

COMUNE DI CROPANI
Provincia di Catanzaro (CZ)



Dott. Geol. Sonia Francolino

Progetto: Piano di lottizzazione di iniziativa privata. Ubicazione: loc. Sena – 88051 Cropani Fraz. Marina (CZ). Rif. Catastali foglio n.31 P.lle da n. 3380 a n. 3400

Committente: Mercurio Antonietta Mercurio Francesco Mercurio Salvatore

ELABORATO

Visto

Dott. Geologo Sonia Francolino

Indice

1. Premessa	3
2. Ubicazione dell'area e Inquadramento Geomorfologico.....	5
3. Inquadramento Geologico- Strutturale e Stratigrafico.....	7
4. Condizioni Idrogeologiche ed Idrografiche	12
5. Classificazione sismica	14
5.1 Pericolosità sismica.....	21
6. Campagna Geognostica	26
6.1 Indagine sismica rilievo MASW.....	27
6.1.1 Esecuzione Indagine MASW.....	30
7. Caratterizzazione Geotecnica del sottosuolo	33
8. Stabilità del sito nei confronti della liquefazione.....	34
9. Conclusioni.....	35

Allegati

Indagini geognostiche pregresse

Indagine simica MASW

Tav. 1 Carta di inquadramento generale geologico e strutturale;

Tav. 2 Carta Geomorfologica

Tav. 3 Carta Idrogeologica e del sistema idrografico;

Tav. 4 Carta Clivometrica;

Tav. 5 Carta della pericolosità sismica;

Tav. 6 Carta delle Indagini Geognostiche;

Tav. 7 Sezioni litotecniche;

Tav. 8 Carta delle Pericolosità Geologiche;

Tav. 9 Carta delle fattibilità delle Azioni di piano;

Tav. 10 Carta di trasposizione della fattibilità geologica.

1. Premessa

Il presente studio geologico si riferisce ai terreni affioranti nell'area di Cropani Marina del comune di Cropani località "Sena", dove è previsto un piano di lottizzazione di iniziativa privata.

Per incarico dei Sig.ri Mercurio Antonietta, Mercurio Francesco e Mercurio Salvatore è stato eseguito uno studio geologico d'insieme al fine di stabilire se l'area in oggetto possiede i requisiti geologici, geotecnici, geosismici ed idro-geo morfologici tali da garantirne la stabilità globale. Lo studio è stato finalizzato pertanto, alla conoscenza degli aspetti litologici e stratigrafici del sottosuolo, dell'assetto geomorfologico globale, delle condizioni idrogeologiche superficiali e sotterranee, e delle caratteristiche geotecniche e geosismiche del terreno di fondazione. Al fine di eseguire il lavoro sono state considerate le indagini pregresse per lo stesso piano di lottizzazione a firma del Geol. Rolesi Erminia. Le precedenti indagini consistono in un carotaggio continuo spinto sino a 15 m, tre prove SPT in foro, un prelievo di campione indisturbato alla profondità di 1.70 m con relative prove di laboratorio, n°5 prove penetrometriche medie DL30 eseguite in data 24.02.2001, ad integrazione è stato eseguita dalla scrivante un'indagine sismica MASW in data 14.10.2023.

Il lavoro complessivo è stato strutturato in varie fasi:

- ricerca bibliografica, per la conoscenza preliminare dei caratteri geologici del territorio di interesse;
- rilevamento delle formazioni affioranti e descrizione delle loro caratteristiche;

- rilevamento dei lineamenti morfologici del sito e valutazione delle condizioni di stabilità;
- studio idrogeologico dell'area con le caratteristiche di permeabilità dei terreni;
- valutazione di eventuali vincoli presenti nell'area;
- esecuzione indagini geognostiche;
- definizione del modello geologico;
- definizione della pericolosità geologica del sito;
- analisi dei dati acquisiti, sintetizzazione degli stessi e redazione degli elaborati cartografici.

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza al D.M. 14/09/2005 “Norme Tecniche per le costruzioni”; al D.M 11/03/1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce”, all’Ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” ed al D.M. 14/01/2008, D.M. 17/01/2018.

Per il presente lavoro sono stati prodotti i seguenti allegati:

- Carta di inquadramento generale geologico e strutturale;
- Carta Geomorfologica
- Carta Idrogeologica e del sistema idrografico;
- Carta Clivometrica;
- Carta della pericolosità sismica;
- Carta delle Indagini Geognostiche;
- Sezioni litotecniche;
- Carta delle Pericolosità Geologiche;
- Carta delle fattibilità delle Azioni di piano;
- Carta di trasposizione della fattibilità geologica.

2. Ubicazione dell'area e Inquadramento Geomorfologico

L'area in esame ricade nella località "Sena" del comune di Cropani, cartograficamente è rinvenibile nel Foglio N°241 quadrante I NO della Carta Topografica d'Italia I.G.M.I.. L'area è catastalmente identificata nel Foglio di mappa N°31 dalla P.lle 3380 alla p.lle 3400 (ex p.lle n°6) e ricopre una superficie totale di circa 15000 mq.

Il sito oggetto di studio ricade ad una quota di circa 10 mt. s.l.m., morfologicamente è caratterizzato da un assetto pianeggiante, ed ha pendenza compresa tra 0- 10%, i valori clivometrici sono misurati lungo la direzione di massima pendenza (vedasi Carta Clivometrica).

L'area in esame si inserisce in un contesto morfologico tipico delle regioni costiere.

L'assetto perfettamente pianeggiante dell'area e del territorio circostante, è legata all'azione di deposito operata da antichi corsi d'acqua, mentre la composizione dei materiali trasportati corrisponde alla composizione geologica dei bacini idrografici di competenza di ciascun corso d'acqua.

Il sito oggetto del piano di lottizzazione è situato non molto distante da una dorsale di sedimenti argillosi passanti alla sommità a depositi terrazzati del Quaternario. I rilievi collinari distanti diverse centinaia di metri, raggiungono la quota di 163 m sl.m. col Colle Albano e quota 150 m sl.m. col Colle Carrao. I versanti, tranne quelli interessati dal processo erosivo a calanchi, sono a debole pendenza, tale debole pendenza è dovuta in particolare alla bassa resistenza all'erosione della formazione argillosa. Solo in prossimità del cambio litologico la pendenza varia con netto aumento. Il passaggio litologico avviene in prossimità dei 90 m di quota, dove affiorano in sovrapposizione stratigrafica le sabbie, debolemente cementate e i conglomerati del Quaternario.

L'assetto geomorfologico perfettamente pianeggiante dell'area e del territorio circostante esclude la possibile formazione di qualsiasi tipo di fenomeno connesso con la dinamica gravitativa.

Per quanto riguarda i processi di alterazione superficiale, legati ai fattori chimico - biologici, essi risultano relativamente evoluti.

Allo stato attuale non sussistono condizioni tali da far pensare all'innesto di fenomeni gravitativi nel sito di interesse e nell'area circostante.

Per ottenere delle informazioni speditive di quanto sopra descritto è stata redatta la Carta clivometrica che esprime le condizioni di acclività (in percentuale) dell'area di studio; essa è un valido aiuto per una visualizzazione dei caratteri morfologici generali, permettendo di individuare le pendenze topografiche areali, utilizzabili per diversi scopi nello studio del territorio.

Si è pervenuti alla costruzione di questa carta attraverso l'elaborazione dei dati topografici di base.

Il sito oggetto di studio non ricade in nessuna area a rischio frana (R1-R2-R3-R4) per come previsto nel Piano per l'assetto Idrogeologico (P.A.I.), (vedesi Tav. 8 Carta delle Pericolosità geologiche).

3. Inquadramento Geologico- Strutturale e Stratigrafico

La forma del territorio calabrese, che assume l'andamento ad arco (Arco Calabro Peleoritano), rappresenta l'attuale stato di massima distorsione della catena Appennino-Maghrebide che raccorda gli assi NW-SE dell'Appennino meridionale con quelli E-W delle Maghrebidi, che comprendono l'area siciliana. Tale torsione, con velocità ed entità di espansione massime nella parte meridionale, è legata all'attività geodinamica profonda (convergenza tra il blocco euroasiatico e quello africano), che comporta una forte attività tettonica, con l'insorgere di terremoti, un generale sollevamento con la genesi di forti energie di rilievo. L'Arco Calabro è l'elemento più interno dell'orogene ed è costituito da una serie di unità tettoniche, in cui sono rappresentate diverse porzioni di un'originaria crosta continentale con le relative coperture meso-cenozoiche (Complesso Calabride di OGNIBEN, 1969), cui si associano le unità ofiolitifere del Complesso Liguride (OGNIBEN, 1969), caratterizzate da gradi di metamorfismo variabile e derivanti dalla deformazione di un originario dominio oceanico. L'evoluzione ed il significato di questo elemento in rapporto alle unità ofiolitifere del Complesso Liguride ed in rapporto ai domini della catena appenninica e siculo-maghrebide sono state oggetto di numerose e contrastanti interpretazioni, riconducibili a tre ipotesi principali.

La prima considera le falde cristalline calabridi come frammenti derivanti dal margine europeo (OGNIBEN, 1969; 1973; BOUILLIN, 1984; BOUILLIN et alii, 1986; KNOTT, 1987), mentre la seconda considera l'Arco Calabro come un frammento di catena alpina Europa-vergente di tipo austroalpino sovrascorsa in toto sui domini appenninici durante il Neogene (HACCARD et alii, 1972; ALVAREZ,

1976; AMODIO-MORELLI et alii, 1976; BONARDI et alii, 1982). La terza ipotesi prevede che il dominio calabro rappresenti una microplacca continentale mesomediterranea interposta tra i due margini principali (ALVAREZ, 1976; OGNIBEN, 1985; GUERRERA et alii, 1993), coinvolta in processi collisionali dapprima con vergenza europea (fase eoalpina) e successivamente a vergenza africana.

I limiti tra l'Arco Calabro, la catena appenninica a nord e la catena siculo- maghrebide a sud, sono rappresentati da due fasce trascorrenti principali. Queste sono state identificate classicamente nella Linea di Sangineto a nord e la Linea di Taormina a sud, caratterizzate rispettivamente da movimenti sinistri e destri (AMODIO-MORELLI et alii, 1976; SCANDONE, 1982). In effetti si tratta di zone di taglio più complesse che potrebbero comprendere la zona di taglio del Pollino in Appennino meridionale e il sistema sud- tirrenico in Sicilia settentrionale (FINETTI et alii, 1996).

Questa tendenza evolutiva, fortemente attiva nel Paleocene e Miocene, ha avuto forti impulsi nel Quaternario ed è ancora attiva. È a questa evoluzione che deve essere attribuita la genesi di importanti discontinuità (faglie e fratture), successivamente ereditate dalle masse rocciose, e la formazione *horst* (alti) e *graben* (ampie depressioni, Graben del Crati, di Paola, di Catanzaro, del Mesima ecc.), con la deposizione all'interno di quest'ultimi di terreni sedimentari continentali e marini per lo più sabbioso argillosi e conglomeratici.

Sulla base dei dati ad oggi disponibili, l'Arco Calabro può essere suddiviso in macrozone, separate dalle grandi strutture depressionarie trasversali originatesi a partire dal Plio- Pleistocene: Macrozona Catena Costiera-Sila e Macrozona Serre-Aspromonte.

Il settore geologico in esame ricade al confine tra il cosiddetto “Bacino Crotonese” e le propaggini orientali del massiccio cristallino della Sila e

si caratterizza geologicamente per la presenza di potenti sequenze sedimentarie Mioceniche, Plioceniche e Quaternarie, depositate in modo trasgressivo sul basamento cristallino, igneo e metamorfico, ascrivibile al Paleozoico.

Il Bacino Crotonese, localizzato alla sommità di una successione di falde impilate durante il Paleogene superiore-Neogene, si forma nel Neogene superiore-Quaternario come bacino di avanarco del sistema ionico arco- fossa calabro.

L’evoluzione tettonica nel bacino di avan-arco è stata fortemente influenzata da una tettonica trascorrente, per lo più attiva lungo un sistema di faglie NO-SE coinvolgenti il basamento, che ha portato all’individuazione e dislocazione differenziale di diversi settori.

Inoltre l’evoluzione geologica del Bacino è caratterizzata da un’alternanza di prevalenti episodi di distensione, espressi da prolungata subsidenza preceduta da brevi pulsazioni di sollevamento, e brevi episodi di contrazione.

Dal punto di vista strutturale, l’area appartiene quindi al sistema del Bacino Crotonese.

Nella Carta Neotettonica d’Italia (1983), il territorio in esame risulta classificato tra i settori esterni di catena appenninica fortemente deformati durante il Pliocene ed il Quaternario, e soggetti ad un generale sollevamento.

Sono numerose le linee di dislocazione tettonica che rivelano chiaramente il loro carattere di faglie normali (Moretti, 1993) ed in molti casi il rigetto visibile di tali faglie supera i 300 m.

Le faglie meridiane che bordano il versante silano e chiudono ad W il bacino mostrano di essersi attivate dopo la fine del Pliocene.

L’analisi degli elementi mesostrutturali mette in luce la presenza di 2 diversi sistemi strutturali in cui il più giovane è quello con gli elementi tettonici del sistema N – S.

Attualmente nell’area in esame, le strutture attive cioè quelle considerate sismogenetiche, presentano direzione N – S e vengono identificate in letteratura come sistemi CS8 e CS9, denominate faglie del Marchesato e di M. Fuscaldo (Moretti, 1999).

Le faglie del Marchesato costituiscono l’elemento strutturale di ordine maggiore del versante ionico della Calabria settentrionale e ribassano verso E il complesso dei depositi neogenici del Bacino Crotonese rispetto al massiccio cristallino della Sila. La dislocazione stimabile in base ai soli dati di superficie supera i 1500 m a partire dal Pleistocene medio; evidenze di dislocazioni interessano anche le conoidi pleistoceniche-oloceniche ed il sistema è attualmente interessato da una diffusa risalita di fluidi idrotermali di origine profonda (Quattrocchi et. al., 2000).

In occasione del terremoto del 9 giugno 1638 venne segnalata (Di Somma, 1641) una dislocazione cosismica di circa 60 cm lungo le pendici della Sila, estesa per “oltre 60 miglia” in senso N-S.

La faglia di M. Fuscaldo rappresenta verosimilmente un elemento minore sintetico con il sistema CS8, con rigetti non superiori ai 500 m. Nell’area di interesse non risultano presenti faglie attive a Capaci ITHACA.

