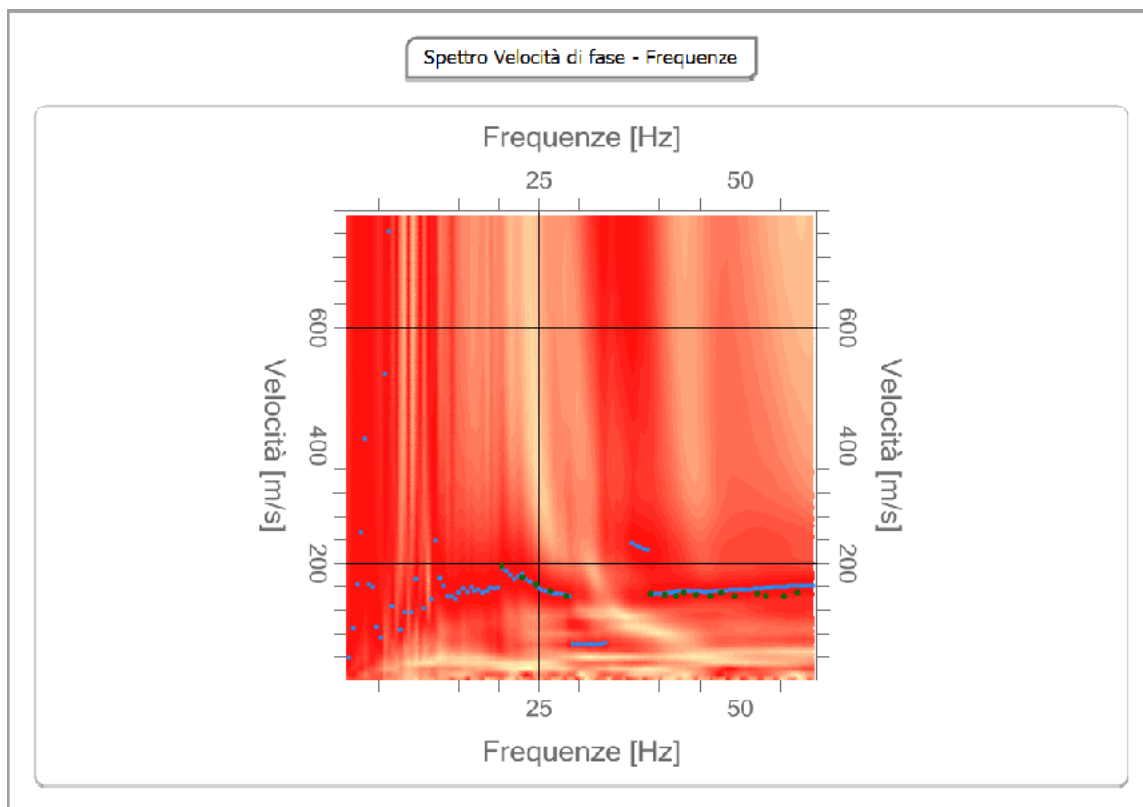


Figura 8 –Immagine spettrale 3D (Velocità /frequenza) – *MASW 01*.

Il piccaggio delle immagini spettrali genera una curva di dispersione sperimentale, la cui inversione genera una curva di dispersione “sintetica”, associata al modello monodimensionale 1-D del profilo verticale di velocità delle onde S (fig. 9).



Curva di dispersione – MASW 01

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	20.5	196.1	0
2	23.1	175.7	0
3	24.7	162.7	0
4	26.5	153.4	0
5	28.5	144.1	0
6	39.0	147.8	0
7	40.7	145.9	0
8	42.2	144.1	0
9	43.0	149.7	0

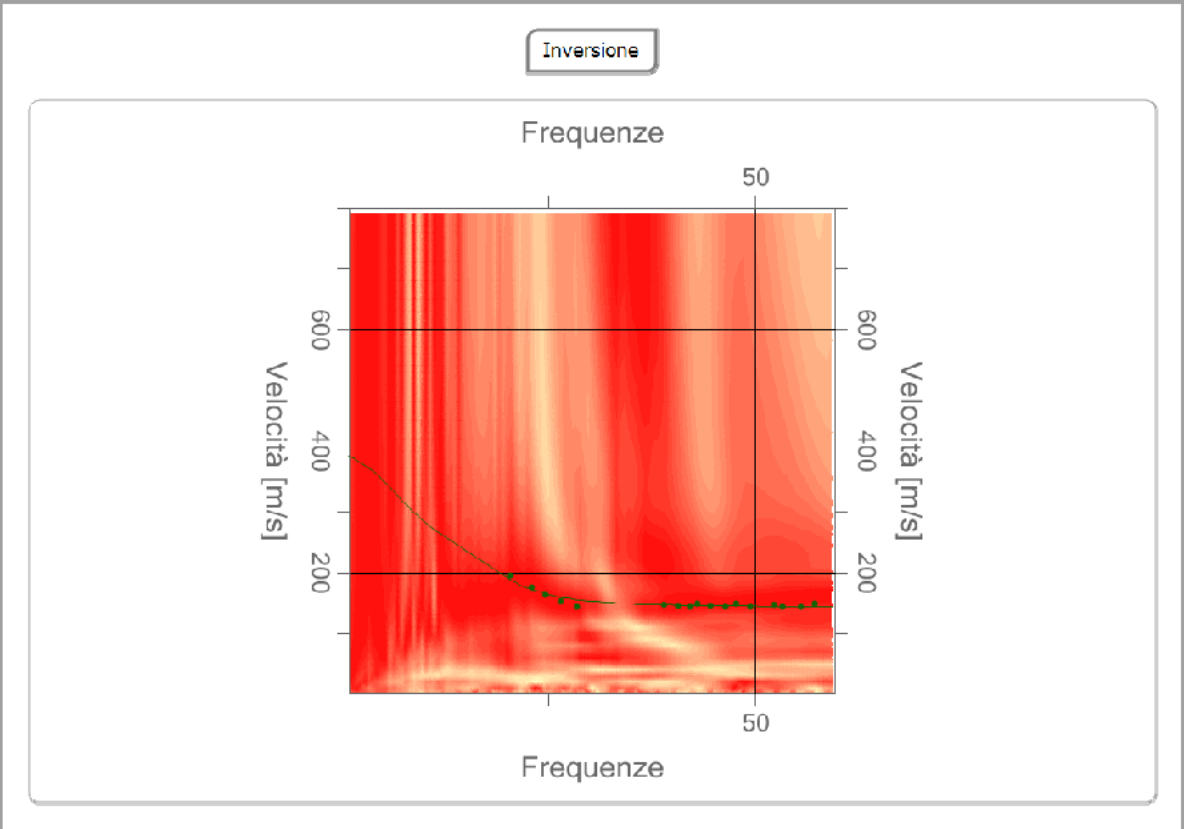
	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 10 di 19

10	44.6	145.9	0
11	46.4	144.1	0
12	47.7	149.7	0
13	49.4	144.1	0
14	52.2	147.8	0
15	53.3	144.1	0
16	55.5	144.1	0
17	57.1	149.7	0

Figura 9 – Piccaggio delle immagini spettrali e curve di dispersione sperimentale

