

PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE

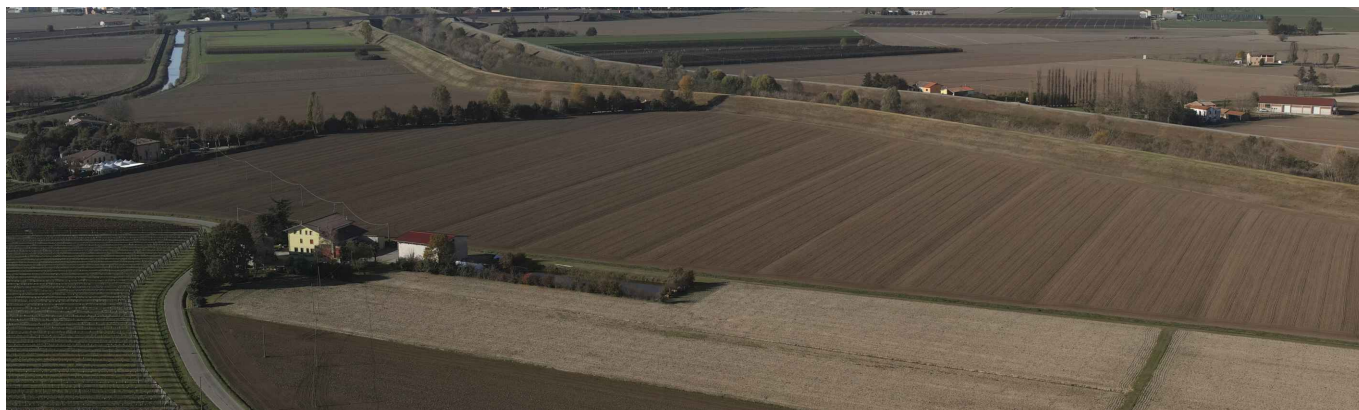
"Energia del Panaro"

da 83,2 MWp - Finale Emilia (MO)

GR02

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA



Proponente

ENGIE FINALE EMILIA S.r.l.

Via Chiese, 72, 20126 Milano MI



Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione

Coordinamento alla progettazione: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiase,
Dott. Francesco Semmola, Arch. Alessandro Visalli,
Arch. Riccardo Festa

Progettisti: Arch. Paola Ferraioli, Arch. Anna Manzo

Collaboratori: Dott. Carmine Perna, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
Dott. Agr. Vincenzo Meola



AEDES GROUP
ENGINEERING

Progettazione elettrica e civile

Progettisti: Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

Collaboratori: Ing. Giuseppe Fava, Ing. Filippo Angarano,
Ing. Karim Ait Hamd, Ing. Marco Balzano,
Ing. Simone Bonacini, Ing. Marcello Centracchio



MARE
RINNOVABILI

Progettazione mandorleto superintensivo

Progettisti: Dott. Agr. Fabrizio Cembalo Sambiase, Dott. Agr. Giuseppe Maria Massa,
Dott. Agr. Francesco Palombo

Consulenza geologica

Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologica

GeA Archeologia Preventiva

Consulenza agronomica

iGreen System, Imola



02 • 2026

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna	A4	Carmine Perna	Gaetano Ciccarelli	Fabrizio Cembalo Sambiase
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

SOMMARIO

1	Premessa	3
2	Inquadramento geografico	4
2.1	Coerenza dello studio con le norme vigenti.....	6
2.2	Documenti di riferimento	7
2.3	Normativa di riferimento	8
3	Assetto fisico e geologico	10
3.1	Quadro tettonico generale	11
3.2	Quadro geologico di riferimento.....	15
3.2.1	Subsintema di Ravenna (AES ₈) e unità di Modena (AES _{8a}).....	17
3.3	Assetto geomorfologico locale.....	19
3.4	Inquadramento idrogeologico locale.....	23
4	Indagini di riferimento	30
4.1	Indagini di riferimento porzione ovest impianto.....	31
4.1.1	Prove penetrometriche dinamiche DPSH	32
4.1.2	Indagine MASW	59
4.2	Indagini di riferimento porzione est impianto.....	72
4.2.1	Prova CPT	72
4.2.2	Indagine MASW	78
5	Analisi dei dati delle indagini: modellazione geolitologica media.....	80
5.1	Modello geolitologico-stratigrafico preliminare del sottosuolo.....	81
6	Conclusioni	84
7	Limitazioni.....	86

8	Bibliografia	88
---	--------------------	----

1 Premessa

La presente relazione geotecnica espone le risultanze degli studi geologici e geologico-tecnici a supporto del progetto definitivo dell'impianto agrivoltaico denominato "Energia del Panaro" da 83.2 MWp nel tenimento comunale di Finale Emilia (MO).

Lo studio, in ossequio alle vigenti norme, definisce le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche della zona interessata dai lavori.

I temi affrontati dallo studio alla scala locale sono stati inquadrati nel contesto generale del territorio prendendo come riferimento la bibliografia relativa alle note illustrative della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, ovvero, del foglio n. 75 Mirandola e del Foglio n. 184 Mirandola della Carta Geologica d'Italia del Progetto CARG in scala 1:50.000 allo stato attuale in corso di realizzazione.

In conformità con la norma NF P94-500 (versione novembre 2013) e la DFG-189.12.21-SON-075 B del 01/12/2021, il modello geologico-tecnico del presente studio determina la natura e le proprietà geotecniche dei terreni per identificare eventuali rischi del sedime delle fondazioni dei pannelli solari.

Lo studio è stato sviluppato secondo il seguente programma:

- Indagine bibliografica e documentaristica per l'inquadramento geografico e territoriale dell'area in esame;
- Studio ed analisi della cartografia e bibliografia geologica per la definizione delle caratteristiche geologiche tecniche e stratigrafiche;
- Analisi geomorfologia condotta su supporti cartografici disponibili;
- Studio della circolazione idrica superficiale e del sottosuolo;
- Analisi delle carte inventario dei fenomeni franosi;
- Analisi dei dati delle indagini di riferimento e modellazione geotecnica del sottosuolo;
- Modellazione geotecnica e sismica del sito.

2 Inquadramento geografico

L'impianto agrivoltaico "Energia del Panaro" oggetto di studio, è dislocato in n°3 porzioni situate rispettivamente, a sud-ovest del centro abitato di Finale Emilia nei pressi del Polo Industriale, a nord-est del centro abitato alla località Le Casette ed infine a nord-ovest rispetto al centro abitato nei pressi della Stazione Elettrica "Terna".

La porzione relativa al Polo Industriale si trova alle seguenti coordinate:

- Latitudine: 44°49'15.66"N;
- Longitudine: 11°15'38.24"E.

Le coordinate della porzione di impianto in località Le Casette sono le seguenti:

- Latitudine: 44°50'38.76"N;
- Longitudine: 11°20'2.94"E.

Le coordinate della porzione di impianto in prossimità della Stazione Elettrica "Terna" sono le seguenti:

- Latitudine: 44°51'23.94"N;
- Longitudine: 11°14'35.95"E.

Il sito di studio è inserito in un contesto agricolo e principalmente pianeggiante, infatti, da un punto di vista Geomorfologico rientra nell'ambito del grande bacino alluvionale del Po, nota anche come "Pianura Padana", schiacciata tra le alpi a nord e l'appennino a sud-ovest. Nel territorio Comunale di Finale Emilia si ha già la presenza, infatti, di diversi impianti fotovoltaici sia già realizzati che in fase di progettazione, vista la conformazione adatta del territorio.

Dal punto di vista geografico il territorio comunale di Finale Emilia presenta una altitudine media di 15 m s.l.m. difatti, le aree afferenti all'impianto di progetto presentano un'altitudine massima di 16 m s.l.m. ed un'altitudine minima di 10 m. s.l.m..

Nel dettaglio l'area di studio, osservabile nelle figure seguenti, presenta una quota media di circa 14 metri s.l.m.



5

Figura 1 - Inquadramento geografico generale dell'area in esame, Google Satellite



Figura 2 - Google Satellite – Vista stato di fatto del sito



Figura 3 - Google Satellite – Vista del sito con l'ipotesi di progetto

2.1 Coerenza dello studio con le norme vigenti

Gli studi sono stati condotti nel rispetto delle indicazioni contenute nell'art. 41 del D.P.R. 328/01, nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni” NTC 2018 approvate con il decreto MIT del 17.01.2018, pubblicate sulla Serie Generale n. 42 del 20.02.2018 in vigore dal 22.03.2018, e nel Regolamento Regionale n. 26 del 26.10.2020 (“Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico.

