

COMUNI DI BORGIA E SAN FLORO
PROVINCIA CATANZARO



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "E90"

Elaborato: E90_AMB_R07

Scala: -

Data: 19/05/2023

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE:

ENERGIA LEVANTE s.r.l.
Via Luca Gaurico - Regus Eur - Cap 00143 ROMA
P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - energialevantesrl@legalmail.it
SOCIETA' DEL GRUPPO



www.sserenewables.com Tel +39 0654832107

PROFESSIONISTA:

Dott. Geologo Fulvio Mattace

N°REVISIONE	DATAREVISIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	NOTE
	19/05/2023			Ing. Mercurio	

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1. <i>Inquadramento geografico</i>	3
2.2. <i>Inquadramento geomorfologico</i>	3
2.3. <i>Inquadramento geologico generale</i>	4
2.4. <i>Geologia della zona</i>	7
2.5. <i>Sismicit� dell'area</i>	8
3. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI E LORO METODOLOGIA	10
3.1. <i>Prova Penetrometrica Super Pesante (DPSH)</i>	10
3.2. <i>Metodologia MASW ATTIVA (Multichannel Analisis of Surface Waves)</i>	13
3.2.1. <i>Introduzione generale</i>	13
3.2.2. <i>Onde superficiali di Rayleigh (onde R)</i>	14
3.2.3. <i>Tecnica MASW ATTIVA : procedura e strumentazione utilizzata</i>	16
4. ANALISI DEI RISULTATI	17
4.1. <i>Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (DPSH)</i>	17
4.2. <i>Indagine sismica e Categorie di suolo di fondazione del sito in esame</i>	18
5. AREA DI SEDIME STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE	20
5.1 <i>Inquadramento geomorfologico</i>	20
5.2 <i>Geologia della zona</i>	20
6. CONCLUSIONI	22

1. PREMESSA

Nel presente documento è stato condotto uno studio geologico, geomorfologico, sismico e idrogeologico finalizzato alla realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte eolica costituito da dieci aerogeneratori della potenza di 6,2MW per una potenza complessiva di 62,0MW, proposto dalla Società ENERGIA LEVANTE srl, società del gruppo SSE Renewables, iscritta presso la Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Roma al n. REA 1219825 con P.IVA 10240591007 con sede in Roma Via Luca Gaurico n.9/11 -Regus Eur-Cap 00143.

Per verificare le caratteristiche geologiche del sottosuolo della zona in cui si inserisce l'area in oggetto ci si è avvalsi di conoscenze dirette dello scrivente sui materiali che costituiscono l'area, di informazioni reperibili dalla letteratura specializzata e di informazioni assunte in sede di sopralluogo.

Al fine di verificare in dettaglio le caratteristiche geologico tecniche dei terreni oggetto dell'intervento, oltre che all'esecuzione di un accurato rilievo geologico di superficie mediante sopralluoghi e rilevamenti di dettaglio sia nelle immediate vicinanze delle aree di intervento che sul territorio circostante, è stata eseguita una campagna geognostica articolata secondo i seguenti punti:

- esecuzione di n. 6 prove penetrometriche super pesanti (DPSH);
- esecuzione di n. 3 profili sismici con la tecnica MASW;

Le indagini geologiche e geotecniche così articolate hanno fornito le seguenti informazioni sull'area indagata:

- origine e natura dei litotipi;
- caratteristiche morfologiche;
- caratteristiche idrologiche e idrogeologiche;
- caratteristiche geotecniche del terreno interessato dalle realizzazioni in progetto.

Il presente lavoro presenta i risultati relativamente ai seguenti argomenti:

- analisi e descrizione della situazione geolitologica e morfologica generale;
- descrizione delle modalità con le quali sono state condotte le indagini;
- determinazione della natura litologica e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni del sottosuolo investigato.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1. *Inquadramento geografico*

L'area in esame è ubicata lungo le colline poste a confine tra i territori comunali di Borgia e San Floro, in provincia di Catanzaro, alla sinistra idraulica del Fiume Corace.

Da un punto di vista cartografico l'area è riportata nel Foglio 242 Quadrante III "Catanzaro Marina" e nel Foglio 242 Quadrante III "Squillace" dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000 di cui si riporta uno stralcio nell'allegato 1.

2.2. *Inquadramento geomorfologico*

Da un punto di vista morfologico, come già detto, l'area in esame è costituita da una serie di dossi e vallecole poste alla sinistra idraulica del Fiume Corace.

Le quote altimetriche variano da 140 a 299 m sul livello del mare. I materiali presenti in superficie sono costituiti da sabbie, conglomerati e argille che nell'area del parco presentano un buon grado di stabilità. Localmente sono presenti solchi di lisciviazione e dilavamento. Le scarpate presentano un buon grado di stabilità infatti, ad eccezione di piccoli fenomeni di dilavamento, non presentano indizi di fenomeni gravitativi incipienti o in atto, come tra l'altro evidenziato dalla cartografia sul rischio da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria di cui si riporta uno stralcio in allegato 4, dove si riporta anche uno stralcio dei Vincoli Idrogeologici. Con Delibera n. 540 del 13/10/2020 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale sono state approvate le nuove mappe del Piano di Gestione Rischio Alluvione che, di fatto, recepiscono ed integrano il Piano Erosione Costiera (PSEC), il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria e il Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA) dell'Autorità di Distretto, inoltre sono state emanate nel medesimo dispositivo anche le relative norme e misure di Salvaguardia. Di fatto con le nuove mappe del PGRA vengono recepite le perimetrazioni del PAI (definite come Aree di Attenzione, Zone di Attenzione, Punti di Attenzione) per le quali valgono le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del PAI approvate con Delibera del C.I. n. 27 del 02/08/2011 così come per le perimetrazioni del PSEC valgono le Norme di cui Delibera n. 4/2016 del 11/04/2016, mentre per le nuove aree perimetrare dal PGRA (definite come aree di attenzione e non più come aree P1, P2 e P3) valgono le Misure di Salvaguardia di cui alla D.S. 540/2020. In allegato 6 si riporta l'estratto delle nuove mappe del Piano di Gestione Rischio Alluvione per l'area di intervento. L'esame della cartografia tematica evidenzia:

A) ZONA AREOGENERATORI

P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico: non perimetra l'area di intervento a rischio e/o a pericolosità idraulica e/o da frana.

Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA): non perimetra l'area di intervento a rischio e/o a pericolosità idraulica.

B) CAVIDOTTO

P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico: il cavidotto attraversa alcune aree classificate e rischio da frana e come aree di attenzione;

Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA): il cavidotto attraversa alcune aree classificate aree di attenzione PGRA;

Preme sottolineare che tali opera seguono grosso modo il tracciato di strade esistenti e sono consentite dalle NAMS del PAI e del PGRA.

2.3. *Inquadramento geologico generale*

L'area in esame si colloca nel contesto geologico, geomorfologico - strutturale della Stretta di Catanzaro, vedi figura 1.

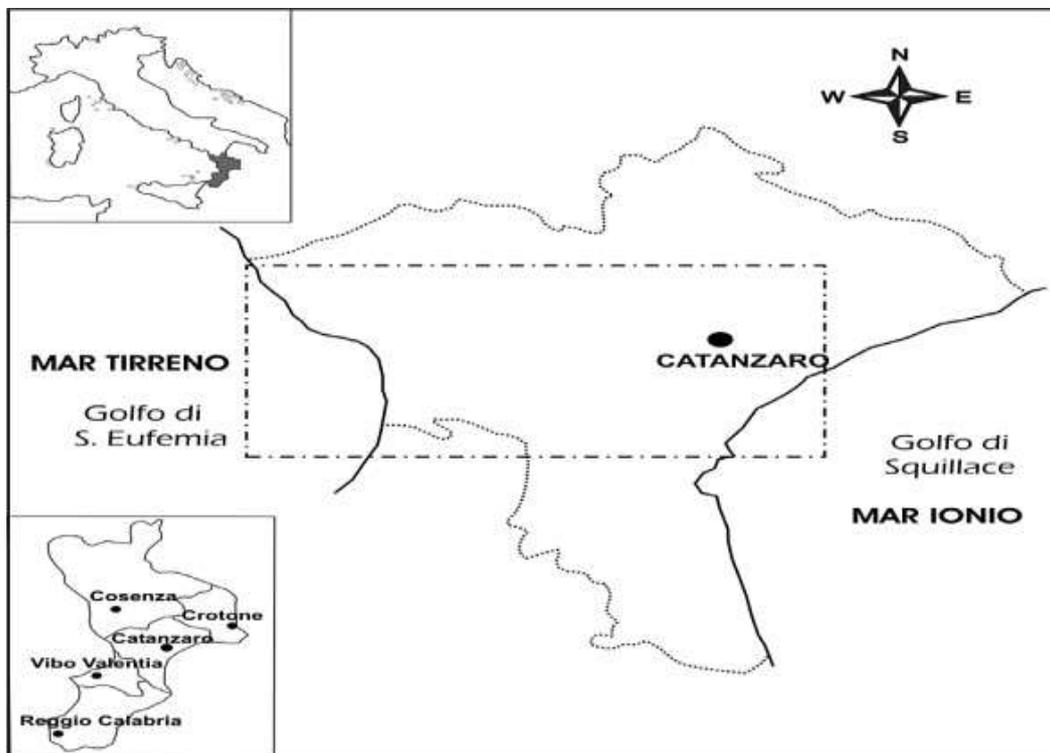


Figura 1 - Stretta di Catanzaro

La Stretta di Catanzaro ricade nel contesto geologico regionale dell'Arco Calabro-Peloritano. L'Arco Calabro Peloritano (ACP) è un elemento di catena fortemente arcuato della fascia orogenica perimediterranea posto tra la catena appenninica s.s., caratterizzata da un andamento circa NW-SE e la catena siciliano maghrebide ad andamento E-W (Amodio Morelli et al. 1976).

Strutturalmente, l'Arco calabro-peloritano, rappresenta un thrust-system prodotto dalla sovrapposizione, tra il Cretaceo superiore ed il Paleogene, di una serie di unità cristallino-metamorfiche paleozoiche derivanti dalla deformazione di domini continentali ed oceanici.

Successivamente alla sua strutturazione, è stato interessato da un'intensa fase tettonica post-orogena estensionale, iniziata dal Pliocene Superiore e tutt'ora in atto (Westaway, 1993; Wortel & Spacman, 1993; De Jonge et al., 1994; Tortorici et al., 1995; Monaco et al., 1996).

L'estensione ha prodotto un'ampia zona di rift, denominata da Monaco & Tortorici (2000) "rift-zone siculo-calabra" (Fig. 2), strutturata da un sistema di faglie normali sismogeniche (Postpischl, 1985; Boschi et al., 1995), che si estende dalla costa orientale della Sicilia, attraverso lo Stretto di Messina, fino al settore nord-occidentale della Calabria.

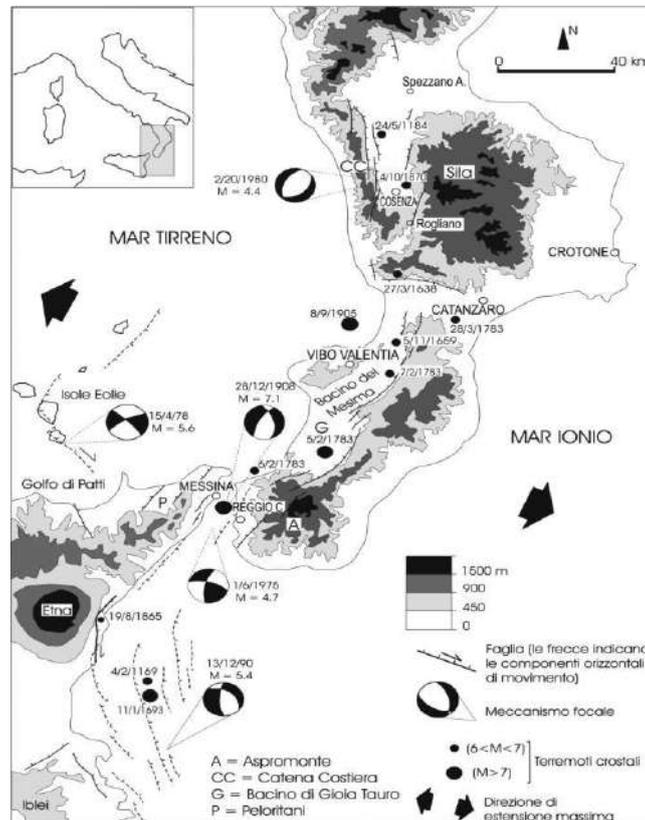


Figura 2 - Caratteri sismotettonici della "rift-zone siculo-calabra" (da Monaco & Tortorici, 2000)

Le faglie presentano direzioni variabili tra N-S e NE-SO e, meno frequentemente, evidenziano un andamento trasversale (direzioni medie ONO-ESE).

I singoli segmenti di faglia che costituiscono la riftzone hanno frammentato l'Arco calabro peloritano in bacini sedimentari marini, disposti sia parallelamente che trasversalmente rispetto alla direzione dell'Arco, ed in blocchi sollevati. Le faglie, che mostrano scarpate ben sviluppate e con sensibile grado di "freschezza" morfologica, in Calabria sollevano e delimitano i fronti dei principali sistemi montuosi (Aspromonte, Serre, Catena Costiera Sila).

I sistemi di faglie ad andamento trasversale della riftzone siculo-calabra rivestono un ruolo particolarmente importante nell'area in esame, in quanto individuano la depressione tettonica (graben) che corrisponde alla Stretta di Catanzaro.

Da un punto di vista geologico-strutturale la Stretta di Catanzaro è una depressione tettonica denominata "graben di Catanzaro" (Tansi et al., 1998).

Il graben è colmato da depositi plio-quadernari; esso è stato strutturato da faglie sub-verticali con direzioni

prevalenti ONO-ESE che evidenziano cinematismi per lo più normali, con una componente di trascorrenza sinistra che talora può diventare predominante. Il graben è interposto tra due horst costituiti da unità cristallino-metamorfiche paleozoiche appartenenti all'Arco calabro-peloritano (Amodio-Morelli et al., 1976) rappresentati, rispettivamente, dalle propaggini più meridionali dei sistemi Catena Costiera- Altopiano Silano e da quelle più settentrionali del Massiccio delle Serre.

Lungo il bordo settentrionale del "gaben di Catanzaro", la faglia "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli- Marcellinara" rappresenta l'elemento tettonico più rilevante su scala regionale poichè giustappone i litotipi cristallino metamorfici paleozoici del sistema Catena Costiera-Sila ai depositi plio-quadernari: tale faglia solleva le propaggini meridionali cristallino-metamorfiche paleozoiche del sistema Catena Costiera- Altopiano Silano rispetto ai depositi tortonianoquadernari di riempimento del graben.

Le faglie che strutturano il bordo meridionale del graben di Catanzaro sono riconducibili alle direttrici "Jacurso-Copanello" e "Maida-Case San Fantino". Queste due strutture sono responsabili del sollevamento delle metamorfite paleozoiche dell'Unità di Polia-Copanello rispetto ai sedimenti plio- quadernari di riempimento del graben di Catanzaro.

Immediatamente a sud delle suddette faglie, i sistemi predominanti diventano decisamente le faglie estensionali appartenenti al sistema NNE-SSO.

L'horst del sistema Catena Costiera-Alttopiano Silano, è costituito da rocce cristallino-metamorfiche paleozoiche d'origine alpina riferibili all'Arco calabro-peloritano e da rocce carbonatiche giurassiche appartenenti ad una sottostante catena appenninica neogenica, localmente affioranti in finestra tettonica. Secondo Amodio-Morelli et al. (1976), la catena alpina è strutturata dalla sovrapposizione tettonica di cinque unità rappresentate, dalla più bassa alla più elevata strutturalmente, da:

- Unità del Frido, costituita da rocce metamorfiche di grado da basso a medio, d'origine oceanica d'età cretacea;
- Unità di Gimigliano, costituita da rocce verdi (metabasalti e serpentiniti) d'origine oceanica d'età Giurassico-Cretaceo inferiore;
- Unità di Bagni, costituita da rocce metamorfiche paleozoiche di medio grado, d'origine continentale;
- Unità di Polia- Copanello costituita da gneiss kinzigitici paleozoici d'origine continentale profonda;
- Unità di Castagna costituita da gneiss occhiadini, paragneiss biotitici e micascisti granatiferi.

Al di sopra della catena alpina, così strutturata, sovrascorre

- l'Unità di Stilo costituita da un "basamento" paleozoico (composto da filladi e graniti), ricoperto da rocce carbonatiche, conglomerati ed arenarie del Triassico- Cretaceo superiore. La sottostante catena appenninica è rappresentata da rocce carbonatiche triassiche appartenenti al Complesso Panormide (Ogniben, 1973).

Le varie unità di catena alpina e appenninica su esposte sono ricoperte, in discordanza, da sedimenti terrigeni del Miocene superiore-Pliocene inferiore interessati da trasporto orogenico (Amodio- Morelli et al., 1976) riferibili a due distinti cicli sedimentari (Di Nocera et al., 1974):

- un ciclo Tortoniano superiore- Messiniano (Miocene sup.- Pliocene med.-sup.), rappresentato da conglomerati a ciottoli di rocce cristalline e calcareniti bioclastiche, ed un ciclo Messiniano-

Pliocene inferiore (Miocene sup.), rappresentato da conglomerati a ciottoli di rocce evaporitiche e calcaree e da sabbie.

Su un substrato costituito dalle unità di catena e dai depositi tortoniano-pliocenici, su esposti poggiano le coperture terrazzate d'età pleistocenica, costituite da conglomerati e sabbie d'origine marina e continentale.

I terrazzi affiorano a differenti altezze e sono delimitati da inner edges che spesso corrispondono alla base delle scarpate delle principali faglie normali.

2.4. Geologia della zona

Tenendo conto della cartografia geologica della Calabria (scala 1:25000), di cui si riporta uno stralcio in allegato 3, integrato con i rilievi di campagna e foto-interpretazione è stato possibile definire le litologie affioranti nell'area in esame e, partendo dai termini più recenti, si hanno i seguenti depositi:

DEPOSITI OLOCENICI: Sono rappresentati dai sedimenti fluviali, dune e sabbie eoliche, detriti di frana e da depositi di conoide.

DEPOSITI PLEISTOCENICI TERRAZZATI: Sono stati distinti in depositi continentali e depositi marini.

- “Depositati terrazzati continentali ” I depositi terrazzati d'origine continentale sono costituiti da conglomerati con ciottoli cristallini in una matrice sabbiosa grossolana intercalati da livelli sabbiosi.
- “Depositati terrazzati marini ” I depositi terrazzati d'origine marina comprendono conglomerati di facies deltizia e sabbie talora fossilifere intercalate da orizzonti ghiaiosi e conglomeratici.

COLTRI D'ALTERAZIONE PLEISTOCENICHE: Comprendono conglomerati e sabbie residuali corrispondenti all'orizzonte d'alterazione degli gneiss dell'Unità di Polia Copanello. Lo spessore è dell'ordine dei metri.

SEDIMENTI TORTONIANO-PLIOCENICI:

- “Depositati prevalentemente argillosi” - Comprende depositi infra-pliocenici rappresentati da argille siltose da grigio chiare a brune con intercalazioni sabbiose, siltose e marnose e depositi alto-miocenici rappresentati da argille sabbiose e siltose di colore prevalentemente grigio con lenti di gesso e con intercalazioni sabbioso-arenacee.
- “Depositati prevalentemente sabbiosi ed arenacei” - Comprende depositi del Pliocene medio- superiore rappresentati da sabbie brune a grana da media a fine con intercalazioni frequentemente siltose e raramente conglomeratiche, localmente fossilifere ed a stratificazione incrociata, da depositi alto-miocenici rappresentati da arenarie a cemento calcareo e sabbie a grana da fine a grossolana con intercalazioni di argille e silt e con occasionali sottili orizzonti di gesso e di calcare.
- “Depositati prevalentemente conglomeratici” - Comprende depositi del Pliocene medio-superiore rappresentati da conglomerati ben costipati e cementati aciotoli arrotondati di rocce ignee e

metamorfiche con orizzonti sabbiosi e da depositi altomiocenici rappresentati da conglomerati rossi e bruni con ciottoli poco arrotondati e mal classificati di rocce cristalline e calcaree, immersi in una matrice sabbiosa grossolana e localmente argillosa, caratterizzati nelle porzioni sommitali da blocchi di gesso di dimensioni rilevanti.

UNITÀ DELLA CATENA ALPINA CRETACICO PALEOGENICA :

- “Unità di Polia-Copanello” - Comprende gneiss kinzigitici d’origine continentale profonda a granato e sillimanite, frequentemente biotitici intercalati da rocce granitiche e granodioritiche e da filoni aplitici e pegmatitici. L’unità comprende anche gneiss tonalitici e quarzo-dioritici intercalati da masse di anfiboliti e peridotiti.