Da un punto di vista litologico l’area oggetto di studio è rappresentata dall’affioramento della formazione continentale di età Olocenica (Pleistocenica pro parte), costituita da alluvioni fissate dalla vegetazione e/o artificialmente.

Sulla probabile genesi e composizione di questa formazione si è accennato in precedenza senza nulla aggiungere riguardo ai suoi limiti formazionali caratteristiche strutturali.

Alla variazione di spessore si associa una notevole disomogeneità in termini di variazioni granulometriche con presenza di livelli con elevata componente sabbiosa e presenza di livelli in cui la componente argillosa risulta quasi prevalente.

I limiti formazionali sono stati in un primo tempo rilevati dall'osservazione della Carta Geologica della Calabria e successivamente rivisti direttamente sul terreno, in effetti sono state ottenute da un rilevamento geologico dell'area ed inoltre sono state considerate le indagini geognostiche eseguite per il precedente piano di lottizzazione a firma del geol. Rolesi Erminia. Tale indagini hanno consentito di stabilire nello specifico che l'area oggetto di studio è caratterizzata litologicamente nella porzione superficiale, ossia fino ad una profondità di 0.60 m da terreno vegetale, che poggia su sabbie medio-fini con frazione argillosa ritrovate fino alla profondità di 2.45 m che poggiano su sabbie grossolane, sabbie con ciottoli, sabbie medio fini e sabbia medie grossolane fino alla profondità di 9.0 m, da 9.0 a 15 m è stata ritrovata la presenza di ghiaia.

La colonna litostratigrafica ottenuta è riportata nell'elaborato “Indagini Geognostiche”.

4. Condizioni Idrogeologiche ed Idrografiche

L'unità litologica ascrivibile all'Olocene presenta caratteristiche idrologiche tali da essere definita nel suo complesso come una formazione ad alta permeabilità.

L'assenza di un'isotropia strutturale, emersa dell'osservazione diretta del terreno, ha messo in evidenza un'importante variazione nei valori della permeabilità sia in senso verticale che in senso orizzontale.

La causa principale della disomogeneità idrologica della formazione, è connessa con l'esistenza di intercalazioni siltose che tendono a modificare l'ordine di grandezza dei valori globali della permeabilità, determinandone una sensibile riduzione.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di porosità e permeabilità attribuibili alla formazione continentale, tali valori sono da considerarsi medio globali:

POROSITÀ		PERMEABILITÀ	
primaria	secondaria	tipo	grado
n (%)	n (%)	porosità	k (cm/s)
17			$5 \cdot 10^{-1}$

Dal carotaggio continuo è emersa la presenza di una falda freatica alla profondità di -7.00 m dal p.c.

Dalla Carta idrogeologica e del sistema idrografico, riportata in allegato, è possibile osservare che l'asta fluviale denominata Torrente Frasso dista circa 300 m mentre il Fiume Crocchio dista circa 1000 m dall'area di lottizzazione, si tratta di corsi d'acqua a carattere torrentizio che si presentano con percorso finale debolmente meandriforme. La scarsa permeabilità della formazione di copertura impedisce un efficiente drenaggio verso gli strati più permeabili in profondità, obbligando gran parte del deflusso delle acque in superficie. Tale

situazione insieme alle condizioni morfologiche ed al livello poco profondo della falda di base, consigliano di edificare in leggero rilevato rispetto al piano campagna e di eseguire opportune opere di regimentazione e drenaggio delle acque superficiali.

Inoltre non è presente nessun rischio idraulico per come stabilito dal P.A.I. né aree di attenzione così come previste nel PGRA approvato con DSG n°540 del 13.10.2020 (vedesi Tav. 3 e 8).

5. Classificazione sismica

L'aggiornamento della normativa sismica in Italia viene avviato nel 2003 con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 che fornisce una sostanziale evoluzione in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Infatti, fino alla data di pubblicazione della suddetta Ordinanza, per la valutazione dell'azione sismica, si faceva riferimento alla mappa sismica valida dal 1984. Su questa mappa il territorio nazionale era fondamentalmente suddiviso in due parti: un'area sismica, a sua volta suddivisa in tre aree caratterizzate da un rischio sismico di intensità differente, ed una non sismica.

Con l'introduzione dell'Ordinanza n.3274 del 2003, la classificazione sismica si è estesa a tutto il territorio nazionale attraverso l'individuazione di quattro zone a severità crescente.

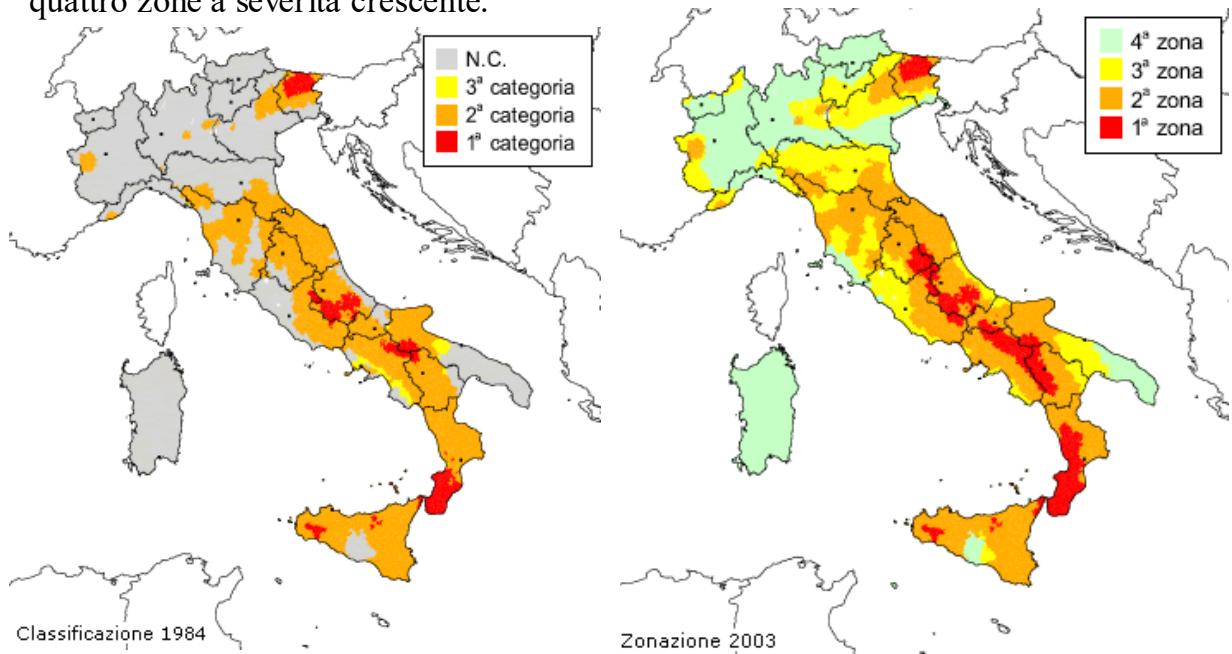


Fig. 1 – Classificazione sismica del 1984 al 2003

A ciascuna delle 4 zone sismiche è stato associato il valore della massima accelerazione sismica al suolo prevista (vedasi Tab.1)

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a _g /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Tab. 1 Valori di accelerazione sismica al suolo

In seguito all’O.P.C.M. del 2003 è stata eseguita un’ulteriore zonazione del territorio nazionale, definita come Zonazione Sismogenetica SZ9 (Fig. 6), nella quale si fa riferimento, oltre naturalmente al catalogo sismico, alla geometria delle sorgenti sismogenetiche.

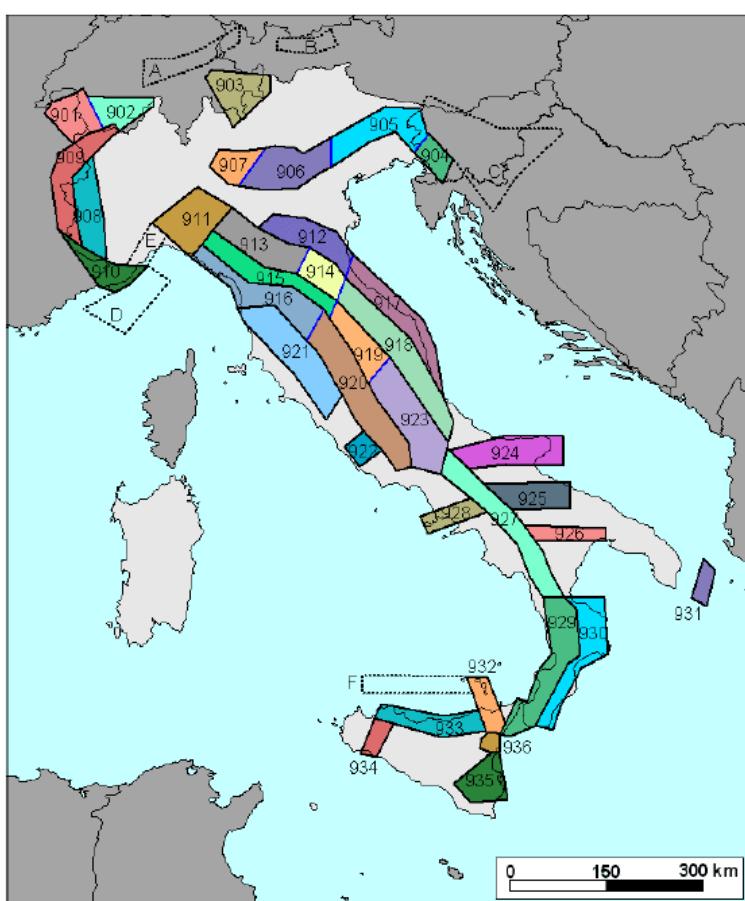
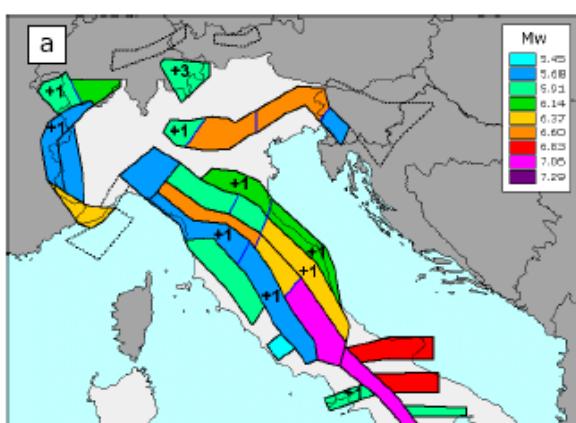


Fig. 2 – Zonazione Sismogenetica SZ9

Ad ogni zona sismogenetica viene associato un valore di magnitudo Mw del terremoto atteso per la sorgente, come rappresentato nella Fig.3.



Il sito in esame ricade, secondo la zonazione sismogenetica ZS9, nella zona 930 (Fig.4), con un valore di magnitudo $M_w = 6.60$.

Fig.3 – Valori di magnitudo M_w

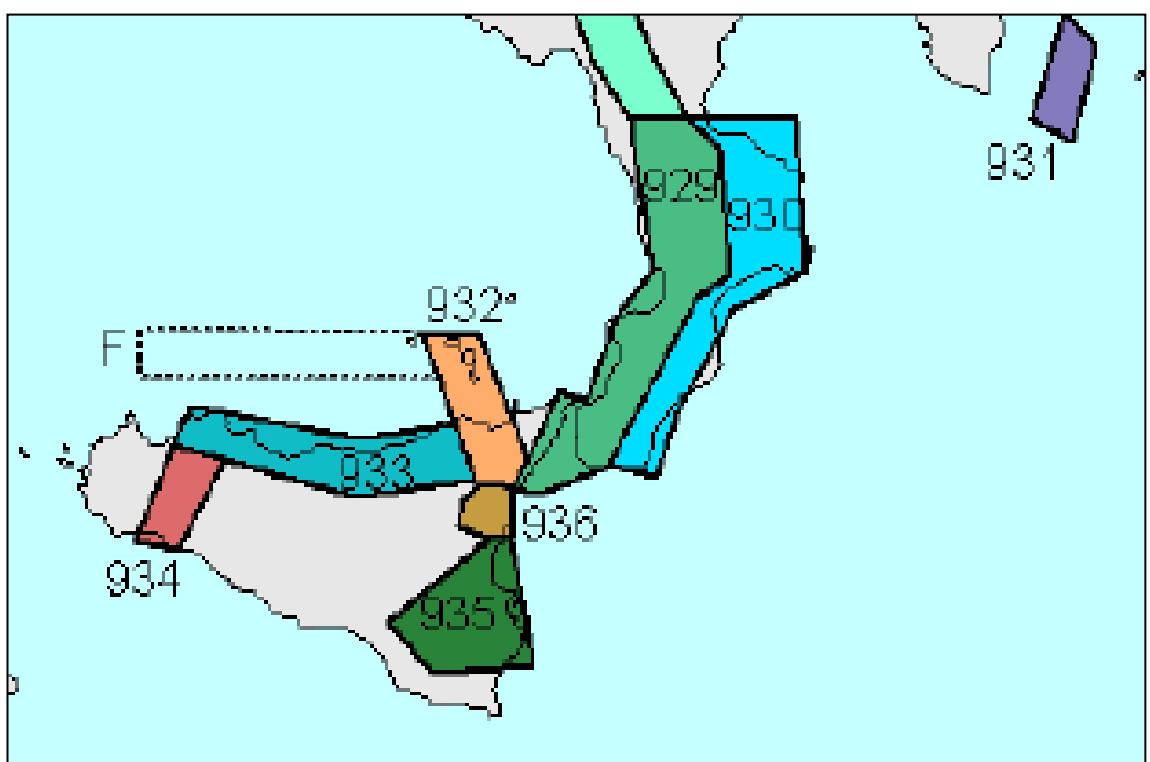


Fig. 4 Zonazione sismogenetica: zona 930

Le Norme Tecniche per le Costruzioni contenute nel D.M. del 17 gennaio 2018 e s.m.i. presentano una nuova e rivoluzionaria modalità di valutazione dell'intensità dell'azione sismica da tenere in conto nella fase di progettazione dei fabbricati e delle opere edili in generale, a partire non più

da una mappa sismica “classica” come quelle adottate negli anni precedenti, bensì da un “reticolo di riferimento”, prodotto dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Fig.5).