Con riferimento al § C 10.1 della Circ. Min. Infr. 7 del 21.01.2019 (S.O. n. 5 G.U. n. 35 dell'11.02.2019) recante “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17 gennaio 2018”, la presente contiene la “relazione geologica sulle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito” (§ 6.2.1 delle NTC e § C 6.2.1 della Circolare) e la “relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione” (§ 3.2 delle NTC e § C 3.2 della Circolare) e si pone a compendio della documentazione per l'ottenimento dell'autorizzazione sismica in conformità a quanto previsto dagli articoli 93 e 94 del D.P.R. 380/2001.

In base alla classificazione sismica del Comune di Finale Emilia (Zona 3 ai sensi della D.G.R. Emilia-Romagna n. 1164/2018) e alla tipologia di progetto, la Classe d'Uso è pari a IV ai sensi del § 2.4.2 delle NTC2018, sì che si definisce l'opera come rilevante (art. 4 c.2, lett. b, Tab. A, e art. 7, RR2020) e in una zona sismica con pericolosità bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

Si ritiene, pertanto, adeguato la tipologia ed il numero di indagini di riferimento e quindi anche lo studio geologico del sito e la modellazione sismica, in relazione alla stessa complessità geologica, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale. Giudichi il progettista delle strutture, responsabile secondo la vigente normativa in merito, se il suddetto programma di indagini risulta essere adeguato e sufficiente anche per le modellazioni geotecniche, in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto e alle caratteristiche del sottosuolo indagate in questa relazione. Lo scrivente sarà prontamente disponibile a curare eventuali integrazioni della campagna di indagini geotecniche, qualora il progettista lo ritenesse opportuno.

2.2 Documenti di riferimento

Per lo studio geologico-tecnico sono stati utilizzati i dati contenuti nei documenti di seguito elencati.

In ottemperanza alle NTC2018 e per la tipologia di opere da realizzare, le indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche di riferimento utilizzate nell'ambito del presente studio sono riportate nei documenti sottoelencati.

Nr. Rif.	Titolo documento	Autore	Anno
1	Foglio 75 Mirandola Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000	Servizio Geologico Italia	1955
2	Foglio 184 Mirandola Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000	Progetto CARG	2024
3	Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po	Autorità di Bacino distrettuale	2024
4	Elaborati PRG Comune di Finale Emilia	Comune di Finale Emilia – autori vari	Vari
5	Relazione geologica “Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco agrifotovoltaico “Valletta”	Dott. Geologo Eugenio Martire	2024

Tabella 1 – Documenti di riferimento

I documenti prodotti nell'ambito del presente lavoro sono:

Sigla	Titolo documento	Elaborazione	Anno
G_R01	Relazione geologica	Carmine Perna	2025
G_R02	Relazione geotecnica	Carmine Perna	2025
G_R03	Relazione sismica	Carmine Perna	2025
G_R04	Relazione metodologica idrogeologica e di invarianza idraulica	Claudio Grillo	2025
G_01	Inquadramento geologico area di progetto e tracciato elettrodotto	Carmine Perna	2025
G_02	Inquadramento geomorfologico area di progetto e tracciato elettrodotto	Carmine Perna	2025
G_03	Inquadramento area di progetto e tracciato elettrodotto su PAI	Carmine Perna	2025
G_04	Inquadramento area di progetto e tracciato elettrodotto su PGRA - RP	Carmine Perna	2025
G_05	Inquadramento area di progetto e tracciato elettrodotto su PGRA - RSP	Carmine Perna	2025
G_06	Inquadramento area di progetto e tracciato elettrodotto su PTA	Carmine Perna	2025

Tabella 2 – Elaborati prodotti

2.3 Normativa di riferimento

Il quadro normativo di riferimento a cui risponde lo studio eseguito è così costituito:

- 81-2012-IEEE (Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System).
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1: General rules.
- EN 1997 - Eurocode 7: Geotechnical design. Part 2: Ground investigation and testing.
- EN 1997 - Eurocode 7: Part 3: Design assisted by field testing.
- Legge 02 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione.

- Ord.P.C.M. del 20 marzo 2003 n. 3274. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. e documenti correlati.
- D.M. 14 gennaio 2008 Ministero delle Infrastrutture e Trasporti - Norme Tecniche per le Costruzioni
- DPR 6 giugno 2001, n.380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A)
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Circolare 11 dicembre 2009. Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Circolare 5 agosto 2009 - Ulteriori considerazioni esplicative
- D.G.R. Lazio n.545 del 26 Novembre 2010. Linee guida per l'utilizzo degli indirizzi e criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio e s.m.
- D.G.R. del 5 luglio 2016 n.375. Snellimento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico
- "Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)" aggiornate ai sensi del DPCM del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti DEL 17 gennaio 2018 e successive modifiche;
- L.R. n.12 del 18/12/2018 "Disposizioni in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico. Ulteriori disposizioni per la semplificazione e l'accelerazione degli interventi di ricostruzione delle aree colpite dagli eventi sismici del 2016 e successivi".
- DGR del 23/07/2019, n. 493 recante "Modifica deliberazione di Giunta regionale 22 maggio 2009 n. 387 concernente "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03", come modificata dalla deliberazione di Giunta regionale 17 ottobre 2012, n. 489."
- Regolamento regionale 26 Ottobre 2020 n. 26 - BUR 27 ottobre 2020, n. 129 - Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle

funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n.14 e successive modifiche.

3 Assetto fisico e geologico

Da un punto di vista geologico il territorio di studio e nella fattispecie l'area di nostro interesse ricade nel comune di Finale Emilia che si colloca nella bassa pianura modenese, in sinistra e destra idrografica del Fiume Panaro; costituisce l'estrema parte nord-orientale della provincia di Modena. Tutte le strutture ricadono completamente ed esclusivamente nel comune di Finale Emilia, ed in particolare una porzione dell'impianto è situata in località Polo Industriale (ad ovest), una in prossimità della stazione elettrica "Terna" e lo zuccherificio (nord ovest) e l'altra in località Le Casette (ad est). Le aree si collocano in territori agricoli in cui sono presenti edifici e nuclei rurali sparsi, alcuni dei quali disabitati, e dove le attività produttive più diffuse sono quella agricola e l'allevamento ittico. Dal punto di vista infrastrutturale la viabilità prossima alle aree in esame è principalmente di tipo comunale, con la presenza di una intrecciata rete di strade bianche e carraie che delimitano i vari appezzamenti di terreno, la viabilità che attraversa le aree interne è per la maggior parte dei casi non adeguata a sostenere il traffico di mezzi pesanti, sia in termini di dimensioni che di fondo stradale.

L'evoluzione geologica del territorio di Finale Emilia va necessariamente inquadrata in un contesto regionale; essa ricade nella parte centro-meridionale della Pianura Padana, che costituisce dal punto di vista geologico, un grande bacino subsidente plio-quadernario di tipo sedimentario, che comincia a delinearsi sin dall'inizio del Triassico (225 milioni di anni fa) e viene interessato da subsidenza differenziata sia nel tempo che nello spazio, in diversi periodi (Mesozoico, Cenozoico, ma soprattutto Pliocene e Quaternario), con movimenti verticali controllati dai caratteri strutturali presenti in profondità.

La formazione della piana alluvionale, che oggi costituisce la Pianura Padana, si considera relativamente recente; infatti, fino a circa 1 milione di anni fa l'area era completamente occupata dal mare e, in particolare, costituiva la propaggine occidentale del Mar Adriatico. L'alternanza di cicli deposizionali trasgressivo/regressivi e il recente, graduale ritiro del mare dovuto alla progradazione

dei sistemi deltizi, condizionato dalle oscillazioni eustatiche, ha fatto sì che, alla fine del Pleistocene superiore, l'Adriatico venisse ad occupare la sua posizione attuale. La piana, lasciata libera dal mare, è stata colmata da depositi continentali che hanno ricoperto i depositi marini prevalentemente pliocenici responsabili del mascheramento delle strutture profonde che sono note solo grazie alle tecniche di ricerca di idrocarburi (Agip Mineraria, 1959; Pieri e Groppi, 1981; Mattavelli e Altri, 1983; Dondi, 1985; Cassano e Altri, 1986; Dondi e D'Andrea, 1987). Geologicamente la Pianura Padana è un bacino sedimentario terziario posto sulla terminazione settentrionale del blocco adriatico-pugliese, compreso tra le strutture sud-vergenti delle "Alpi Meridionali" e le strutture appenniniche nord-vergenti e, per questo, sottoposto alla compressione esercitata da entrambe le opposte catene. Il limite orografico delle due catene montuose corrisponde ai margini della Pianura Padana, ma il limite strutturale di tali catene si trova ben al di sotto dei sedimenti continentali di questa. Dal punto di vista strutturale la Pianura Padana non costituisce una unità omogenea: fanno infatti parte del suo sottosuolo le pieghe più esterne dell'Appennino settentrionale e delle Alpi meridionali lombarde, l'avampaese comune alle due catene e, nel Veneto, l'avampaese delle Alpi meridionali orientali e della catena dinarica; su questi elementi è impostata l'avanfossa pliocenico-quadernaria dell'Appennino.