Gli gneiss si presentano in affioramento intensamente fratturati ed alterati e, talora, ridotti in caratteristici “sabbioni”. Il metamorfismo prealpino è in facies granulitica.

- “Unità di Castagna” - Comprende gneiss occhiadini a due miche, spesso fortemente foliati, e paragneiss biotitici minuti a muscovite e, localmente, a sillimanite. L’unità è interessata da frequenti superfici di sovrascorrimento talora marcate da duplex costituiti da micascisti granatiferi e da frequenti livelli pegmatitici e granitoidi.

In affioramento le rocce si presentano da fresche a profondamente alterate e degradate. L’unità è interessata da un metamorfismo prealpino in facies scisti verdi. Le Unità di Bagni, di Polia-Copanello e di Castagna sono riferibili al Complesso Calabride di Ogniben (1973).

2.5. Sismicità dell’area

Per ridurre gli effetti del terremoto, l’azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all’intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull’applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

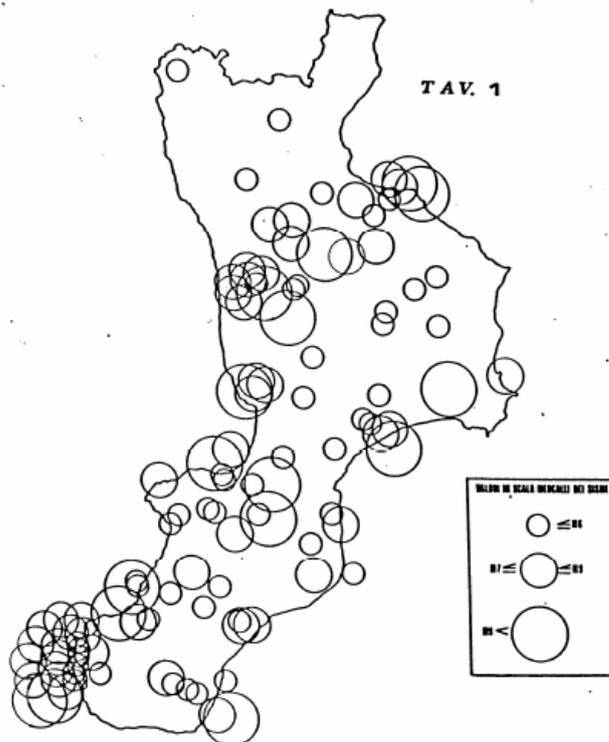


Figura 3: Classificazione sismica 2012_Protezione Civile, DGR n°47 del 10/02/2004

Con l'entrata in vigore del nuovo D.M. "Norme Tecniche sulle Costruzioni" che ha recepito l'OPCM 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche" aggiornata al 16/01/2006 con le indicazioni delle regioni il Comune di Borgia e San Floro erano classificati come Zona 2 sismicità media, PGA fra 0,15 e 0,25 g.

Nella successiva figura si riportano i terremoti che hanno colpito la Calabria a partire dall'anno 1 d. C. ad oggi (letto ed altri, 1980).

Carta degli epicentri:



Carta delle strutture tettoniche attive:

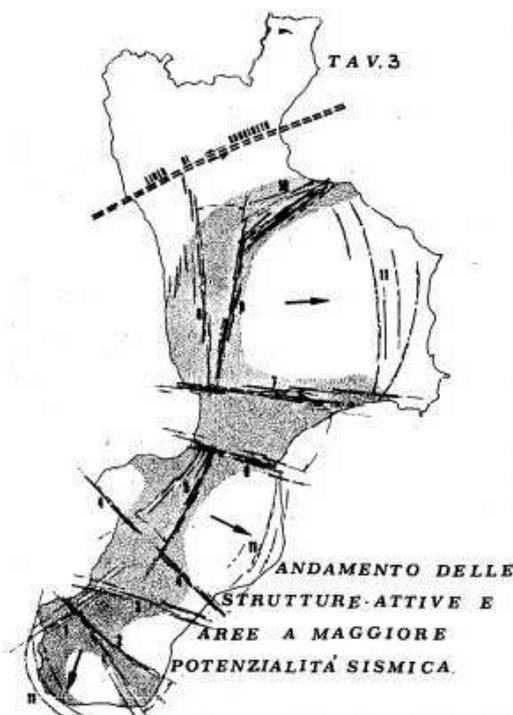


Figura 4

3. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI E LORO METODOLOGIA

3.1. Prova Penetrometrica Super Pesante (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica di dimensioni standard misurando il numero di colpi N necessari per l'infissione di 20 cm nel terreno.

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)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici si rileva la seguente suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

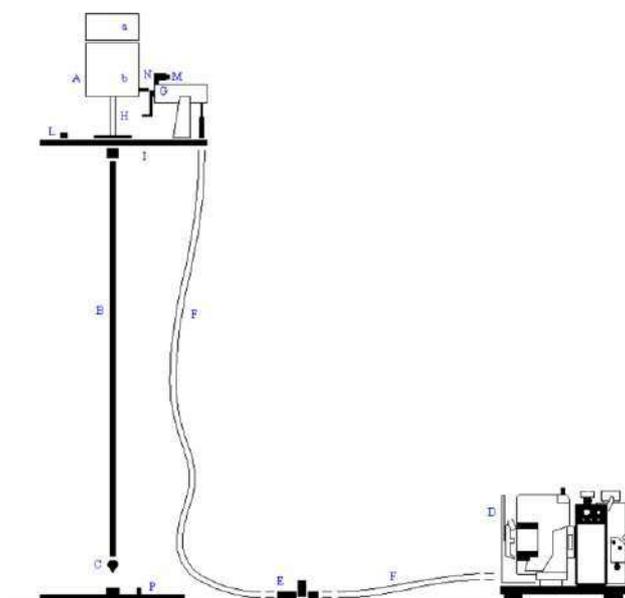


FIGURA 5 – Schema delle caratteristiche tecniche di un penetrometro dinamico leggero: A = maglio a caduta libera; B = aste acciaio speciale; C punta conica a perdere; D = motore; E = distributore a pedale; F = collettore ad innesto rapido; G = motore oleodinamico; H = altezza di caduta libera; I = basamento sistema di infissione; L = bolla sferica; M = contacolpi; N = visualizzatore profondità di infissione; P = piastra di base.

Tipo	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

Il penetrometro utilizzato nella presente indagine è il: DINAMICO SUPER PESANTE (DPSH secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 63.5 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento δ = 20 cm,

punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 50.5 mm, area base cono $A=20 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;

In letteratura esistono numerose correlazioni, consolidate e fortemente sperimentate, per ricavare i parametri geotecnici dei terreni investigati .

Correlazione con N_{spt}:

$$NSPT = \beta t N$$

Dove: $\beta = Q/Q_{SPT}$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} 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 R_{pd}:

FORMULA OLANDESI

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

R_{pd} = 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.

Angolo di Attrito

• Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a profondità < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. Correlazione storica molto usata, valevole per profondità < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

$$\phi' = 27.2 + 0.28 N_{spt}$$

• Sowers 1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (condizioni ottimali per profondità < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5 \text{ t/mq}$.

$$\phi' = 28 + 0,28 N_{spt}$$

• De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.

$$\phi' = 19 - 0.38 \sigma'_{vo} + 8.73 \log(N_{spt})$$

• Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (condizioni ottimali per profondità > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).

$$\phi' = 20 - 5 \log(\sigma'_{vo}) + 3.73 \log(N_{spt})$$

- 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 %.

$$\phi' = 28 + 0.14 Dr \quad \text{per sabbia fine uniforme}$$

$$\phi' = 31.5 + 0.115 Dr \quad \text{per sabbia media uniforme - Sabbia fine ben gradata}$$

$$\phi' = 34.5 + 0.10 Dr \quad \text{per sabbia grossa uniforme - Sabbia media ben gradata}$$

$$\phi' = 38 + 0.08 Dr \quad \text{per ghiaietto uniforme - Sabbie e ghiaie poco limose}$$

- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (condizioni ottimali per profondità di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

$$\phi' = (15N_{spt})^{0.5} + 15$$

- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY - Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

$$\phi' = 0.3N_{spt} + 27$$

- Owasaki & Iwasaki (1959) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (condizioni ottimali per profondità > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

$$\phi' = (20N_{spt})^{0.5} + 15$$

- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

$$\phi' = 29.47 + 0.46 N_{spt} - 0.004 N_{spt}^2 \quad \text{per con limo < 5\%}$$

$$\phi' = 23.70 + 0.57 N_{spt} - 0.006 N_{spt}^2 \quad \text{per con limo > 5\%}$$

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$Dr = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{0,7 + \sigma'_{vo}}}$$

- 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.

$$Dr = 100 \sqrt{\frac{N_{60}}{32 + 0,288 \sigma'_{vo}}}$$

- 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.

$$\ln(Dr) = 0,478 \ln(N_{spt}) - 0,262 \ln(\sigma'_{vo}) + 2,84$$

Modulo Di Young (E_y)

- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.

$EY = 8 N_{spt}$ per sabbia fine

$EY = 12 N_{spt}$ per sabbia media

$EY = 20 N_{spt}$ per sabbia grossolana

- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.

$EY = C1 + C2 N_{spt} \pm S_E$

dove C1 e C2 dipendono dal tipo di terreno e S_E è la deviazione standard

$C1 = 52, C2 = 3.3, SE = 19.3$ per sabbia fine

$C1 = 39, C2 = 4.5, SE = 36.4$ per sabbia media

$C1 = 24, C2 = 5.3, SE = 21.1$ per sabbia limosa

$C1 = 12, C2 = 5.8, SE = 9.0$ per limo siltoso e sabbia limosa

$C1 = 43, C2 = 11.8, SE = 42.3$ per sabbia ghiaiosa

$C1 = 38, C2 = 10.5, SE = 93.2$ per sabbia e ghiaia

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

$EY = 3.2 (N_{spt} + 15)$ per sabbia argillosa

$EY = 3.0 (N_{spt} + 6)$ per sabbia limosa, limo sabbioso

$EY = 5.0 (N_{spt} + 15)$ per sabbia media

$EY = 12.0 (N_{spt} + 6)$ per sabbia ghiaiosa e ghiaia

Modulo Edometrico

- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

$E_d = 6 N_{spt}$ per sabbie

$E_d = 8 N_{spt}$ per sabbie argillose

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

$E_d = 7.1 N_{spt}$

- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

$E_d = 3.54 + 38 N_{spt}$ per sabbia fine

$E_d = 4.46 + 38 N_{spt}$ per sabbia media

$E_d = 10.46 + 38 N_{spt}$ per sabbia e ghiaia

$E_d = 11.84 + 38 N_{spt}$ per sabbia ghiaiosa

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki - elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

$G = 650 N_{spt}^{0.94}$ per sabbie pulite

$G = 1182 N_{spt}^{0.76}$ per sabbie con fine plastico

- 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.

$G = 125 N_{spt}^{0.611}$

3.2. Metodologia MASW ATTIVA (Multichannel Analisis of Surface Waves)

3.2.1. Introduzione generale

La tecnica MASW venne introdotta per la prima volta nell'ambito della comunità geofisica e geotecnica agli inizi del 1999. La Multichannel Analisis of Surface Waves è un metodo sismico mediante il quale è

possibile costruire un profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) in relazione alla profondità (V_s versus profondità), attraverso l'analisi delle onde superficiali tipo Rayleigh (onde R). Tale tecnica permette quindi di ottemperare a quanto previsto dalla nuova normativa che prevede che per la definizione dell'azione sismica si possa far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Vengono pertanto definite le seguenti categorie di sottosuolo:

- **A – Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi** caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiali di spessore massimo pari a 3 m.
- **B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti**, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- **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.
- **D - 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.
- **E – 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.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso) la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{Seq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S30} = H / \sum h_i / V_i$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

V_i velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

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.

3.2.2. Onde superficiali di Rayleigh (onde R)

Esistono diversi tipi di onde superficiali, oltre alle già citate onde di Rayleigh ($P+S_v$), si conoscono le onde di Love (Sh) e le onde di Lamb. Le onde di Rayleigh rappresentano la componente principale delle onde

superficiali e sono generate dall'interazione tra onde di compressione (o di volume) P e onde di taglio verticali Sv ogniqualvolta si è in presenza di una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Le onde R si propagano alla superficie libera (vedi Fig. 6) con un moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte alla profondità di $\lambda/2\pi$ (dove λ è la lunghezza d'onda). L'ampiezza di tale spostamento decresce secondo una legge esponenziale, pertanto diviene rapidamente trascurabile con la profondità.

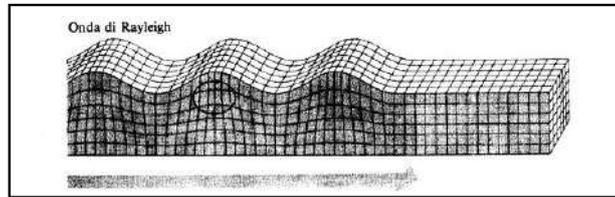


Figura 6 - Modalità di propagazione delle onde R

L'utilizzo delle onde superficiali di tipo Rayleigh per la costruzione di un profilo di velocità delle onde di taglio Vs è giustificato da una serie di fattori:

- ❑ La percentuale di energia convertita in onde R è nettamente predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione di onde P (7%) e onde S (26%);
- ❑ il metodo d'analisi basato sulle onde R non è limitato, al contrario del metodo basato sulla rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
- ❑ buona risoluzione, a differenza della tecnica a riflessione;
- ❑ la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla Vp (velocità delle onde di compressione P) e dalla densità del mezzo, è funzione innanzitutto della Vs che rappresenta appunto il parametro fondamentale per la caratterizzazione geotecnica di un sito;
- ❑ la tecnica in questione è inoltre particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

Tenuto conto dei fattori sopraelencati, l'elemento fondamentale che permette l'impiego di tecniche basate sulle onde superficiali, in questo caso la tecnica MASW e le onde Rayleigh, è una caratteristica chiamata dispersione. La dispersione è una proprietà delle onde superficiali che consiste nella deformazione di un treno d'onde dovuta alla variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza. Per le onde R questa variazione si manifesta solo all'interno di un mezzo stratificato. In altre parole, ipotizzando una variazione di densità del terreno in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga con una differente velocità (velocità di fase), e quindi con una diversa lunghezza d'onda; questa proprietà si chiama appunto dispersione.

La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda λ (e quindi per una certa frequenza f) è influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda/2$ (anche se recenti studi hanno posto questo limite a $\lambda/2.5$). Inoltre, la velocità delle onde R (V_r) è pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_s).

Secondo quanto detto appare chiaro come la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio Vs, ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, sia una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

3.2.3. Tecnica MASW ATTIVA : procedura e strumentazione utilizzata

La procedura MASW si può sintetizzare in tre stadi successivi e distinti:

- Acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- Costruzione della curva di dispersione : grafico velocità di fase V_r - frequenza ω ;
- Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della V_s .

La prima fase viene effettuata direttamente in campagna generando un treno di onde superficiali mediante l'utilizzo di una sorgente sismica attiva, generalmente una mazza battente, e uno stendimento lineare di geofoni ricevitori (vedi figura seguente). L'indagine svolta nel presente lavoro è stata condotta utilizzando la strumentazione: Sismografo a 24 canali - modello Geode della Geometrics.

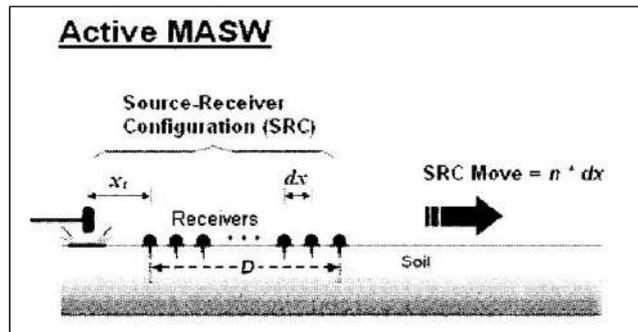


Figura 7 - MASW ATTIVA : stendimento lineare e sorgente attiva

I dati acquisiti in campagna vengono quindi elaborati utilizzando il software "MASW Vitantonio". In particolare si procede alla lettura dei dati acquisiti (common-shot gather) e al calcolo dello spettro di velocità, ovvero il grafico velocità di fase V_r versus frequenza λ . Sulla scorta di quest'ultimo è possibile costruire la curva di dispersione. Tale procedimento avviene mediante il cosiddetto Picking, cioè la selezione dei punti che, nell'interpretazione dell'utente, appartengono ad un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh. L'identificazione ed il Picking della curva di dispersione sono un'operazione di importanza cruciale.

L'ultimo passo da affrontare è l'inversione della curva di dispersione precedentemente costruita. Questa operazione viene effettuata grazie all'utilizzo di una potente tecnica di ottimizzazione basata su algoritmi genetici. Il risultato finale è quello di ottenere il profilo verticale della velocità delle onde di taglio V_s .

4. ANALISI DEI RISULTATI

4.1. Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (DPSH)

Sono state eseguite n. 6 Prove penetrometriche super pesanti, la cui ubicazione è riportata in allegato 5. Di seguito si riportano le risultanze delle prove eseguite, mentre i dettagli sulla descrizione della prova e i relativi tabulati sono integralmente riportati in allegato 8.

DPSH 1 - profondità 15.00 m

Profondità	Spessore	Litologia
1.20	1.20	Terreno Vegetale
4.60	3.40	Arenarie
15.00	10.40	Argille

DPSH 2 - profondità 15.00 m

Profondità	Spessore	Litologia
1.20	1.20	Terreno Vegetale
5.00	3.80	Arenarie
15.00	10.00	Argille

DPSH 3 - profondità 15.00 m

Profondità	Spessore	Litologia
1.20	1.20	Terreno Vegetale
5.20	4.00	Arenarie
15.00	9.80	Argille

DPSH 4 - profondità 15.00 m

Profondità	Spessore	Litologia
1.20	1.20	Terreno Vegetale
15.00	13.80	Arenarie

DPSH 5 - profondità 15.00 m

Profondità	Spessore	Litologia
1.20	1.20	Terreno Vegetale
15.00	13.80	Arenarie

DPSH 6 - profondità 15.00 m

Profondità	Spessore	Litologia
1.20	1.20	Terreno Vegetale
15.00	13.80	Arenarie

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Spessore	Litologia	PuvS	Cu	Mo	Fi
1.20	Terreno Vegetale	-	-	-	-
1.20 - 15.00	Arenaria	2.10	-	80	32/34°
4.00 - 15	Argille	1.90	0.80	110	24/26°

Dove

PuvS: Peso dell'unità di volume saturo (t/m^3)

Cu: Coesione non drenata (Kg/cm^2)

Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm^2)

Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)

4.2. Indagine sismica e Categorie di suolo di fondazione del sito in esame

Come esposto in precedenza, nel presente lavoro si determina la categoria di suolo come previsto dalla vigente normativa. La determinazione è stata eseguita mediante l'utilizzo dei parametri derivanti dall'indagine geofisica eseguita, l'ubicazione dei profili sismici eseguiti è riportata in allegato. Sono stati eseguiti i seguenti profili sismici:

Sigla	Lunghezza (m)	Passo intergeofonico
MASW 1	24.00	1.00 m

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un sismografo digitale SARA.

STESA SISMICA MASW1

I modelli sismici Vs ottenuti dall'interpretazione quantitativa delle curve di dispersione delle curve di dispersione indicano la presenza di quattro sismostrati caratterizzati da valori di "Vs" compresi tra 302 m/s e 470 m/s

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	302.00	3.00	3.00
2	302.00	7.00	4.00
3	358.00	37.00	30.00
4	470.00	-	-

Tabella 1- Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato

La velocità Vseq risulta pari a 345 m/s e colloca il sottosuolo in classe C.

STESA SISMICA MASW2

I modelli sismici Vs ottenuti nella **MASW 2** dall'interpretazione quantitativa delle curve di dispersione indicano la presenza di quattro sismostrati caratterizzati da valori di "Vs" compresi tra 148 m/s e 384 m/s

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	148.00	3.00	3.00
2	355.00	7.00	4.00
3	384.00	37.00	30.00
4	384.00	-	-

Tabella 2- Modello sismico (Onde S) del sottosuolo investigato

La velocità Vseq risulta pari a 358 m/s e colloca il sottosuolo in classe C.

STESA SISMICA MASW3

I modelli sismici Vs ottenuti nella **MASW 3** dall'interpretazione quantitativa delle curve di dispersione indicano la presenza di quattro sismostrati caratterizzati da valori di "Vs" compresi tra 168 m/s e 404 m/s.

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti.

Strato	Velocità (m/s)	Profondità (m)	Spessore (m)
1	168	1.00	1.00
2	224	6.80	5.80
3	277	36.80	30.00
4	404	> 36.80	-

La media ponderata della velocità Vs30 risulta pari a 259 m/s e colloca il sottosuolo in classe C.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, 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. Per la definizione della Pericolosità Sismica del Sito si rimanda alla relativa relazione specialistica.