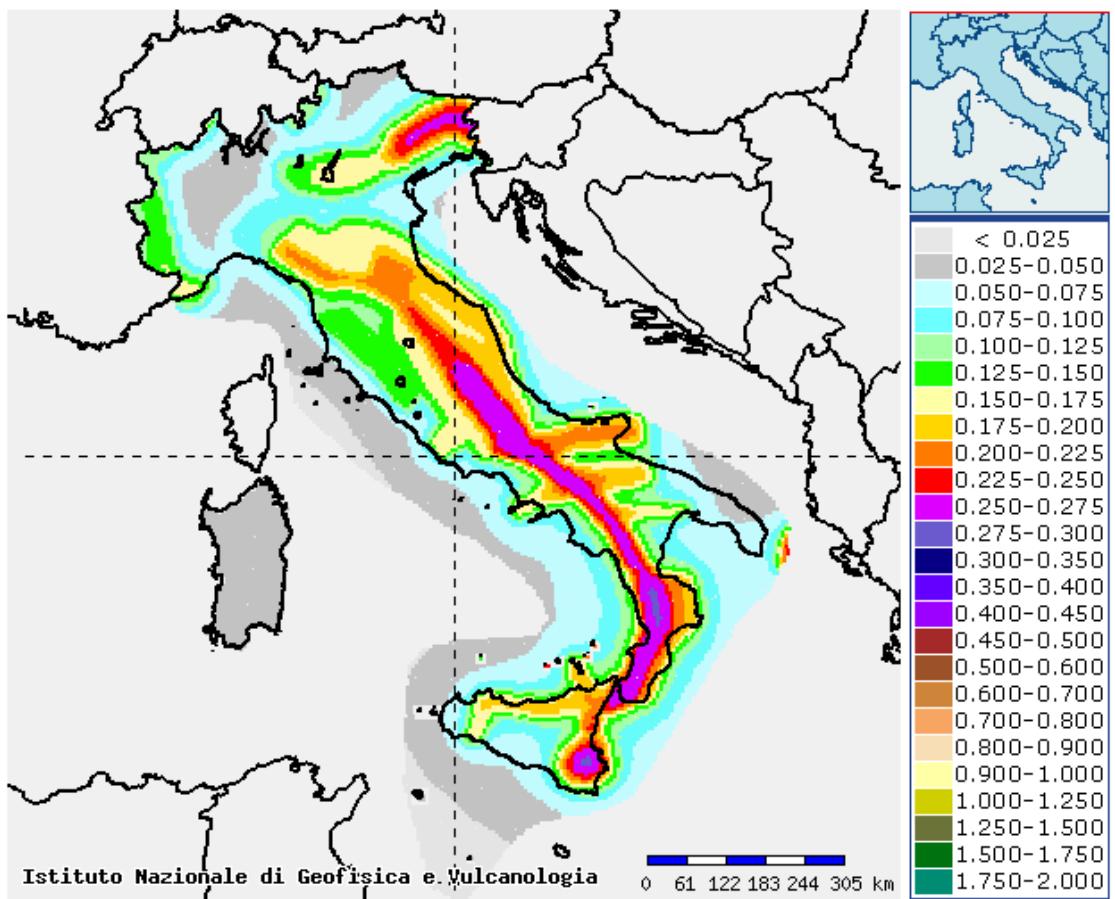


Fig. 5 – Mappa Pericolosità Sismica dell'INGV

La novità principale consiste nel non avere più delle aree perfettamente confinate, come da sempre previsto nelle mappe sismiche nazionali.

Tramite questo nuovo sistema di mappatura infatti l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in riquadri e ciascun lato misura 10 km (Reticolo di Riferimento). In corrispondenza di ciascuno dei vertici di questi riquadri è indicato, tramite un segnale colorato, il valore dell'accelerazione sismica $a(g)$ prevista al suolo, definita come parametro dello scuotimento da utilizzare come riferimento per la valutazione dell'effetto sismico da applicare all'opera oggetto di studio. Secondo la mappa interattiva di pericolosità prodotta dall'INGV il sito di interesse ricade in un'area caratterizzata da un'accelerazione sismica compresa tra 0.20-0.25 (Fig.9).

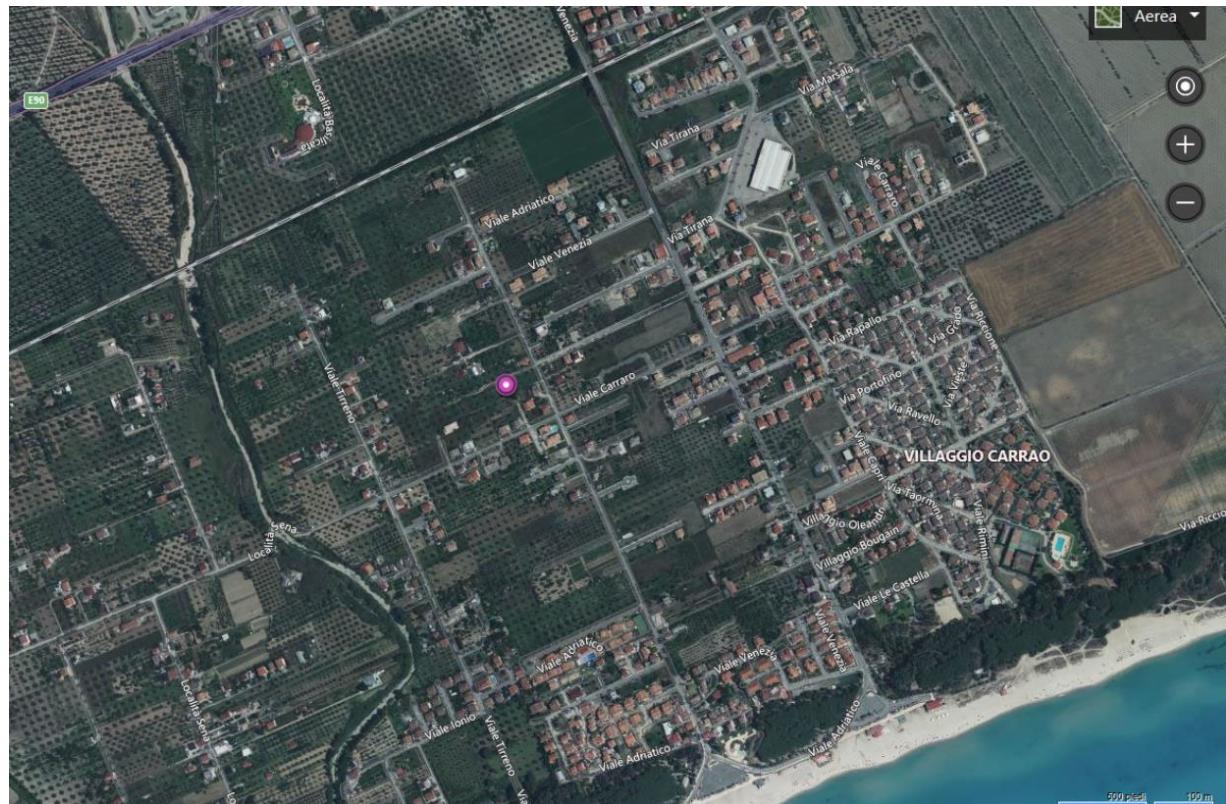
Di seguito si riporta un elenco di tutti gli eventi sismici estratto dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani Database Macrosismico Italiano

PlaceID	Place name	Sc	Lat	Lon	Int
IT_64534	Borgia		38.825	16.51	4-5
IT_64904	Mesoraca		39.077	16.789	4-5
IT_64963	Petronà		39.043	16.758	4-5
IT_65008	San Floro		38.837	16.519	4-5
IT_65091	Soverato		38.687	16.549	4-5
IT_65098	Soveria Simeri		38.946	16.679	4-5
IT_64782	Gasperina		38.739	16.508	4
IT_64799	Girifalco		38.822	16.425	4
IT_64653	Cropani		38.967	16.782	3-4
IT_64893	Marcedusa		39.027	16.836	3-4
IT_64959	Petilia Policastro		39.112	16.789	3-4
IT_65157	Zagarise		38.999	16.663	3-4
IT_64516	Albi		39.024	16.597	3
IT_64517	Amaroni		38.792	16.447	3
IT_64519	Andali		39.013	16.77	3
IT_64553	Caraffa di Catanzaro		38.88	16.486	3
IT_64798	Gimigliano		38.973	16.527	3
IT_64886	Magisano		39.013	16.628	3
IT_64951	Pentone		38.986	16.583	3
IT_64961	Petrizzi		38.701	16.474	3
IT_64999	Rocca di Neto		39.191	17.002	3
IT_65049	Sellia Marina		38.907	16.743	3
IT_65079	Sersale		39.011	16.728	3
IT_65082	Simeri Crichti (Crichti)	MS	38.954	16.639	3
IT_65117	Taverna		39.02	16.582	3
IT_65131	Tiriolo		38.947	16.509	3
IT_65080	Settingiano		38.913	16.514	2-3
IT_64906	Miglierina		38.947	16.472	2
IT_64518	Amato		38.942	16.463	NF
IT_64532	Belvedere di Spinello		39.212	16.888	NF
IT_64628	Cicala		39.021	16.486	NF
IT_64645	Cotronei		39.159	16.778	NF
IT_64660	Crotone		39.081	17.128	NF
IT_64684	Cutro		39.033	16.982	NF

IT_64769	Fossato Serralta	38.995	16.58	NF
IT_64822	Isola di Capo Rizzuto	38.959	17.096	NF
IT_64894	Marcellinara	38.928	16.494	NF
IT_65029	Sant'Andrea Apostolo dello Ionio	38.622	16.528	NF
IT_65013	San Mauro Marchesato	39.103	16.925	NF
IT_65031	Santa Severina	39.147	16.913	NF
IT_65042	Scandale	39.121	16.96	NF

5.1 Pericolosità sismica

Data: 23/10/2023



Vita nominale (Vn): 50 [anni]

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso (Cu):

Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 38,9138794 [°]

Longitude (WGS84): 16,8035164 [°]

Latitudine (ED50): 38.9148979 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	41454	38.936200	16.764130	4205.92
2	41455	38.934270	16.828260	2988.78
3	41677	38.884300	16.825720	3874.31
4	41676	38.886240	16.761660	4876.02

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.055	2.351	0.278
SLD	50	0.073	2.328	0.306
	72	0.088	2.340	0.319
	101	0.104	2.348	0.330
	140	0.121	2.360	0.338
	201	0.144	2.360	0.348
SLV	475	0.209	2.393	0.370
SLC	975	0.276	2.424	0.389
	2475	0.379	2.503	0.427

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.053	2.340	0.279
SLD	50	0.069	2.333	0.306
	72	0.083	2.356	0.320
	101	0.098	2.356	0.331
	140	0.116	2.354	0.338
	201	0.137	2.353	0.349
SLV	475	0.200	2.376	0.368
SLC	975	0.264	2.437	0.385
	2475	0.361	2.503	0.423

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.051	2.334	0.280
SLD	50	0.066	2.340	0.306
	72	0.079	2.368	0.321
	101	0.095	2.364	0.331
	140	0.111	2.363	0.340
	201	0.132	2.362	0.350

SLV	475	0,192	2,382	0,369
SLC	975	0,255	2,430	0,385
	2475	0,351	2,494	0,422

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,054	2,345	0,279
SLD	50	0,070	2,332	0,306
	72	0,084	2,351	0,320
	101	0,100	2,358	0,331
	140	0,117	2,360	0,339
	201	0,139	2,365	0,349
SLV	475	0,202	2,396	0,369
SLC	975	0,269	2,421	0,388
	2475	0,370	2,498	0,425

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,053	2,342	0,279
SLD	50	0,069	2,333	0,306
SLV	475	0,201	2,385	0,369
SLC	975	0,265	2,429	0,387

Pericolosità sismica di sitoCoefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,079	0,104	0,283	0,348
kv	0,040	0,052	0,142	0,174
amax [m/s ²]	0,779	1,019	2,776	3,410
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,016	0,021	0,079	0,097
kv	0,008	0,010	0,040	0,049
amax [m/s ²]	0,779	1,019	2,776	3,410
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,049	0,108	--
kv	--	0,024	0,054	--
amax [m/s ²]	0,779	1,019	2,776	3,410
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

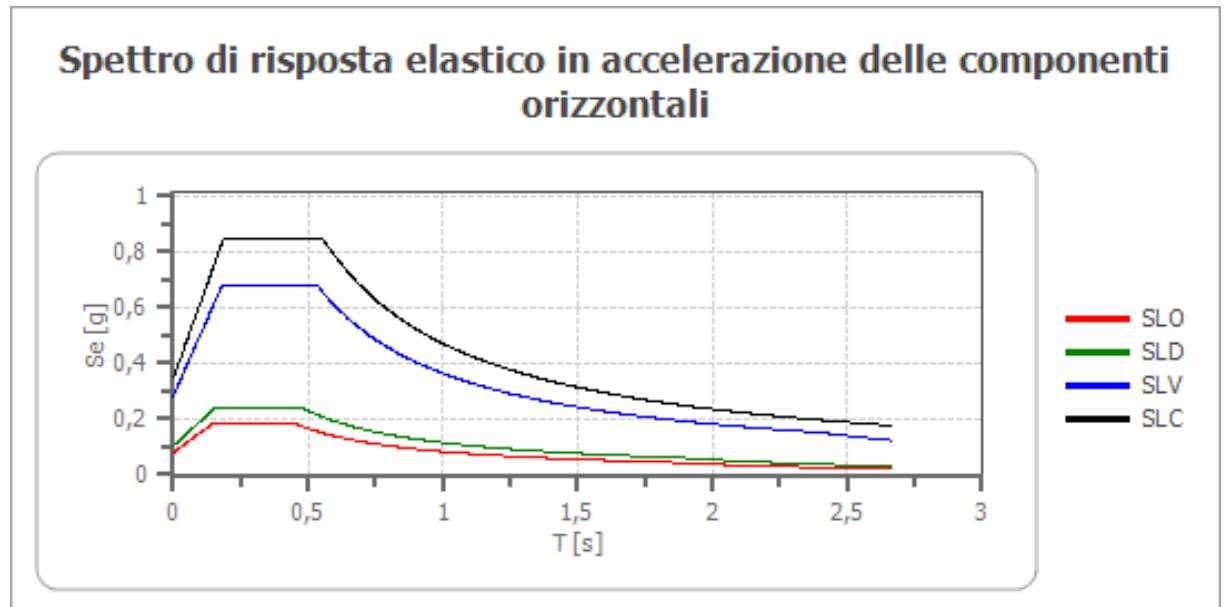
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,049	0,108	--
kv	--	0,024	0,054	--
amax [m/s ²]	0,779	1,019	2,776	3,410
Beta	--	0,470	0,380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,062	0,081	0,220	0,270
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,779	1,019	2,776	3,410
Beta	0,776	0,776	0,776	0,776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