3.1 *Quadro tettonico generale*

Come evidente dalla figura 4 si ha la presenza di un ampio bacino, fortemente subsidente ed attivo sin dal Plio-Pleistocene, che si estende tra Carpi e Cento di Ferrara, denominato "Bacino di Carpi" o meglio noto come "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia, collocata tra due grandi archi di pieghe, che costituiscono la porzione più esterna dell'Appennino settentrionale, rappresentati dalle "Zona delle pieghe pedeappenniniche", a sud, più prossime alla catena appenninica, e dalla "Dorsale di Ferrara", a nord; quest'ultima è caratterizzata da un'ampia struttura anticlinale molto evidente ed elevata, che corre da Massa Finalese a Mirandola, con direzione complessiva E/SE-N/NW e che, in corrispondenza di Novi di Modena e Correggio, subisce una decisa inflessione verso sud, con andamento SE-NW. Lungo tali allineamenti, lo spessore dei depositi quaternari subisce una notevole riduzione, sino a poche decine di metri (80/90 m).

ELEMENTI TETTONICI



Legenda: a) nucleo carbonatico, mesozoico sepolto; b) minimo dell'anomalia gravimetrica; c) accavallamento principale; d) faglia verticale; e) faglia diretta; f) faglia diretta trasversale al margine appenninico; g) limite tra rilievo e pianura; h) faglia di "Verona".

Figura 4 – Carta degli elementi tettonici dell'area Padana centro-orientale

In termini generali ed in modo schematico possiamo individuare tre zone principali:

- "Zona delle pieghe pedeappenniniche": dal margine collinare alla Via Emilia, costituita da una successione di sinclinali ed anticlinali, con asse a vergenza appenninica, spesso fagliate e sovrascorse sul fianco Nord;
- "Zona della Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia": dove i depositi quaternari raggiungono il loro massimo spessore per tutta la pianura Padana;
- "Zona della Dorsale Ferrarese": alto strutturale costituito da una serie di pieghe associate a faglie dove, in talune culminazioni, lo spessore del Quaternario si riduce a poche decine di metri.

Questo andamento ad archi di pieghe del fronte sepolto dell'Appennino, di messa in posto sempre più recente man mano si procede verso le aree più esterne, è da correlarsi con il movimento di rotazione della catena in senso antiorario, che genera raccorciamenti crostali di crescente intensità spostandosi dai settori occidentali a quelli orientali. Nel sottosuolo dell'area di Finale Emilia–S.Felice sul Panaro si rinviene l'ala settentrionale dell'anticlinale Ferrarese, che poco a ovest raggiunge una delle massime culminazioni assiali con quote del tetto del quaternario marino a -100/-200 m dal piano campagna.

I movimenti tettonici che hanno interessato la regione delle Pieghe Pedeappenniniche risultano essersi verificati anche in tempi recenti, denunciando un'attività neotettonica confermata anche dalle migrazioni verso ovest dei fiumi che hanno attraversato l'area. Il territorio in esame è inoltre attraversato da un sovrascorrimento esteso secondo l'allineamento Novi-Mirandola-Bondeno, interessato da ulteriori dislocazioni che talvolta si ripercuotono nei sedimenti alluvionali che li ricoprono, generando, probabilmente, la risalita delle acque salate, testimoniata dalla presenza della base delle acque dolci anche a circa 40/80 m dal p.c. Al di sopra di queste strutture che caratterizzano l'assetto tettonico della base pliocenica, si succedono i depositi alluvionali del Po e dei suoi affluenti che hanno colmato il Golfo Padano. Per un quadro approfondito della tettonica padana e della genesi delle strutture arcuate al fronte delle pieghe, oltre alle pubblicazioni citate in precedenza, si rimanda al lavoro di Castellarin et alii (1985).

Da un punto di vista stratigrafico, la sedimentazione terziaria e quaternaria in quest'area della pianura è stata essenzialmente detritica, si sono cioè deposte serie clastiche di considerevole spessore e solo nel Messiniano si riscontra un episodio evaporitico; si possono riconoscere essenzialmente due cicli di sedimentazione, distinguendo una zona marginale, in cui ad una deposizione clastica grossolana succedono sedimenti prevalentemente argillosi ed una zona centrale, in cui prosegue una sedimentazione torbiditica indisturbata. La deposizione sedimentaria presenta inoltre frequenti variazioni di facies, sia laterali che verticali, come risultato delle particolari condizioni strutturali venutesi a creare in vari settori della pianura in seguito all'evoluzione tettonica. Alla deposizione della facies evaporitica miocenica superiore, corrisponde una fase di marcata regressione e ad essa si accompagna probabilmente una fase tettonica di notevole intensità. Il piegamento pedeappenninico e l'abbassamento del livello del mare, portano all'emersione delle culminazioni delle principali anticlinali, tra le quali la Dorsale Ferrarese, ove s'instaurano rilevanti processi erosivi che provocano la scomparsa di spessori anche notevoli di sedimenti.

Nel tardo Messiniano e nel Pliocene inferiore si manifesta un graduale innalzamento del livello delle acque del bacino, che porta al ristabilimento graduale delle condizioni che regnavano in precedenza; come conseguenza si ha la deposizione di successioni trasgressive su aree precedentemente emerse, mentre nelle zone sinclinaliche continuano a deporsi sedimenti torbiditici. Al termine del Pliocene

inferiore un'accentuata attività tettonica porta ad un nuovo piegamento e sollevamento dell'area e quindi all'accentuarsi di alcune strutture preesistenti; nelle aree altimetricamente più elevate, tra cui Camurana ed altri tratti della Dorsale Ferrarese, s'instaurano sensibili fenomeni erosivi. Con il Pliocene medio inizia una nuova ingressione marina di limitata entità, che comporta la deposizione, nelle aree sinclinaliche, di depositi torbiditici grossolani.

Il Quaternario segna un abbassamento regionale all'interno del bacino padano, accentuandosi ulteriormente la subsidenza differenziale delle diverse strutture; la potenza dei sedimenti del Quaternario varia da oltre 1000 m nelle aree meridionali a meno di 200 m o completa assenza, in quelle settentrionali. La diversità di spessore è imputabile alla marcata differenza di subsidenza cui l'area in oggetto è stata sottoposta durante il Quaternario. Il Quaternario si chiude poi con una decisa regressione del dominio marino, con il passaggio da una sedimentazione di tipo marino, che caratterizza il Pliocene e parte del Pleistocene, ad una di tipo continentale, con il colmamento del golfo padano, che si trasforma progressivamente in pianura alluvionale attraverso l'accumulo di sedimenti fluviali e fluvio-glaciali, derivanti dal rapido smantellamento e modellamento delle catene montuose circostanti.