5 AREA DI SEDIME STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE

L'area in esame è ubicata in località Piani del Carrà - in Comune di Maida su un'area pianeggiante, L'area in esame costituisce la parte alta del bacino imbrifero del Fiume Amato.

Da un punto di vista cartografico l'area è riportata sul Foglio 242 IV S.O. dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000 denominato "Caraffa di Catanzaro".

L'area occupata dalla stazione di trasformazione e dalla viabilità perimetrale è pari a circa 8104mq. Tale area è condivisa con altri produttori secondo la seguente ripartizione:

SET utente Impianto eolico E90	A= 1780mq
SET produttore n.2	A= 1421mq
SET produttore n.3	A= 1220mq
Area comune produttori	A= 808mq
Area occupata dalla strada perimetrale	A= 2875mq

Alla stazione utente si accederà tramite la strada sterrata privata e la realizzazione di una nuova strada in materiale arido, da realizzarsi sui terreni della SET.

L'area di intervento presenta le seguenti caratteristiche:

-P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico: non perimetra l'area di intervento a rischio e/o a pericolosità idraulica e/o da frana.

-Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA): non perimetra aree di intervento come aree di attenzione PGRA.

-Nell'area è presente un buon reticolo idrografico che raccoglie ed allontana le acque senza pregiudicare la stabilità delle pendici;

- Il sottosuolo indagato è costituito da materiali dotati di medio - buone caratteristiche geomeccaniche che migliorano con la profondità;

-Dalla consultazione della cartografia tematica (webgis <http://forestazione.regione.calabria.it/webgis/>) è emerso che l'area non è soggetta a Vincolo idrogeologico di cui al R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267(Allegato 9);

In base al sopralluogo nell'area di intervento, opportunamente esteso ad un'intorno significativo dell'area e al contenuto del presente studio si può affermare che l'intervento è fattibile ed è compatibile con le condizioni idrogeologiche, geologiche, geomeccaniche e sismiche dell'area.

5.1 Inquadramento geomorfologico

Da un punto di vista morfologico, come già detto, l'area in esame è collocata su di un'area pianeggiante.

Le quote altimetriche variano da 325 a 335 m sul livello del mare. I materiali presenti in superficie sono costituiti da depositi conglomeratici sabbiosi.

L'area è stabile come tra l'altro evidenziato dalla cartografia sul rischio da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria.

5.2 Geologia della zona

Tenendo conto della cartografia geologica della Calabria (scala 1:25000), integrato con i rilievi di campagna e foto-interpretazione è stato possibile definire le litologie affioranti nell'area in esame e, partendo dai termini più recenti, si hanno le seguenti formazioni:

PLEISTOCENE

- (qcl, qcl-s, Q cl-s, Q s-cl, Q cl) Depositi conglomeratici misti a sabbia: Sono depositi che affiorano localmente, con potenze non rilevanti. Si tratta di depositi sia di origine fluviale che marina. Permeabilità elevata, la resistenza all'erosione varia con il grado di cementazione.

PLIOCENE (medio-superiore)

- (Pa 2-3) Argille siltose da grigio-chiare a grigio-azzurre.

Le caratteristiche meccaniche del terreno sono state desunte tramite una prova penetrometrica effettuata nel baricentro dell'area occupata dalla stazione elettrica utilizzando le correlazioni riportate al capitolo 4.2 dalla quali si desume che:

Spessore	Litologia	PuvS	Cu	Mo	Fi
0.60 - 0.80	Terreno Vegetale	-	-	-	-
2.90 – 3.80	Conglomerati e saabbie	2.10	-	80	30/32°
10.40 – 10.60	Argille	1.90	0.80	110	24/26°

6. CONCLUSIONI

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte eolica costituito da dieci aerogeneratori della potenza di 6,2MW per una potenza complessiva di 62,0MW, proposto dalla Società ENERGIA LEVANTE srl, società del gruppo SSE Renewables, iscritta presso la Camera di Commercio Industria ed Artigianato di Roma al n. REA 1219825 con P.IVA 10240591007 con sede in Roma Via Luca Gaurico n.9/11 -Regus Eur-Cap 00143.

Al fine di verificare in dettaglio le caratteristiche geologico tecniche del giacimento è stata concordata con il progettista e poi eseguita una campagna geognostica articolata secondo i seguenti punti (l'ubicazione delle indagini è riportata nell'allegato 5):

- esecuzione di n. 6 prove penetrometriche super pesanti (DPSH);
- esecuzione di n. 3 profili sismici con la tecnica MASW;

In base alle indagini geognostiche eseguite è stato definito il modello geologico - tecnico:

Spessore	Litologia	PuvS	Cu	Mo	Fi
1.20	Terreno Vegetale	-	-	-	-
1.20 - 15.00	Arenaria	2.10	-	80	32/34°
4.00 - 15	Argille	1.90	0.80	110	24/26°

In base al modello geotecnico si consiglia di utilizzare un sistema fondale profondo.

Nel sottosuolo è caratterizzato dall'assenza di acqua sotterranea.

La velocità V_{seq} in tutte le indagini sismiche eseguite colloca il sottosuolo in classe C.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, 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. Per la definizione della Pericolosità Sismica del Sito si rimanda alla relativa relazione specialistica.

Categoria Topografica: aerogeneratori E3, E4, E5 categoria T1; E1,E2,E6,E7,E8,E9,E10 categoria T4.

L'area è caratterizzata da un buon grado di stabilità infatti, ad eccezione di piccoli fenomeni di dilavamento, non presentano indizi di fenomeni gravitativi incipienti o in atto, come tra l'altro evidenziato dalla cartografia sul rischio da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria di cui si riporta uno stralcio in allegato 6, dove si riporta anche uno stralcio dei Vincoli Idrogeologici. Con Delibera n. 540 del 13/10/2020 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Distretto dell'Appennino Meridionale sono state approvate le nuove mappe del Piano di Gestione Rischio Alluvione che, di fatto, recepiscono ed integrano il Piano Erosione Costiera (PSEC), il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria e il Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA) dell'Autorità di Distretto, inoltre sono state emanate nel medesimo dispositivo anche le relative norme e misure di Salvaguardia. Di fatto con le nuove mappe del PGRA

vengono recepite le perimetrazioni del PAI (definite come Aree di Attenzione, Zone di Attenzione, Punti di Attenzione) per le quali valgono le Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del PAI approvate con Delibera del C.I. n. 27 del 02/08/2011 così come per le perimetrazioni del PSEC valgono le Norme di cui Delibera n 4/2016 del 11/04/2016, mentre per le nuove aree perimetrare dal PGRA (definite come aree di attenzione e non più come aree P1, P2 e P3) valgono le Misure di Salvaguardia di cui alla D.S. 540/2020. In allegato 6 si riporta l'estratto delle nuove mappe del Piano di Gestione Rischio Alluvione per l'area di intervento.

P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico: non perimetra l'area di intervento a rischio e/o a pericolosità idraulica e/o da frana.

Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA): non perimetra l'area di intervento a rischio e/o a pericolosità idraulica.

CAVIDOTTO

P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico: il cavidotto attraversa alcune aree classificate e rischio da frana e come aree di attenzione;

Piano Gestione Rischio Alluvione (PGRA): il cavidotto attraversa alcune aree classificate aree di attenzione PGRA;

Preme sottolineare che tali opere seguono grosso modo il tracciato di strade esistenti e sono consentite dalle NAMS del PAI e del PGRA.

- Nell'area è presente un buon reticolo idrografico che raccoglie ed allontana le acque senza pregiudicare la stabilità delle pendici;
- Il sottosuolo indagato è costituito da materiali dotati di medio - buone caratteristiche geomeccaniche che migliorano con la profondità;
- Dalla consultazione della cartografia tematica (webgis <http://forestazione.regione.calabria.it/webgis/>) è emerso che l'area di intervento è in parte soggetta a Vincolo idrogeologico di cui al R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267 - vedi Allegato 5;

Gli interventi in progetto sono compatibili con caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area in esame.

Crotone, Maggio 2023

Il Geologo

Dott. Geol. Fulvio Mattace

ALLEGATI

Allegato 1: Inquadramento geografico

Allegato 2: Inquadramento topografico

Allegato 3 : Inquadramento geomorfologico

Allegato 4: Inquadramento geologico

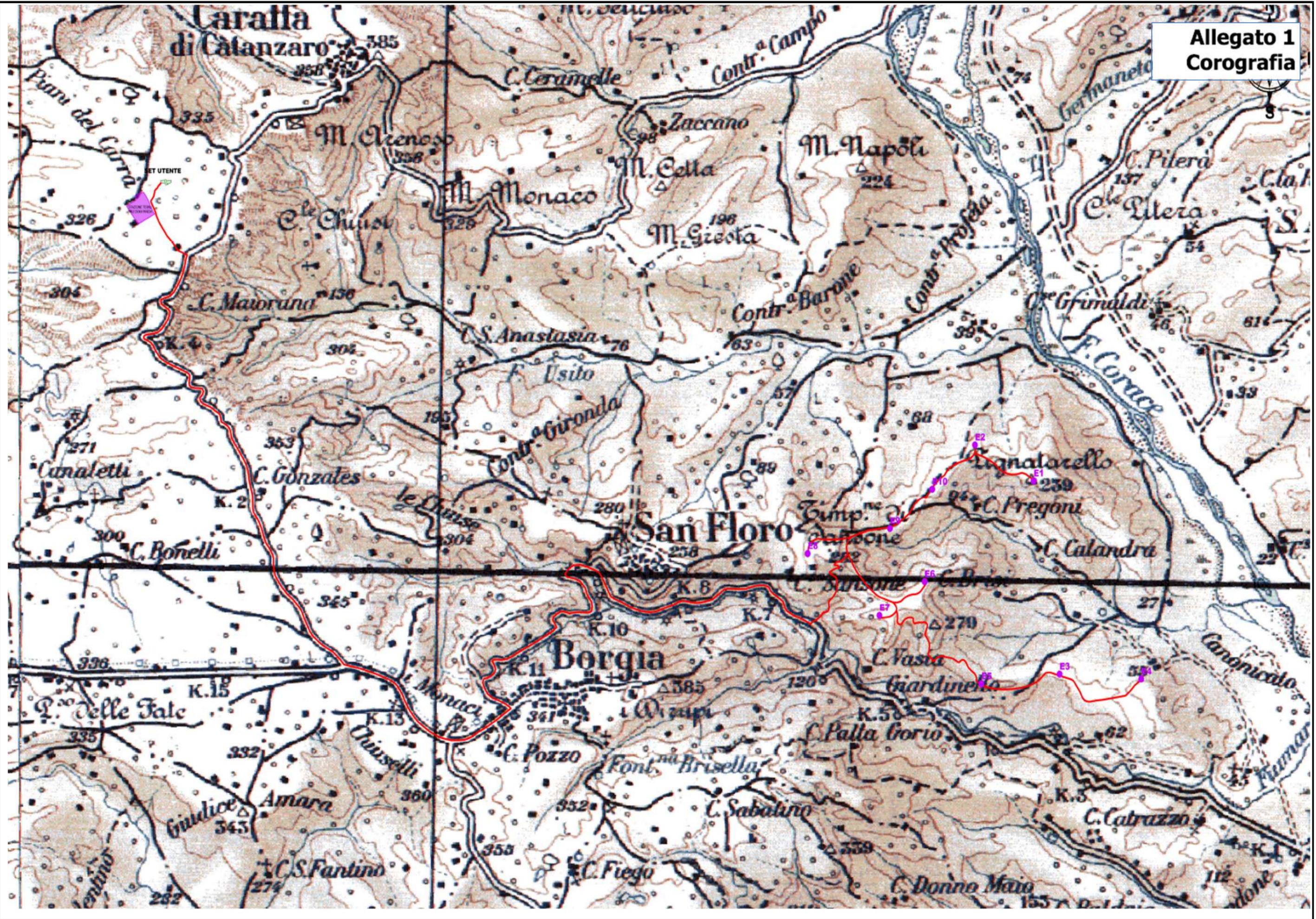
Allegato 5: Vincolo Idrogeologico R.D3267/1923