Inversione – MASW 01

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.09	3.09	0.2	No	258.3	158.2
2	7.63	4.54	0.2	No	541.8	331.8
3	13.72	6.09	0.3	No	696.1	372.1
4	21.16	7.43	0.3	No	752.9	402.4
5	29.80	8.64	0.3	Si	807.1	431.4
6	oo	oo	0.3	Si	715.4	438.1



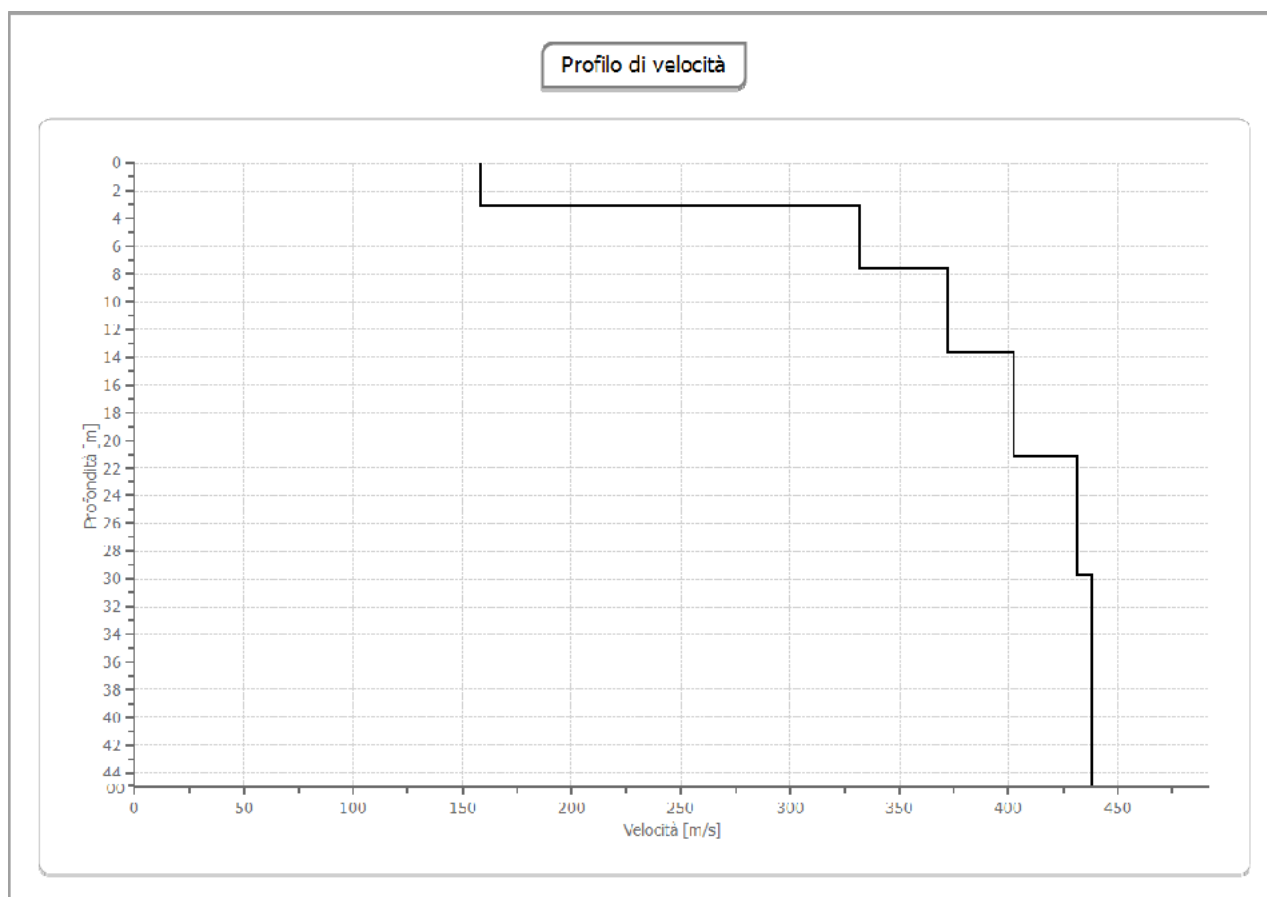


Figura 10 –Dispersione e profilo 1D delle Velocità verticali delle onde S

Dall’analisi del modello sismico monodimensionale è stato possibile calcolare il valore della velocità equivalente V_s mediante la nota relazione:

$$MASW = V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \leftrightarrow V_{s,eq} = 338,71 \text{ m/sec (al piano campagna con } H= 30,00 \text{ m)}$$

	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 13 di 19

3. TOMOGRAFIA SISMICA

La Tomografia sismica rappresenta la metodologia d'indagine più recente che oltre alla determinazione delle velocità delle onde di compressione V_p e di taglio V_s e dei parametri elastici del terreno, fornisce indicazioni sull'assetto stratigrafico (sismostratigrafia) del sottosuolo. Tale tecnica, che limita i problemi interpretativi dovuti agli strati ad inversione di velocità (orizzonte fantasma), consiste nella ricostruzione di sezioni bidimensionali (2D) realizzate mediante serie di stendimenti sismici a rifrazione con sismografo a 24 canali.

L'elaborazione tomografica e la restituzione del modello geofisico viene effettuata con il software RAYFRAC (Refraction Seismics and Seismic Traveltime Tomography) che esegue per l'inversione tomografica con il metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wavepath) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo.

Per il trattamento dei dati per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano; la presentazione delle elaborazioni eseguite dà come risultato una mappa della distribuzione delle velocità sismiche in una sezione piana contenente le sorgenti ed i geofoni.

L'interpretazione tomografica dei dati di sismica a rifrazione, è stata effettuata attraverso le seguenti fasi:

- ✓ l'acquisizione dei dati;
- ✓ piccaggio dei primi impulsi;
- ✓ avvio del processo d'inversione con il metodo WET;
- ✓ Controllo del “fitting” tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del
- ✓ processo di inversione;
- ✓ Output grafico della sezione tomografica.