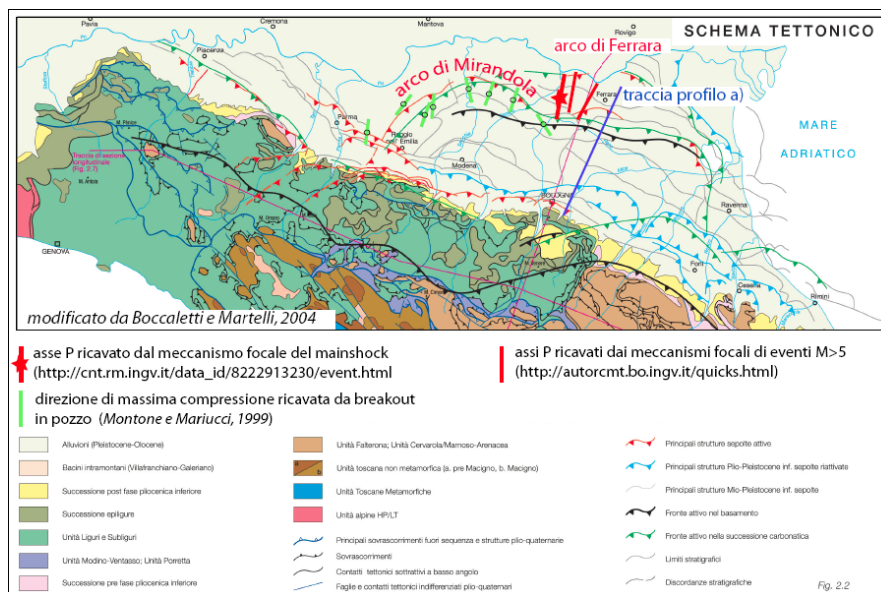


Figura 5 - INGV – I terremoti della Pianura Padana del 2012. Schema tettonico modificato da Boccaletti e Martelli, 2004

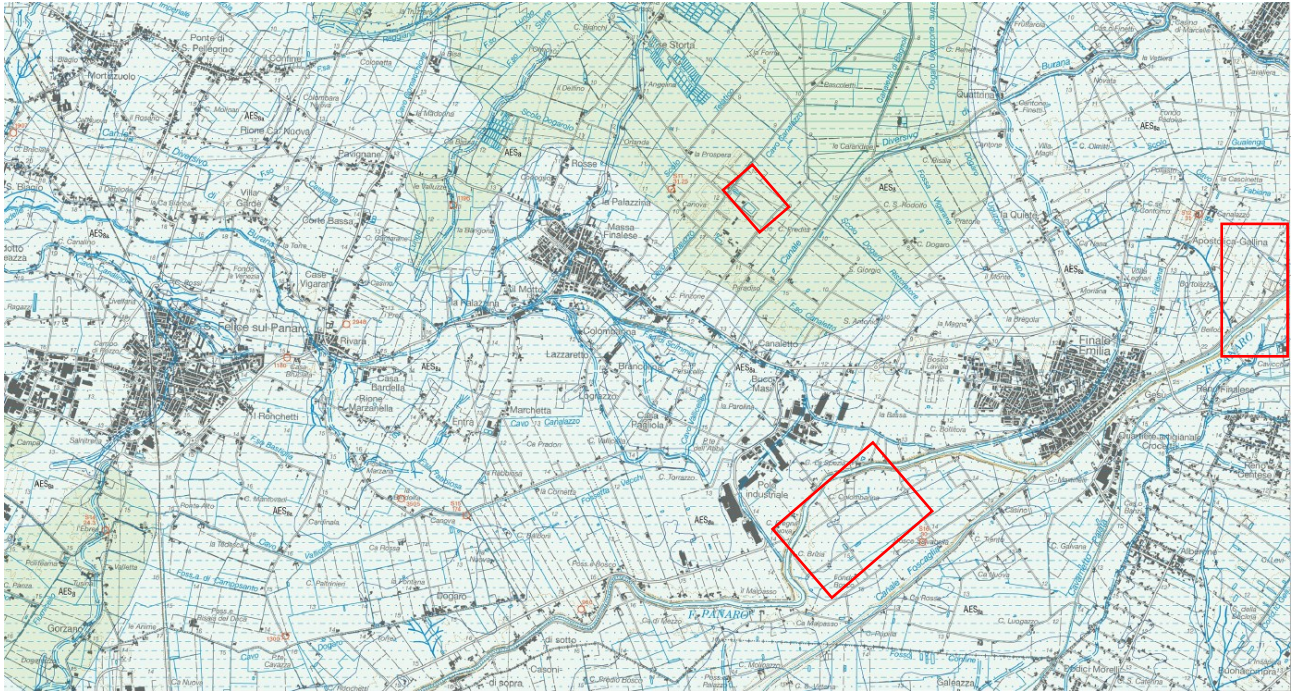
Focalizzando l'attenzione sulla zona in esame, si osserva che il territorio di Finale Emilia ricade nella zona delle "pieghe ferraresi". Lo spessore della successione plio-quadernaria, cioè dei sedimenti che si sono depositati negli ultimi 5 milioni di anni (dalla base del Pliocene ad oggi) risulta abbastanza variabile: da oltre 3.000 m nella zona più meridionale esso si riduce, alla cerniera della piega-faglia ferrarese, fino a meno di 1.000 m (porzione centrale e settentrionale del territorio comunale). Il riempimento della Pianura Padana ad opera dello smantellamento della catena alpina ed appenninica ha portato quindi all'accumulo di depositi dapprima marini e successivamente continentali di piana alluvionale in un bacino sedimentario che ha subito una notevole azione di subsidenza. Come già detto modalità e tempi di deposizione dei materiali sono stati controllati principalmente dalla tettonica e, dal Pliocene medio-superiore ad oggi, dall'evoluzione delle pieghe-faglie descritte in precedenza e schematizzate nelle figure riportate, segnalata anche in epoca storica dal graduale "sfuggire" della rete idrografica superficiale alla "dorsale ferrarese". I movimenti tettonici, soprattutto quelli ad andamento verticale, sono quindi uno dei principali fattori di controllo dello sviluppo paleogeografico dell'area padana, influenzando direttamente morfologia e geometria dei corsi d'acqua, anche se non vanno dimenticati altri fattori determinanti dovuti alle oscillazioni climatiche, quali le variazioni del livello marino e del regime dei corsi d'acqua.

3.2 Quadro geologico di riferimento

Per quanto riguarda il territorio comunale di Finale Emilia, ed in particolare la porzione in cui ricadono le opere, ci troviamo in un settore deposizionale caratterizzato dai depositi alluvionali del Fiume Po, presenti in massima parte nelle aree più a nord, e dei corsi d'acqua minori di tipo appenninico, ed in particolare del Fiume Panaro.

Si tratta di depositi di origine continentale a granulometria solitamente medio-fine, con prevalenza di litologie generalmente limose, per quanto riguarda i depositi del fiume Po, caratterizzati da uno spessore via via decrescente procedendo verso sud, e di depositi limosi e argillosi, con presenza di materiali organici parzialmente decomposti, tipici di un'area interfluviale e di palude; sono presenti intercalazioni di livelli e lenti sabbiose discontinue, per quanto riguarda le alluvioni del fiume Panaro.

Per la definizione delle unità geologiche presenti nell'area di studio si è fatto riferimento alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia), F. 184 Mirandola [Data set]. <http://doi.org/10.15161/oar.it/211806> di cui lo stralcio in seguito.



SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

Comprende depositi di ambiente alluvionale, deltizio-litorale e marino marginale organizzati in cicli trasgressivo-regressivi (subsistemi) di natura glacio-eustatica, con periodo di circa 100.000 anni. Nell'area del Foglio è costituito interamente da depositi continentali ed è separato dal sottostante *sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore* da una superficie di discontinuità che marca una brusca variazione composizionale riconducibile ad una fase di riorganizzazione del reticolo idrografico padano. Il limite superiore coincide col piano topografico. Lo spessore aumenta progressivamente verso nord, da circa 80 m in corrispondenza dell'alto di Mirandola fino a circa 200 metri nel settore depocentrale.

PLEISTOCENE MEDIO p.p. - ATTUALE (post-400 ka), MIS 11-MIS 1

subsistema di Ravenna

Comprende depositi di ambiente alluvionale, deltizio-litorale e marino marginale organizzati in un ciclo trasgressivo-regressivo riconducibile all'innalzamento eustatico post-glaciale e alla successiva fase, ancora in corso, di stazionamento alto del mare. Nell'area del Foglio è composto unicamente da depositi alluvionali riferibili a sistemi di canale-argine-rotta fluviale, ad alta (canali meandriciformi) o bassa-media sinuosità e ad ambienti di piana inondabile e palude. Il limite basale è un paleosuolo correlabile su scala regionale, che definisce il limite Pleistocene-Olocene, o il brusco contatto tra depositi fluviali pleistocenici di *channel belt* e sedimenti olocenici di piana inondabile poco drenata o palude. Il limite superiore coincide col piano topografico ed è caratterizzato da suoli a basso grado di alterazione, parzialmente decarbonatati, con locale affioramento di resti archeologici dell'Età del Bronzo, del Ferro e Romana. Nelle aree in cui affiorano depositi di età post-Romana, la parte superiore del subsistema coincide con l'unità di Modena. Lo spessore varia tra circa 10 e 20 m.