Allegato 6: Estratto PGR

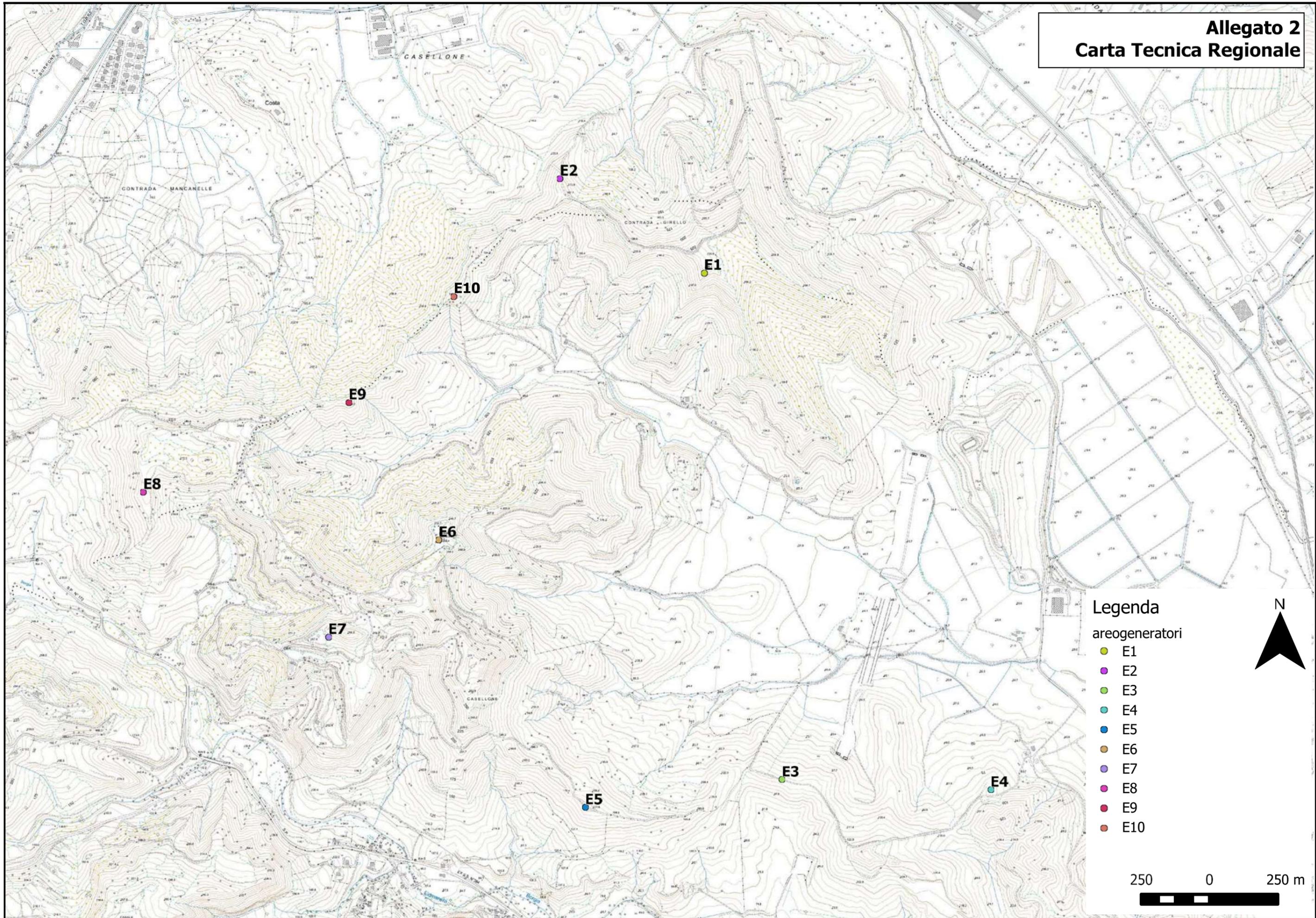
Allegato 7 - Ubicazione indagini

Allegato 8 - DPSH

Allegato 9 - Indagine sismica



Allegato 2
Carta Tecnica Regionale



Allegato 3
Ortofoto satellitare



Legenda

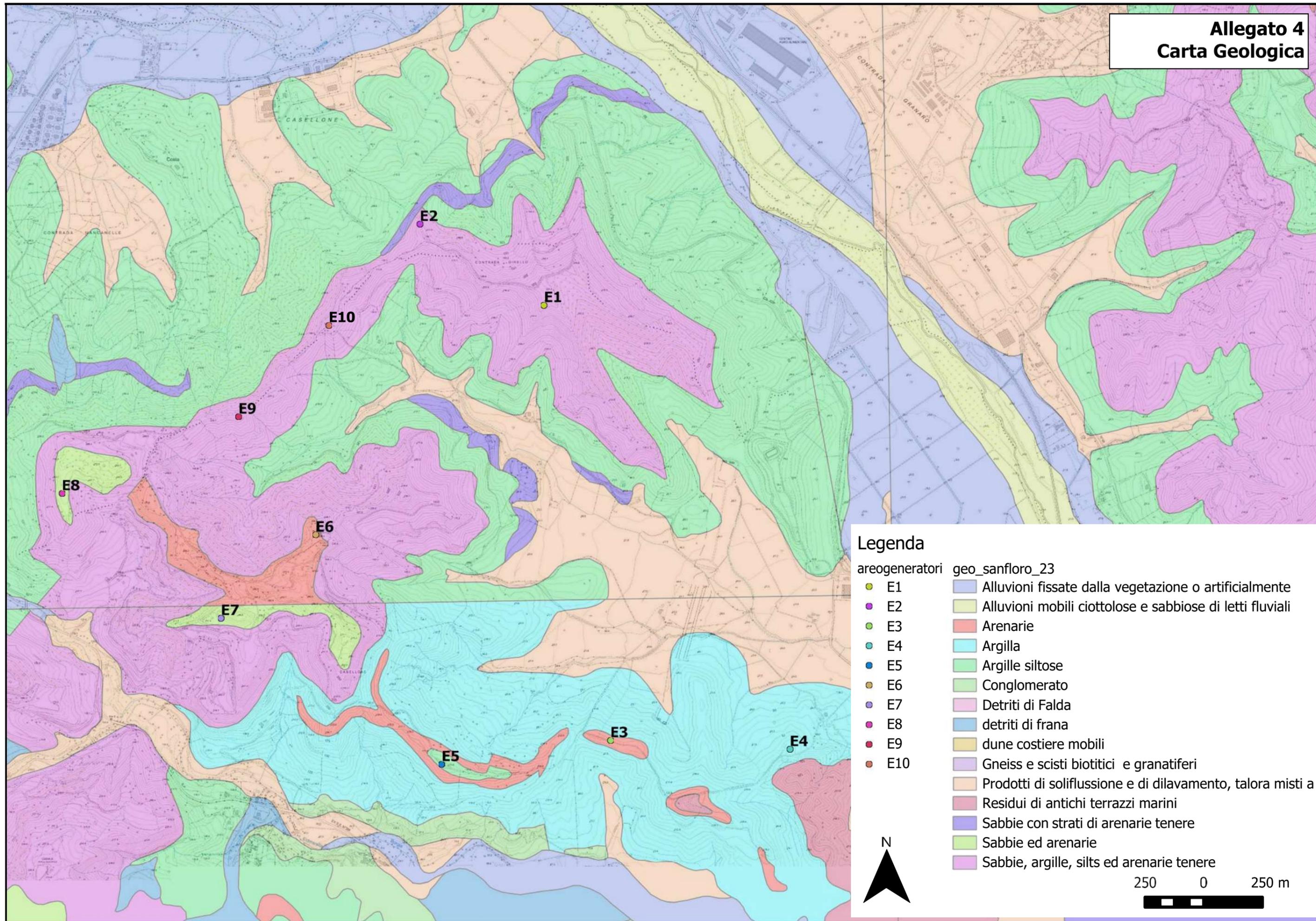
areogeneratori

- E1
- E2
- E3
- E4
- E5
- E6
- E7
- E8
- E9
- E10

N

250 0 250 m

**Allegato 4
Carta Geologica**

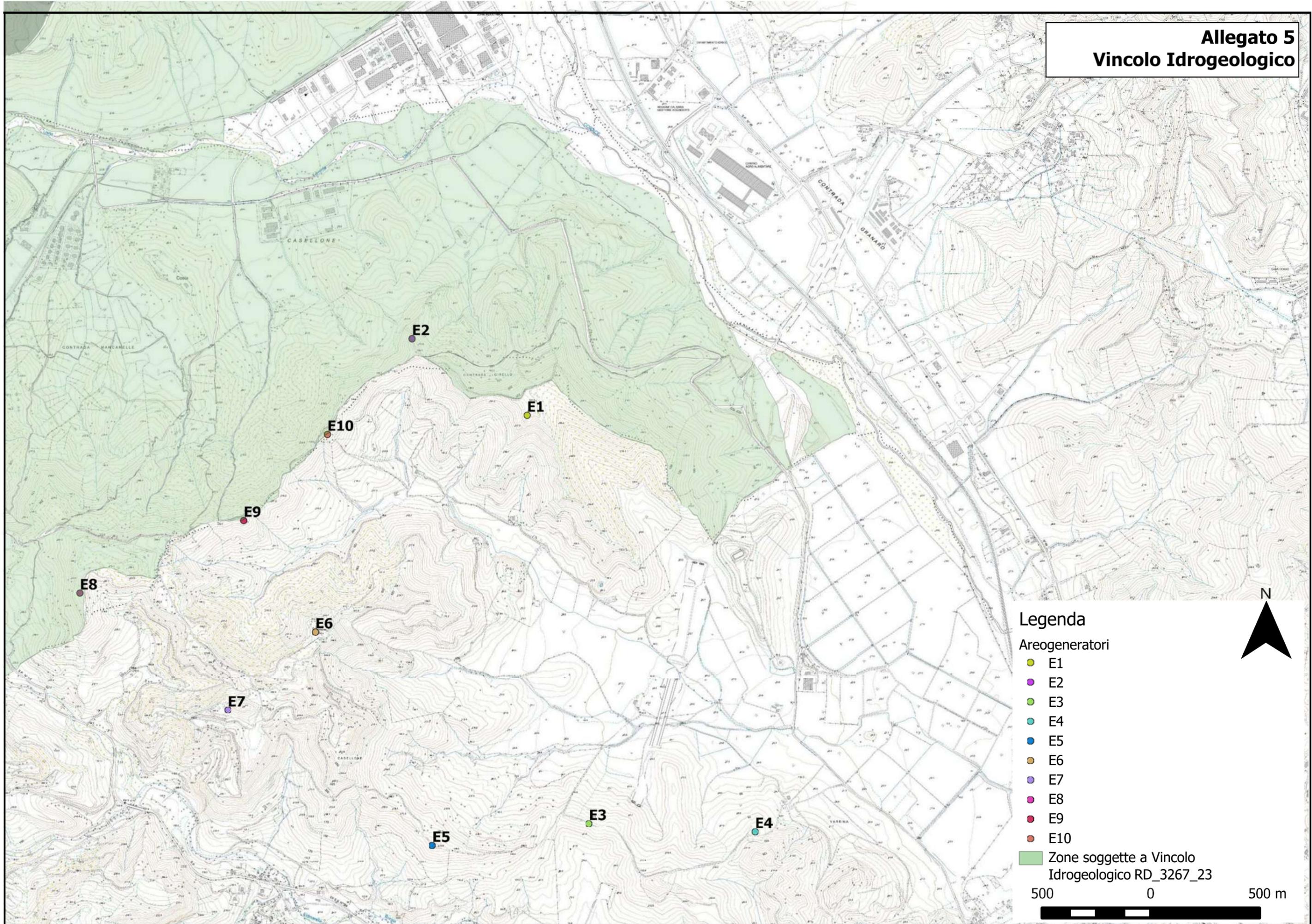


Legenda

- | areogeneratori | geo_sanfloro_23 |
|---|---|
| ● E1 | ■ Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente |
| ● E2 | ■ Alluvioni mobili ciottolose e sabbiose di letti fluviali |
| ● E3 | ■ Arenarie |
| ● E4 | ■ Argilla |
| ● E5 | ■ Argille siltose |
| ● E6 | ■ Conglomerato |
| ● E7 | ■ Detriti di Falda |
| ● E8 | ■ detriti di frana |
| ● E9 | ■ dune costiere mobili |
| ● E10 | ■ Gneiss e scisti biotitici e granatiferi |
| | ■ Prodotti di soliflussione e di dilavamento, talora misti a |
| | ■ Residui di antichi terrazzi marini |
| | ■ Sabbie con strati di arenarie tenere |
| | ■ Sabbie ed arenarie |
| | ■ Sabbie, argille, silts ed arenarie tenere |



Allegato 5
Vincolo Idrogeologico



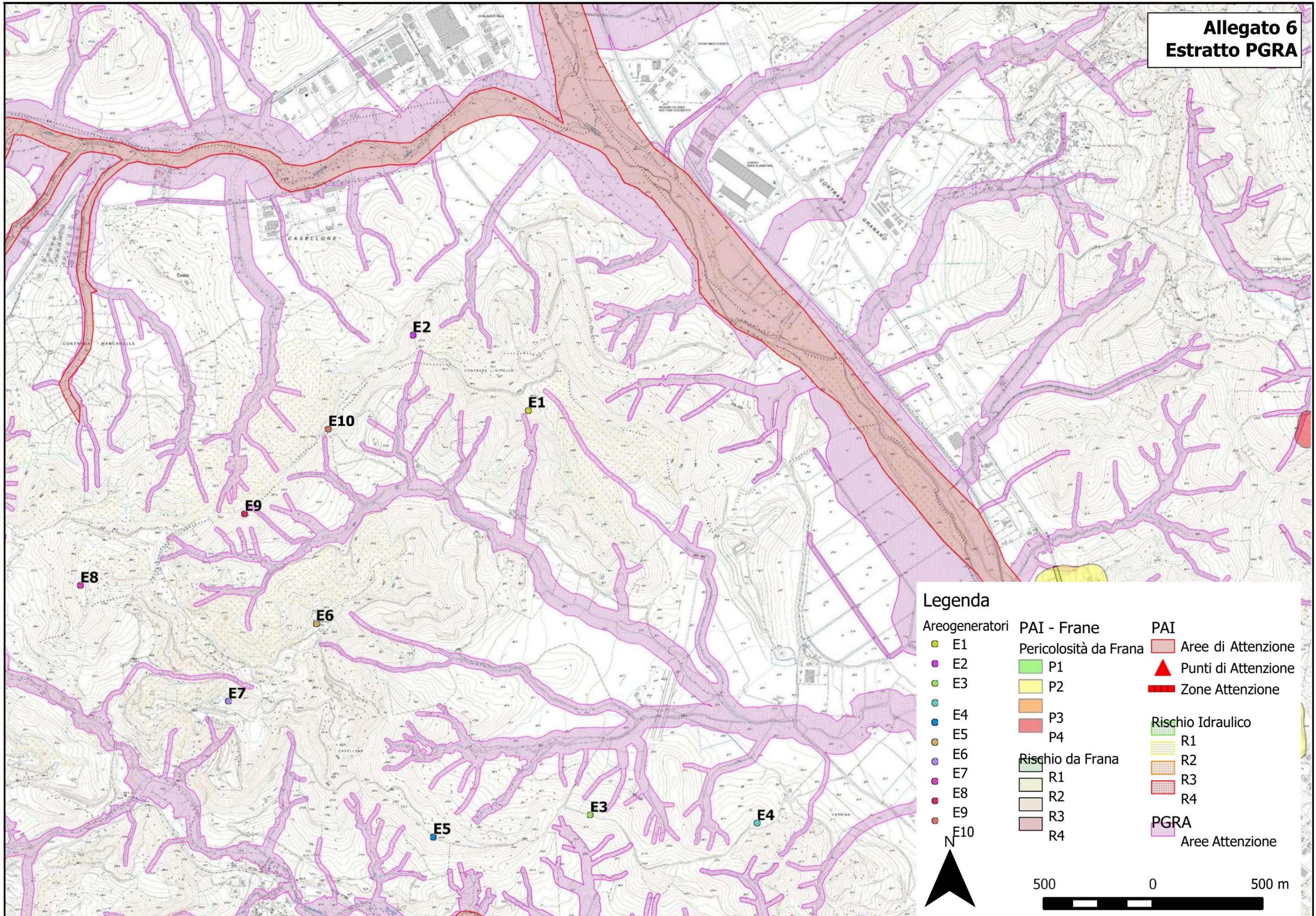
Legenda

Areogeneratori

- E1
- E2
- E3
- E4
- E5
- E6
- E7
- E8
- E9
- E10

Zone soggette a Vincolo
Idrogeologico RD_3267_23

500 0 500 m

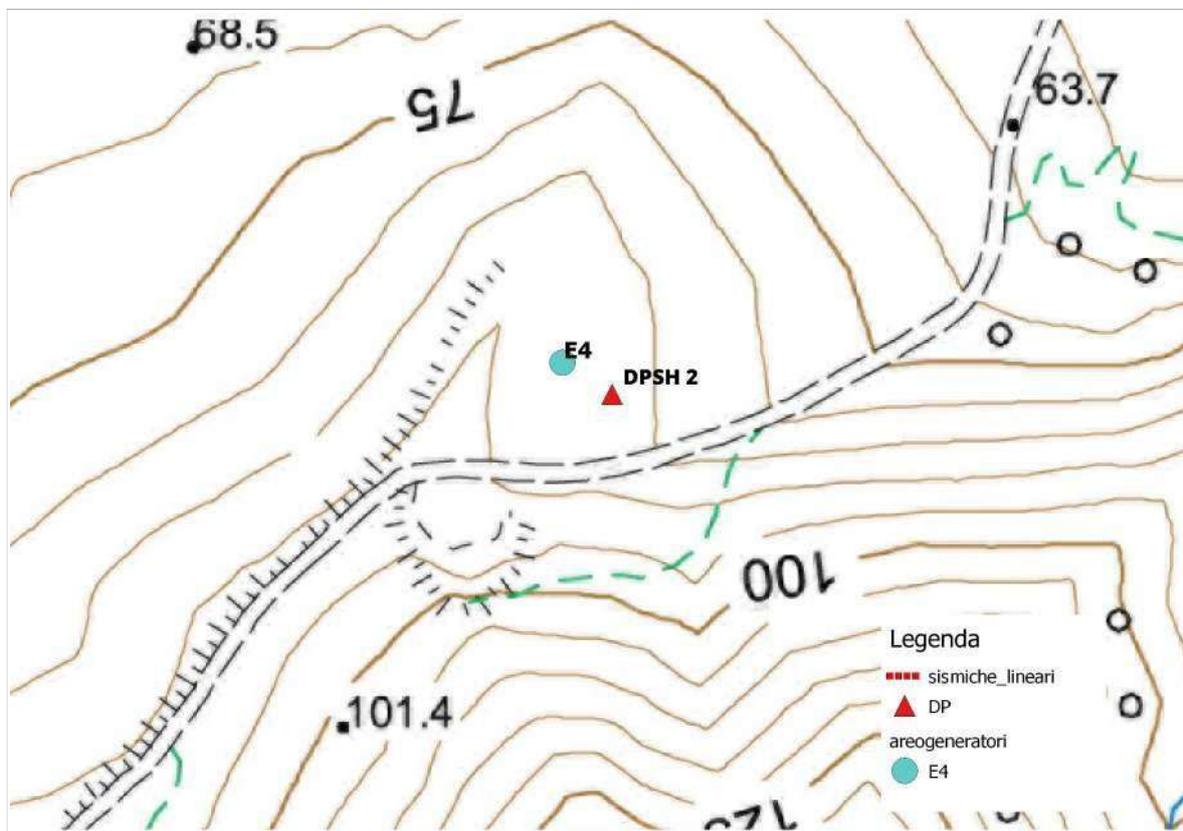
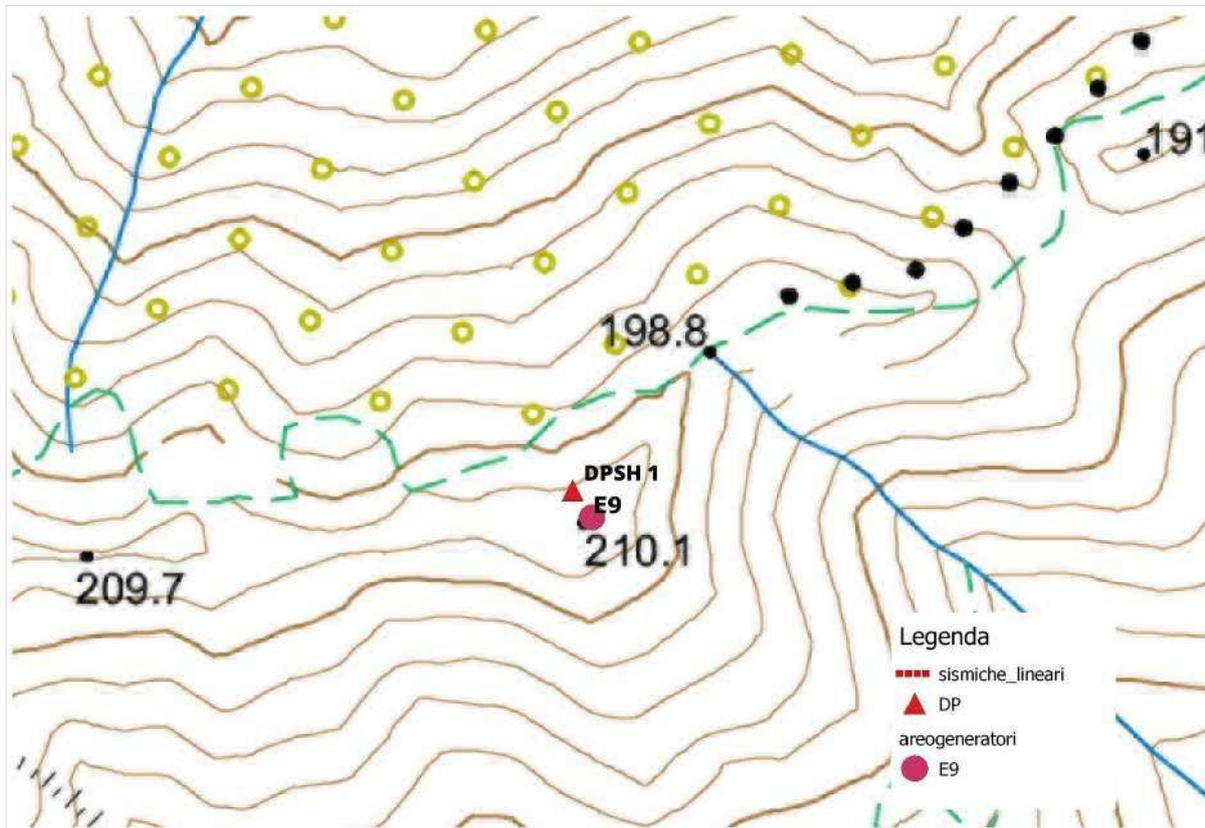


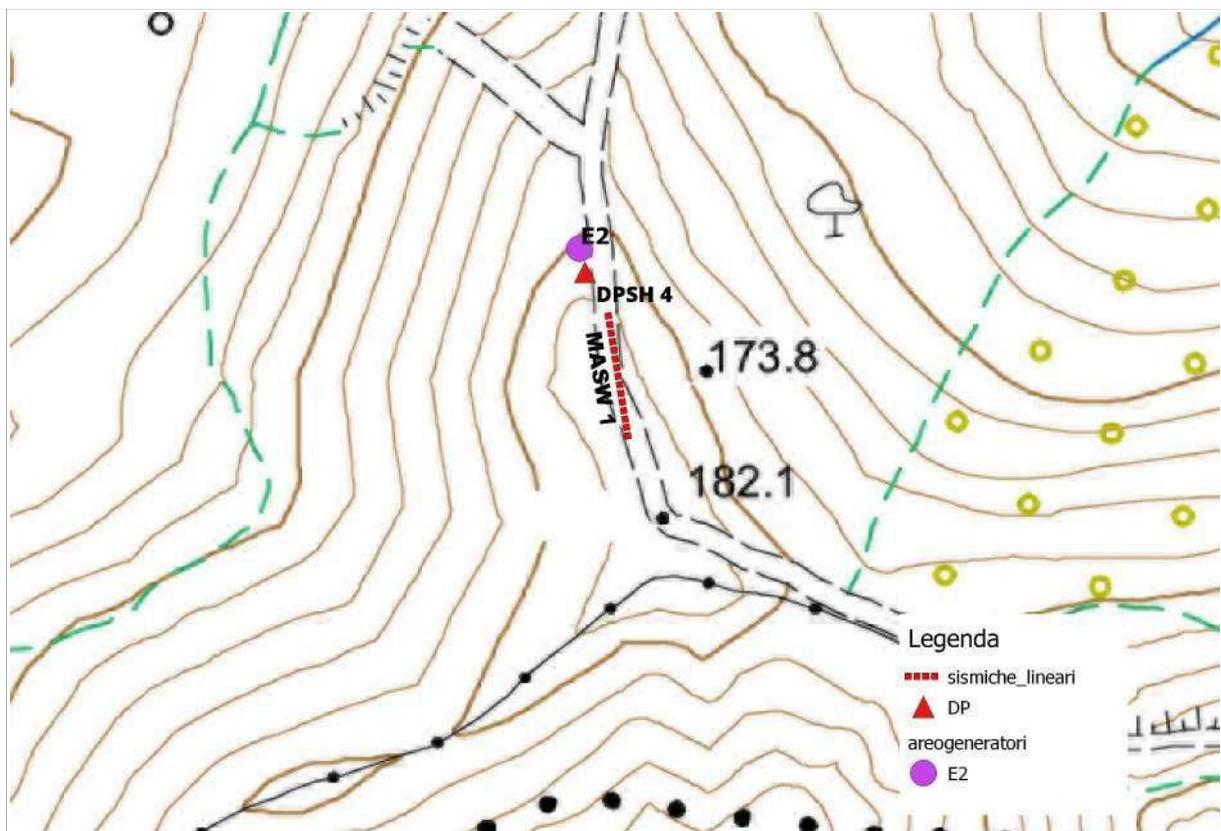
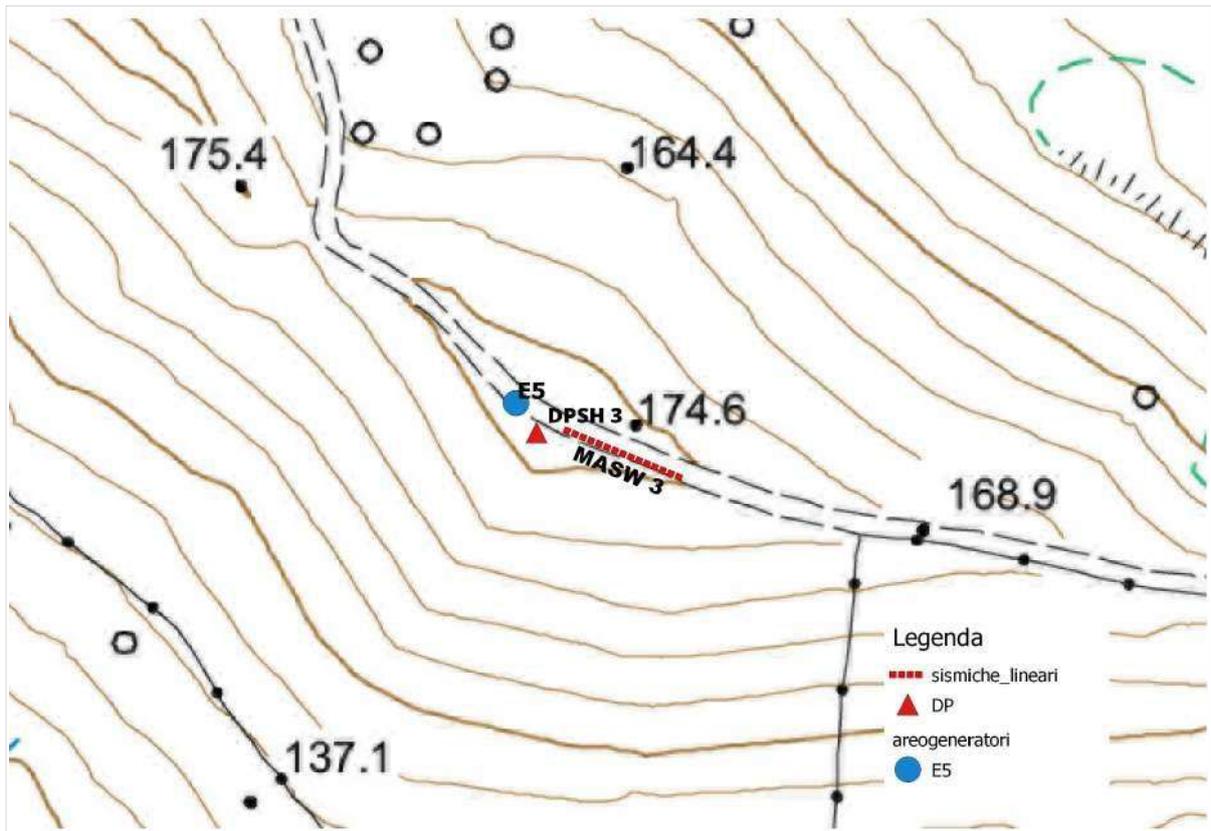
Legenda