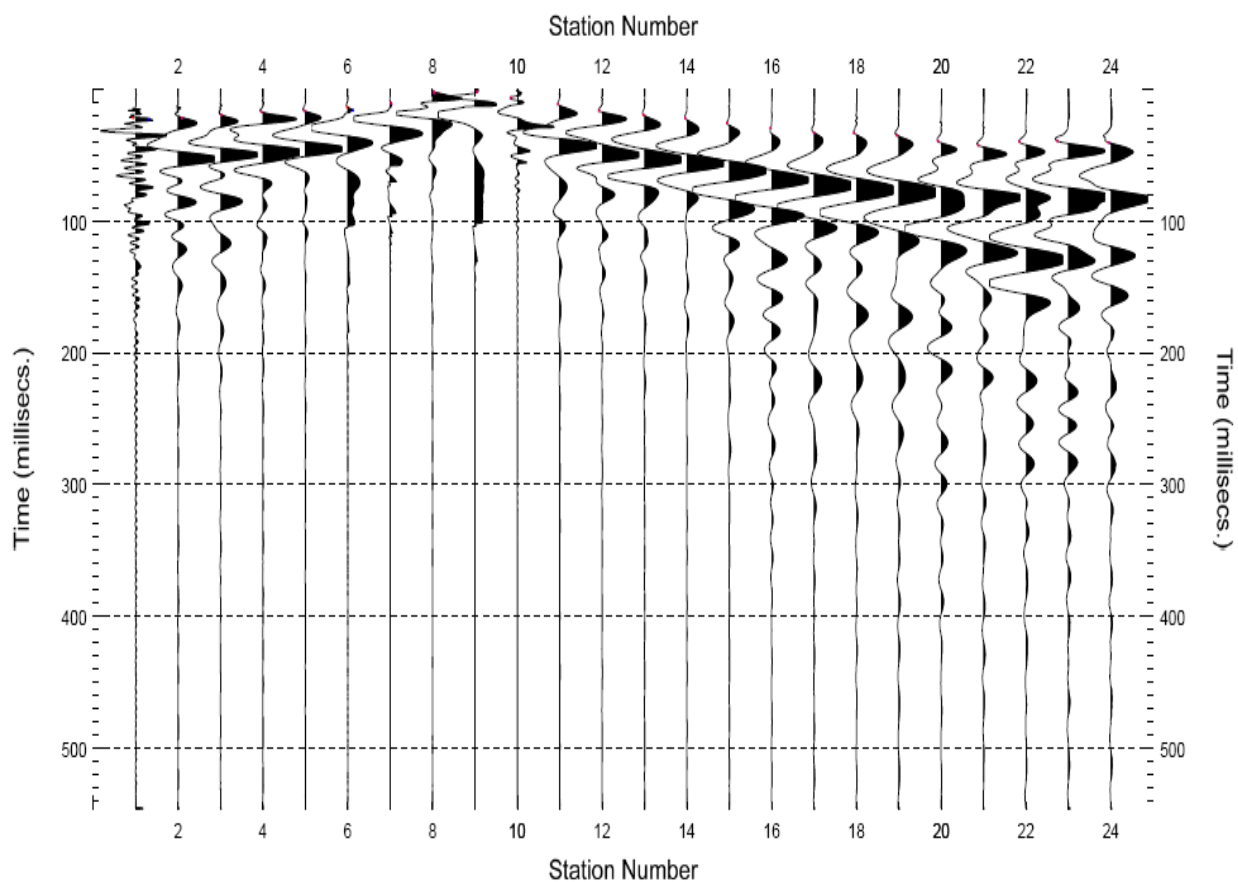


Figura 11 – Tomografia sismica T01 – Tiro n° 3.

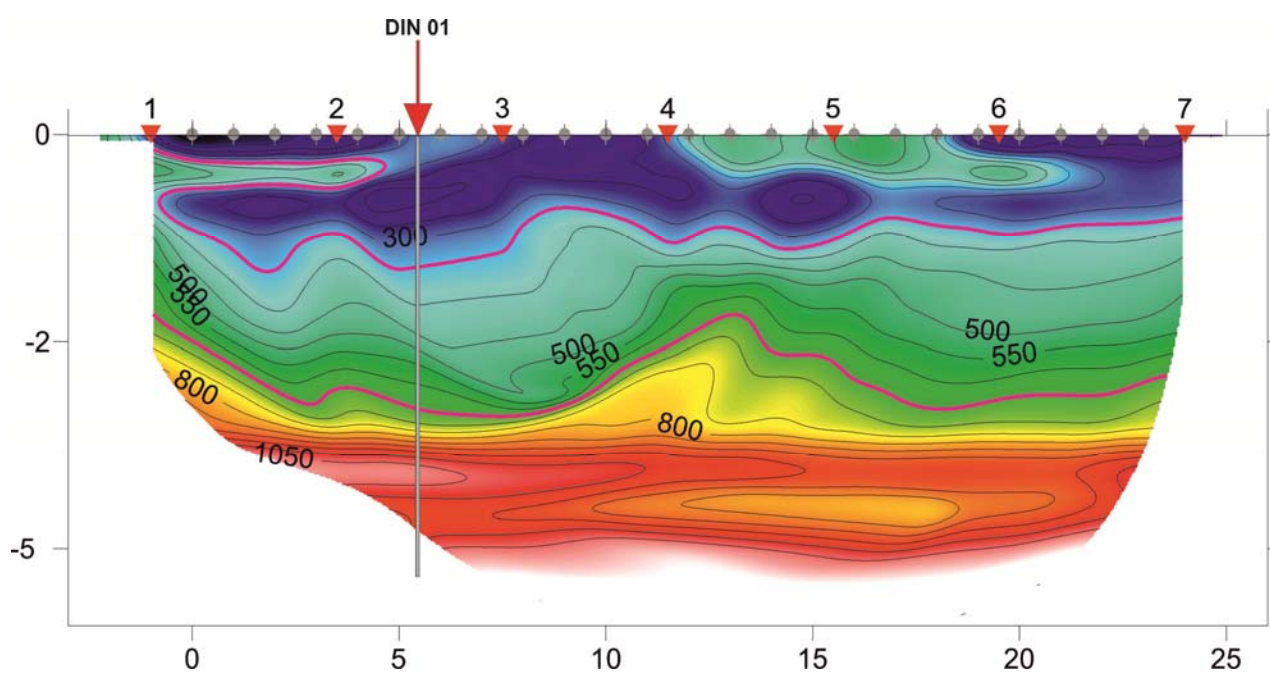


Figura 12 – Sezione Tomografica Sismo-stratigrafica T01.

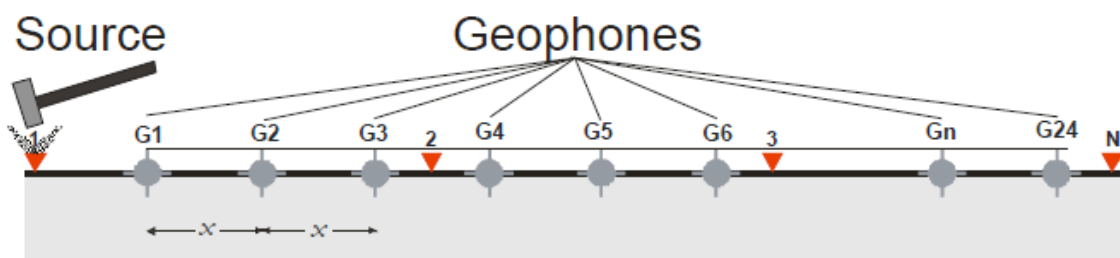
	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 15 di 19

3.1 Interpretazione dell'indagine tomografica

A supporto del progetto di cui all'oggetto, è stata realizzata una prospezione sismica a rifrazione con interpretazione tomografica, adottando l'array lineare disposto secondo la planimetria allegata e con le seguenti caratteristiche geometriche:

T01: \leftrightarrow interasse $x = 1,00 \text{ m}$ - lunghezza ml 24,00 (onde P) - Scoppi n° 7;

Lo schema di acquisizione delle linee (lunghezza, posizione dei punti di energizzazione etc.) è il seguente:



In allegato sono riportate le sezioni tomografiche ottenute dall'elaborazione delle onde P con il programma RAYFRAC 3.18 (Refraction Seismics and Seismic Traveltime Tomography) – Licenza n° 5431713.