OLOCENE - ATTUALE



unità di Modena

Comprende depositi di ambiente alluvionale di età post-Romana, in gran parte riferibili ad una fase di riorganizzazione del reticolo idrografico avvenuta in Età Medievale. Nell'area del Foglio è composta alla base principalmente da depositi di palude, sormontati da depositi di canale-argine-rotta fluviale che passano lateralmente a depositi di piana inondabile. Il limite inferiore è costituito da un paleosuolo a basso grado di alterazione, parzialmente decarbonatato, caratterizzato dalla presenza di resti archeologici di Età Romana, e localmente da un orizzonte di torba ad esso correlabile. Il limite superiore coincide con la superficie topografica ed è caratterizzato da suoli calcarei a bassissimo grado di alterazione. Spessore massimo di 8 m.

OLOCENE (MEGHALAYANO) - ATTUALE



Figura 6 - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia), F. 184 Mirandola [Data set].

<http://doi.org/10.15161/oar.it/211806>

Facendo riferimento alle Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 184 Mirandola a cura di A. Amorosi e L. Bruno si riporta in seguito la descrizione dell'Unità di Modena e del Sintema di Ravenna che costituiscono rispettivamente l'unità superficiale ed il sottosuolo dell'area di studio in tutte e tre le porzioni separate dell'impianto.

3.2.1 Subsintema di Ravenna (AES₈) e unità di Modena (AES_{8a})

Il subsintema di Ravenna e l'unità di Modena costituiscono l'elemento sommitale del sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) e comprende la totalità dei depositi affioranti nell'area del Foglio.

Il subsintema di Ravenna è stato istituito nel sottosuolo della piana costiera adriatica, dove comprende depositi di ambiente alluvionale, deltizio-litorale e marino marginale organizzati in un ciclo trasgressivo-regressivo riconducibile all'innalzamento eustatico post-glaciale e alla successiva fase, ancora in corso, di stazionamento alto del mare. Dal punto di vista stratigrafico-sequenziale, AES₈ si compone di un sistema trasgressivo (TST) e del sovrastante sistema di stazionamento alto del mare (HST). La base dell'unità è delineata da un paleosuolo relativamente poco evoluto (Inceptisuolo), correlabile dalla Laguna di Venezia (dove assume il nome locale di "Caranto") alla piana costiera romagnola (Bruno et alii, 2022).

A differenza dell'area tipo, in cui il limite basale di AES₈ è associato ad un netto contrasto di facies sedimentarie tra depositi alluvionali di età pleistocenica (parte sommitale di AES₇) e i sovrastanti depositi olocenici di ambiente paralico e marino-marginale, nell'area del Foglio 184 la base di AES₈ è localizzata all'interno di depositi interamente continentali (in alcuni casi senza un cambiamento litologico apprezzabile al di sotto e al di sopra di tale limite) ed è per questo meno facilmente identificabile che nelle aree di piana costiera.

In gran parte dell'area del Foglio, il marker stratigrafico su cui si basa il riconoscimento di AES₈ è il paleosuolo che comprende il limite Pleistocene-Olocene. Questo orizzonte sovraconsolidato, localmente correlato a corpi sabbiosi di canale fluviale di estensione limitata, può essere tracciato nel sottosuolo anche avvalendosi dell'interpretazione di prove penetrometriche. Dove la parte sommitale di AES₇ è contraddistinta dalla presenza di spessi corpi sabbiosi di canale fluviale riferibili all'Ultimo

Massimo Glaciale (LGM), la base di AES8 è delineata dal significativo contrasto litologico con i sovrastanti depositi prevalentemente argilloso-limosi.

La mappatura del paleosuolo alla base di AES8 fornisce informazioni di notevole importanza, se incrociate con le caratteristiche geologiche profonde dell'area. Come già sottolineato per le unità stratigrafiche più antiche di AES8, anche il limite Pleistocene-Olocene mostra una notevole variazione di quota in coincidenza dell'Anticlinale di Mirandola, dove il paleosuolo si presenta rilevato rispetto alle zone circostanti di quasi 10 m, a suggerire una probabile relazione con l'attività tettonica nell'area.

Dal punto di vista stratigrafico, AES8 presenta uno spessore variabile tra circa 10 e 20 m. Verso nord, la parte inferiore dell'unità si contraddistingue per la presenza di un orizzonte di argille organiche e torbe di ambiente palustre, di colore grigio e localmente nerastro, spesso 2-4 m, caratterizzato da una elevata persistenza laterale. Questo corpo sedimentario tende a chiudersi a cuneo in direzione dell'Anticlinale di Mirandola. Superiormente, AES8 è dominato da facies di piana inondabile con subordinati corpi sabbiosi nastriformi di origine fluviale. I corpi di canale fluviale, di scarsa estensione laterale, testimoniano ripetute avulsioni e attivazione/disattivazione di rami del Po, in un contesto a cavallo tra la pianura alluvionale e la piana deltizia superiore.

L'ultima fase di riorganizzazione del reticolo idrografico, datata al Medioevo, ha permesso di distinguere l'unità informale AES8a (unità di Modena). Questa unità è stata riconosciuta in tutti i Fogli di pianura della Regione Emilia-Romagna, a dimostrazione del carattere regionale dell'evento che ha portato alla sua deposizione. Nell'area del Foglio, l'unità di Modena affiora nei settori occidentale e sud-orientale ed è spesso associata a dossi fluviali, raggiungendo uno spessore massimo di 8 m. È costituita alla base da depositi palustri di spessore inferiore a 3 m, datati a 1100-1200 anni fa nel settore occidentale e a 600-700 anni fa in quello sudoccidentale. La parte alta dell'unità è costituita da depositi di canale fluviale di scarsa estensione laterale (alcune decine di metri) e spessore < 7 m, localmente organizzati in un pattern marcatamente distributivo, che passano lateralmente a depositi di argine e rotta fluviale e di piana inondabile. Il limite inferiore è costituito da un paleosuolo a basso grado di alterazione, parzialmente decarbonatato, caratterizzato dalla presenza di resti

archeologici di Età Romana, e localmente da un orizzonte di torba ad esso correlabile. Il limite superiore, affiorante, è caratterizzato da suoli a bassissimo grado di alterazione, calcarei.

Età: Olocene.

3.3 *Assetto geomorfologico locale*

Da un punto di vista morfologico l'area di sedime del parco fotovoltaico presenta un andamento quasi pianeggiante riscontrando una lieve pendenza, con quote medie di 12-14 m s.l.m.; difatti, le condizioni topografiche del sito d'interesse, posto ad una quota di circa 11.0 ÷ 15.0 m s.l.m., rientrano nella categoria T1 (superficie pianeggiante).

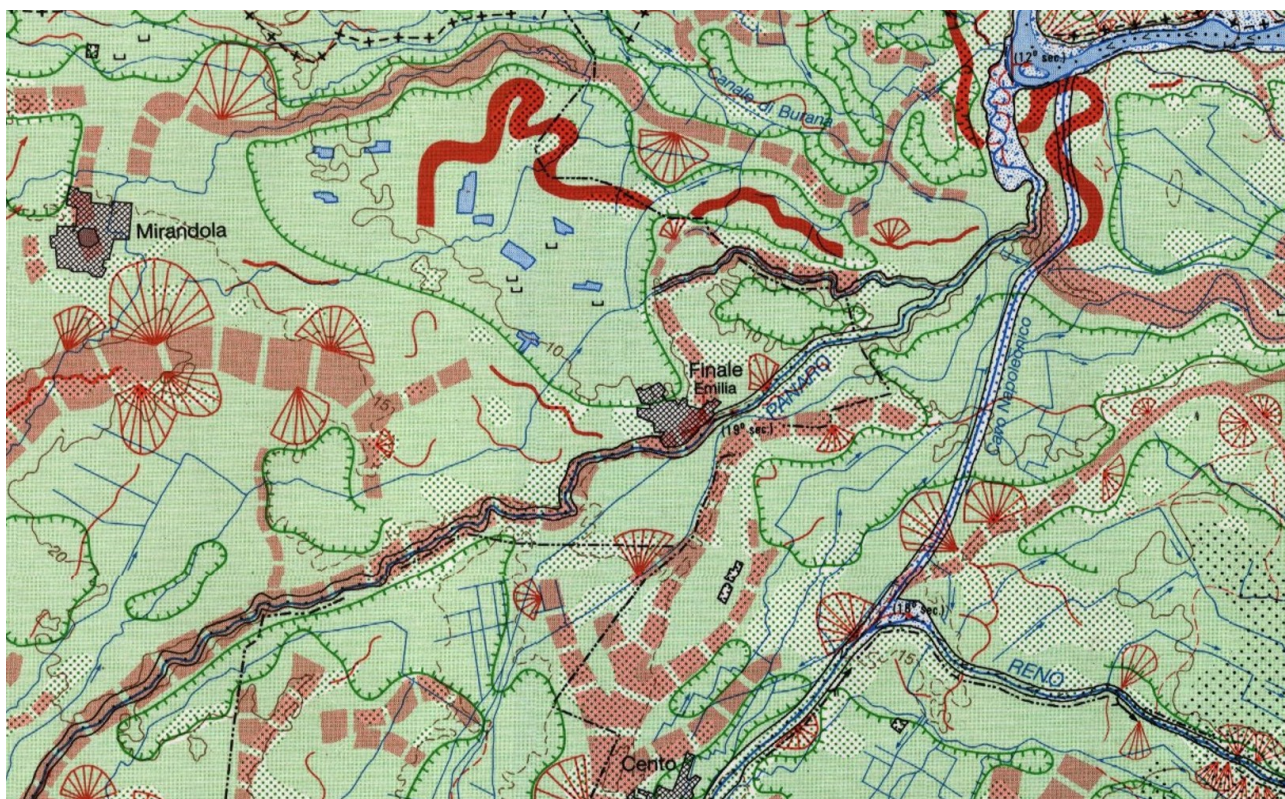
In questo settore della pianura l'azione morfogenetica dominante è imputabile all'evoluzione del reticolo idrografico superficiale da mettersi poi in relazione agli interventi di bonifica; attualmente l'evoluzione geomorfologica è legata all'attività antropica che ha inibito l'azione morfogenetica fluviale con attività agricola, costruzione di arginature di contenimento delle piene, modellamento delle sponde, interventi edilizi e infrastrutturali (Figura 7).