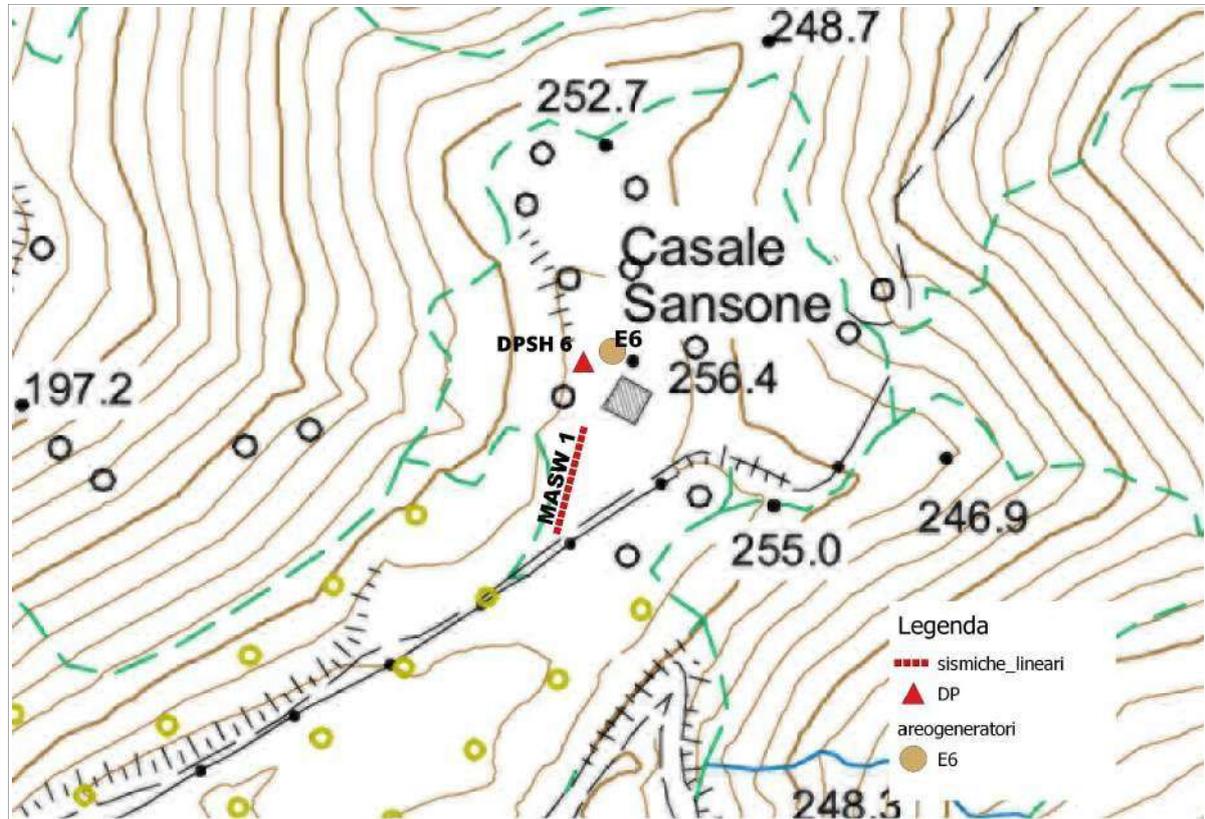
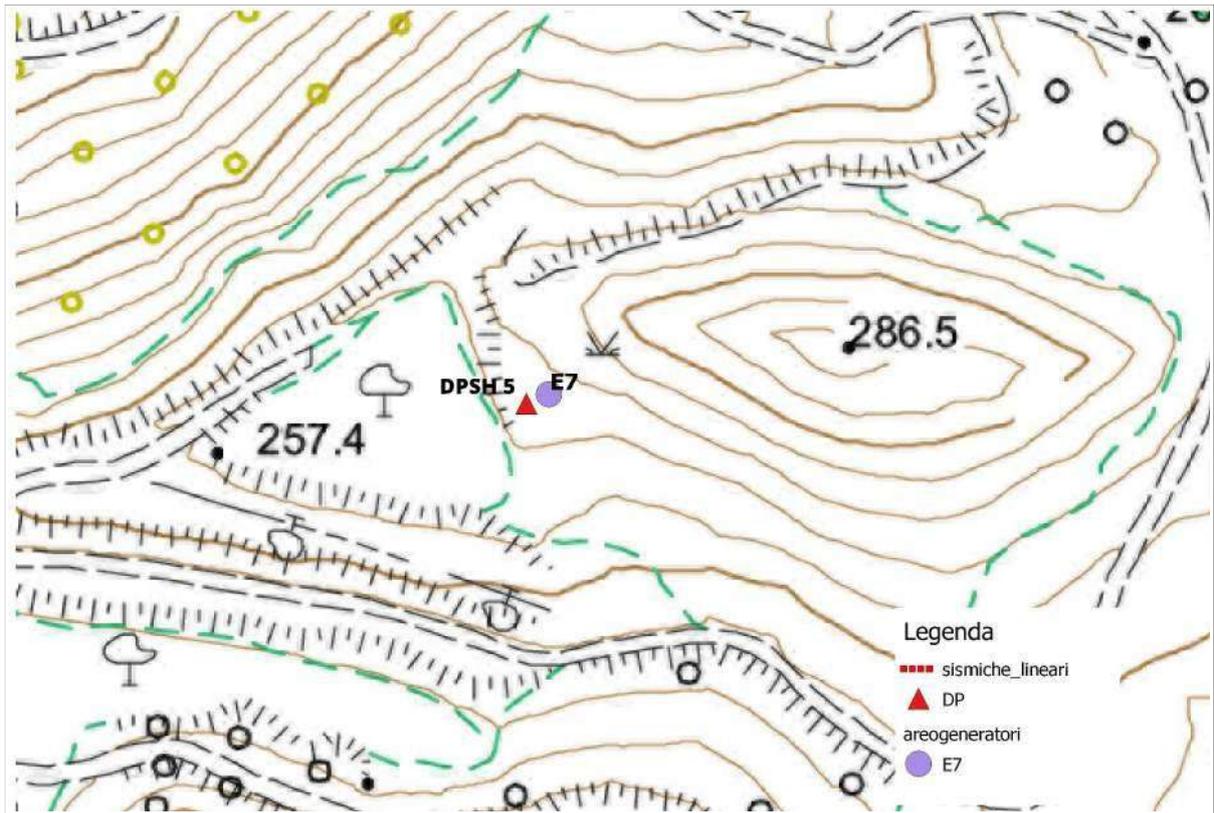
- | | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Areogeneratori | PAI - Frane | PAI |
| ● E1 | Pericolosità da Frana | ▭ Aree di Attenzione |
| ● E2 | ▭ P1 | ▲ Punti di Attenzione |
| ● E3 | ▭ P2 | ▭ Zone Attenzione |
| ● E4 | ▭ P3 | |
| ● E5 | ▭ P4 | Rischio Idraulico |
| ● E6 | Rischio da Frana | ▭ R1 |
| ● E7 | ▭ R1 | ▭ R2 |
| ● E8 | ▭ R2 | ▭ R3 |
| ● E9 | ▭ R3 | ▭ R4 |
| ● E10 | ▭ R4 | PGRA |
| | | ▭ Aree Attenzione |



ALLEGATO 7
Ubicazione Indagini Geognostiche









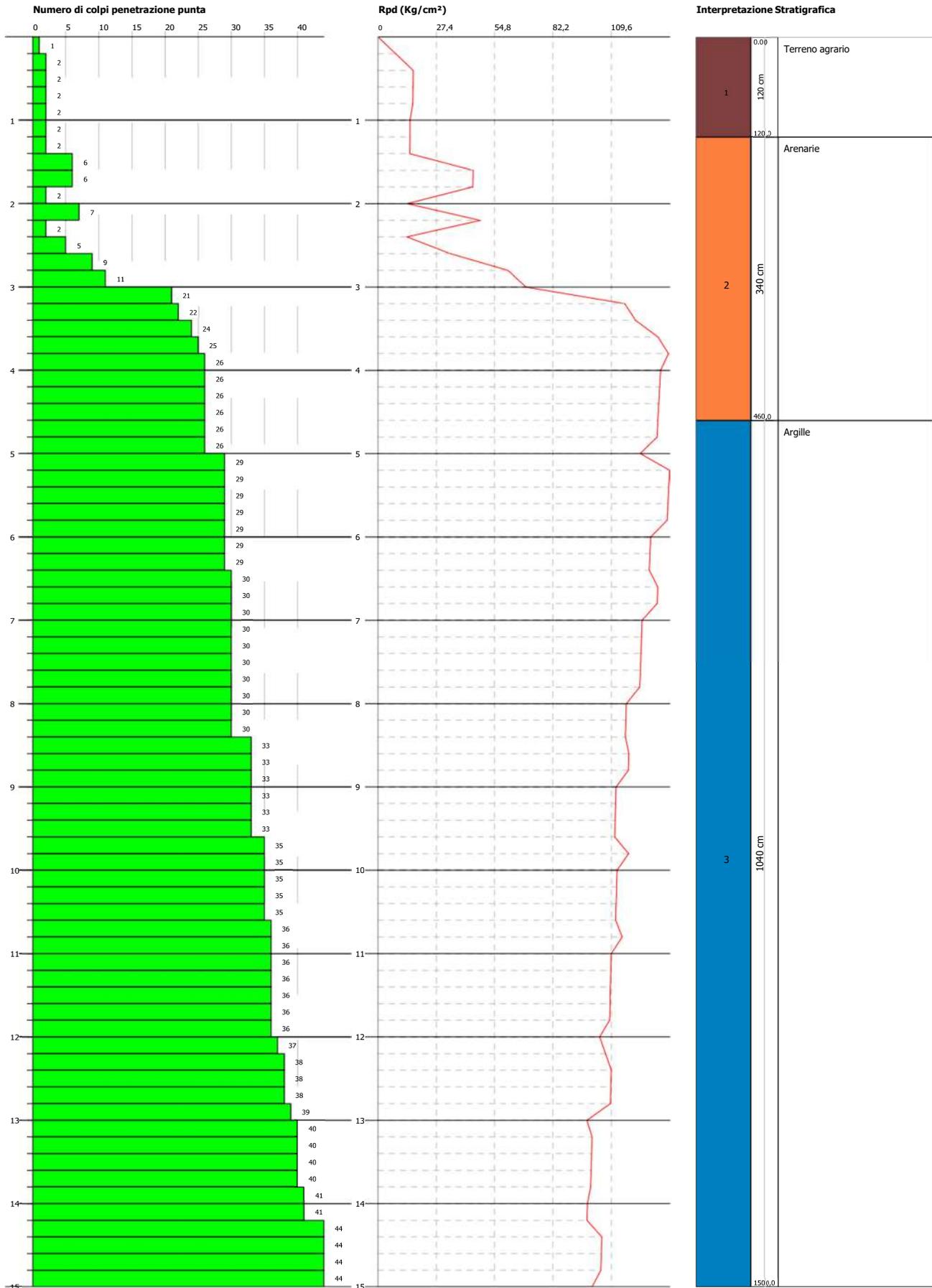


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Energia Levante srl
 Cantiere : Borgia
 Località : Borgia

Data :18/05/2023

Scala 1:65

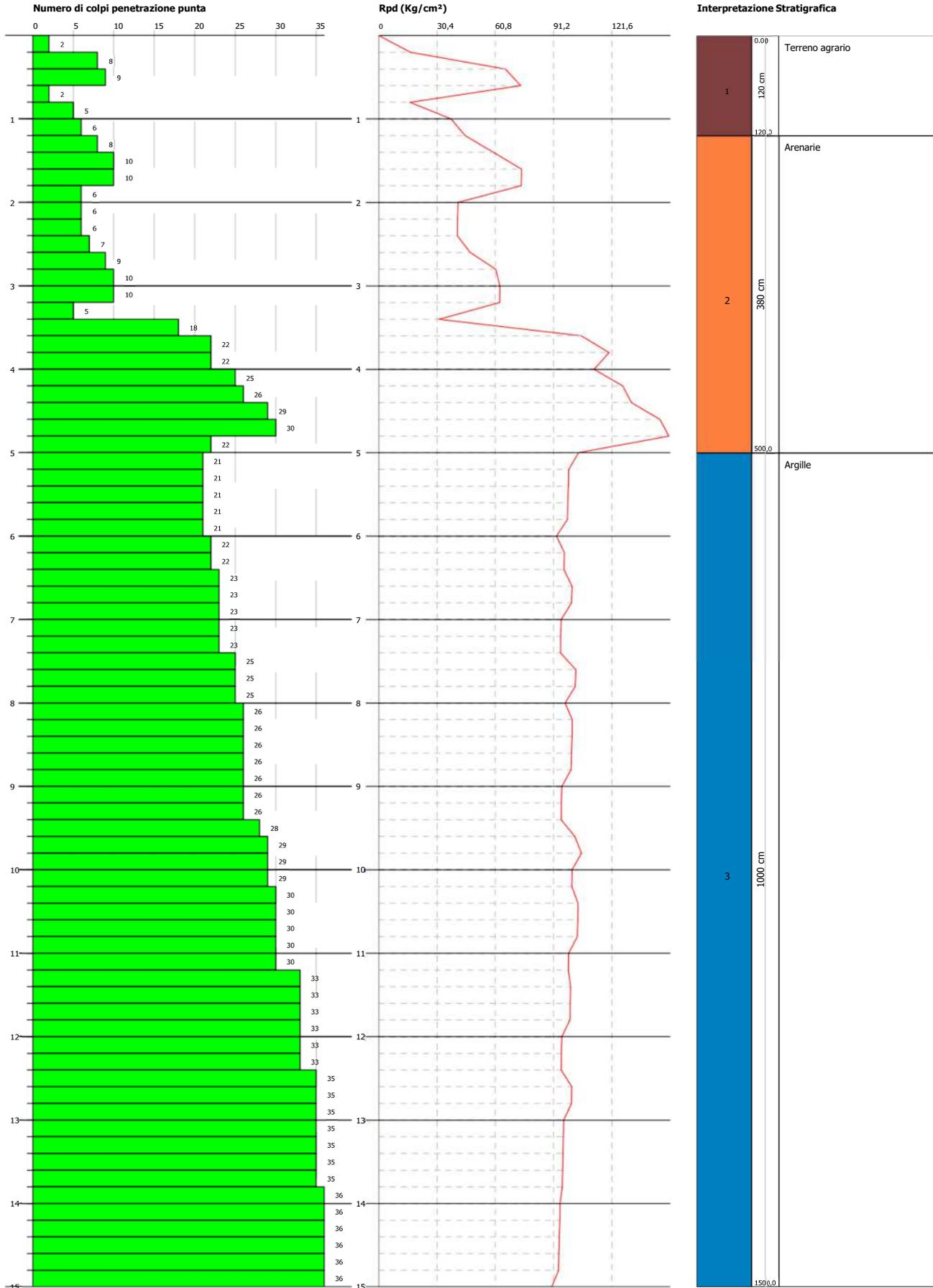


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Energia Levante srl
 Cantiere : Borgia
 Località : Borgia

Data : 18/05/2023

Scala 1:65

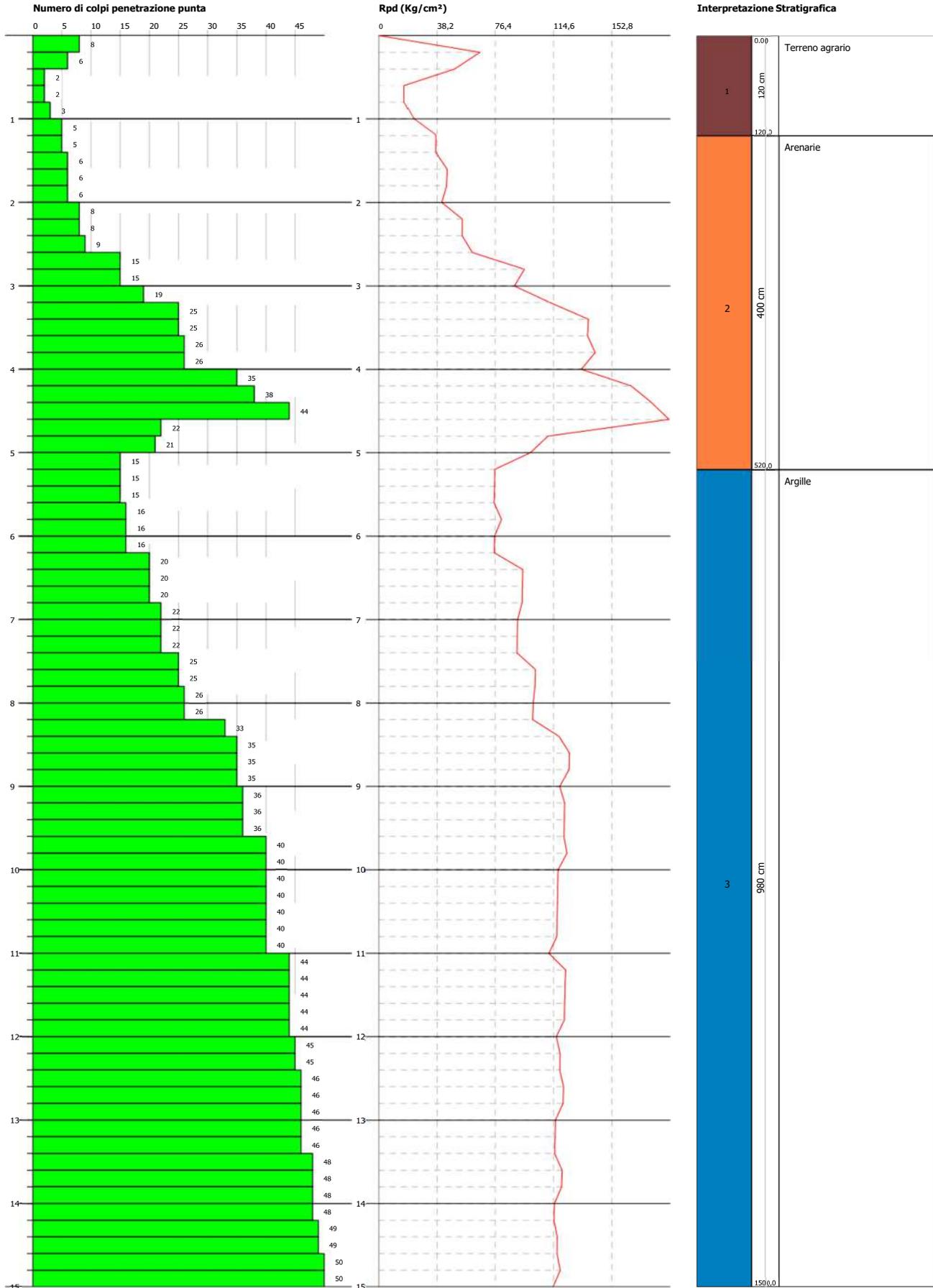


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Energia Levante srl
 Cantiere : Borgia
 Località : Borgia

Data : 18/05/2023

Scala 1:65

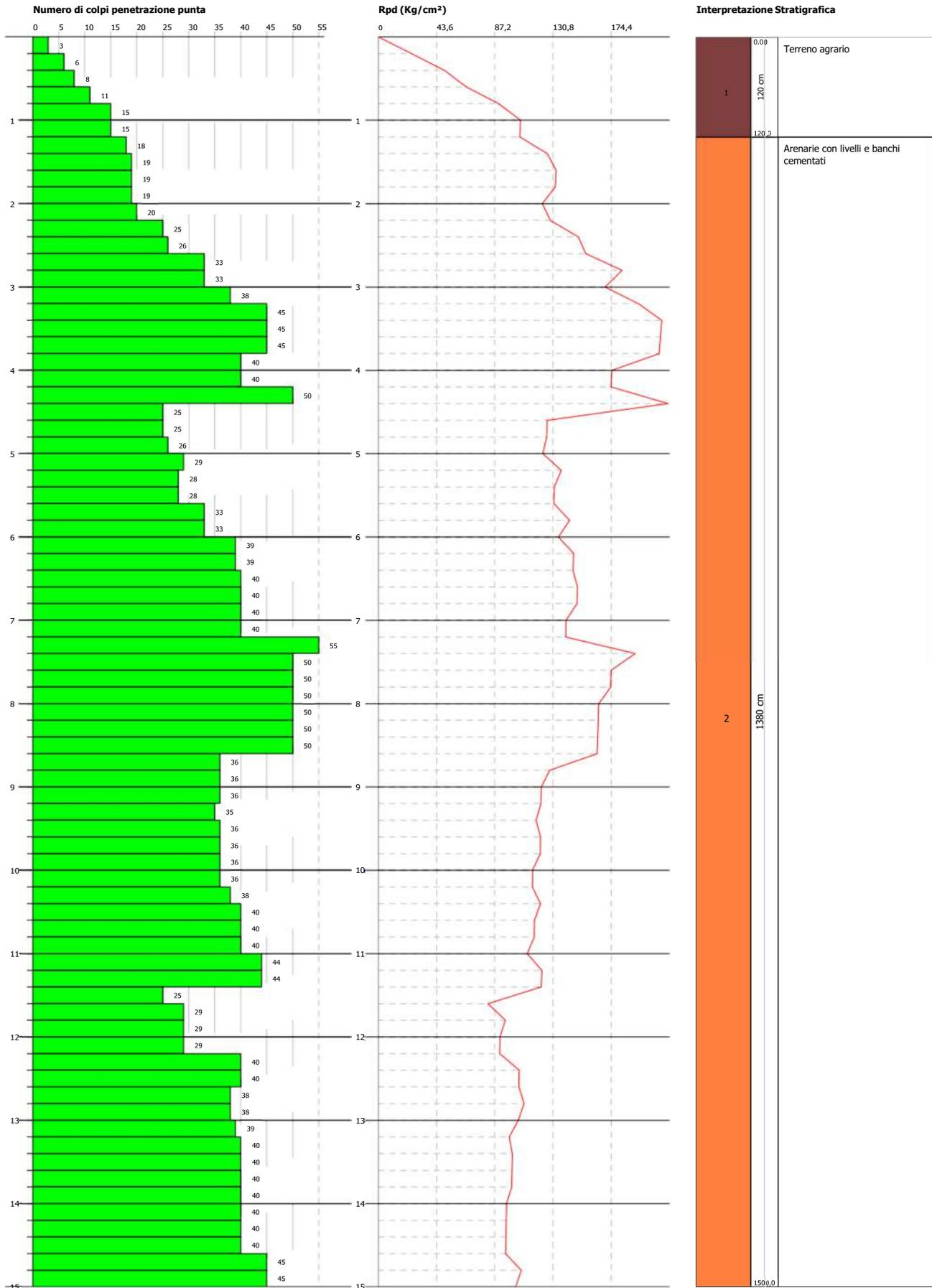


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH4
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Energia Levante srl
 Cantiere : San Floro
 Località : San Floro