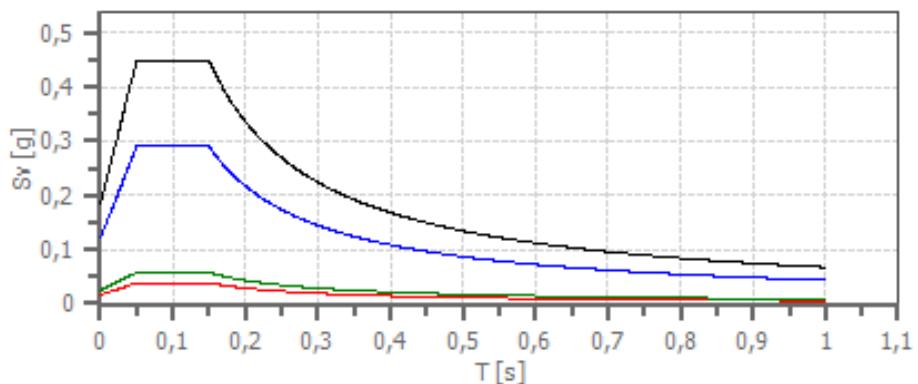
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	n	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,05 3	2,34 2	0,27 9	1,50 0	1,60 0	1,00 0	1,50 0	1,00 0	0,14 9	0,44 6	1,81 2	0,07 9	0,18 6
SLD	1,0	0,06 9	2,33 3	0,30 6	1,50 0	1,55 0	1,00 0	1,50 0	1,00 0	0,15 8	0,47 4	1,87 7	0,10 4	0,24 2
SLV	1,0	0,20 1 5	2,38 9	0,36 9	1,41 0	1,46 0	1,00 0	1,41 0	1,00 0	0,17 9	0,53 8	2,40 3	0,28 3	0,67 5
SLC	1,0	0,26 5	2,42 9	0,38 7	1,31 0	1,44 0	1,00 0	1,31 0	1,00 0	0,18 6	0,55 7	2,66 2	0,34 8	0,84 5

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	n	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,05 3	2,34 2	0,27 9	1	1,60 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,01 6	0,03 9
SLD	1,0	0,06 9	2,33 3	0,30 6	1	1,55 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,02 5	0,05 7
SLV	1,0	0,20 1 5	2,38 9	0,36 9	1	1,46 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,12 1	0,29 0
SLC	1,0	0,26 5	2,42 9	0,38 7	1	1,44 0	1,00 0	1,00 0	1,00 0	0,05 0	0,15 0	1,00 0	0,18 5	0,44 8

6.Campagna Geognostica

Al fine di ottenere informazioni circa la stratigrafia, la parametrizzazione geotecnica dei materiali sono stati considerati **un carotaggio continuo** spinto fino alla profondità di 15 m, **n° 1 prova penetrometrica eseguita in foro (SPT)**, **n°5 prove penetrometriche dinamiche medie (DL30)** eseguite dalla ditta **dal Geol. Rolesi Erminia in data 24.02.2001** ed a integrazione **è stato eseguito dalla scrivente in data 14.10.2023 uno stendimento sismico MASW**.

I risultati delle indagini sono riportate in allegato, mentre l'esatta ubicazione delle indagini è riportata nella relativa carta “Tav. Tav. 6 Carta delle Indagini Geognostiche.

6.1 Indagine sismica rilievo MASW

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione è stato eseguito uno stendimento sismico attraverso il metodo MASW (Park et al., 1999) che è un'efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde S. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale.

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale 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. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative

antisismiche (D.M. 17.01.2018 “Norme tecniche per le Costruzioni”).

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l’analisi per la determinazione delle Vs, è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d’onda o della frequenza, è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo di inversione.

Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative che hanno un grado di incertezza nella determinazione delle Vs <15%.

L’analisi delle onde S, mediante tecnica MASW, viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto “dominio trasformato”, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale. L’osservazione dello spettro consente di notare che l’onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell’onda stessa; questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

Una particolare analisi spettrale, permette di distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta “curva di dispersione”, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione

dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

La curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione e indipendentemente dal software usato, può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale.

6.1.1 Esecuzione Indagine MASW

La prospezione sismica è stata eseguita con uno stendimento della lunghezza di 36 mt, con strumentazione SARA DoReMi 12 canali, avente le seguenti caratteristiche strumentali:

Campionamento	
Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Dinamica del sistema	
Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 μ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 μ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB
Convertitore A/D	
Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB
Preamplificatore	
Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Impedenza d'ingresso:	>100k Ω

Per ogni stendimento sismico vengono eseguite due misure

Misura I: si registrano i tempi di arrivo ai geofoni posizionati con una determinata distanza intergeofonica ed il punto di scoppio posizionato ad una distanza pari alla distanza intergeofonica utilizzata;

Misura II: eseguita la prima misura, si sposta l'offset di metà della distanza intergeofonica iniziale e si registra nuovamente il segnale di arrivo.

Completata la seconda misura, dal software si selezionano i due segnali e si procede con “l'interlacing”. In questo modo si ottiene un unico segnale registrato da 24 geofoni posti ad una distanza intergeofonica pari alla metà della distanza della misura I.

Nel caso in esame, è stata eseguita la misura I posizionando i geofoni con distanza intergeofonica di 3.00 m. ed un offset di 3.00 m.. Successivamente, si è spostato verso l'esterno l'offset di 1.50 m. e si è eseguita la misura II. Intrecciando i due segnali si è così ottenuto un unico segnale corrispondente ad uno stendimento di 36 m con 24 geofoni, posti ad una distanza intergeofonica di 1.50 m..

Il segnale sismico ottenuto in ogni prova è stato successivamente trasferito verso il software di elaborazione EASY MASW Nr. Lic. B58D018AD93F472A81B1B025F7952D16, in allegato si riporta l'elaborazione mentre in sintesi si riporta il valore della Vseq e la relativa classe di appartenenza del suolo secondo le NTC 2018

<i>Stendimento</i>	<i>Valore Vseq</i>	<i>Categoria del Suolo</i>
Loc. Sena	275.90 m/s	C

Tabella 1 Sintesi valore di VSeq e categoria del suolo

Di seguito si riporta una sintesi della velocità delle onde P ed S per ogni MASW ed il relativo profilo sismostratigrafico. La completa elaborazione è riportata nell'allegato relativo alle indagini geognostiche.

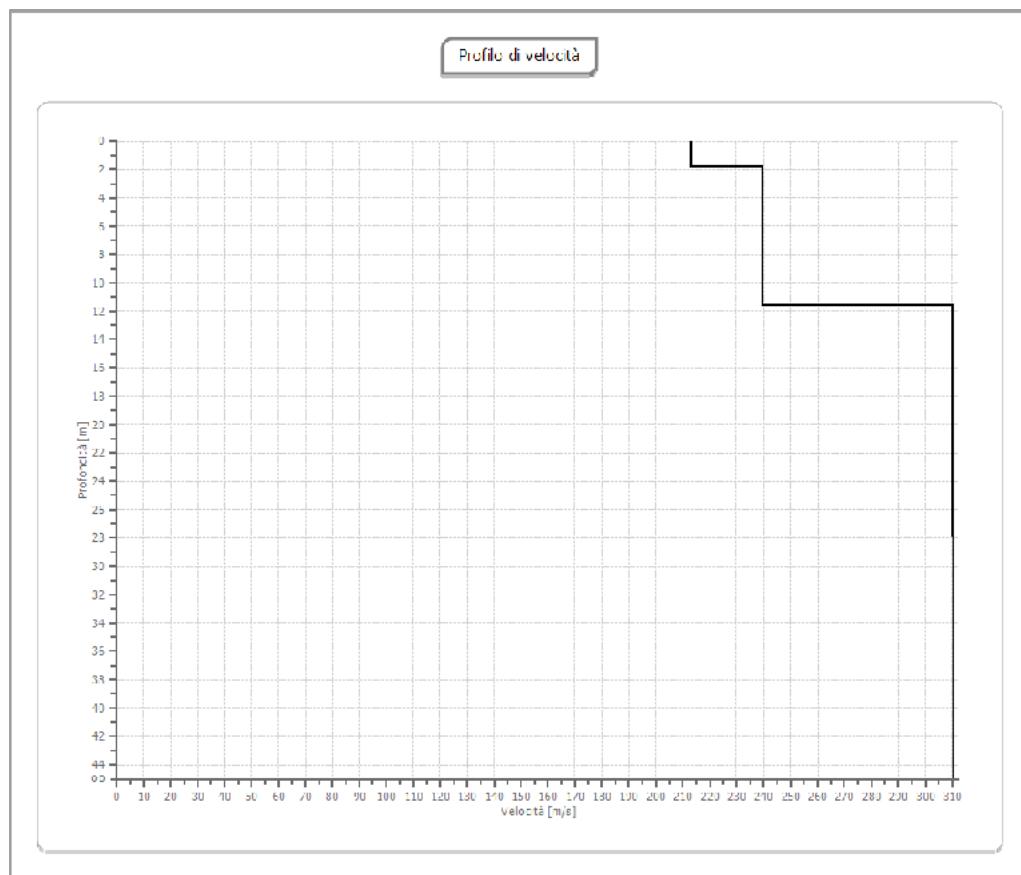


Tabella delle velocità delle onde S e P.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.81	1.81	No	432.7	213.0
2	11.64	9.82	Si	448.3	239.6
3	27.93	16.30	Si	580.0	310.0
4	oo	oo	Si	561.7	310.5

7. Caratterizzazione Geotecnica del sottosuolo

Ai fini della caratterizzazione fisico meccanica dei terreni affioranti nell'area di studio sono state considerate le prove pregresse di seguito si riporta una sintesi dei parametri estrapolati dalla precedente relazione.

Sintesi parametri geotecnici da Prove di laboratorio

Strato	Prof. Strato	Gamma (t/m ³)	F _i (°)	C' (Kg/cmq)
1	1.70-2.0	1.82	33.7	0.019

Inoltre in allegato si riporta un'elaborazione eseguita dalla scrivente dai risultati delle prove SPT riportate nella percedente relazione all'interno della colonna stratigrafica.

8. Stabilità del sito nei confronti della liquefazione

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi o dalla proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Il sito in esame deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alle perdite di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenante (v. 7.11.3.4.1 – NTC 2018). I depositi con più alto potenziale di liquefazione sono generalmente costituiti da terreni granulari fini (sabbie e limi) sciolti o poco addensati, in condizioni sature, di solito appartenenti a depositi sedimentari molto recenti (olocenici) di ambiente fluviale, deltizio o marini; nei depositi più antichi si sviluppano infatti nel corso del tempo legami intergranulari e cementazioni che rendono la struttura del terreno più stabile.

Nella relazione geologica redatta dal Geol. Rolesi Erminia, che ha ottenuto il parere positivo n°345/451 del 30.10.2001 dalla Regione Calabria Dipartimento Lavori Pubblici ed Acque Settore 24 Geologico Regionale, è stato dichiarato che il terreno non è liquefacibile, ad ogni modo si consiglia di eseguire per la realizzazione dei fabbricati indagini specifiche per ogni lotto al fine di valutare le condizioni puntuali.

9. Conclusioni

Sulla base dello studio effettuato si può concludere che:

- **morfologicamente** l'area oggetto di indagine è caratterizzata, globalmente, da un assetto pianeggiante, il terreno è caratterizzato da una pendenza compresa tra 0 e 10%. Tali valori clivometrici sono tali da indurre ad escludere fenomeni di instabilità legati ad azioni di tipo gravitativo, erosivo e/o di scalzamento (vedasi Carta Clivometrica). Allo stato attuale non sussistono condizioni tali da far pensare all'innesto di fenomeni gravitativi nel sito di interesse.
- L'area oggetto di studio è caratterizzata **litologicamente** nella porzione superficiale, ossia fino ad una profondità di 0.60 m da terreno vegetale, che poggia su sabbie medio-finì con frazione argillosa ritrovate fino alla profondità di 2.45 m che poggiano su sabbie grossolane, sabbie con ciottoli, sabbie medio finì e sabbia medie grossolane fino alla profondità di 9.0 m, da 9.0 a 15 m è stata ritrovata la presenza di ghiaia.
- L'unità litologica superficiale può essere considerata complessivamente come una formazione ad alta permeabilità ($K = 5 \cdot 10^{-1} \text{ cm/s}$;) e la circolazione idrica è prevalentemente verticale, determinata dalle acque di precipitazione. Nell'area di studio è stata rinvenuta la falda freatica ad una profondità di 7.00 m, tuttavia è necessario prevedere durante la fase esecutiva adeguati sistemi di

drenaggio e di canalizzazione delle acque superficiali. Inoltre dalla Carta Idrogeologica e del sistema idrografico, riportata in allegato, è possibile osservare che in prossimità dell'area di studio non esistono aste fluviali tali da incidere negativamente sulla stabilità del sito. Inoltre il sito non ricade in aree a rischio idraulico per come pervisto nel P.A.I. né aree di attenzione così com previsto nel PGRA

- La caratterizzazione **fisico-meccanica** del terreno di fondazione è avvenuta attraverso le risultanze delle prove di laboratorio eseguite su un campione di terreno prelevato alla profondità di 1.70 m dal p.c., inoltre sono state elaborate dalla scrivente le prove SPT in foro i cui dati erano stati riportati all'interno della colonna stratigrafica. Nella tabella sottostante si riporta la sintesi dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove di laboratorio estrapolati dalla precedente relazione:

Sintesi parametri geotecnici da Prove di laboratorio

Strato	Prof. Strato	Gamma (t/m ³)	Fi (°)	C' (Kg/cmq)
1	1.70-2.0	1.82	33.7	0.019

Dalla suddetta tabella si evince che i terreni interessati dal piano di lottizzazione sono caratterizzati da **buone caratteristiche fisico-mecccaniche**.