Figura 7 – Foto dell'area di studio, rilievo del 22/01/2025

Il territorio di Finale Emilia è caratterizzato dalla presenza di paleoalvei morfologicamente emergenti sull'intorno di aree vallive riscattate dalla bonifica attribuibili al Fiume Panaro di provenienza appenninica. Contrapposte ed intercalate ai dossi di pianura si rinvengono zone morfologicamente più ribassate a forma concava con bassissimi valori di pendenza, costituenti avvallamenti chiusi (valli o catini) a deflusso difficoltoso delle acque superficiali che rappresentano le aree a minor energia deposizionale in cui prevalgono i sedimenti medio-fini; in corrispondenza di queste aree topograficamente ribassate rispetto al terreno circostante si registrano le quote altimetriche più basse di tutta la Pianura Padana.

20



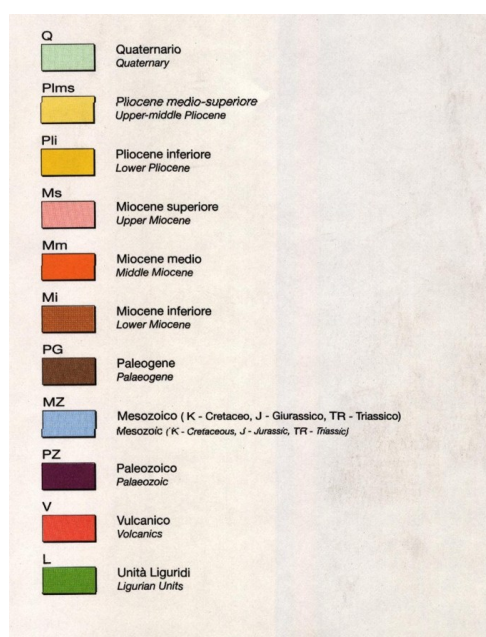


Figura 8 - Stralcio della Carta Geomorfologica della Pianura Padana in scala 1:250.000 con legenda (Castiglioni et al., 1997)

In questo tratto della bassa pianura il Panaro, arginato dall'altezza della Via Emilia fino allo sbocco in Po, si trova in uno stadio di maturità evolutiva dove la fase deposizionale prevale su quella erosiva a causa della bassa capacità di deflusso e dell'esigua capacità di trasporto, situazione confermata dalla presenza di meandri e alvei pensili con argini artificiali.

La diminuzione di pendenza al passaggio tra alta e media pianura ha reso necessaria la realizzazione di opere di difesa di sponda che accompagnano il medio e basso corso dei fiumi principali fino allo sbocco in Po al fine di impedirne l'esondazione; in corrispondenza dell'inizio dei tratti arginati si chiude di conseguenza il vero e proprio bacino di alimentazione dei corsi d'acqua principali (Figura 9).



Figura 9 – Argini del Fiume Panaro nel territorio di Finale Emilia, rilievo del 22/01/2025

La realizzazione di tali opere ha di fatto determinato il blocco dell'evoluzione morfologica nella pianura esterna alle aree golenali del fiume, impedendo al corso d'acqua di modificare il proprio tracciato a seconda dell'assetto plano-altimetrico del territorio circostante oltre che di invadere le aree limitrofe (salvo eventi particolarmente calamitosi); in questo modo la “pensilità” dei corsi d'acqua è aumentata, tanto che attualmente il livello di piena ordinaria supera costantemente la quota delle campagne circostanti lungo gran parte del loro corso di media e bassa pianura.

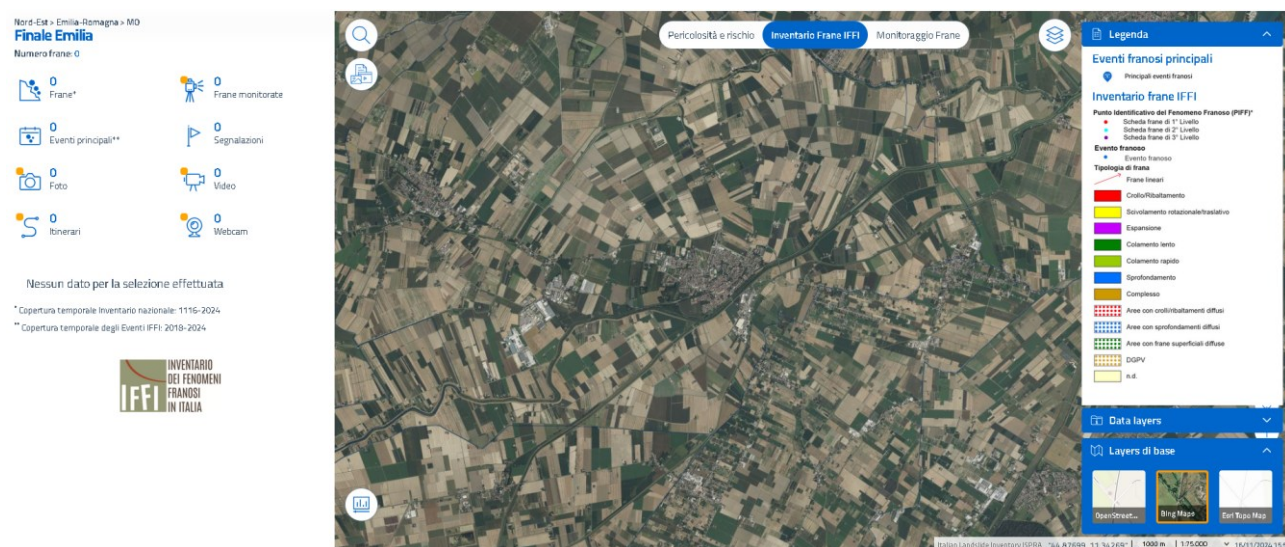


Figura 10 – Stralcio cartografia Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI)

Tutto il territorio comunale, e quindi anche l'area in esame, è praticamente pianeggiante. Tale caratteristica conferisce una totale stabilità geomorfologica, infatti, non si rinvenivano movimenti gravitazionali significativi e non sono segnalate la presenza di frane in atto, antiche o quiescenti.

3.4 Inquadramento idrogeologico locale

La bassa pianura modenese-reggiana e quella dell'Oltrepò mantovano corrispondono al settore assiale della Pianura Padana ed i relativi depositi alluvionali costituiscono l'Unità idrogeologica del Fiume Po; gli acquiferi depositati dal Po e da esso alimentati, in relazione agli spostamenti che ha subito verso Nord, si estendono infatti per alcune decine di chilometri a Sud del suo attuale corso.