Data : 18/05/2023

Scala 1:65

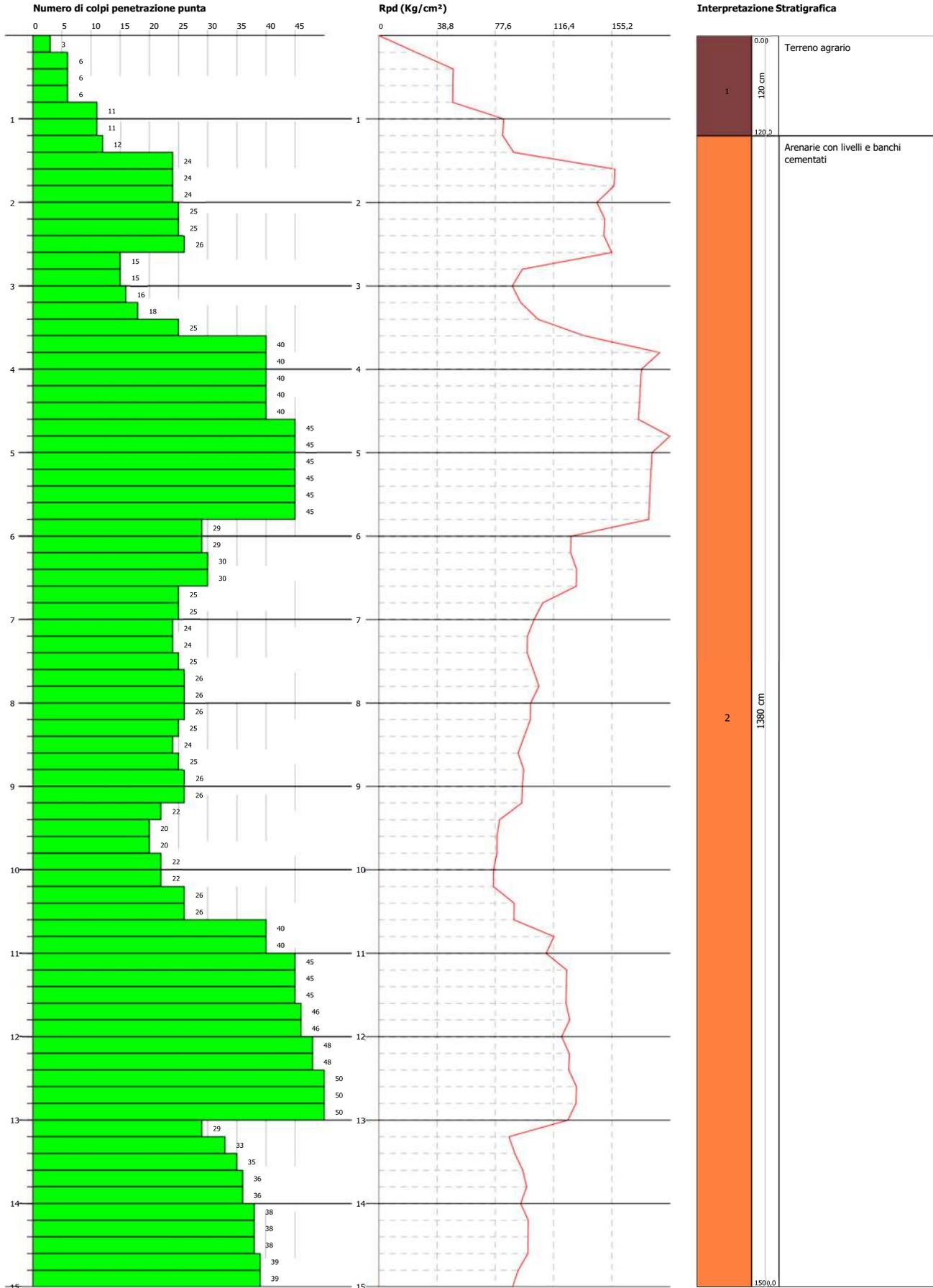


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSHS
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Energia Levante srl
 Cantiere : San Floro
 Località : San Floro

Data : 18/05/2023

Scala 1:65

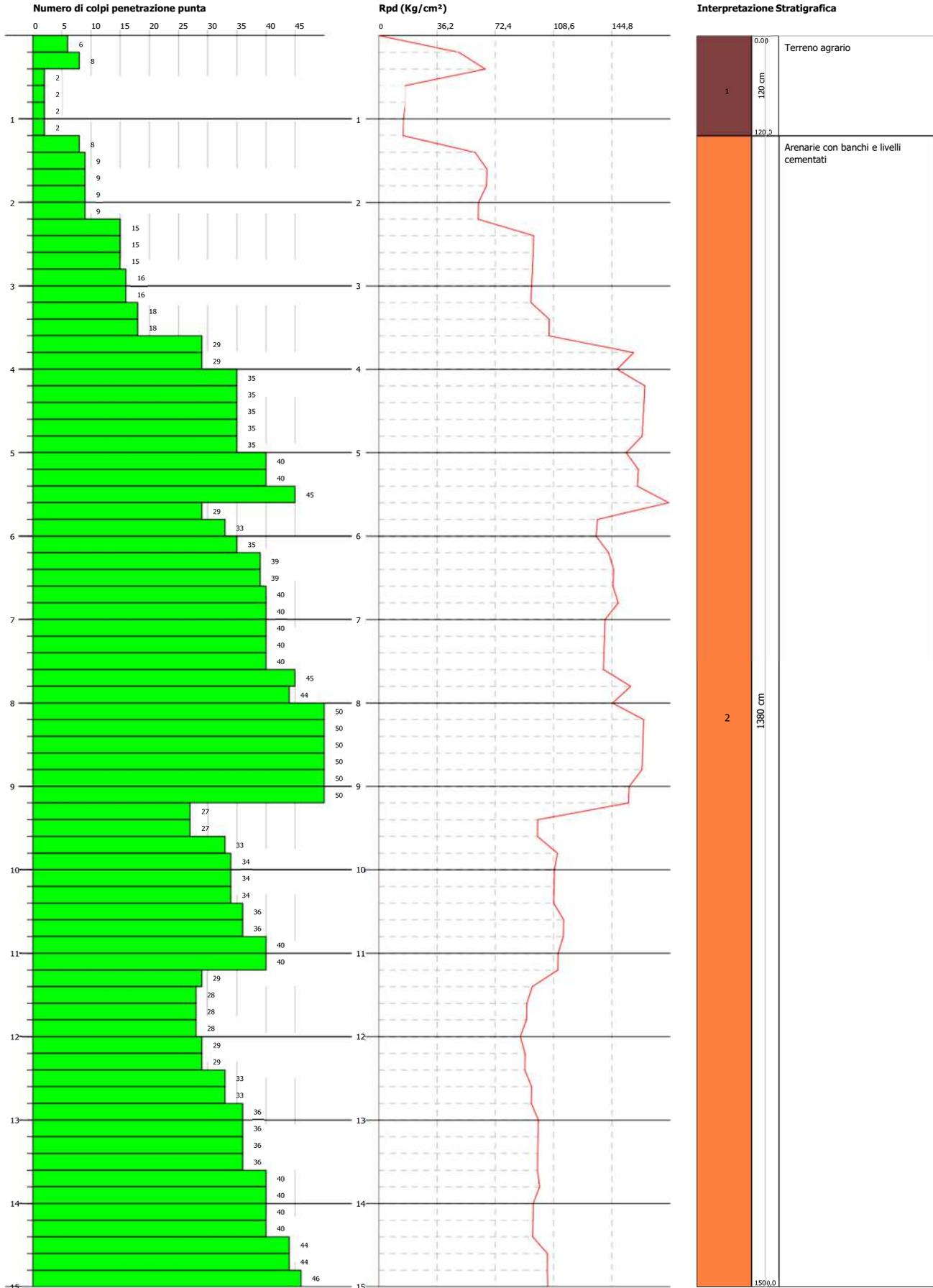


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH6
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Energia Levante srl
 Cantiere : Borgia
 Località : Borgia

Data : 18/05/2023

Scala 1:65



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 3	51,71	15,00	Terzaghi-Peck	3,49

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 3	51,71	15,00	Robertson (1983)	103,42

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 3	51,71	15,00	Stroud e Butler (1975)	237,25

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 3	51,71	15,00	Apollonia	517,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 3	51,71	15,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	51,71	15,00	Meyerhof ed altri	3,84

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	51,71	15,00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Gibbs & Holtz 1957	41,62
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Sowers (1961)	28,77
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Sowers (1961)	34,09

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Modulo di Young
--	------	--------------	-------------------	--------------	-----------------

		(m)	presenza falda		(Kg/cm ²)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Bowles (1982) Sabbia Media	183,80

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33,11
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	72,16

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Meyerhof ed altri	1,44
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Meyerhof ed altri	2,03

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	2,75	1,20	2,75	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	21,76	4,60	21,76	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Ohsaki (Sabbie pulite)	168,22
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Ohsaki (Sabbie pulite)	1175,74

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	2,75	1,20	2,75		91,21
Strato 2	21,76	4,60	21,76		256,56

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Navfac 1971-1982	0,45
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Navfac 1971-1982	4,35

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	2,75	1,20	2,75	Robertson 1983	5,50
Strato 2	21,76	4,60	21,76	Robertson 1983	43,52

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 3	43,47	15,00	Terzaghi-Peck	2,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 3	43,47	15,00	Robertson (1983)	86,94

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 3	43,47	15,00	Stroud e Butler (1975)	199,44

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 3	43,47	15,00	Apollonia	434,70

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 3	43,47	15,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	43,47	15,00	Meyerhof ed altri	2,79

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	43,47	15,00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,89

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Gibbs & Holtz 1957	71,08
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Sowers (1961)	30,25
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Sowers (1961)	34,23

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Modulo di Young
--	------	--------------	-------------------	--------------	-----------------

		(m)	presenza falda		(Kg/cm ²)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Bowles (1982) Sabbia Media	186,20

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,94
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	73,15

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Meyerhof ed altri	1,66
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Meyerhof ed altri	2,03

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	8,02	1,20	8,02	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	22,24	5,00	22,24	(A.G.I.)	0,31

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	460,08
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Ohsaki (Sabbie pulite)	1200,11

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	8,02	1,20	8,02		155,76
Strato 2	22,24	5,00	22,24		259,38

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Navfac 1971-1982	1,67
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Navfac 1971-1982	4,43

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	8,02	1,20	8,02	Robertson 1983	16,04
Strato 2	22,24	5,00	22,24	Robertson 1983	44,48

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPH3**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 3	54,08	15,00	Terzaghi-Peck	3,65

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 3	54,08	15,00	Robertson (1983)	108,16

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 3	54,08	15,00	Stroud e Butler (1975)	248,12

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 3	54,08	15,00	Apollonia	540,80

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 3	54,08	15,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	54,08	15,00	Meyerhof ed altri	4,27

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	54,08	15,00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Gibbs & Holtz 1957	64,04
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Sowers (1961)	29,82
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Sowers (1961)	35,87

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Modulo di Young
--	------	--------------	-------------------	--------------	-----------------

		(m)	presenza falda		(Kg/cm ²)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Bowles (1982) Sabbia Media	215,60

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	40,84
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	85,22

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Meyerhof ed altri	1,60
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Meyerhof ed altri	2,12

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	6,51	1,20	6,51	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	28,12	5,20	28,12	(A.G.I.)	0,3

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Ohsaki (Sabbie pulite)	378,16
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Ohsaki (Sabbie pulite)	1496,19

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	6,51	1,20	6,51		140,33
Strato 2	28,12	5,20	28,12		291,66

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.10-0.35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Navfac 1971-1982	1,33
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Navfac 1971-1982	5,34

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	6,51	1,20	6,51	Robertson 1983	13,02
Strato 2	28,12	5,20	28,12	Robertson 1983	56,24

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH4**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Gibbs & Holtz 1957	95,71
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Sowers (1961)	32,07
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Sowers (1961)	43,53

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Bowles (1982) Sabbia Media	147,70
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Bowles (1982) Sabbia Media	352,35

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	57,33
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	141,40

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Meyerhof ed altri	1,87
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Meyerhof ed altri	2,26

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	14,54	1,20	14,54	(A.G.I.)	0,33
Strato 2	55,47	15,00	55,47	(A.G.I.)	0,24

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Ohsaki (Sabbie pulite)	804,87
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Ohsaki (Sabbie pulite)	2833,53

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	14,54	1,20	14,54		209,72
Strato 2	55,47	15,00	55,47		409,63

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Navfac 1971-1982	3,03
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Navfac 1971-1982	9,04

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	14,54	1,20	14,54	Robertson 1983	29,08
Strato 2	55,47	15,00	55,47	Robertson 1983	110,94

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH5**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Gibbs & Holtz 1957	82,41
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Sowers (1961)	31,02
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Sowers (1961)	41,65

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Bowles (1982) Sabbia Media	128,90
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Bowles (1982) Sabbia Media	318,70

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	49,61
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	127,58

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Meyerhof ed altri	1,76
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Meyerhof ed altri	2,23

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	10,78	1,20	10,78	(A.G.I.)	0,33
Strato 2	48,74	15,00	48,74	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Ohsaki (Sabbie pulite)	607,54
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Ohsaki (Sabbie pulite)	2509,15

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	10,78	1,20	10,78		180,58
Strato 2	48,74	15,00	48,74		383,98

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Navfac 1971-1982	2,27
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Navfac 1971-1982	8,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	10,78	1,20	10,78	Robertson 1983	21,56
Strato 2	48,74	15,00	48,74	Robertson 1983	97,48

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH6**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Gibbs & Holtz 1957	58,97
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Sowers (1961)	29,55
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Sowers (1961)	42,01

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Bowles (1982) Sabbia Media	325,10

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	38,80
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	130,21

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Meyerhof ed altri	1,56
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Meyerhof ed altri	2,24

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5,52	1,20	5,52	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	50,02	15,00	50,02	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Ohsaki (Sabbie pulite)	323,84
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	2571,04

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5,52	1,20	5,52		129,22
Strato 2	50,02	15,00	50,02		388,99

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Navfac 1971-1982	1,11
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Navfac 1971-1982	8,18

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	5,52	1,20	5,52	Robertson 1983	11,04
Strato 2	50,02	15,00	50,02	Robertson 1983	100,04

MASW 1

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori	24
Distanza tra i sensori	1m
Numero di campioni temporali.....	2000
Passo temporale di acquisizione.....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)	

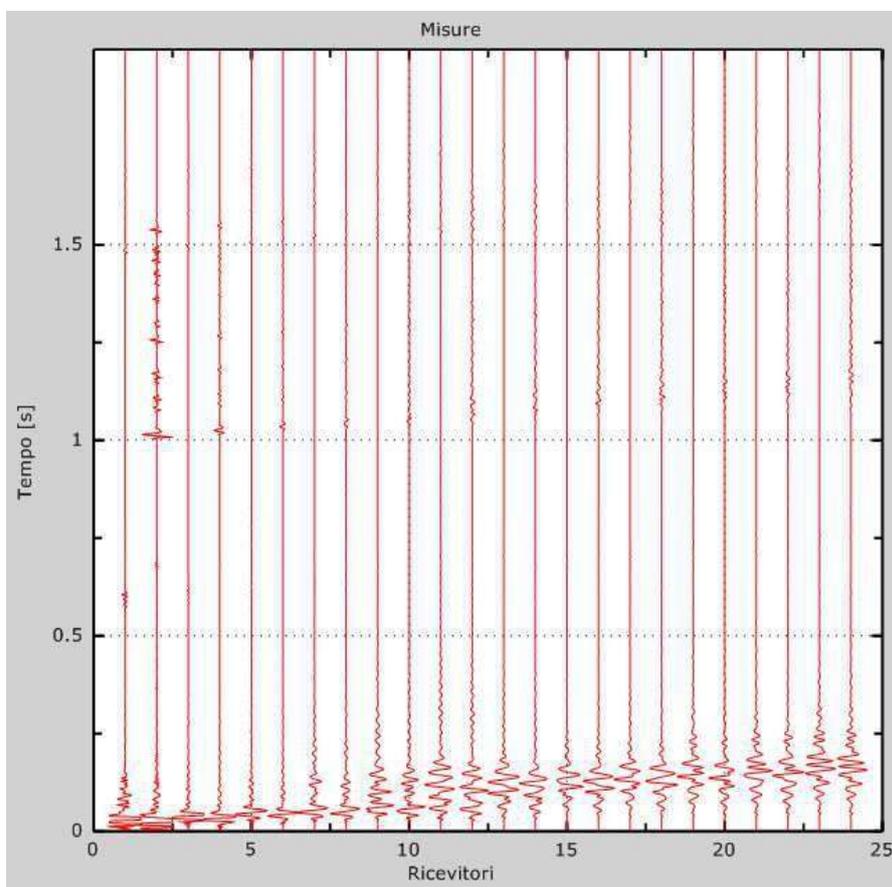


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale 70Hz
Frequenza iniziale..... 2Hz

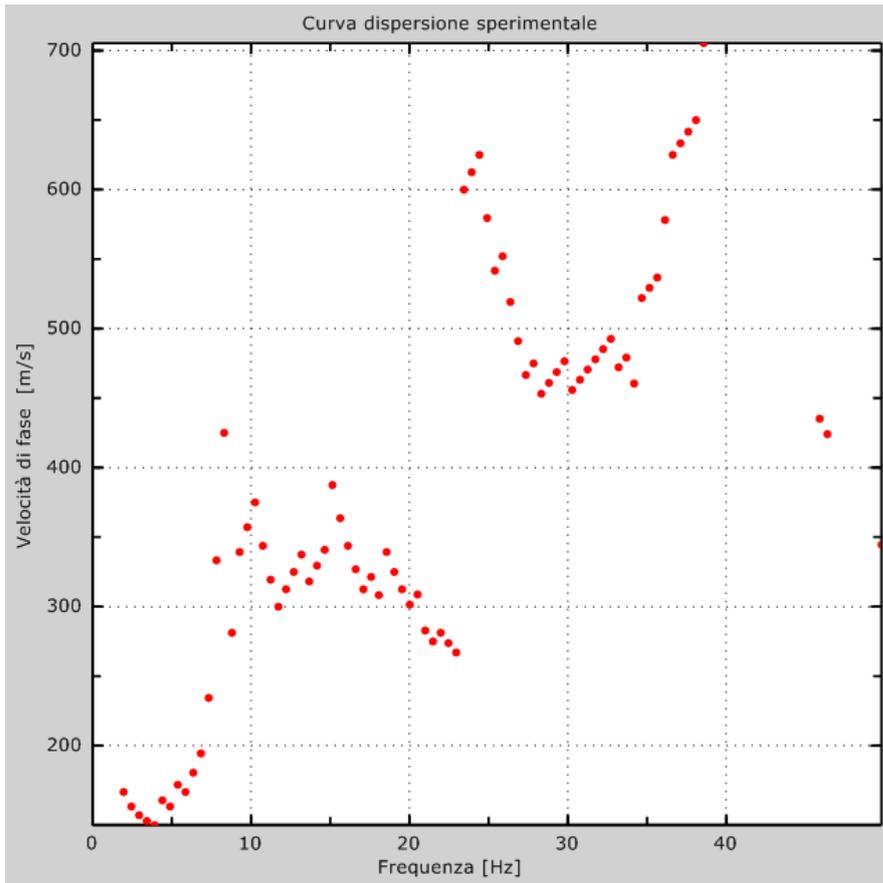


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
8.2053	423.319	398.478	448.16
8.83789	287.054	258.348	315.759
10.7775	343.276	322.115	364.437
12.2803	314.375	282.937	345.812
15.7227	359.659	323.693	395.625
19.165	321.875	289.687	354.062
22.6074	271.78	244.602	298.958