Dalla sezione tomografica elaborata, a cui si rimanda per una specifica acquisizione dei dati, è possibile dedurre, dall'alto verso il basso, la seguente successione sismo-stratigrafica interpretativa:

TOMO 01

- ✓ Materiale assimilabile a riporto antropico e/o terreni di copertura con basso grado di addensamento, velocità V_p fino a 400 m/s , e potenza massima fino a $1,00 \text{ m}$ circa;
- ✓ Orizzonte assimilabile a depositi sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati, con $V_p < 550,00 \text{ m/s}$, e potenza massima di circa $2,10 \text{ m}$;
- ✓ Orizzonte assimilabile a depositi sabbioso-ghiaiosi addensati, $V_p > 550,00 \text{ m/s}$.

Per maggior dettaglio si rimanda alla visione degli elaborati tecnici allegati.

	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 16 di 19

4. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE - DIN

4.1 – ATTREZZATURA UTILIZZATA E METODO D'ESECUZIONE

La prova consiste nel misurare il numero di colpi necessari ad infiggere nel terreno lo scandaglio penetrometrico, per tratti di 10 cm, sotto la spinta di una massa battente di 30 Kg con volata costante di 20 cm, lo strumento utilizzato è del tipo **Deep Drill – DM 30 (60°)** (*Scheda Tecnica Allegata*).

I passi di misura, la registrazione dei numeri di colpi, le correzioni operate (*i valori dei numeri di colpi troppo alti ed anomali sono stati scartati*), quindi la determinazione dei parametri geotecnici, sono riportati nelle tabelle allegate a cui si rimanda per una specifica lettura.

4.2 – Elaborazione dei dati ed calcoli dei parametri

L'analisi dei risultati, rappresentati dai diagrammi di avanzamento delle varie prove penetrometriche, ci ha permesso di determinare i valori di *resistenza alla punta/profondità* (*formula Olandese*) e l'elaborazione statistica del Nspt secondo la correlazione:

$$N_{spt} = \beta t N_{10}$$

I valori così ottenuti sono stati utilizzati per la determinazione dei seguenti parametri geotecnici:

TERRENI GRANULARI

Dr % (secondo Terzaghi e Peck 1948-1967)

φ^I (secondo Yokitake Shioi e YiroKikuni 1982)

E^I (secondo Appollonia e altri 1970)

Vs (secondo Ohta e Goto 1978).

4.3 – Risultati ottenuti dalle prove effettuate

A seguito dell'applicazione delle sopraindicate formule e correlazioni, nonché dall'elaborazione complessiva dei dati acquisita nella campagna d'indagine, è stato possibile estrapolare un **modello a 3** caratterizzato da terreni di copertura antropica, detritici e di substrato geologico in posto. Tale orizzonti risultano caratterizzati geotecnicamente secondo l'elaborazione statistica seguente:

	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 17 di 19

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					
n°	H		Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	1,00	3	79	29	11	27	214	1,86	1,38	---	---	---	---	0,77	Copertura/Riparto Antropico
2	1,00	3,50	8	125	63	28	29	252	1,91	1,46	---	---	---	---	1,78	Sabbie e Ghiaie Med. Addensate
3	3,50	5,10	14	156	99	41	31	299	1,96	1,53	---	---	---	---	2,92	Sabbie e Ghiaie Addensate
4	5,10	5,20	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8,54	Rifiuto Strumentale

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta_s = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

Per maggior dettaglio si rimanda alla visione degli elaborati tecnici allegati.

	<p align="center">RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”</p>	<p align="right">Rev. 0 - 08/2021 Pag. 18 di 19</p>
--	--	---

5. RAPPORTO CONCLUSIVO

Le indagini effettuate sull'area d'interesse progettuale, ci hanno permesso di ricostruire un modello Sismo-Stratigrafico e geotecnico dell'area d'intervento. La tipologia d'indagini eseguite, il numero e il loro posizionamento sono state valutate opportunamente, di concerto col progettista, tenendo conto delle necessità progettuali e della situazione morfologica dei luoghi analizzati. Sulla base di quanto esposto nei precedenti paragrafi è possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive:

- ✚ L'analisi geofisica con tecnica *MASW* (*Multichannel analysis of surface waves*) ci ha permesso di individuare la seguente velocità:

(al piano campagna con $H = 30,00 \text{ m}$)

$$MASW = V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad \leftrightarrow \quad V_{S,eq} = 338.71 \text{ m/sec}$$

Pertanto, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, **a meno di assunzioni cautelative del progettista**, il sito d'interesse progettuale, ai sensi della Tabella 3.2.II delle NCT 2018, è classificabile come ***Suolo di Categoria “C”***;

- ✚ L'analisi sismo-stratigrafica ci ha permesso di dedurre, dall'alto verso il basso, la seguente successione sismo-stratigrafica interpretativa:

TOMO 01

- ✓ Materiale assimilabile a riporto antropico e/o terreni di copertura con basso grado di addensamento, velocità V_p fino a 400 m/s , e potenza massima fino a $1,00 \text{ m}$ circa;
- ✓ Orizzonte assimilabile a depositi sabbioso-ghiaiosi mediamente addensati, con $V_p < 550,00 \text{ m/s}$, e potenza massima di circa $2,10 \text{ m}$;
- ✓ Orizzonte assimilabile a depositi sabbioso-ghiaiosi addensati, $V_p > 550,00 \text{ m/s}$.

	RAPPORTO CONCLUSIVO INDAGINI – Indagini a supporto dello Studio Geologico per i “Lavori di recupero ristrutturazione e/o costruzione nuovo edificio scolastico - Scuola Elementare A. Gussio”	Rev. 0 - 08/2021
		Pag. 19 di 19

✚ L'elaborazione dei dati della prova penetrometrica dinamica continua ci ha permesso di caratterizzare il sedime di fondazione come in dettaglio rappresentato dagli elaborati testografici allegati.

Per maggior dettaglio si rimanda agli elaborati testo/grafici allegati.