- Dal valore di V_{seq} ricavato dallo stendimento sismico, è possibile definire che l'area interessata dalla lottizzazione appartiene, per come previsto dal D.M. 17/01/2018, alla **Categoria C – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità”**.
- Il sito in esame rientra nella **Zona Sismica 2**.
- L'area in cui si prevede il piano di lottizzazione possiede favorevoli condizioni geologiche, geologico-tecniche, idro-geo morfologiche tali da garantire la stabilità globale dell'area.

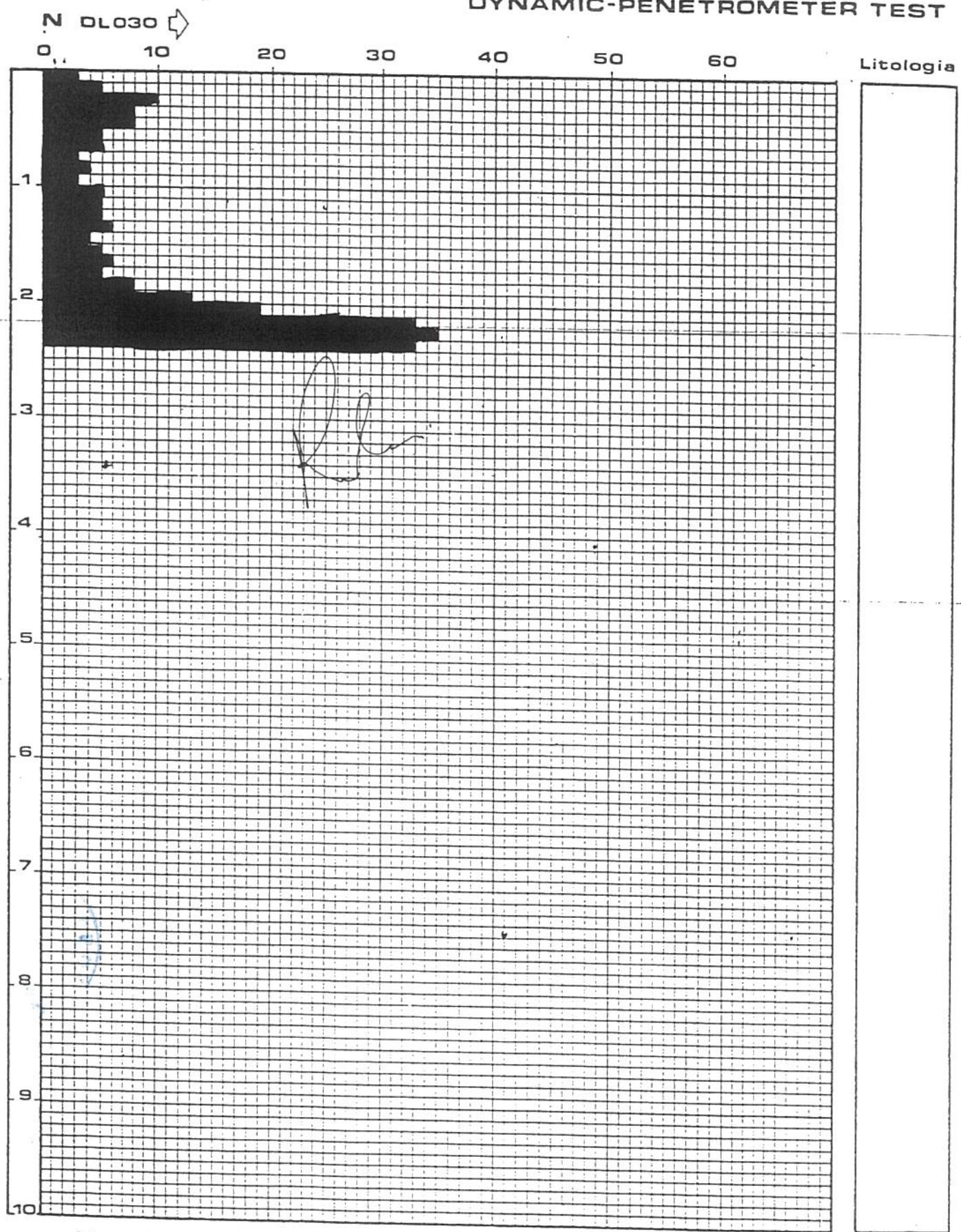
Alla luce di quanto esposto nei precedenti paragrafi si fornisce un parere positivo di fattibilità ai fini delle condizioni di stabilità geomorfologica dell'area interessata dal piano di lottizzazione.

P.A.I.

L'opera progettata è conforme alle prescrizioni tenute nel P.A.I. (**Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico**) approvato dal Consiglio Regionale con Delibera n.115 del 28.12.2001, e non ricadono nelle zone ad elevato rischio (R3 – R4) di cui all'art. 21 e successivo delle norme tecniche di attuazione e misure di salvaguardia entrate in vigore 28 marzo 2002.

Dott. Geologo Sonia Francolino

DYNAMIC-PENETROMETER TEST



PROVA PENETROMETRICA N.1

N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq	N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq
1	0,10	3	10,88	0,54	5	4,30	-	#####	#####
	0,20	5	18,14	0,91		4,40	-	#####	#####
	0,30	10	36,28	1,81		4,50	-	#####	#####
	0,40	8	29,02	1,45		4,60	-	#####	#####
	0,50	8	29,02	1,45		4,70	-	#####	#####
	0,60	5	18,14	0,91		4,80	-	#####	#####
	0,70	5	18,14	0,91		4,90	-	#####	#####
	0,80	3	10,88	0,54		5,00	-	#####	#####
	0,90	4	13,28	0,66		5,10	-	#####	#####
2	1,00	3	9,96	0,50		5,20	-	#####	#####
	1,10	5	16,60	0,83		5,30	-	#####	#####
	1,20	5	16,60	0,83					
	1,30	5	16,60	0,83					
	1,40	6	19,92	1,00					
	1,50	4	13,28	0,66					
	1,60	5	16,34	0,82					
	1,70	6	19,61	0,98					
	1,80	5	15,07	0,75					
	1,90	8	24,12	1,21					
3	2,00	13	39,19	1,96					
	2,10	19	57,28	2,86					
	2,20	33	99,48	4,97					
	2,30	35	104,15	5,21					
	2,40	33	98,20	4,91					
	2,50	-	#####	#####					
	2,60	-	#####	#####					
	2,70	-	#####	#####					
	2,80	-	#####	#####					
	2,90	-	#####	#####					
	3,00	-	#####	#####					
4	3,10	-	#####	#####					
	3,20	-	#####	#####					
	3,30	-	#####	#####					
	3,40	-	#####	#####					
	3,50	-	#####	#####					
	3,60	-	#####	#####					
	3,70	-	#####	#####					
	3,80	-	#####	#####					
	3,90	-	#####	#####					
5	4,00	-	#####	#####					

DYNAMIC-PENETROMETER TEST

N DL030

0

10

20

30

40

50

60

Litologia

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

200

Descrizione:

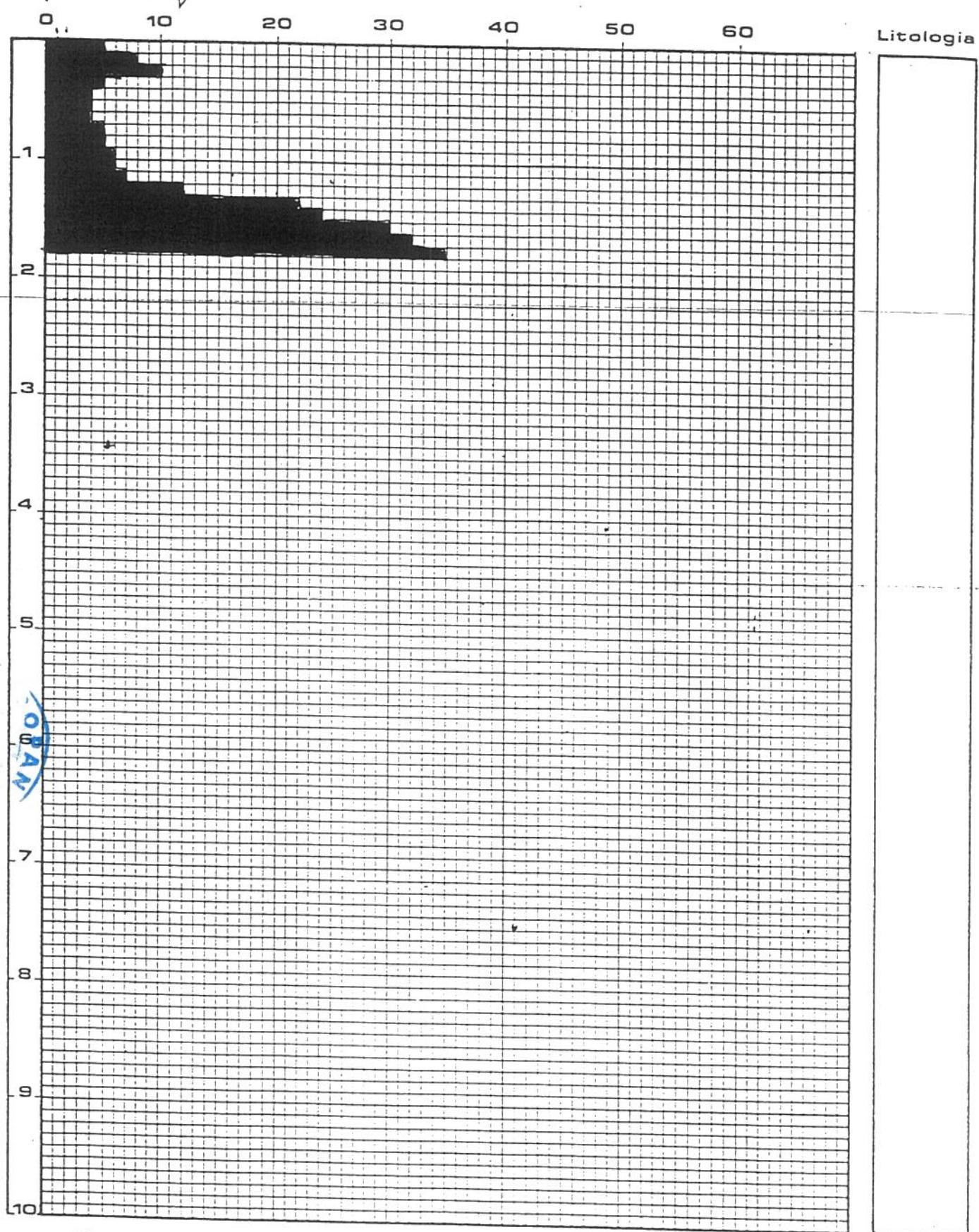
PROVA PENETROMETRICA N.2

N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq	N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq
1	0,10	5	18,14	0,91	5	4,30	-	#####	#####
	0,20	8	29,02	1,45		4,40	-	#####	#####
	0,30	7	25,39	1,27		4,50	-	#####	#####
	0,40	5	18,14	0,91		4,60	-	#####	#####
	0,50	3	10,88	0,54		4,70	-	#####	#####
	0,60	2	7,26	0,36		4,80	-	#####	#####
	0,70	2	7,26	0,36		4,90	-	#####	#####
	0,80	3	10,88	0,54		5,00	-	#####	#####
	0,90	3	9,96	0,50		5,10	-	#####	#####
2	1,00	4	13,28	0,66	6	5,20	-	#####	#####
	1,10	3	9,96	0,50		5,30	-	#####	#####
	1,20	4	13,28	0,66					
	1,30	4	13,28	0,66					
	1,40	7	23,24	1,16					
	1,50	6	19,92	1,00					
	1,60	5	16,34	0,82					
	1,70	6	19,61	0,98					
	1,80	5	15,07	0,75					
	1,90	8	24,12	1,21					
	2,00	10	30,15	1,51					
3	2,10	9	27,13	1,36					
	2,20	11	33,16	1,66					
	2,30	12	35,71	1,79					
	2,40	11	32,73	1,64					
	2,50	13	38,69	1,93					
	2,60	13	38,69	1,93					
	2,70	15	44,64	2,23					
	2,80	14	41,66	2,08					
	2,90	-	#####	#####					
	3,00	-	#####	#####					
4	3,10	-	#####	#####					
	3,20	-	#####	#####					
	3,30	-	#####	#####					
	3,40	-	#####	#####					
	3,50	-	#####	#####					
	3,60	-	#####	#####					
	3,70	-	#####	#####					
	3,80	-	#####	#####					
	3,90	-	#####	#####					
	4,00	-	#####	#####					



DYNAMIC-PENETROMETER TEST

N DL030



Descrizione:

SUNDA®

Thanks for Spiza

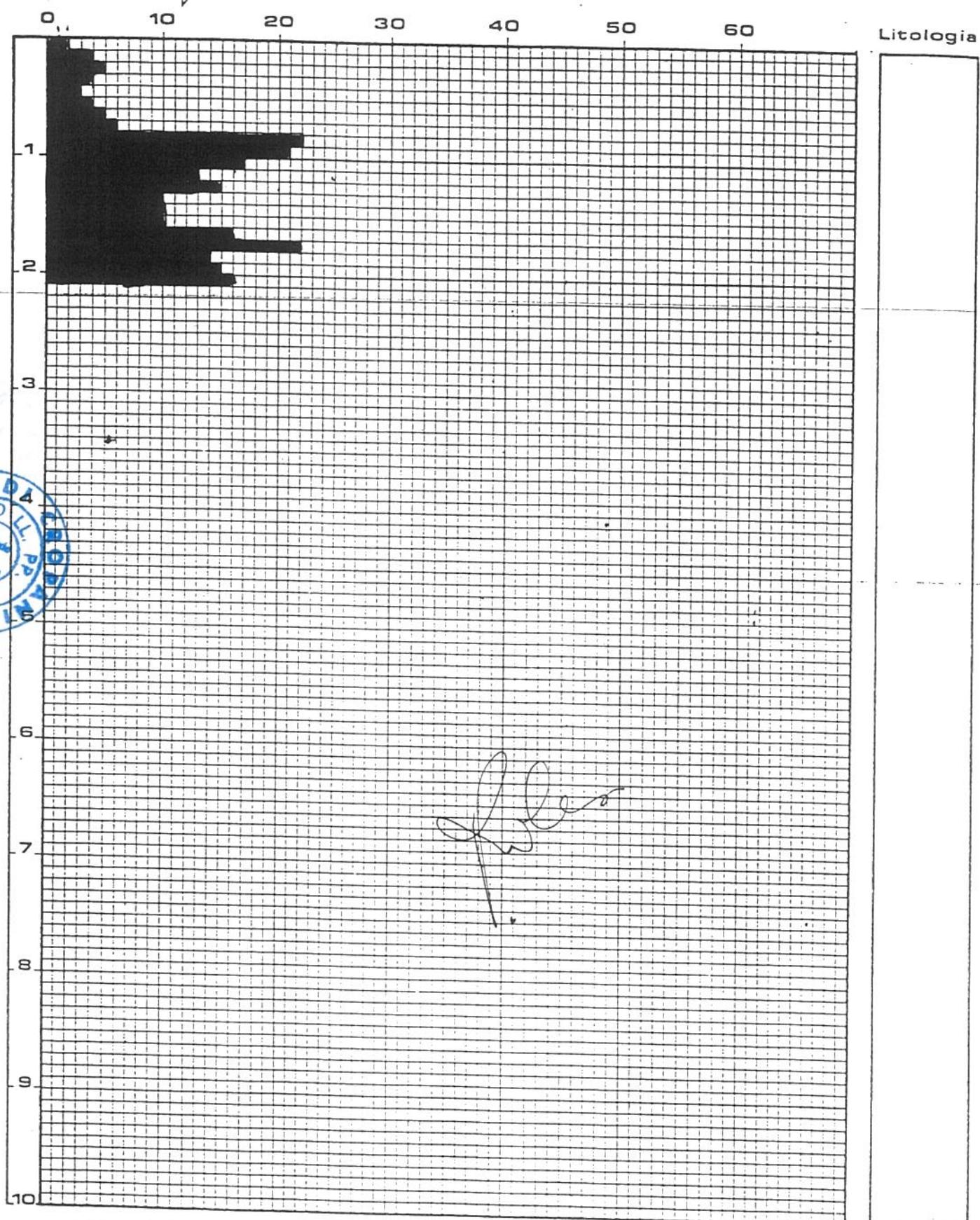
PROVA PENETROMETRICA N.3

N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq	N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq
1	0,10	5	18,14	0,91	5	4,30	-	#####	#####
	0,20	8	29,02	1,45		4,40	-	#####	#####
	0,30	10	36,28	1,81		4,50	-	#####	#####
	0,40	5	18,14	0,91		4,60	-	#####	#####
	0,50	4	14,51	0,73		4,70	-	#####	#####
	0,60	4	14,51	0,73		4,80	-	#####	#####
	0,70	4	14,51	0,73		4,90	-	#####	#####
	0,80	5	18,14	0,91		5,00	-	#####	#####
	0,90	5	16,60	0,83		5,10	-	#####	#####
2	1,00	6	19,92	1,00	6	5,20	-	#####	#####
	1,10	6	19,92	1,00		5,30	-	#####	#####
	1,20	7	23,24	1,16					
	1,30	12	39,85	1,99					
	1,40	22	73,06	3,65					
	1,50	24	79,70	3,98					
	1,60	30	98,07	4,90					
	1,70	32	104,61	5,23					
	1,80	35	105,51	5,28					
	1,90	-	#####	#####					
3	2,00	-	#####	#####					
	2,10	-	#####	#####					
	2,20	-	#####	#####					
	2,30	-	#####	#####					
	2,40	-	#####	#####					
	2,50	-	#####	#####					
	2,60	-	#####	#####					
	2,70	-	#####	#####					
	2,80	-	#####	#####					
	2,90	-	#####	#####					
4	3,00	-	#####	#####					
	3,10	-	#####	#####					
	3,20	-	#####	#####					
	3,30	-	#####	#####					
	3,40	-	#####	#####					
	3,50	-	#####	#####					
	3,60	-	#####	#####					
	3,70	-	#####	#####					
	3,80	-	#####	#####					
	3,90	-	#####	#####					
5	4,00	-	#####	#####					

3
IN
PAN

DYNAMIC-PENETROMETER TEST

N DL030



Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA N.4

N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq	N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq
1	0,10	2	7,26	0,36	5	4,30	-	#####	#####
	0,20	4	14,51	0,73		4,40	-	#####	#####
	0,30	5	18,14	0,91		4,50	-	#####	#####
	0,40	4	14,51	0,73		4,60	-	#####	#####
	0,50	3	10,88	0,54		4,70	-	#####	#####
	0,60	4	14,51	0,73		4,80	-	#####	#####
	0,70	5	18,14	0,91		4,90	-	#####	#####
	0,80	6	21,77	1,09	6	5,00	-	#####	#####
	0,90	22	73,06	3,65		5,10	-	#####	#####
2	1,00	21	69,73	3,49		5,20	-	#####	#####
	1,10	17	56,45	2,82		5,30	-	#####	#####
	1,20	13	43,17	2,16					
	1,30	15	49,81	2,49					
	1,40	10	33,21	1,66					
	1,50	10	33,21	1,66					
	1,60	10	32,69	1,63					
	1,70	16	52,30	2,62					
	1,80	22	66,32	3,32					
	1,90	14	42,20	2,11					
	2,00	15	45,22	2,26					
3	2,10	16	48,23	2,41					
	2,20	-	#####	#####					
	2,30	-	#####	#####					
	2,40	-	#####	#####					
	2,50	-	#####	#####					
	2,60	-	#####	#####					
	2,70	-	#####	#####					
	2,80	-	#####	#####					
	2,90	-	#####	#####					
	3,00	-	#####	#####					
4	3,10	-	#####	#####					
	3,20	-	#####	#####					
	3,30	-	#####	#####					
	3,40	-	#####	#####					
	3,50	-	#####	#####					
	3,60	-	#####	#####					
	3,70	-	#####	#####					
	3,80	-	#####	#####					
	3,90	-	#####	#####					
5	4,00	-	#####	#####					



Qe

DYNAMIC-PENETROMETER TEST

N DL030

0

10

20

30

40

50

60

Litologia

1

2

3

4

5

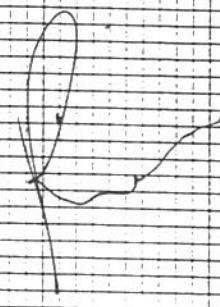
6

7

8

9

10



Descrizione:

PROVA PENETROMETRICA N.5

N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq	N° aste	mt. Prof.	N° Colpi	Rd Kg/cmq	Qa Kg/cmq
1	0,10	2	7,26	0,36	5	4,30	-	#####	#####
	0,20	3	10,88	0,54		4,40	-	#####	#####
	0,30	3	10,88	0,54		4,50	-	#####	#####
	0,40	3	10,88	0,54		4,60	-	#####	#####
	0,50	4	14,51	0,73		4,70	-	#####	#####
	0,60	5	18,14	0,91		4,80	-	#####	#####
	0,70	11	39,91	2,00		4,90	-	#####	#####
	0,80	21	76,18	3,81	6	5,00	-	#####	#####
	0,90	26	86,34	4,32		5,10	-	#####	#####
2	1,00	22	73,06	3,65		5,20	-	#####	#####
	1,10	22	73,06	3,65		5,30	-	#####	#####
	1,20	12	39,85	1,99					
	1,30	12	39,85	1,99					
	1,40	11	36,53	1,83					
	1,50	13	43,17	2,16					
	1,60	10	32,69	1,63					
	1,70	10	32,69	1,63					
	1,80	11	33,16	1,66					
	1,90	12	36,17	1,81					
3	2,00	10	30,15	1,51					
	2,10	10	30,15	1,51					
	2,20	13	39,19	1,96					
	2,30	14	41,66	2,08					
	2,40	13	38,69	1,93					
	2,50	14	41,66	2,08					
	2,60	13	38,69	1,93					
	2,70	19	56,54	2,83					
	2,80	20	59,52	2,98					
	2,90	27	74,50	3,72					
	3,00	28	77,25	3,86					
	3,10	25	68,98	3,45					
	3,20	23	63,46	3,17					
	3,30	22	60,00	3,00					
	3,40	-	#####	#####					
	3,50	-	#####	#####					
	3,60	-	#####	#####					
	3,70	-	#####	#####					
	3,80	-	#####	#####					
	3,90	-	#####	#####					
5	4,00	-	#####	#####					

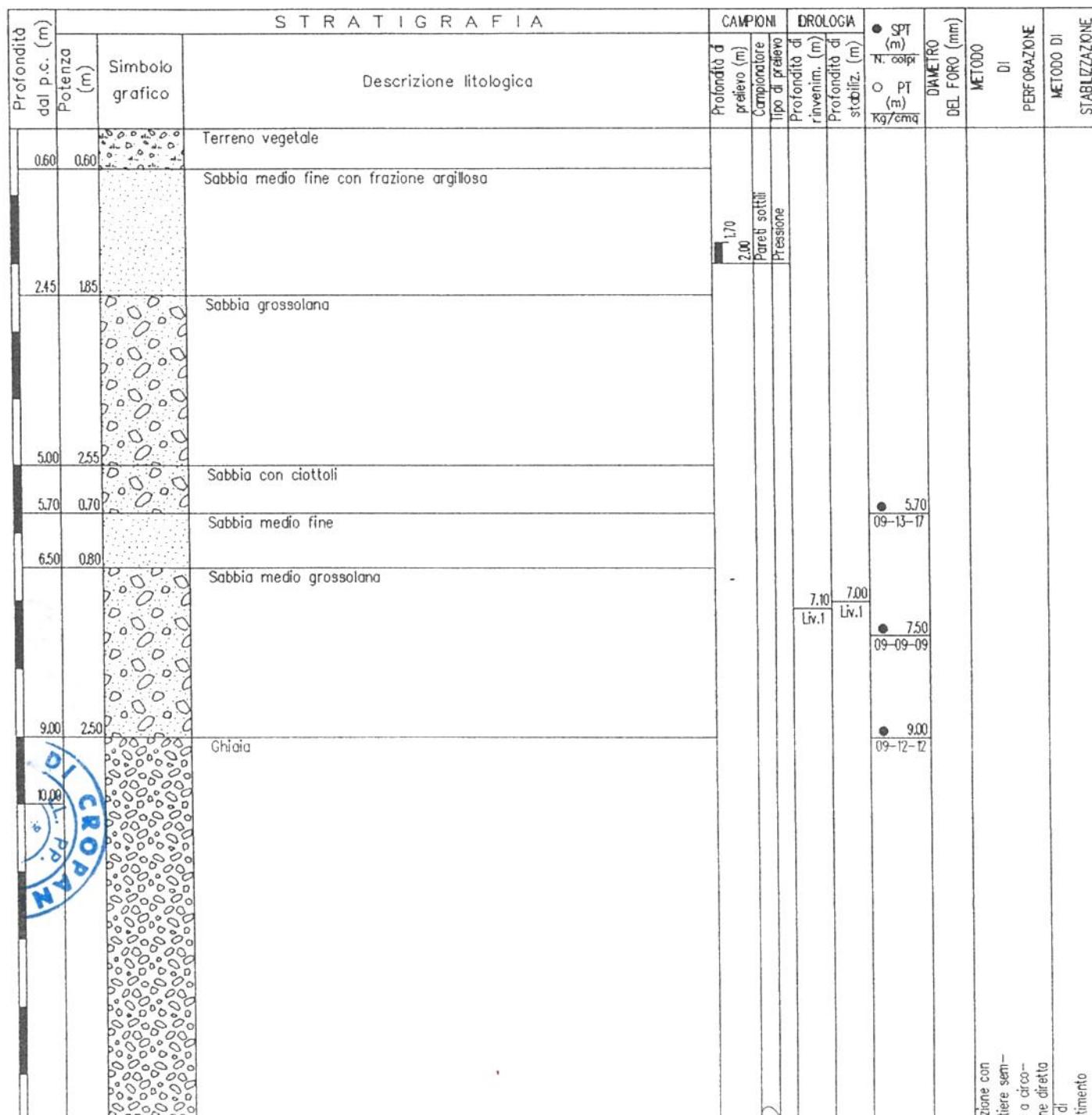
 DIPLOMA
CRO

TEKNOSONDA S.r.l.

via Turati, 13

88046 Lamezia Terme - tel. 0968/23534/23864

RIF. INT.: 000000002	DATA ELABORAZIONE: 13/05/2001	DATA INIZIO PERFORAZIONE: 24/02/2001	DATA FINE PERFORAZIONE: 24/02/2001
COMMITTENTE: DITTA MERCURIO RAFFAELE	CANTIERE: LOC. "SENA" COMUNE DI CROPANI		
PERFORAZIONE: S1	QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.): 15.00	LUNGHEZZA (m): 15.00	INCLINAZIONE (gradi): 0.00 SCALA GRAFICA: 1:88
MACCHINA PERFORATRICE: SONDA IDRAULICA CMV-400			
PERFORATORE RESPONSABILE: Galante Gregorio	TECNICO RESPONSABILE: Dott. geol. Ermilia Rolesi		
NOTE: SPT=Standard Penetration Test. PT=Penetrometro Tasabile.			



GEOTECHNICAL CONSULT LAMEZIA TERME

COMMITTENTE: MERCURIO Raffaele SONDAGGIO : 1
LOCALITA': SEna di Cropani CAMPIONE : 1
CANTIERE: Lottizzazione in zona C.T. PROFONDITA'(m): 2.50 - 2.90

CONTENUTO IN ACQUA E ALTRE PROPRIETA' DEL SUOLO

CONTENUTO IN ACQUA = 12.96 (%)

DENSITA' NATURALE = 1.82 g/cm³

DENSITA' SECCA = 1.62 g/cm³

INDICE DEI VUOTI = 444

POROSITA' = .307

GRADO DI SATURAZIONE = 68.24 (%)

PESO SPECIEICO DEI GRANULI = 2,33 g/cm³

NOTE.



DATA: 4.04.2001

FIRMA:

GEOTECHNICAL CONSULT LAMEZIA TERME

COMMITTENTE: MERCURIO Raffaele SONDAGGIO :1
LOCALITA' : Sena di Cropani CAMPIONE :1
CANTIERE : Lottizzazione di zona C.T. PROFONDITA'(m): 2.50 - 2.90

PROVA DI TAGLIO DIRETTO-CURVA INTRINSECA



PRESSIONE VERT. RESISTENZA AI TAGLI IO

1.000	0.697
2.000	1.336
3.000	2.033

CAMPIONE: Deposito eterogranulare

Area scatola taglio (cm²) = 31,67

TIPO DI PROVA:CD Area scalola taglio (cm²) = 31.67 Velocita' di deformazione :0.06 mm/min.