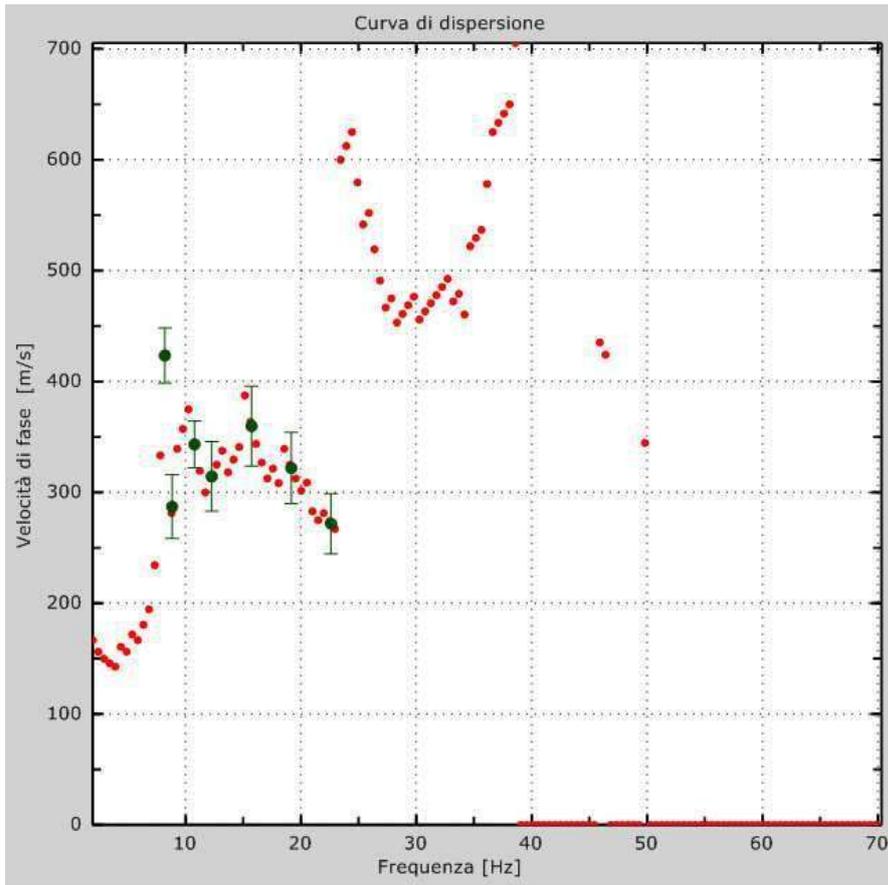


Figura 3: Curva di dispersione

4

- Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	4
Spaziatura ricevitori.....	1m
Numero ricevitori	24
Numero modi.....	1
Numero iterazioni.....	1
Massimo errore [%]	2.000000e-001
Evita forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

h [m]	3
z [m]	-3
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson.....	0.32
Vs [m/s]	302
Vp [m/s].....	587
Vs min [m/s].....	151
Vs max [m/s]	604
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	302

Strato 2

h [m]	4
z [m]	-7
Densità [kg/m ³]	1850
Poisson.....	0.3
Vs [m/s]	302
Vp [m/s].....	565
Vs min [m/s].....	151
Vs max [m/s]	604
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	302

Strato 3

h [m]	30
z [m]	-37
Densità [kg/m ³]	1900
Poisson.....	0.25
Vs [m/s]	358
Vp [m/s].....	620
Vs min [m/s].....	179
Vs max [m/s]	715
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	358

Strato 4

h [m]	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m ³]	2000
Poisson.....	0.2
Vs [m/s]	470
Vp [m/s].....	768
Vs min [m/s].....	235
Vs max [m/s]	941
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s].....	470

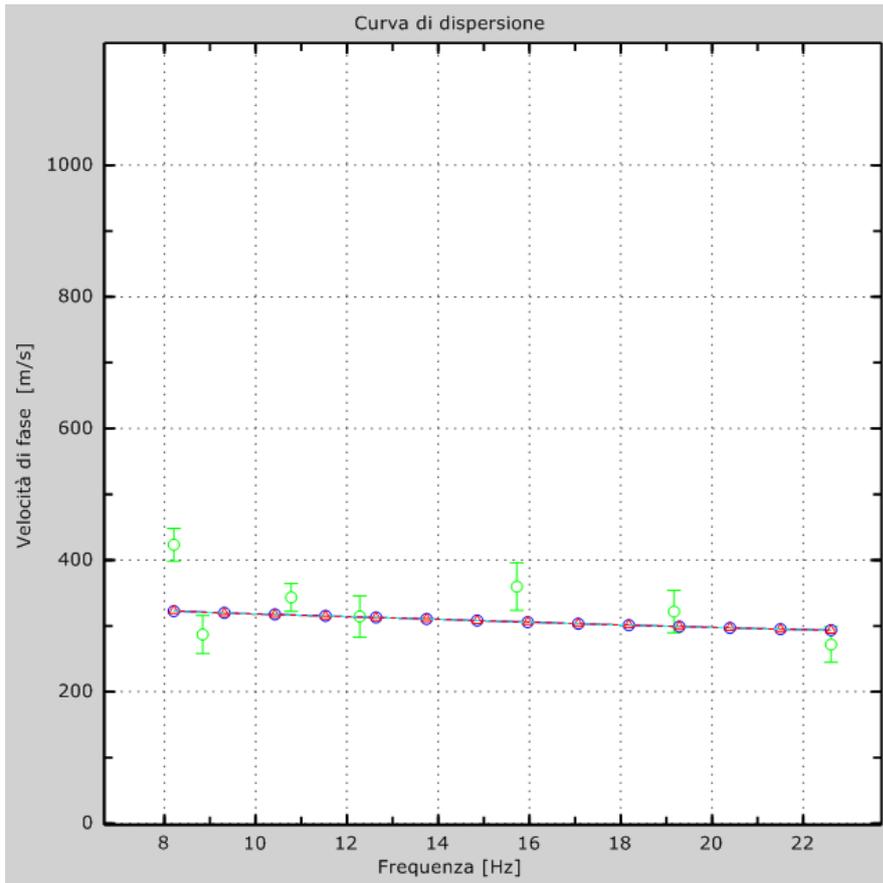


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

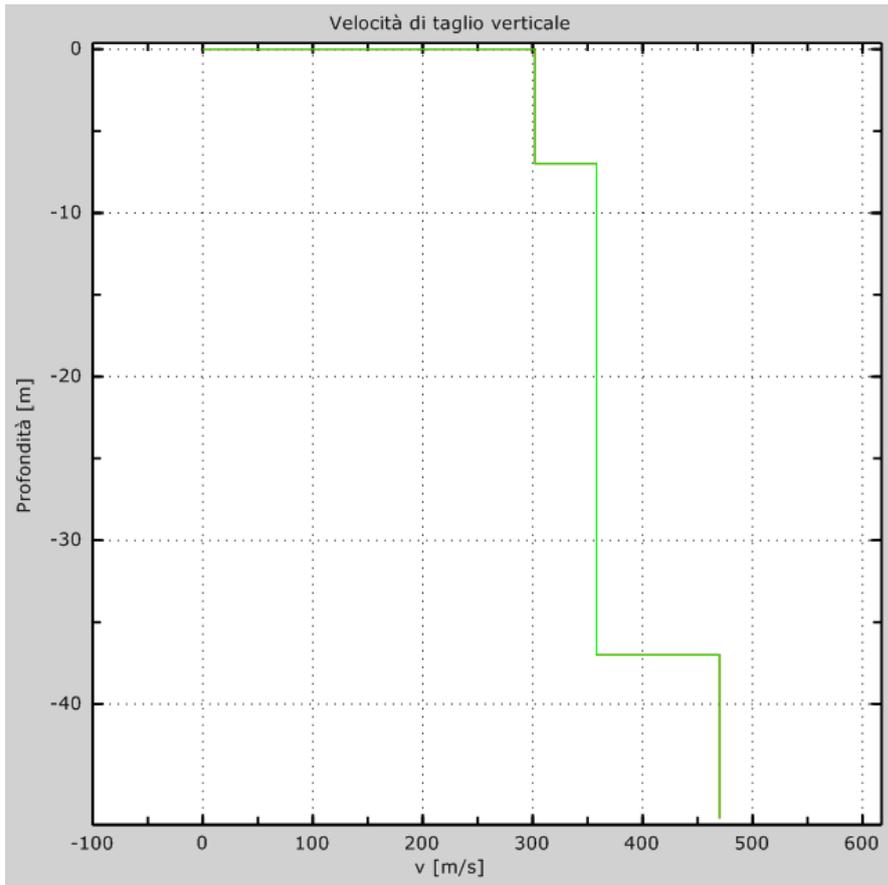


Figura 5: Velocità

5

- Risultati finali

V_{seq} [m/s] 345

La normativa applicata è NTC 2018

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 4

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Tipo di suolo..... C

Appendice

Tipo di suolo

Categorie di sottosuolo

A – 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 di 3 metri.

B – 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.

C - Depositì di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, 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.

D - Depositì di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelli definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

MASW 2

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Distanza tra i sensori.....	1m
Numero di campioni temporali.....	2000
Passo temporale di acquisizione.....	1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a.....	1999ms

I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

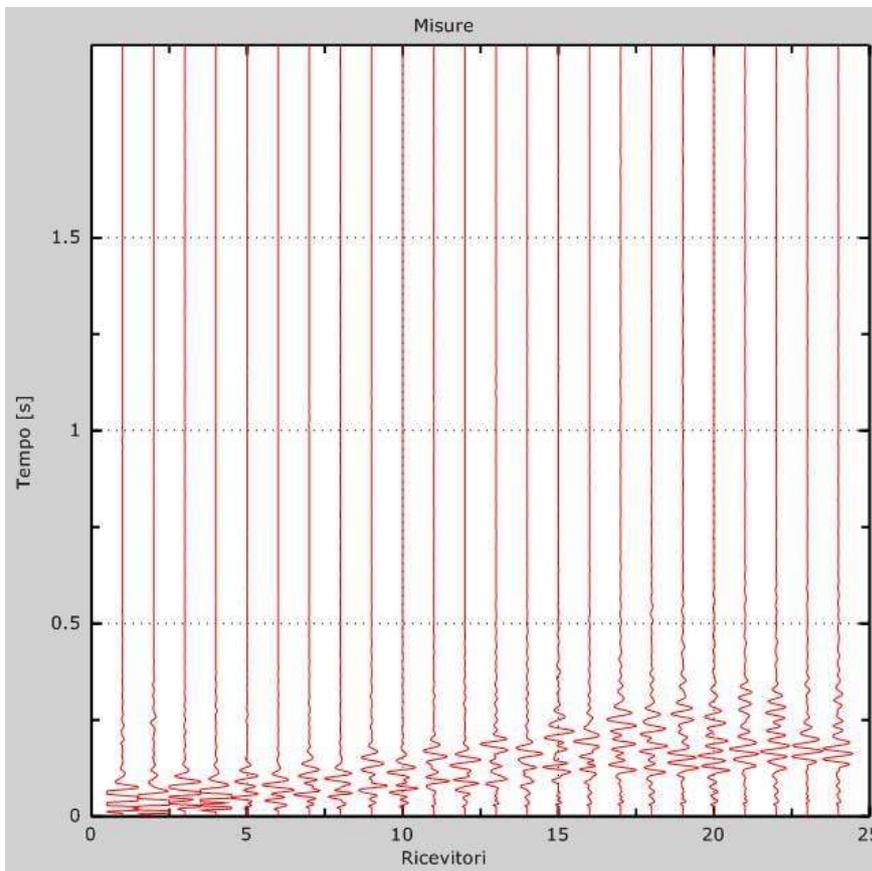


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

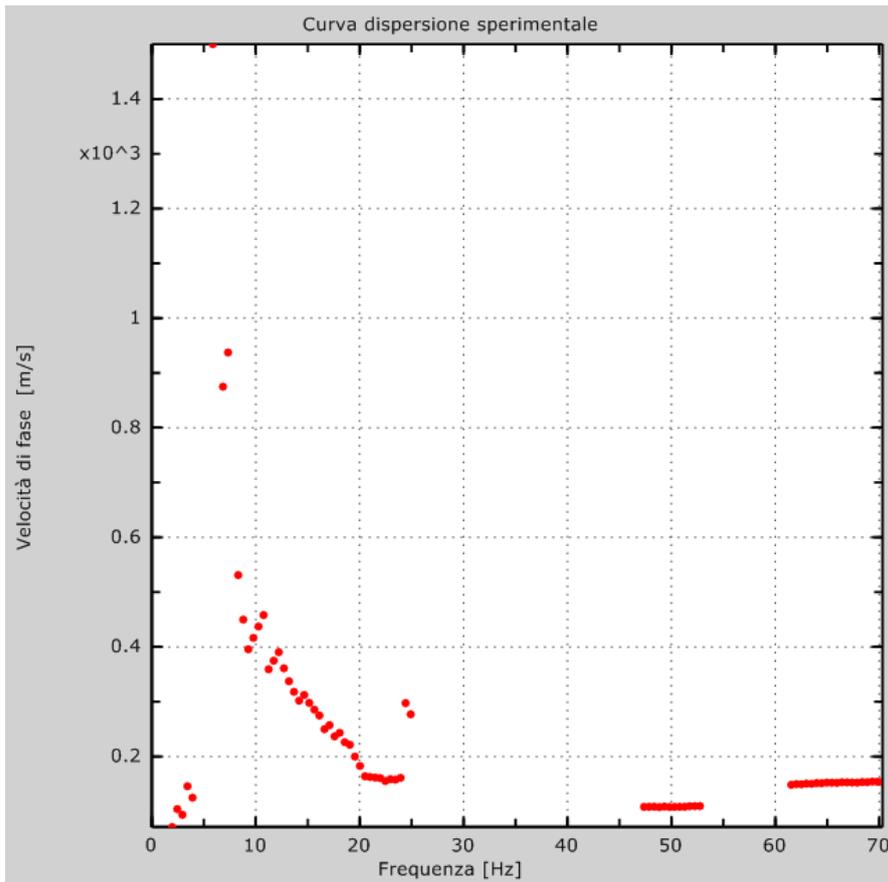


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
12.2803	386.198	347.578	424.818
13.7772	313.935	267.304	360.566
15.7227	283.571	255.214	311.929
17.2297	248.228	207.956	288.5
19.165	216.193	194.574	237.812
20.7362	161.326	129.532	193.119
22.6074	156.419	140.777	172.061
23.8111	161.326	116.815	205.837
47.6553	108.337	68.0647	148.608
50.1465	108.151	97.3355	118.966
52.4565	112.576	76.543	148.608
61.6273	148.608	101.978	195.239
63.916	151.505	136.354	166.655
65.2956	152.848	116.815	188.88
67.3584	152.667	137.4	167.934
68.91	159.206	123.174	195.239

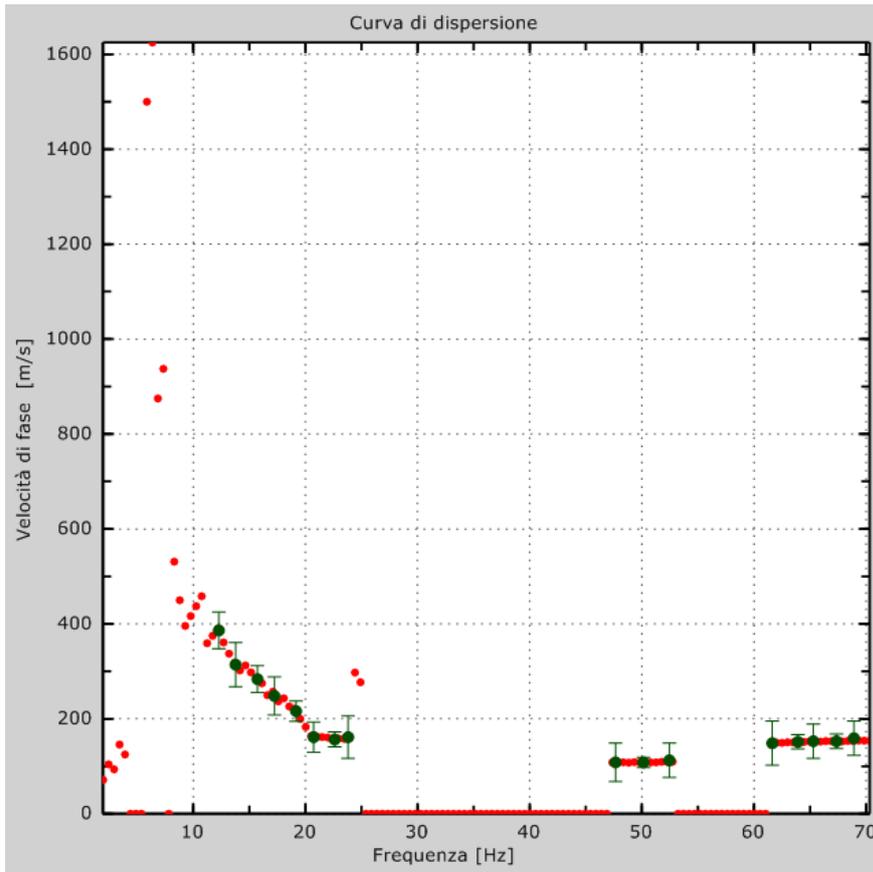


Figura 3: Curva di dispersione

4

- Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	4
Spaziatura ricevitori	1m
Numero ricevitori	24
Numero modi	3
Numero iterazioni	3
Massimo errore [%].....	2.000000e-001
Evita forti contrasti di rigidezza tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

h [m].....	3
z [m].....	-3
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	165
Vp [m/s]	323
Vs min [m/s]	83
Vs max [m/s].....	330
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	148

Strato 2

h [m].....	4
z [m].....	-7
Densità [kg/m ³].....	1900
Poisson	0.33
Vs [m/s].....	179
Vp [m/s]	713
Vs min [m/s]	90
Vs max [m/s].....	350
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	355

Strato 3

h [m].....	30
z [m].....	-37
Densità [kg/m ³].....	2000
Poisson	0.3
Vs [m/s].....	315
Vp [m/s]	722
Vs min [m/s]	158
Vs max [m/s].....	630
Falda non presente nello strato Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	384

Strato 4

h [m].....	0
z [m].....	..-∞
Densità [kg/m ³].....	2200
Poisson	0.2
Vs [m/s].....	429
Vp [m/s]	630
Vs min [m/s]	215
Vs max [m/s].....	858
Falda non presente nello strato Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	384