Da un punto di vista idrogeologico generale si distinguono tre Unità Idrostratigrafiche di rango superiore denominate Gruppi Acquiferi che affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso Nord al di sotto dei sedimenti depositati dal Fiume Po e dai suoi affluenti, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale); ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale. Tali sistemi sedimentari locali fanno parte del Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola (Biper) formato da tutte le Unità stratigrafiche che costituiscono il sottosuolo della pianura (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

In ciascuno dei gruppi acquiferi principali denominati con le lettere A, B e C, separati da importanti orizzonti a bassa permeabilità, è possibile distinguere singoli complessi acquiferi (A1, A2, A3, ecc.) separati da orizzonti acquitardi; gli scambi idrici tra i tre gruppi sono contenuti, salvo che nella stretta fascia collinare sede delle aree di ricarica.

- Il Gruppo Acquifero A, attualmente sfruttato in modo intensivo, è costituito da ghiaie e conglomerati, sabbie e peliti di terrazzo e conoide alluvionale organizzati in strati lenticolari di spessore estremamente variabile, da alcune decine di centimetri a svariati metri, in genere costituiti da un letto di conglomerati eterometrici ed eterogenei, con matrice sabbiosa, talora disorganizzati, talora embriciati, generalmente poco cementati, e da un tetto sabbioso-limoso. La base degli strati è fortemente erosiva. Sono presenti paleosuoli. La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri. Il contatto con le unità idrogeologiche sottostanti B e C e le unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è frequentemente discordante. L'età di questo Gruppo Acquifero A è Pleistocene medio-Olocene.
- Il Gruppo Acquifero B, sfruttato solo localmente, è costituito da prevalenti argille limose di pianura alluvionale con talora intercalati livelli discontinui di ghiaie e conglomerati eterometrici ed eterogenei e sabbie; sono anche presenti alcuni paleosuoli. La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri. Il contatto sulle unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è frequentemente discordante. I depositi appartenenti a questa unità risalgono al Pleistocene medio.
- Il Gruppo Acquifero C, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è raramente sfruttato ed è formato da depositi di delta-conoide e marino-marginali costituiti da prevalenti sabbie e areniti, generalmente poco cementate o con cementazione disomogenea, ben selezionate con granulometria media e fine, talora grossolana, in genere ben stratificate e con evidente laminazione incrociata. Spesso sono massive e ricche in bioclasti, con frequenti intercalazioni, da sottili a molto spesse, di conglomerati eterogenei ed eterometrici e di peliti. La potenza dell'unità in affioramento raramente è maggiore di cento metri. Il contatto, sulle unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è generalmente netto, di tipo erosivo

ed in discordanza angolare. I depositi appartenenti a questa unità risalgono al Pliocene inferiore - Pleistocene medio.

A fare da Aquitardo Basale alle sovrastanti unità idrogeologiche c'è un insieme di Unità complessivamente impermeabili che, estendendosi nel sottosuolo della pianura ed affiorando sul Margine Appenninico Padano, costituiscono il limite della circolazione idrica-sotterranea qui presente; si riconoscono una prima unità costituita da orizzonti limo-argillosi e subordinatamente sabbiosi con intercalazioni torbose, correlabili a depositi continentali delle formazioni medio pleistoceniche-oloceniche, avente spessori complessivi compresi tra gli 80 e i 400 m., un'unità formata da argille con intercalazioni sabbiose, riconducibile al Quaternario marino, generalmente permeato da acque salmastre, la cui base ha un andamento con profondità mediamente pari a 2.500-3.000 m, ed un'unità basale comprendente le formazioni del Pliocene e Miocene, costituita da orizzonti argillosi, marnosi, sabbioso-arenacei, con presenza di straterelli gessosi e/o calcareoarenacei, di ambiente deposizionale marino. La superficie di separazione fra le acque "dolci" e quelle "salate" ha un andamento paragonabile a quello della base del Pliocene, ma con una profondità, in corrispondenza del territorio comunale di Finale Emilia, compresa tra circa 150 m, nella zona meridionale e settentrionale, per poi risalire rapidamente nella parte centrale del territorio comunale, sino a circa 50 m nella zona di Mortizzuolo – Ponte San Pellegrino; in corrispondenza di tali aree, possono verificarsi, in taluni casi, fenomeni di risalita delle acque salate sino ai pozzi superficiali. La porzione di territorio comunale, in oggetto, è caratterizzata dalla presenza essenzialmente da sedimenti fini depositi dai fiumi appenninici e dal Po. La base dell'acquifero è formata da orizzonti poco permeabili o impermeabili e/o dalle formazioni del substrato Pliocenico e pre-Pliocenico saturati da acque salmastre e salate.

Per capire meglio il complesso idrogeologico dell'area si riassume la successione dei sedimenti fluviali, palustri, deltizi e marini Pliocenico- Quaternari che ricoprono il substrato, dal più recente al più antico:

- Formazioni continentali Oloceniche e del Pleistocene Sup.: alternanza di orizzonti sabbiosi intercalati a complessi argillosi con presenza di livelli torbosi.

- Formazioni di ambiente marino-lagunare Pleistoceniche: orizzonti sabbiosi intercalati ad argille-argille sabbiose nel complesso più argilloso dei sedimenti olocenici.
- Formazioni marine Plioceniche: orizzonti argillosi che passano lateralmente a bancate più sabbiose e a formazioni marnoso-siltose con intercalati livelli arenacei.
- Formazioni marine Mioceniche: marne a volte siltose con intercalazioni di livelli arenacei e gessoso-calcareo-arenacei.

Scendendo più nel dettaglio dell'area in esame facendo riferimento alla bibliografia rinvenuta, sono presenti spessi orizzonti sabbiosi intercalati a livelli argillosi. Si riscontra la presenza di livelli lentiformi superficiali a carattere prevalentemente argilloso, di spessore variabile di qualche metro a cui segue un orizzonte di transizione tra le argille ed il primo acquifero confinato, costituito da sabbie e sabbie limose, presente sino alla profondità di circa 10 m da p.c; al di sotto vi è il complesso permeabile continuo costituito da litotipi marcatamente sabbiosi a granulometria variabile da medio fine a medio-grossolana, di spessore oscillante da 30 e 40 m. Segue il substrato argilloso, quale base impermeabile dell'acquifero.

Dato l'assetto lenticolare dell'orizzonte sabbioso di transizione, non si ha, a scala territoriale una separazione tra l'acquifero freatico e la prima falda idrica confinata che localmente può essere considerata semiconfinata.

Gli apporti al sistema acquifero sono in gran parte dovuti al Fiume Po, con il quale sono in diretta comunicazione, ed agli apporti di sub-alveo e da paleoalveo, alvei e canali con acque appenniniche; trascurabili sono le infiltrazioni superficiali, che raggiungono un'efficacia del 25% solamente in corrispondenza dei dossi sabbiosi.

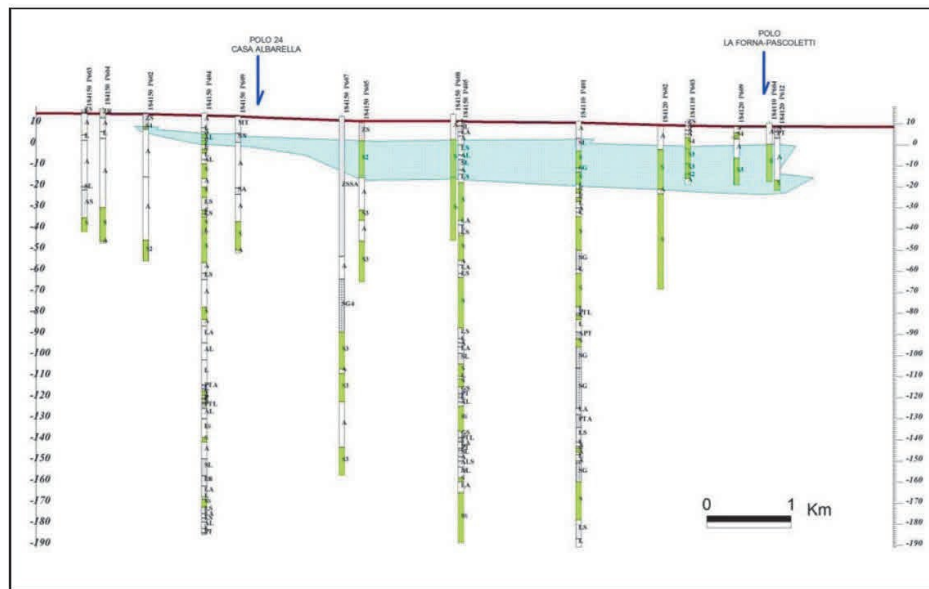


Figura 11 – Sezione idrogeologica – Fonte PIAE 2008

La sezione mostra la tipica distribuzione dei depositi di questa porzione di pianura: le stratigrafie evidenziano una discreta uniformità litologica con alternanze di argille e limi argillosi fino a profondità di circa 8m, a volte anche 10m. A una profondità che varia dagli 8 – 10 m dal piano campagna si individua il tetto dei depositi sabbiosi che costituiscono il primo acquifero confinato, tali depositi si mostrano continui e con spessori potenti 15 – 20 m. Il poligono di colore azzurro è un’ipotesi di lavoro che tenta di dare una geometria al corpo sedimentario del primo acquifero confinato; tale correlazione è da considerarsi puramente indicativa.