COESIONE =0.019 kg/cm²

COESIONE = 0.019 kg/cm²
ANGOLO DI ATTRITO = 33.7

GEOTECHNICAL CONSULT LAMEZIA TERME

OMMITTENTE:MERCURIO Raffaele SONDAGGIO :1
OCALITA' :Sena di Cropani CAMPIONE :1
ANTIERE :Lottizzazione in zona C.T. PROFONDITA'(m):2.50 - 2.90

PROVA EDOMETRICA

Diagramma indice vuoti -Log pressione (kg/cm²)

SEGUE FOGLIO TABULATI

GEOTECHNICAL CONSULT LAMEZIA TERME

COMMITTENTE: MERCURIO Raffaele SONDAGGIO : 1
LOCALITA' : Sena di Cropani CAMPIONE : 1
CANTIERE : Lottizzazione in zona C.T. PROFONDITA'(m): 2.50 - 2.90

FOGLIO N. 2: TABULATI

Pressioni kg/cmq	Cedimenti cm	Ced. percent. (%)	ind.vuoti -	mod. edom. kg/cmq
---------------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------------

1.000	0.0100	0.500	0.4368	-
2.000	0.0260	1.300	0.4252	123.9
4.000	0.0460	2.300	0.4108	196.4
8.000	0.0780	3.900	0.3877	242.3
16.000	0.1160	5.800	0.3602	400.6
4.000	0.1080	5.400	0.3660	-
1.000	0.0980	4.900	0.3732	-

GRANDEZZE INDICE

UMIDITA' NATURALE = 12.96 (%)
 DENSITA' NATURALE = 1.82 g/cmc
 DENSITA' SECCA = 1.62 g/cmc
 INDICE DEI VUOTI = .444
 POROSITA' = 30.7 (%)
 GRADO DI SATURAZ. = 68 (%)

PESO SPECIFICO DEI GRANULI = 2.33 g/cmc

TIPO DI CAMPIONE: Deposito eterogranulare

NOTA.



DATA: 4.04.2001

FIRMA:

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Mercurio
Descrizione: Piano di lottizzazione
Localita': Sena

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondita' giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipò	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25

Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25
--------------------------------	------	-------------	----

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M peso massa battente.

M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao e Whitman 1986)$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C _S	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C _d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115 mm).
C _r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $Nspt,k$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di $Nspt$ distribuiti normalmente:

$$Nspt,k = Nspt,medio - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati $Nspt$ il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se $Nspt$ dello strato considerato risulta inferiore a $Nspt$ critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

$$Nspt \text{ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

Nspt è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni $< 8-10$ t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c
-

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $Nspt < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu - $Nspt$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $Nc = 20$ e $Qc/Nspt = 2$.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cm²), valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 6-12).

Modulo Di Young (EY)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume sastro

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data 24.02.2001

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
5,85	90
6,00	13
6,15	17

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	30	6,15	44,25	80,93	80,89	63,51

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977)	Sabbione	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROA D BRIDGE SPECIFIC ATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	30	6,15	30	35,57	28,57	36,4	29,91	39,67	39,33	32-35	36,21	36	26,88	39,49	

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzaebach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	30	6,15	30	390,96	240,00	354,70	405,00	225,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	30	6,15	30	180,00	89,09	213,00	171,80

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	30	6,15	30	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[1] -	30	6,15	30	Terzaghi-Peck 1948	1,70

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Sastro (t/m ³)

[1] -	30	6,15	30	Terzaghi-Peck 1948	2,06
-------	----	------	----	-----------------------	------

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	30	6,15	30	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	30	6,15	30	1590,04	998,69

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data 24.02.2021

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
7,65	9
7,80	9
7,95	9

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	18	7,95	34,34	64,67	64,7	45,66

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corret to per prese nza falda	Peck- Hans- Thorn- burn- Meye rhof	Meye rhof (1956)	Sowe rs (1961)	Malc ev (1964)	Meye rhof (1965)	Schm ertma nn (1977)	Mitch ell & Katti (1981)	Shioi- Fuku ni (1982 (ROA D BRID	Japan ese Natio nal Railw ay	De Mello	Owas aki & Iwasa ki

				1956							GE SPEC IFIC ATIO N)			
[1] -	18	7,95	16,5	31,71	24,71	32,62	29,46	35,97	37,05	30-32	30,73	31,95	25,68	33,17

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabie)	Schultze-Menzelbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	18	7,95	16,5	289,94	132,00	195,40	303,75	157,50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	18	7,95	16,5	99,00	61,36	117,15	111,59

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	18	7,95	16,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Uniti' di Volume (t/m ³)
[1] -	18	7,95	16,5	Terzaghi-Peck 1948	1,56

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Uniti' Volume Sastro (t/m ³)
[1] -	18	7,95	16,5	Terzaghi-Peck 1948	1,97

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson

[1] -	18	7,95	16,5	(A.G.I.)	0,32
-------	----	------	------	----------	------

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	18	7,95	16,5	906,46	693,09

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data 24/02/2021

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi
9,15	9
9,30	12
9,45	12

TERRENI INCOERENTI

Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	24	9,45	34,95	65,57	66,1	50,48

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmidtma nn (1977)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni (1982)	Japanese National Railway (ROA D BRIDGE SPECIFIC ATION)	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	24	9,45	19,5	32,57	25,57	33,46	29,24	36,92	37,18	30-32	32,1	32,85	25,32	34,75

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzelbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	24	9,45	19,5	315,20	156,00	230,80	326,25	172,50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	24	9,45	19,5	117,00	67,52	138,45	124,97

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	24	9,45	19,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (t/m ³)
[1] -	24	9,45	19,5	Terzaghi-Peck 1948	1,59

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Sastro (t/m ³)
[1] -	24	9,45	19,5	Terzaghi-Peck 1948	1,99

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	24	9,45	19,5	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	24	9,45	19,5	1060,59	767,58

Comune di Cropani

Geol. Sonia Francolino	Via: della Resistenza, 89864 Spilinga (VV)
-------------------------------	---

Piano di lottizzazione di iniziativa privata

	Data: ottobre 2023
	Il committente Marecurio Antonietta, Mercurio Francesco, Mercurio Salvatore
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica MASW	

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$\boldsymbol{v} = \lambda \times \boldsymbol{v}$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

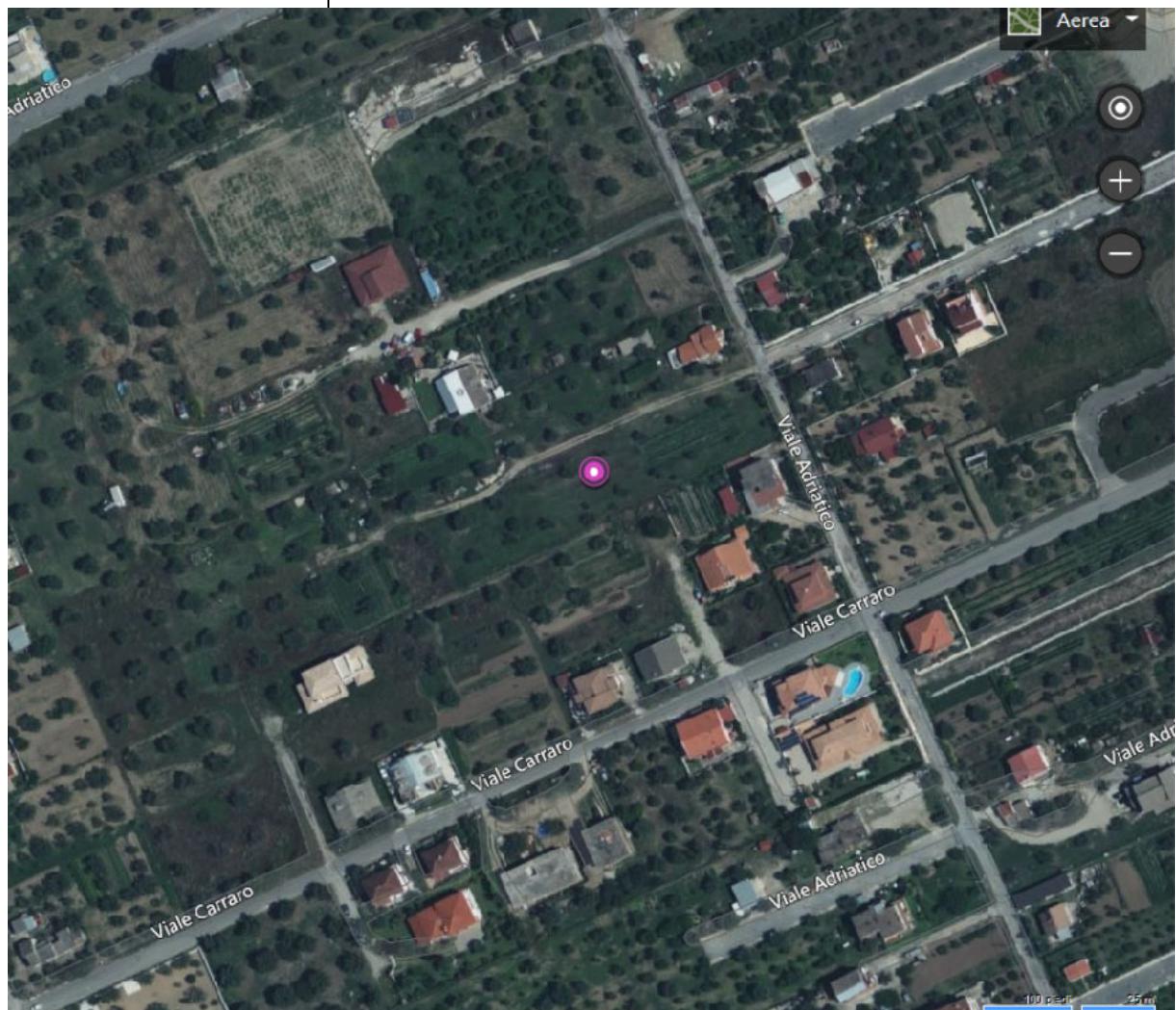
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.



Documentazione fotografica

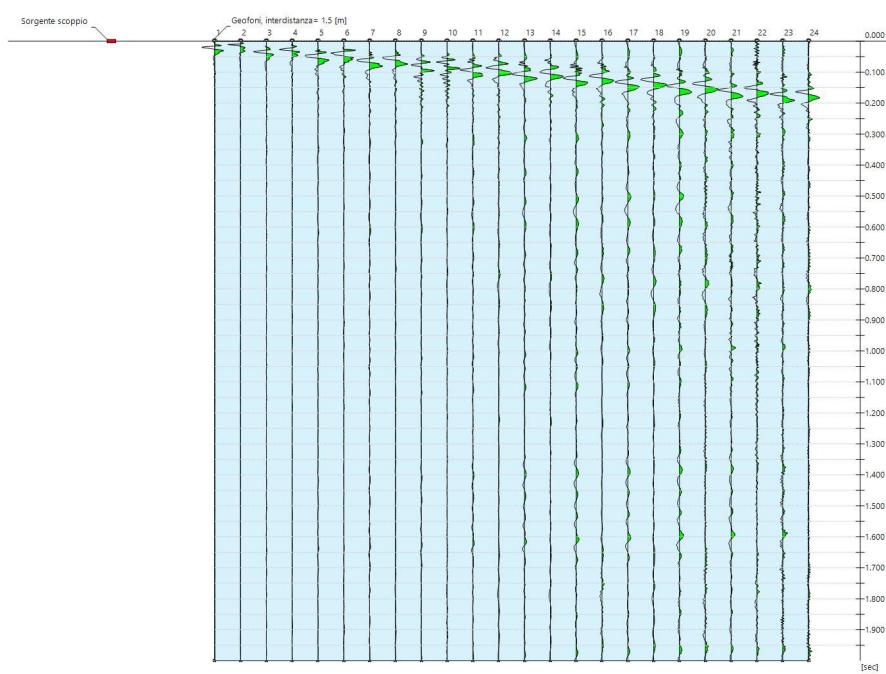
Dati generali

Committente	Marecurio Antonietta, Mercurio Francesco, Mercurio Salvatore
Cantiere	Cropani Marina
Località	Sena
Operatore	Geol. Sonia Francolino
Responsabile	Geol. Sonia Francolino
Zona	Cropani
Data	14/10/2023 05:20
Latitudine	38.9139
Longitudine	16.8035



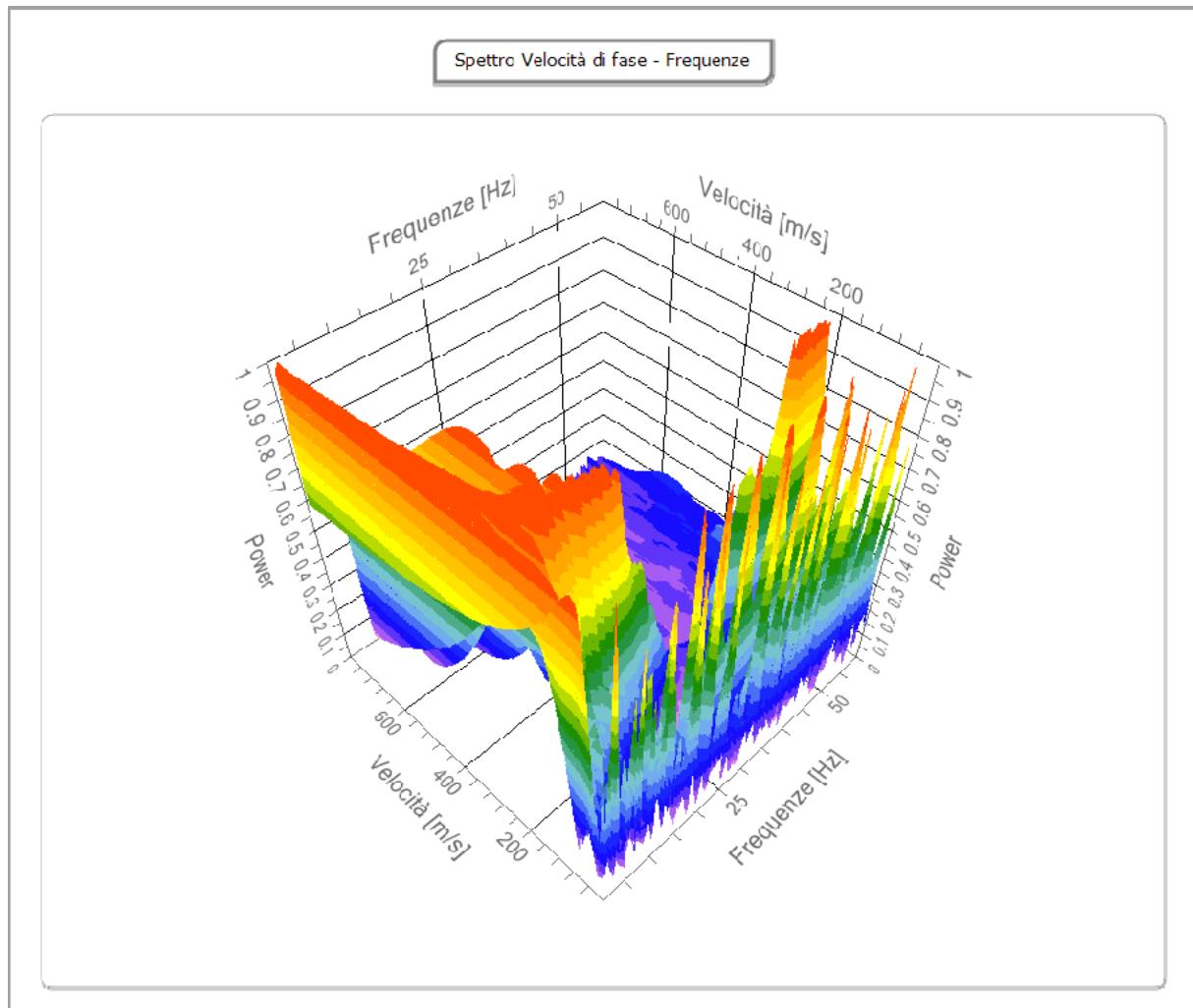
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00