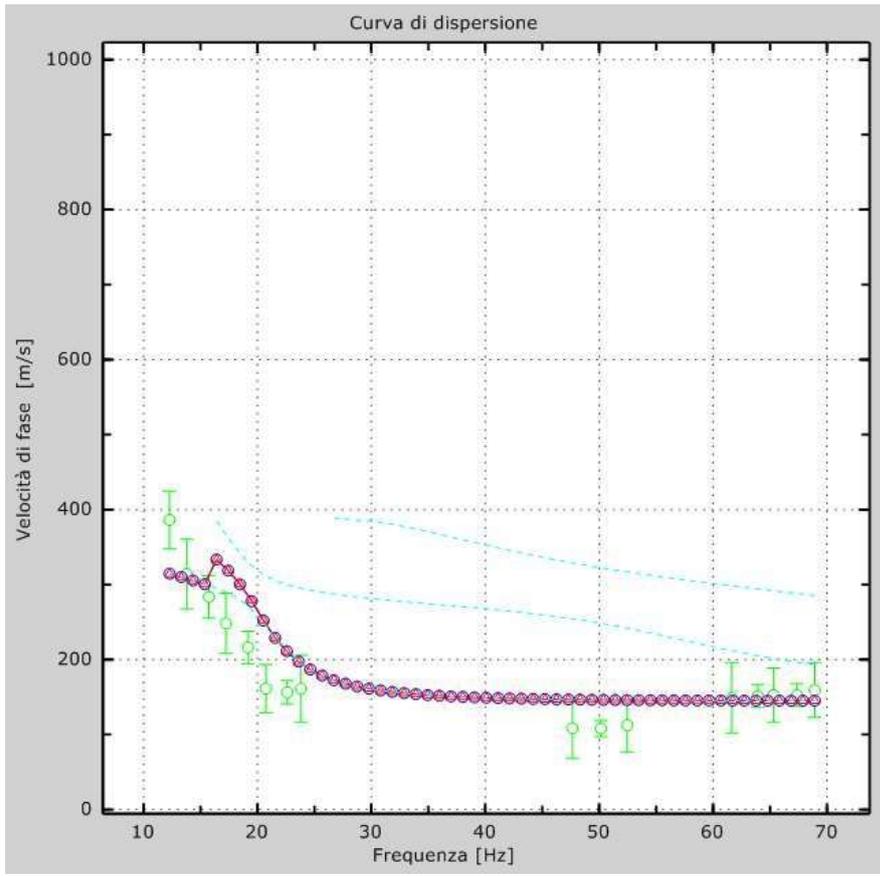


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

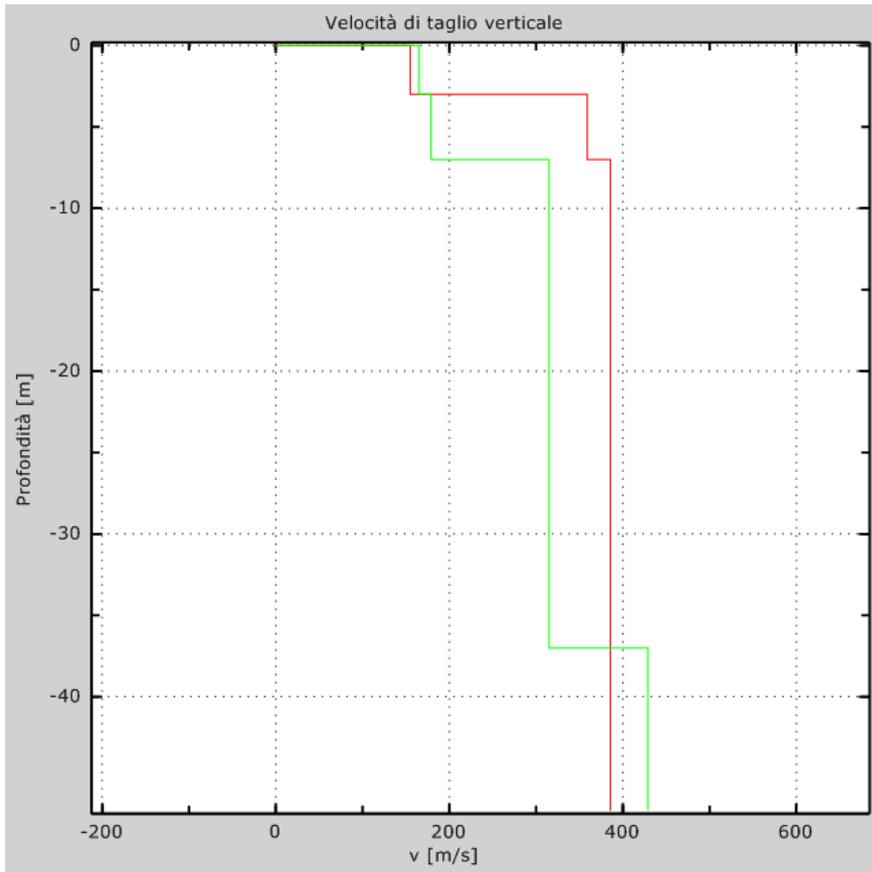


Figura 5: Velocità

5

- Risultati finali

Vseq [m/s] 358

La normativa applicata è NTC 2018

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 4

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Tipo di suolo C

Appendice

Tipo di suolo

Categorie di sottosuolo

A - 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 di 3 metri.

B - 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.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, 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.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelli definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.

MASW 3

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori 1m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

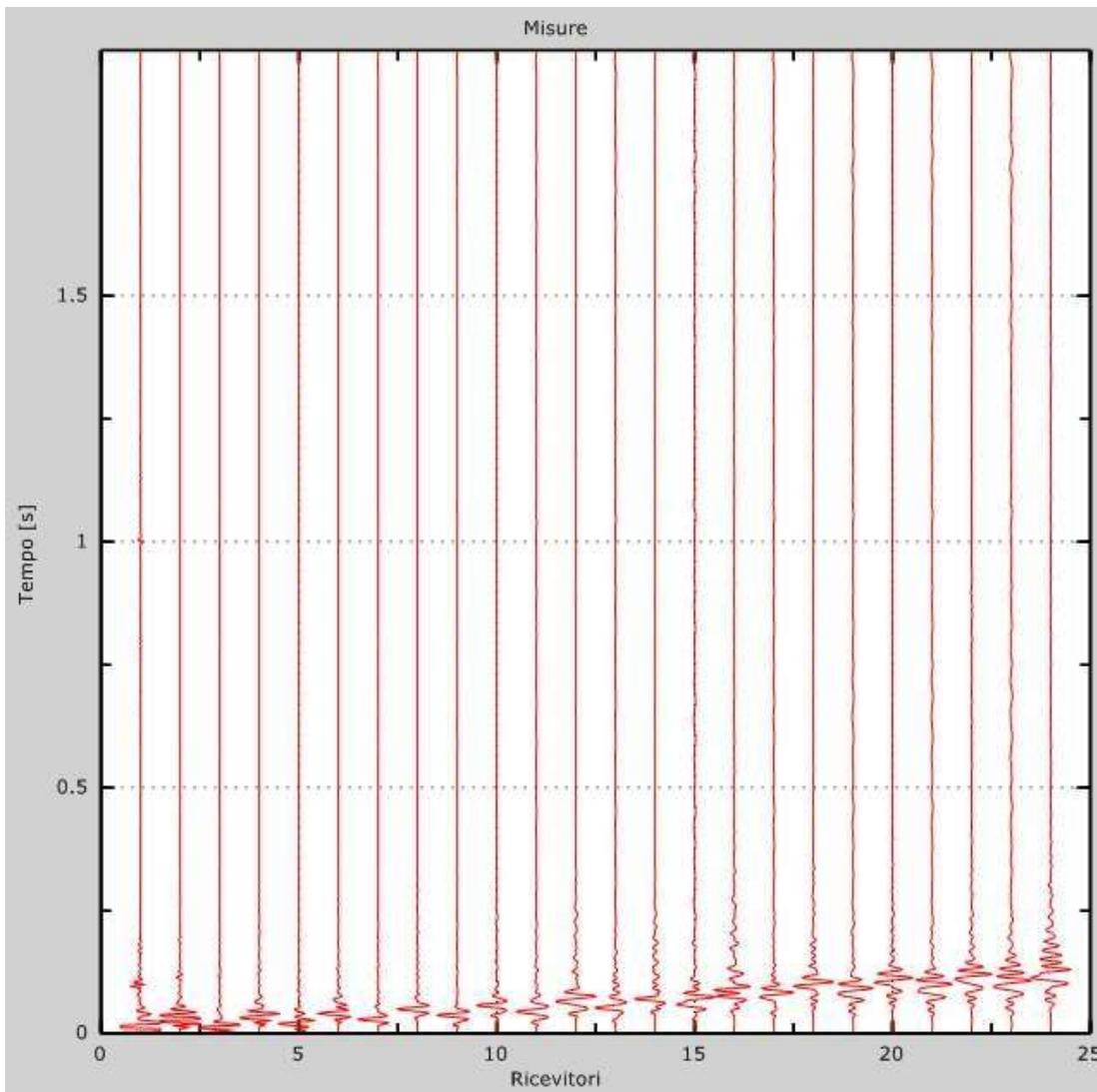


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
Frequenza iniziale 2Hz

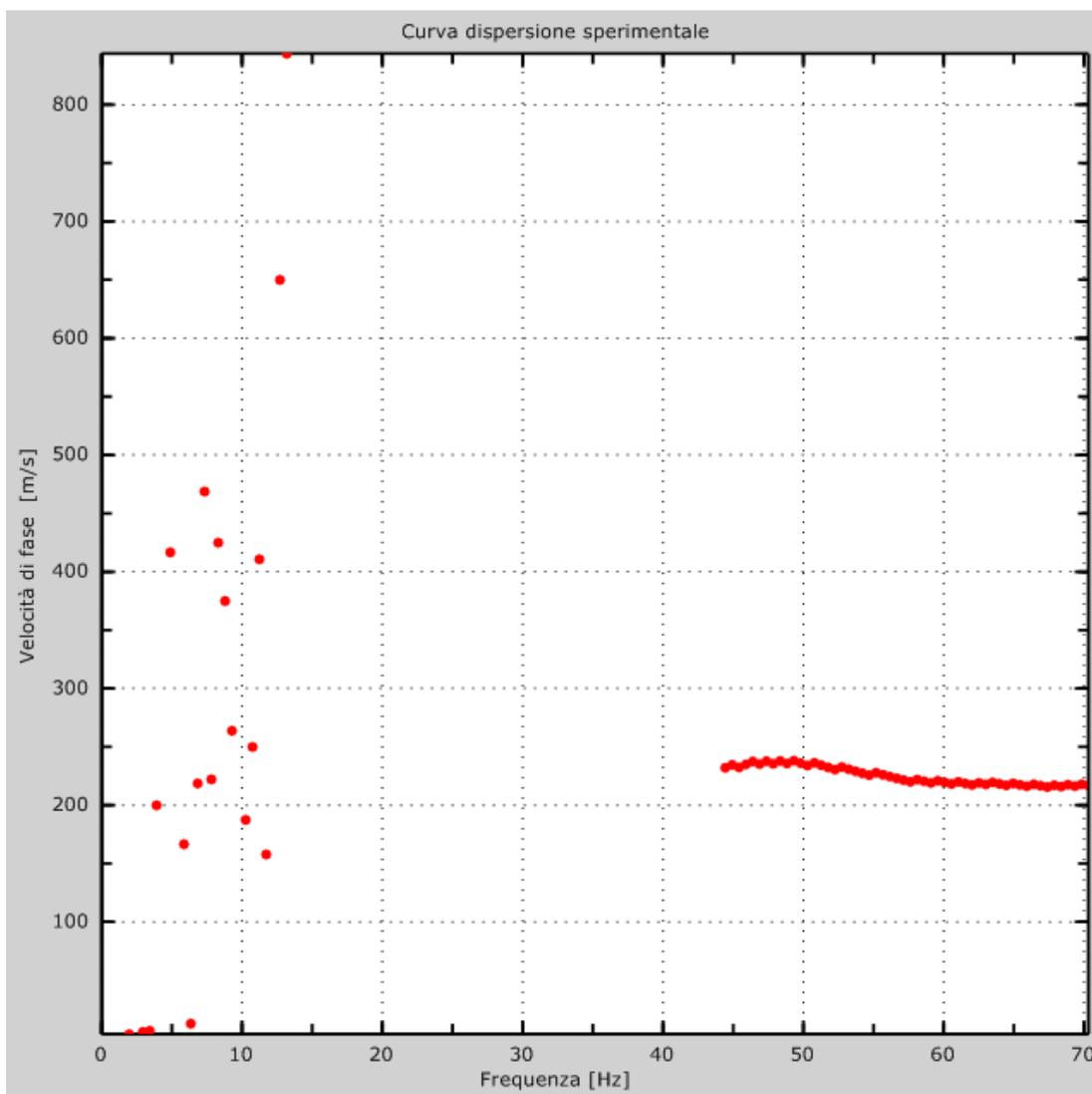


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
8.83789	363.889	327.5	400.278
46.7041	236.066	212.46	259.673
50.1465	234.697	211.227	258.167
53.5889	229.608	206.647	252.569
57.0312	221.888	199.699	244.077
60.4736	218.51	196.659	240.361
63.916	218.459	196.614	240.305
67.3584	215.682	194.114	237.251

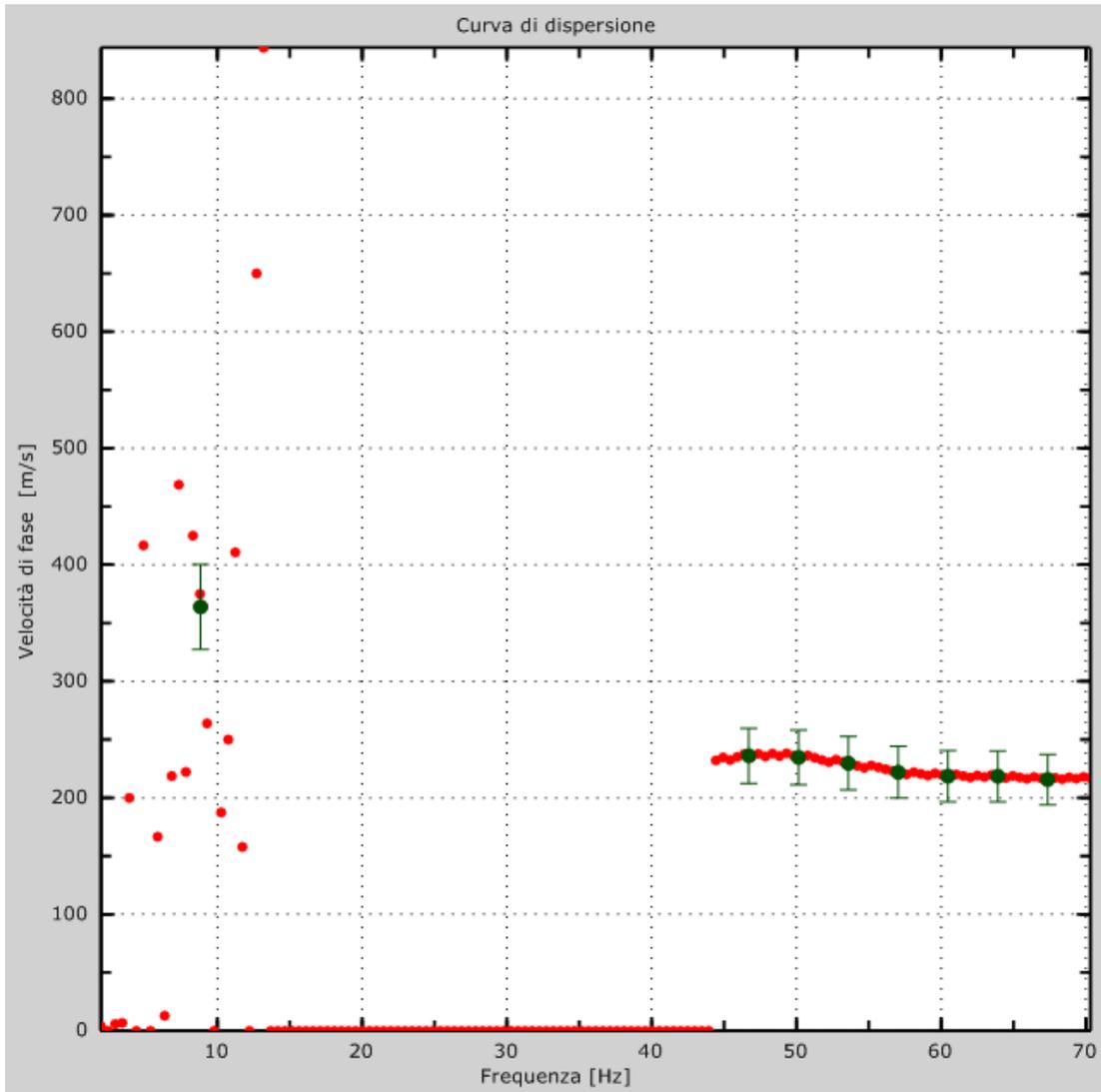


Figura 3: Curva di dispersione

4

- Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	4
Spaziatura ricevitori	1m
Numero ricevitori	24
Numero modi	4
Numero iterazioni	3
Massimo errore [%].....	2.000000e-001

Strato 1

h [m].....	1
z [m].....	-1
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	35
Vs [m/s].....	168
Vp [m/s]	350
Vs min [m/s]	120
Vs max [m/s].....	252
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	168

Strato 2

h [m].....	5.80
z [m].....	-6.8
Densità [kg/m ³].....	1900
Poisson	3
Vs [m/s].....	224
Vp [m/s]	419
Vs min [m/s]	131
Vs max [m/s].....	336
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	224

Strato 3

h [m].....	30
z [m].....	-36.8
Densità [kg/m ³].....	2000
Poisson	25
Vs [m/s].....	277
Vp [m/s]	480
Vs min [m/s]	150
Vs max [m/s].....	416
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	277

Strato 4

h [m].....	0
z [m].....	..-∞
Densità [kg/m ³].....	2200
Poisson	0.2
Vs [m/s].....	404
Vp [m/s]	660
Vs min [m/s]	202
Vs max [m/s].....	809
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s]	404

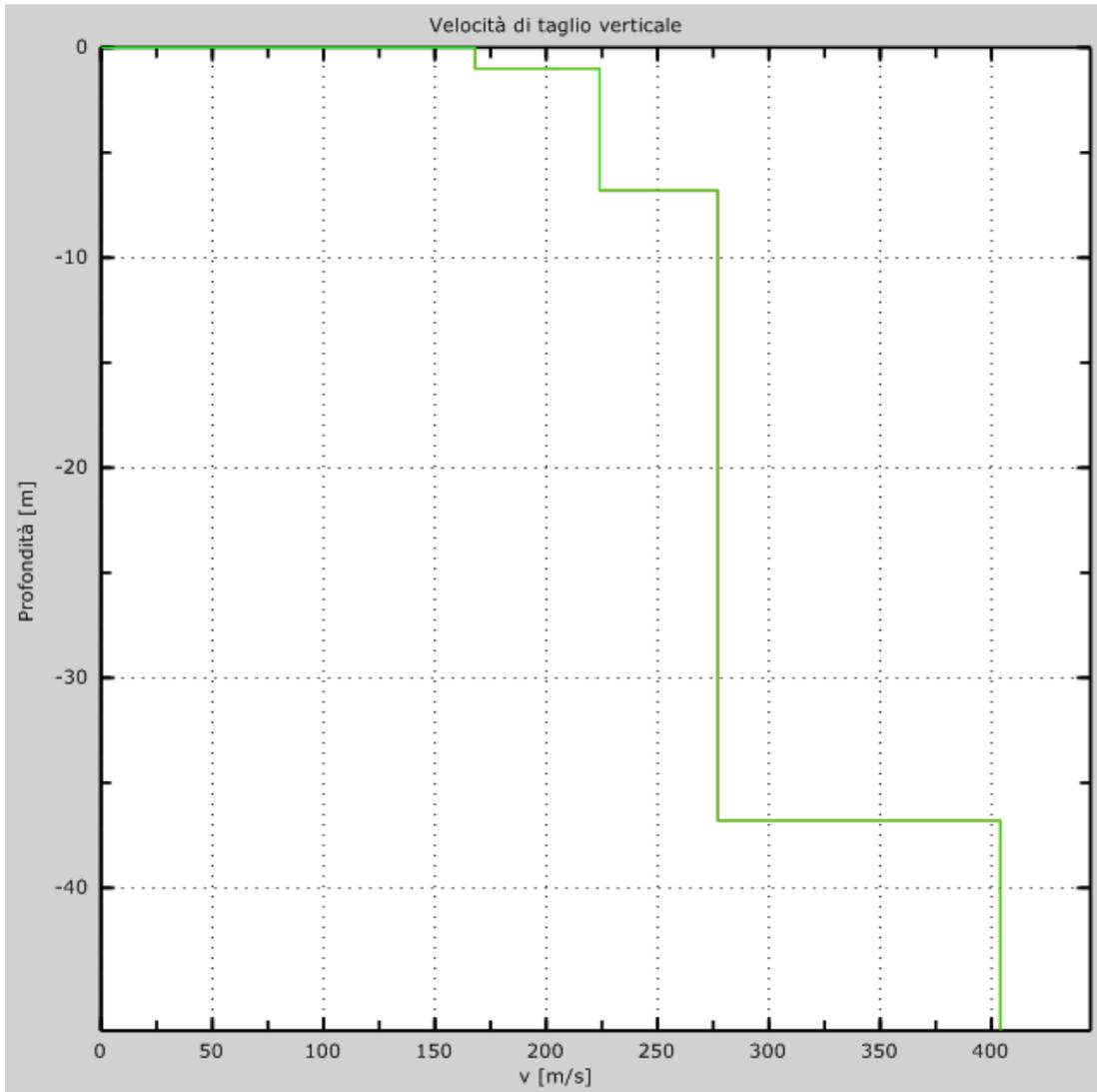


Figura 4: Velocità

5

- Risultati finali

Vs30 [m/s].....259

La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 3

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Tipo di suolo C

Appendice

Tipo di suolo NTC 2018

- **A – 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 di 3 metri.
- **B – 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.
- **C - Deposit** di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, 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.
- **D - Deposit** di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
- **E – Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelli definite per le categorie C o D**, con profondità del substrato non superiore a 30 metri.