Addì, Agosto 2021



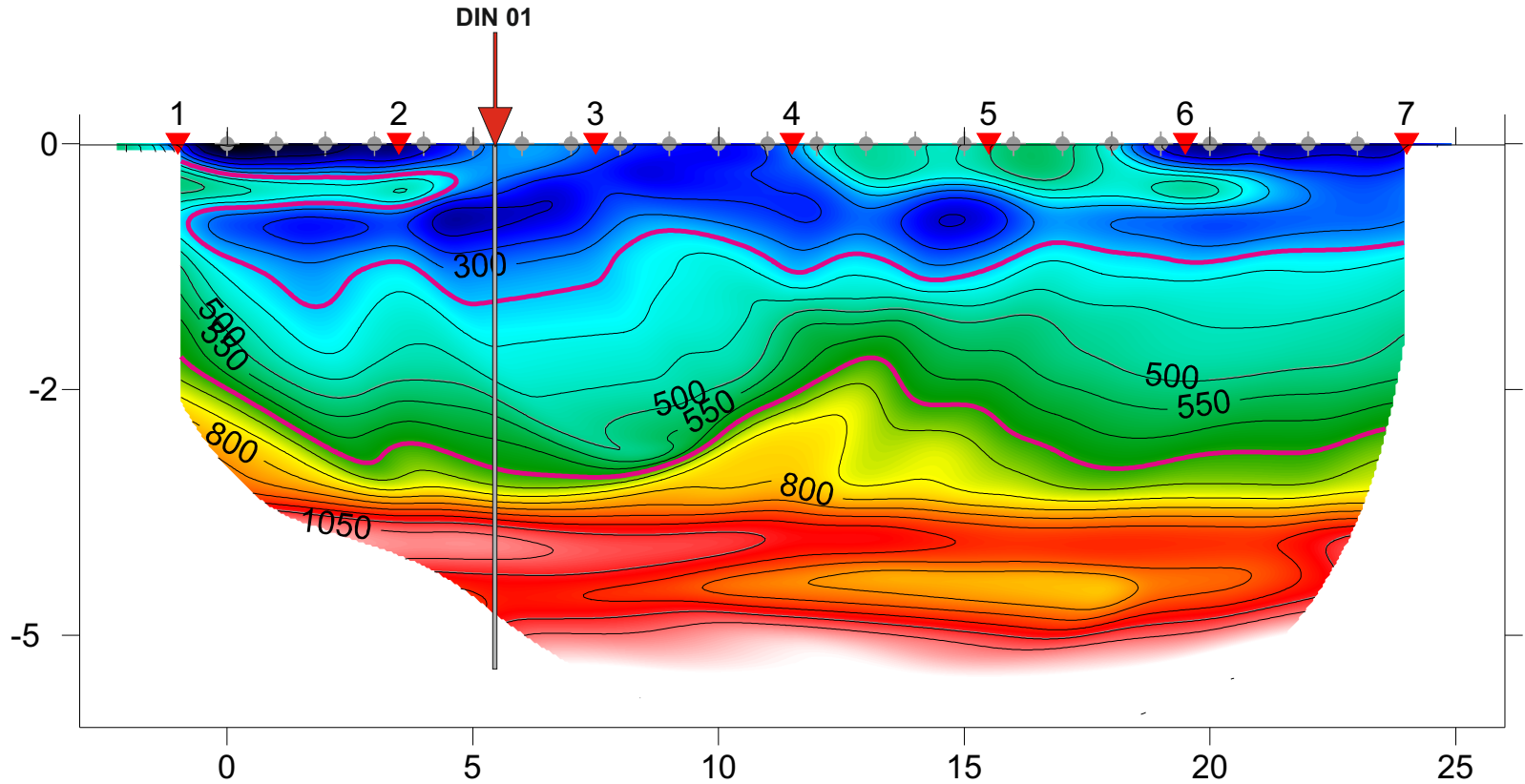
Dott. Geologo UCCHINO Fabio



SEZIONE TOMOGRAFICA-SISMOSTRATIGRAFICA

TOMO_01

SCUOLA ELEMENTARE A. GUSSIO, 20 WET iterations, RMS error 0.9 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.18



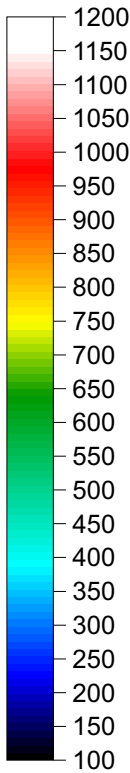
TOMOGRAFIA SISMICA CON ONDE P

LEGENDA

Prova Penetrometrica

Scoppi

Geofoni



Velocità delle
onde P m/sec

TOMO_01

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DM-30 (60°)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : **DM-30 (60°)**

MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	M _s = 13,60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,0000 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L _a = 1,00 m
MASSA ASTE PER METRO	M _a = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P ₁ = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
RENDIMENTO SPECIFICO x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 6,00 kg/cm ² (prova SPT : Q _{spt} = 7,83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ (teoricamente : N _{spt} = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = massa battente (altezza caduta H)
P = massa totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm ² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar = 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Comune di S. Alessio Siculo (Me)
- lavoro : Scuola Elementare A. Gussio
- località :

- data prova : 09/08/2021
- quota inizio : 0.00
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 09/08/2021

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	8	31,3	1	2,60 - 2,70	12	42,5	3
0,10 - 0,20	2	7,8	1	2,70 - 2,80	11	39,0	3
0,20 - 0,30	2	7,8	1	2,80 - 2,90	10	33,8	4
0,30 - 0,40	5	19,6	1	2,90 - 3,00	9	30,5	4
0,40 - 0,50	4	15,7	1	3,00 - 3,10	8	27,1	4
0,50 - 0,60	2	7,8	1	3,10 - 3,20	7	23,7	4
0,60 - 0,70	3	11,7	1	3,20 - 3,30	10	33,8	4
0,70 - 0,80	2	7,8	1	3,30 - 3,40	12	40,6	4
0,80 - 0,90	2	7,4	2	3,40 - 3,50	12	40,6	4
0,90 - 1,00	10	37,2	2	3,50 - 3,60	18	60,9	4
1,00 - 1,10	10	37,2	2	3,60 - 3,70	18	60,9	4
1,10 - 1,20	12	44,6	2	3,70 - 3,80	19	64,3	4
1,20 - 1,30	12	44,6	2	3,80 - 3,90	15	48,6	5
1,30 - 1,40	10	37,2	2	3,90 - 4,00	17	55,0	5
1,40 - 1,50	10	37,2	2	4,00 - 4,10	18	58,3	5
1,50 - 1,60	12	44,6	2	4,10 - 4,20	19	61,5	5
1,60 - 1,70	10	37,2	2	4,20 - 4,30	20	64,7	5
1,70 - 1,80	9	33,5	2	4,30 - 4,40	20	64,7	5
1,80 - 1,90	13	46,1	3	4,40 - 4,50	18	58,3	5
1,90 - 2,00	10	35,4	3	4,50 - 4,60	17	55,0	5
2,00 - 2,10	9	31,9	3	4,60 - 4,70	18	58,3	5
2,10 - 2,20	6	21,3	3	4,70 - 4,80	19	61,5	5
2,20 - 2,30	8	28,3	3	4,80 - 4,90	19	59,0	6
2,30 - 2,40	9	31,9	3	4,90 - 5,00	15	46,6	6
2,40 - 2,50	10	35,4	3	5,00 - 5,10	16	49,7	6
2,50 - 2,60	8	28,3	3	5,10 - 5,20	55	170,7	6