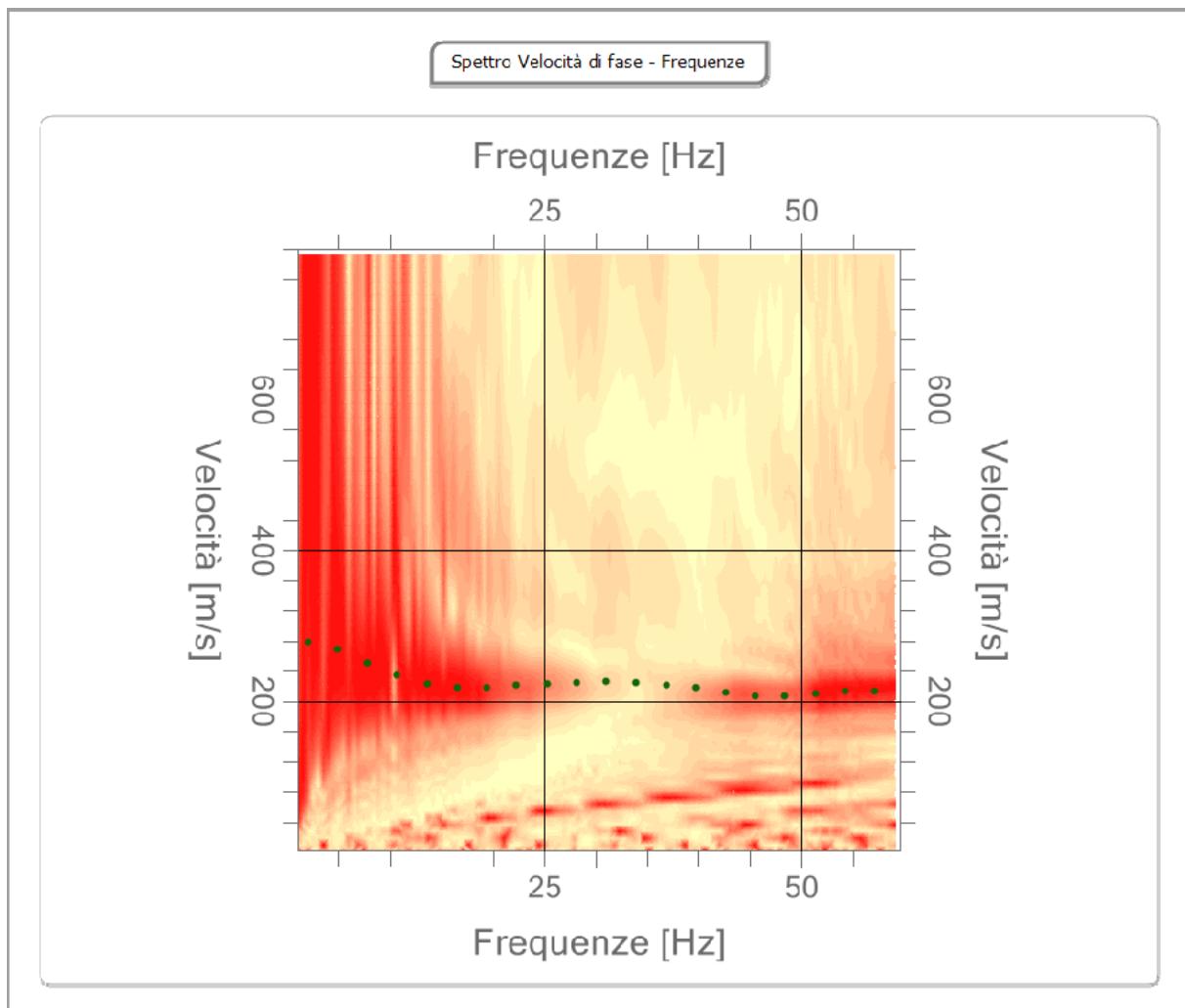
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.0	278.3	0
2	4.9	268.4	0
3	7.8	250.6	0
4	10.7	233.9	0
5	13.6	222.8	0
6	16.5	218.4	0
7	19.4	218.9	0
8	22.3	221.2	0
9	25.2	223.8	0
10	28.1	225.6	0
11	31.0	226.0	0
12	33.9	224.6	0
13	36.8	221.7	0
14	39.7	217.7	0
15	42.6	211.0	0
16	45.5	207.0	0
17	48.5	207.2	0
18	51.4	209.6	0
19	54.3	213.0	0
20	57.2	214.2	0

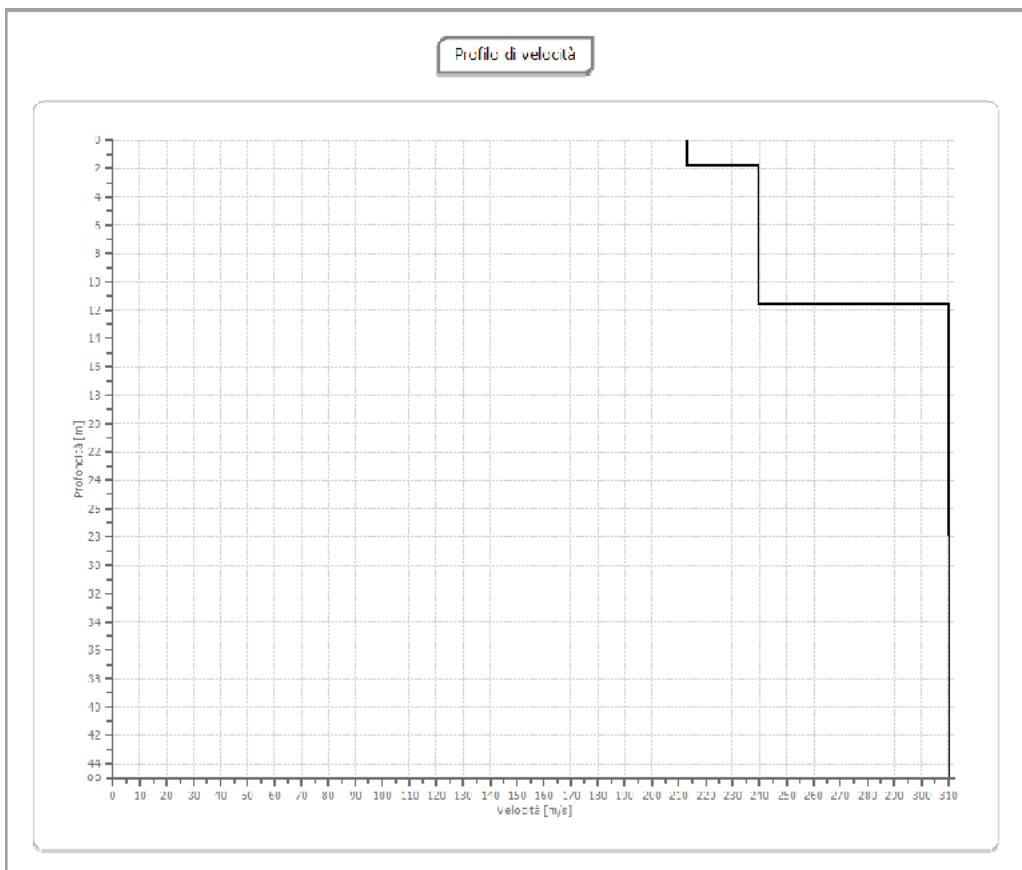
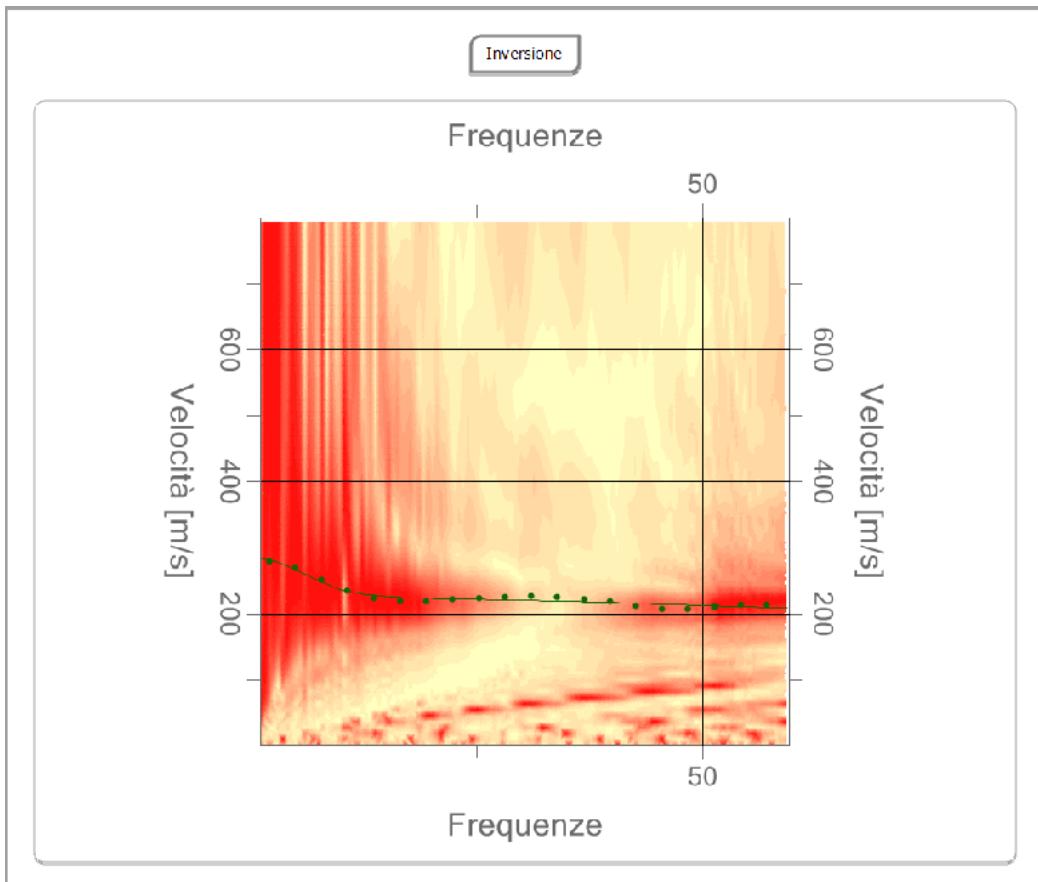


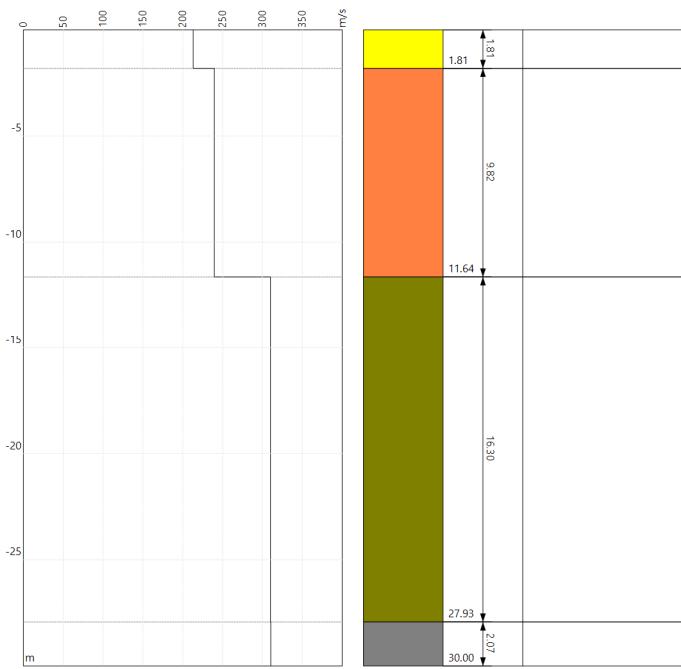
Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.81	1.81	1730.0	0.34	No	432.7	213.0
2	11.64	9.82	1940.0	0.30	Si	448.3	239.6
3	27.93	16.30	1750.0	0.30	Si	580.0	310.0
4	oo	oo	2000.0	0.28	Si	561.7	310.5

Percentuale di errore 0.035 %

Fattore di disadattamento della soluzione 0.019





Risultati

V_{s,eq} [m/sec]	275.90
(H=30.00 m)	
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente 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.

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.81	1.81	213.0	432.6	1730.3	0.34	78.51	323.8	219.1	210.4	N/A	1044.30
2	11.64	9.82	239.6	448.2	2100.2	0.30	120.5	422.0	261.2	313.4	N/A	1885.73
3	27.93	16.30	310.0	579.9	1900.0	0.30	182.5	639.0	395.6	474.7	N/A	N/A
4	oo	oo	310.4	561.6	2200.7	0.28	212.0	694.0	411.2	542.8	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;