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

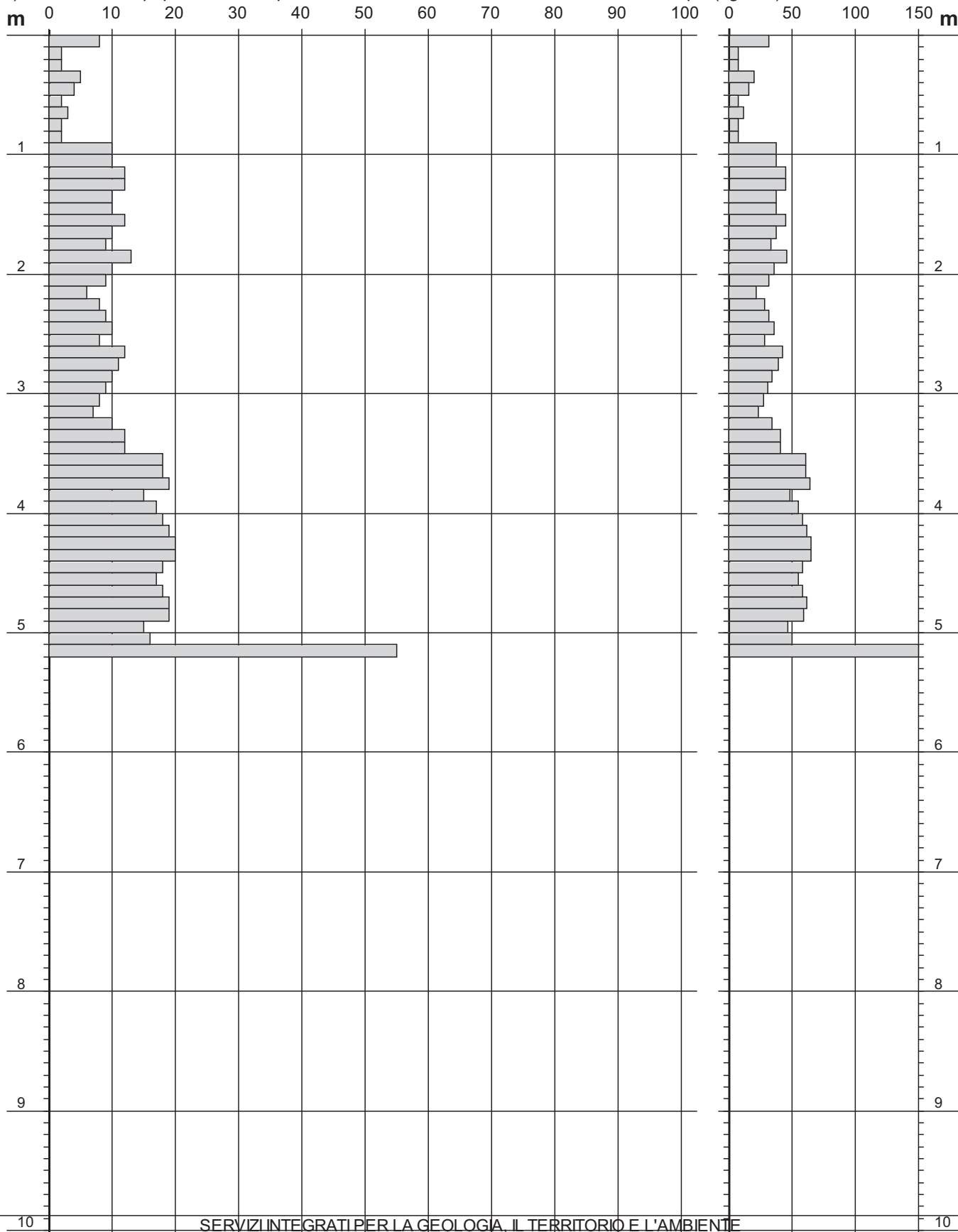
- committente : Comune di S. Alessio Siculo (Me)
- lavoro : Scuola Elementare A. Gussio
- località :

- data prova : 09/08/2021
- quota inizio : 0.00
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 09/08/2021

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10,00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 1

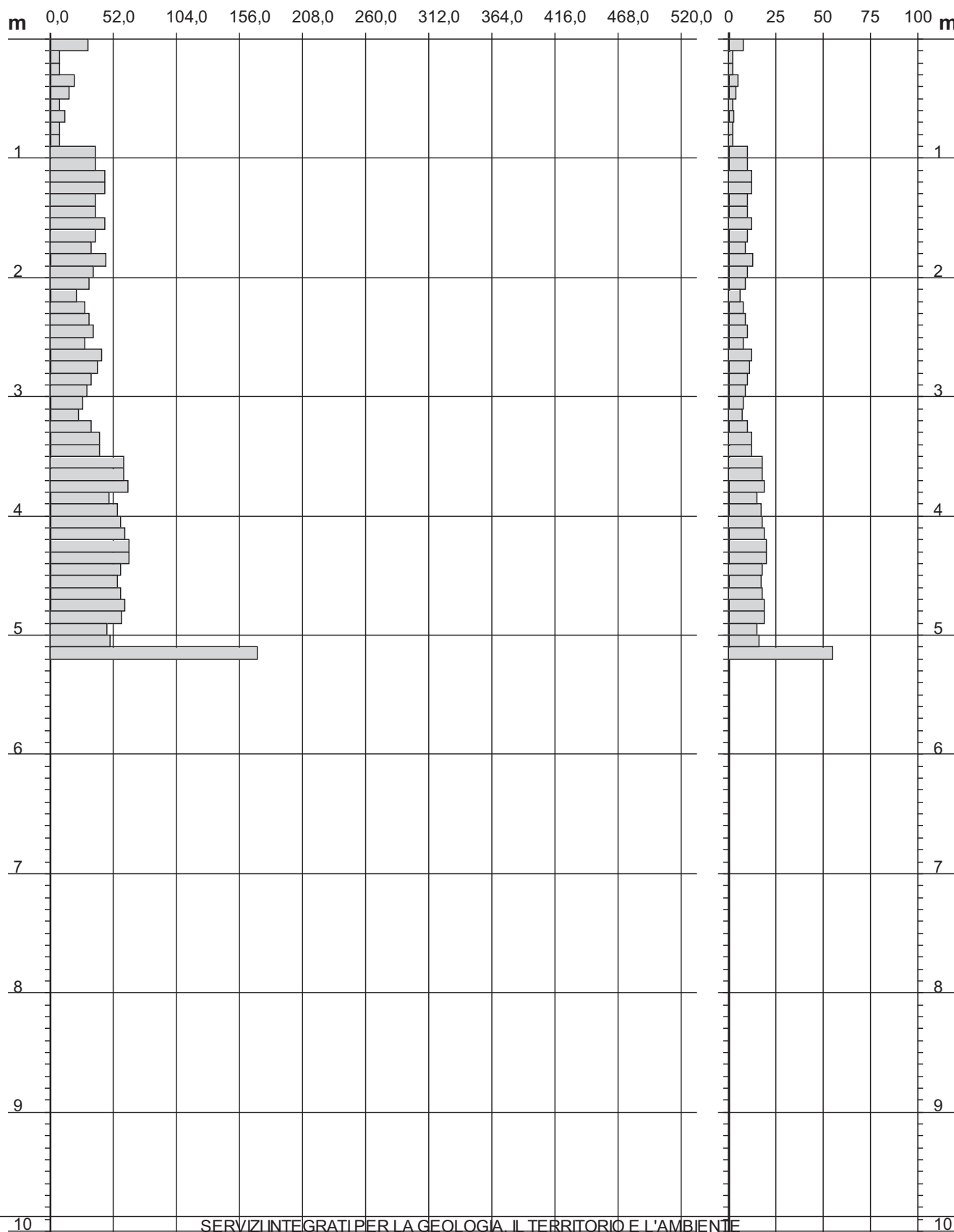
Scala 1: 50

- committente : Comune di S. Alessio Siculo (Me)
 - lavoro : Scuola Elementare A. Gussio
 - località :

- data prova : 09/08/2021
 - quota inizio : 0.00
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 09/08/2021

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(10) n° colpi $\delta = 10,00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Comune di S. Alessio Siculo (Me)
- lavoro : Scuola Elementare A. Gussio
- località :

- data prova : 09/08/2021
- quota inizio : 0.00
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 09/08/2021

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,00	N	4,0	2	10	3,0	2,9	1,1	6,9	4	0,77	3
		Rpd	15,4	7	37	11,4	10,8	4,6	26,2	15		
2	1,00 3,50	N	10,0	6	13	8,0	1,8	8,2	11,7	10	0,77	8
		Rpd	35,5	21	46	28,4	6,7	28,8	42,1	36		
3	3,50 5,10	N	17,9	15	20	16,4	1,5	16,3	19,4	18	0,77	14
		Rpd	58,0	47	65	52,3	5,7	52,3	63,6	58		
4	5,10 5,20	N	55,0	55	55	55,0	---	---	---	55	0,77	42
		Rpd	170,7	171	171	170,7	---	---	---	171		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					
n°	H		Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	1,00	3	79	29	11	27	214	1,86	1,38	----	----	----	----	0,77	Copertura/Riporto Antropico
2	1,00	3,50	8	125	63	28	29	252	1,91	1,46	----	----	----	----	1,78	Sabbie e Ghiaie Med. Addensate
3	3,50	5,10	14	156	99	41	31	299	1,96	1,53	----	----	----	----	2,92	Sabbie e Ghiaie Addensate
4	5,10	5,20	42	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	8,54	Rifiuto Strumentale

spt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

R % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
(-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
s (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

CARTA UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:2000





-  *Sismica attiva MASW*
-  *Tomografia sismica*
-  *Prova Penetrometro dinamico.*
-  *Scuola di progetto*



FOTO INDAGINI

Sismica



Prova penetrometro dinamico



COMUNE DI S. ALESSIO SICULO (CITTA' METROPOLITANA DI MESSINA)

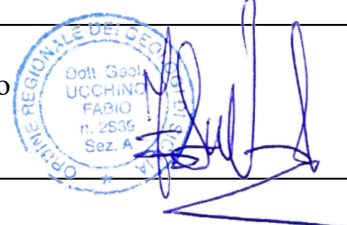
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEL SEDIME DI FONDAZIONE A SUPPORTO DELLO STUDIO GEOLOGICO RELATIVO AI LAVORI DI "RECUPERO RISTRUTTURAZIONE E/O COSTRUZIONE NUOVO EDIFICIO SCOLASTICO SCUOLA ELEMENTARE A. GUSSIO". (CIG) 87387379E5.

Località:
Piazza Onofrio Zappalà, S. Alessio Siculo (ME)

– **RELAZIONE DESCRITTIVA CON
ELABORATI**

data: 10.08.2021

Il Tecnico:
Dott. Geol. Fabio Ucchino



STUDIO DI GEOLOGIA TECNICO AMBIENTALE

Dott. Geol. Fabio Ucchino, via Contura Inf. 10, Savoca (Me)

Tel./Fax: 0942751527; cell. 3476685347; E-mail: geologoucchino@gmail.com; fabioucchino@pecgeologidisicilia.it

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la “VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEL SEDIME DI FONDAZIONE” a supporto del progetto per il “*RECUPERO RISTRUTTURAZIONE E/O COSTRUZIONE NUOVO EDIFICIO SCOLASTICO SCUOLA ELEMENTARE A. GUSSIO*”. (CIG) 87387379E5.

La *verifica del potenziale di liquefazione* in questione è stata eseguita nel rispetto delle Norme Tecniche riportate nel Decreto 17-01-2018 e relative NCT 2018 vigenti in materia.

1.1 - Generalità

Sulla base di quanto è richiesto dalla nuova normativa sismica, Decreto 17-01-2018 e relative NCT 2018 vigenti in materia, in ambito alla progettazione per azioni sismiche, capitolo 7 del testo, viene qui di seguito verificato il punto 7.11.3.4.2, di tale capitolo, riguardante la stabilità del sito in oggetto, nei confronti della liquefazione.

1.2 - Il Fenomeno della liquefazione

Il fenomeno della liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace. In termini tecnici, la liquefazione ha inizio quando la pressione dei pori u_0 eguaglia la pressione totale σ_{v0} . Questo crea uno stato della pressione effettiva uguale a zero:

$$\sigma_{v0}^I = (\sigma_{v0} - u_0) = 0$$

La liquefazione del terreno è il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori:

- *Predisponenti*
- *Scatenanti*.

Fattori Predisponenti

- Il terreno deve essere saturo di acqua (piccole quantità di acqua impediscono l'aumento della pressione neutra ed attenuano i carichi dinamici, perciò al di sopra del livello piezometrico nessuna liquefazione può esserci).

- Il terreno deve essere non compatto, non consolidato, sabbioso o limoso o un miscuglio con poca argilla. Distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressione efficaci di confinamento, stato tensionale in sito iniziale, ecc.

Fattori Scatenanti

- La sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima superficiale, inoltre il sito deve essere scosso sufficientemente a lungo e con forza dal sisma.

1.3 - Sono suscettibili alla liquefazione:

- I suoli non coesivi e saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) con contenuto di fini plastici relativamente basso (meno del 15%). I più vulnerabili sono quelli che hanno granulometria compresa tra il limo e la sabbia grossolana, con bassa densità relativa e bassa permeabilità (Balthaus e Sondermann, 1986);
- i suoli costituiti da particelle relativamente uniformi (predomina una dimensione delle particelle);
- i depositi sabbiosi recenti (età Olocenica).

1.4 - Verifica alla liquefazione sulla base di prove sismiche

Per la verifica si è utilizzato il metodo di *Andrus e Stokoe (1997)*, il quale richiede la conoscenza di alcuni parametri (vedasi tabelle allegate).

Nel caso in questione si sono utilizzati i valori ottenuti dalla prova di sismica attiva (Masw) a 4 strati effettuata in corrispondenza del sito di stretto interesse progettuale. Tali valori sono stati inseriti in un programma di calcolo, opportunamente elaborato e di cui si allega l'elaborazione, che ha permesso il calcolo del *Rischio di Liquefazione* e della *Suscettibilità di Liquefazione*.

Vengono qui di seguito riportate le tabelle dalle quali si evince che il *rischio di liquefazione* per il sito di progetto risulta “nullo” e che sono stati utilizzati i seguenti dati:

- ✓ accelerazione massima = 0.35g;
- ✓ magnitudo = 6,5;
- ✓ spessore degli strati;
- ✓ velocità delle onde Vs;
- ✓ profondità della falda - 5,0 m circa dal p.c.;
- ✓ peso di volume 1,90 g/cm³.



VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

INSERIMENTO DATI:

H_{falda} (m) = 5,5

a_{max}/g = 0,35

M_w = 7,29

R (km) =

DIAMETRO PERFORAZIONE (ϕ)= 101 (mm)

Committente: Sant'Alessio Siculo

Riferimento: Scuola Elementare - A. Gussio

Località: Sant'Alessio Siculo Prov.: ME

Oggetto: Verifica alla Liquefazione

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{falda} = 5,5

a_{max}/g = 0,35

R = 0

M_w = 7,29



STRATIGRAFIA TERRENO

S_{tot} = 7,63

PRIMO STRATO		H_1	=	1,55	
Parametri		Parametri calcolati			
H_1	=	1,55	γ_{H_2O}	=	1,00
γ	=	1,8	σ_{vd}	=	0,28
V_S	=	158,2	$\sigma_{v'}$	=	0,28
V_{S1C}	=	215	P_{neutra}	=	0,00
S_T	=	7,63	r_d	=	0,99
FC	=	5	K_c	=	1,01
V_{S1}	=	217,67			

TEORIE DI CALCOLO

ANDRUS E STOKOE (2000)

Committente: Comune di Sant'Alessio Siculo

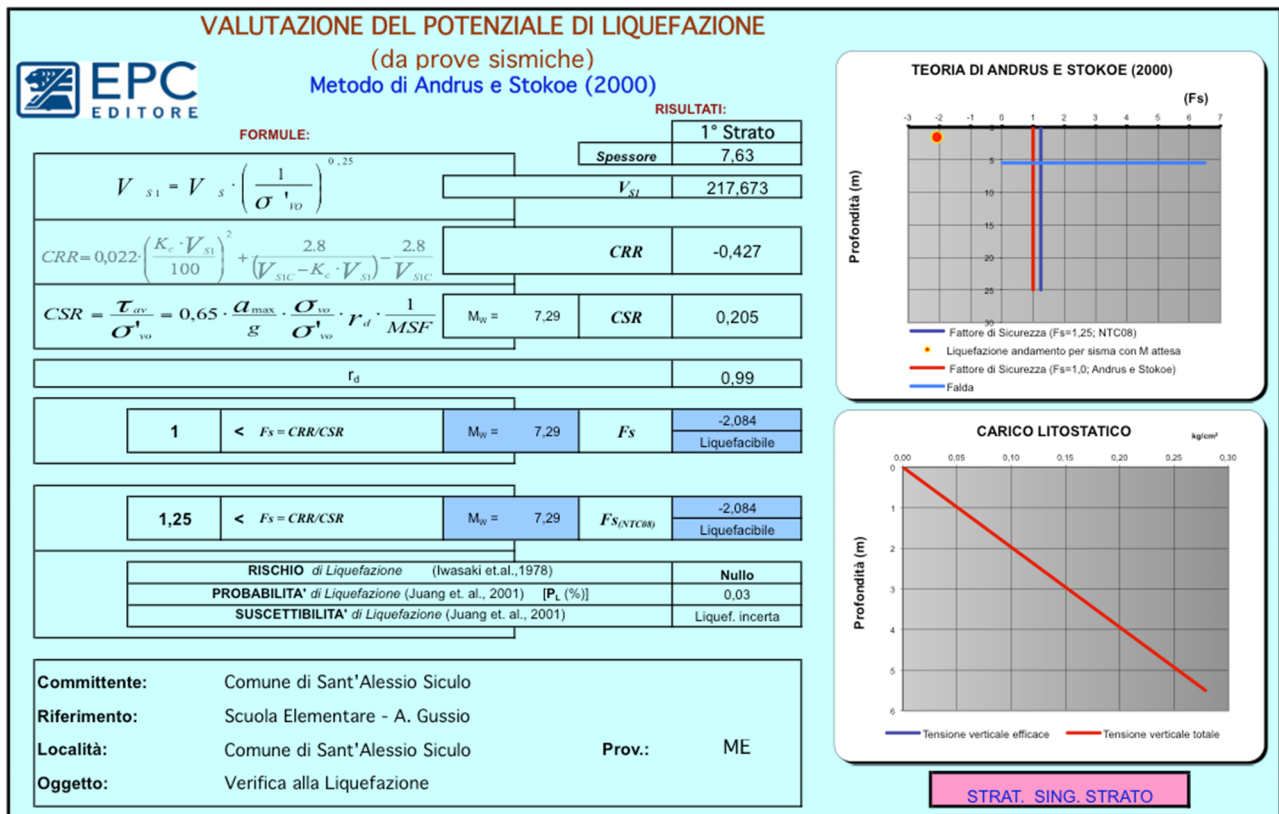
Riferimento: Scuola Elementare - A. Gussio

Località: Comune di Sant'Alessio Siculo Prov.: ME

Oggetto: Verifica alla Liquefazione

MENU PRINCIPALE

ANALISI
METODO



Committente:	Comune di Sant'Alessio Siculo	Prov.: ME	
Riferimento:	Scuola Elementare - A. Gussio		
Località:	Comune di Sant'Alessio Siculo		
Oggetto:	Verifica alla Liquefazione		

Analisi

Metodi che utilizzano	Prove	Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale di Liquefazione (PL)	Rischio liquefazione
		Fs (Autore)	NTC08			
Sismiche (Vs)				(M_w)		Iwasaki et al. (1978)
Andrus e Stokoe (2000)		> 1,0	>1,25	7,29	0,000	Nulla

STRATIGRAFIA 1

1.5 - Rischio di liquefazione

In base al valore di IP_L è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la seguente tabella:

Valore IP_L	Rischio di Liquefazione
$IP_L = 0$	Molto Basso
$0 < IP_L \leq 5$	Basso
$5 < IP_L \leq 15$	Alto
$IP_L > 15$	Molto Alto

Tab. 1.1 – Valutazione del Rischio liquefazione in funzione del valore di IP_L (Iwasaki et al., 1978)

1.6 - Suscettibilità di liquefazione

<i>Suscettibilità di liquefazione</i>	<i>Probabilità di liquefazione</i>
Liquefazione quasi certa	$P_L \geq 0,85$
Molto Probabile	$0,65 \leq P_L < 0,85$
Eguali possibilità tra Liquefazione e non Liquefazione	$0,35 \leq P_L < 0,65$
Non Probabile	$0,15 \leq P_L < 0,35$
Liquefazione incerta	$P_L < 0,15$


Tab. 1.2 – Valutazione dell'indice di probabilità di liquefazione P_L (Juang et al., 2001).

<i>Valore IP_L (Iwasaki et al., 1978)</i>	<i>Rischio di Liquefazione</i>	<i>Probabilità P_L (Juang et al., 2001)</i>
$IP_L = 0$	Molto Basso	< 5%
$0 < IP_L \leq 5$	Basso	5-10%
$5 < IP_L \leq 15$	Alto	10 -50%
$IP_L > 15$	Molto Alto	> 50 %

Tab. 1.3 – Correlazione tra l'Indice del Potenziale di Liquefazione (IP_L di Iwasaki et. al., 1978) e la Probabilità di Liquefazione (P_L di Juang et al., 2001).

In definitiva, dai dati litologici, idrogeologici, geotecnici e geosismici che caratterizzano i terreni d'interesse progettuale, sono scaturiti dei litotipi di fondazione che ci hanno permesso di definire che il RISCHIO DI LIQUEFAZIONE RISULTA “NULLO”.

Savoca Li 10.08.2021

 Dott. Geol. Fabio Uccino