Riassumendo le caratteristiche idrogeologiche, in sintesi, dell’area di Finale Emilia sono:

- Primo acquifero confinato nei primi strati sabbiosi (a circa -4,0/-6,0 m da p.c.);
- Piezometrie piuttosto variabili e dipendenti soprattutto dalla litologia superficiale;
- Direzione di flusso delle acque sotterranee secondo le direttrici dei paleodrenaggi, con andamento ovest-est.

Il territorio del Comune di Finale Emilia fa parte del Consorzio della Bonifica di Burana Leo Scoltenna Panaro. L’idrografia superficiale di questo settore della pianura risente fortemente delle opere di bonifica che sono state attuate negli ultimi due secoli, essendo infatti caratterizzata dalla presenza di canali per lo più artificiali con andamento rettilineo e spesso arginati, da botti

sottopassanti e da impianti di sollevamento, che hanno il compito di trasmettere l'acqua dalle zone ribassate a quelle più rilevate.

Relativamente all'area d'interesse, per quel che concerne il drenaggio superficiale non si evidenziano situazioni a deflusso difficoltoso delle acque meteoriche, assicurato peraltro dalla presenza della rete fognaria urbana, né ristagni idrici grazie alla leggera pendenza con conseguente peggioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni superficiali presenti.



Figura 12 – Evidenza dei canali per la raccolta delle acque, rilievo del 22/01/2025

Il territorio in esame non risulta infatti inserito all'interno del “limite delle aree soggette a criticità idraulica” del P.T.C.P.; seppur vero che “fisicamente” risulta esondabile, in rapporto alle quote altimetriche dell'area con quelle idrometriche del fiume, attualmente tali eventi alluvionali hanno scarse possibilità di verificarsi rispetto al passato dati i lavori di potenziamento ed innalzamento degli

4 Indagini di riferimento

Per la definizione di un modello geologico di sottosuolo adatto all'attuale stadio di progettazione, si è tenuto conto degli esiti delle indagini condotte in aree contermini che presentano un assetto geologico e geotecnico compatibile e riconducibile ai terreni oggetto di studio.

A tal proposito sono stati presi come riferimento due dataset di indagini differenti.

Per quanto riguarda la porzione più ad ovest dell'impianto fotovoltaico, si è tenuto conto delle indagini realizzate nel 2024 per la realizzazione di un parco fotovoltaico denominato "Valletta" situato a circa 1 km a nord dall'area di progetto. Invece, per quanto riguarda la porzione di impianto più ad est in località "Le Casette", si è tenuto conto dello studio geologico e geotecnico "*indagine geotecnica preventiva sui terreni di fondazione e caratterizzazione sismica elab. 19_geologica x richiesta Var n 27*" per la realizzazione di un edificio ad uso residenziale fornito nell'ultima "*Adozione 23 Variante P.R.G.*" del Comune di Finale Emilia.

Per il dataset riferito alla porzione ad est dell'impianto "loc. Casette" si è tenuto conto di:

- n° 1 prove CPT;
- n° 1 prospezioni geofisiche MASW;

Per il dataset riferito alla porzione ad ovest e nord-ovest dell'impianto "loc. polo industriale" ed in prossimità della stazione elettrica "loc. zuccherificio" si è tenuto conto di:

- n° 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n° 2 prospezioni geofisiche MASW;

Si riporta in seguito l'ubicazione delle prove di riferimento rispetto all'area in esame (Figura 14), per un maggior dettaglio si rimanda alla tavola allegata (cfr. G_01 - Inquadramento geologico area di progetto e tracciato elettrodotto).



Figura 14 – Ubicazione delle prove di riferimento

4.1 Indagini di riferimento porzione ovest impianto

Per quanto riguarda le indagini di riferimento eseguite nel 2024 per la realizzazione di un parco fotovoltaico denominato “Valletta” situato a circa 1 km a nord dall’area di progetto si è tenuto conto di n°4 prove penetrometriche dinamiche DPSH e n°2 prospezioni geofisiche MASW.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell’infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) 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.

In seguito, si riportano i risultati dell'elaborazione delle prove.

4.1.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Elaborazione Prova Penetrometrica DPSH_1 (P1)

Strumento utilizzato DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 10,60 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	3	0,843	24,59	29,15	1,23	1,46
1,00	2	0,840	15,10	17,98	0,75	0,90
1,20	1	0,836	7,52	8,99	0,38	0,45

1,40	1	0,833	7,49	8,99	0,37	0,45
1,60	1	0,830	7,46	8,99	0,37	0,45
1,80	1	0,826	7,43	8,99	0,37	0,45
2,00	1	0,823	6,88	8,36	0,34	0,42
2,20	1	0,820	6,86	8,36	0,34	0,42
2,40	2	0,817	13,67	16,73	0,68	0,84
2,60	1	0,814	6,81	8,36	0,34	0,42
2,80	1	0,811	6,79	8,36	0,34	0,42
3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	3	0,806	18,91	23,46	0,95	1,17
3,40	3	0,803	18,84	23,46	0,94	1,17
3,60	2	0,801	12,52	15,64	0,63	0,78
3,80	2	0,798	12,48	15,64	0,62	0,78
4,00	5	0,796	29,22	36,70	1,46	1,84
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	7	0,789	40,55	51,38	2,03	2,57
4,80	7	0,787	40,44	51,38	2,02	2,57
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	6	0,783	32,50	41,50	1,62	2,08
5,40	5	0,781	27,01	34,59	1,35	1,73
5,60	6	0,779	32,34	41,50	1,62	2,08
5,80	7	0,777	37,64	48,42	1,88	2,42
6,00	8	0,775	40,57	52,32	2,03	2,62

6,20	7	0,774	35,42	45,78	1,77	2,29
6,40	7	0,772	35,34	45,78	1,77	2,29
6,60	7	0,770	35,27	45,78	1,76	2,29
6,80	6	0,769	30,17	39,24	1,51	1,96
7,00	5	0,767	23,79	31,01	1,19	1,55
7,20	7	0,766	33,24	43,42	1,66	2,17
7,40	8	0,764	37,92	49,62	1,90	2,48
7,60	6	0,763	28,38	37,21	1,42	1,86
7,80	5	0,761	23,61	31,01	1,18	1,55
8,00	7	0,760	31,37	41,28	1,57	2,06
8,20	7	0,759	31,31	41,28	1,57	2,06
8,40	8	0,757	35,73	47,18	1,79	2,36
8,60	7	0,756	31,21	41,28	1,56	2,06
8,80	8	0,755	35,61	47,18	1,78	2,36
9,00	7	0,753	29,65	39,35	1,48	1,97
9,20	10	0,752	42,29	56,21	2,11	2,81
9,40	8	0,751	33,78	44,97	1,69	2,25
9,60	9	0,750	37,94	50,59	1,90	2,53
9,80	8	0,749	33,67	44,97	1,68	2,25
10,00	12	0,748	48,18	64,44	2,41	3,22
10,20	12	0,747	48,11	64,44	2,41	3,22
10,40	15	0,696	56,02	80,54	2,80	4,03
10,60	17	0,694	63,39	91,28	3,17	4,56

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	Shioi - Fukui (1982)	0,07
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	Shioi - Fukui (1982)	0,29

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	Sorensen & Okkels (2013)	0,01
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	Sorensen & Okkels (2013)	0,02

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Meyerhof 1957	34,82
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Meyerhof 1957	50,39

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Shioi-Fukuni (1982)	21,45

[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Shioi-Fukuni (1982)	28,14
----------------	-------	-------	-------	------------------------	-------

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Schmertmann (1978) Limi	15,62
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Schmertmann (1978) Limi	70,66

36

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Buisman- Sanglerat	22,16
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Buisman- Sanglerat	92,08

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Meyerhof altri	ed 1,44
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Meyerhof altri	ed 1,78

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93

Modulo di Poisson

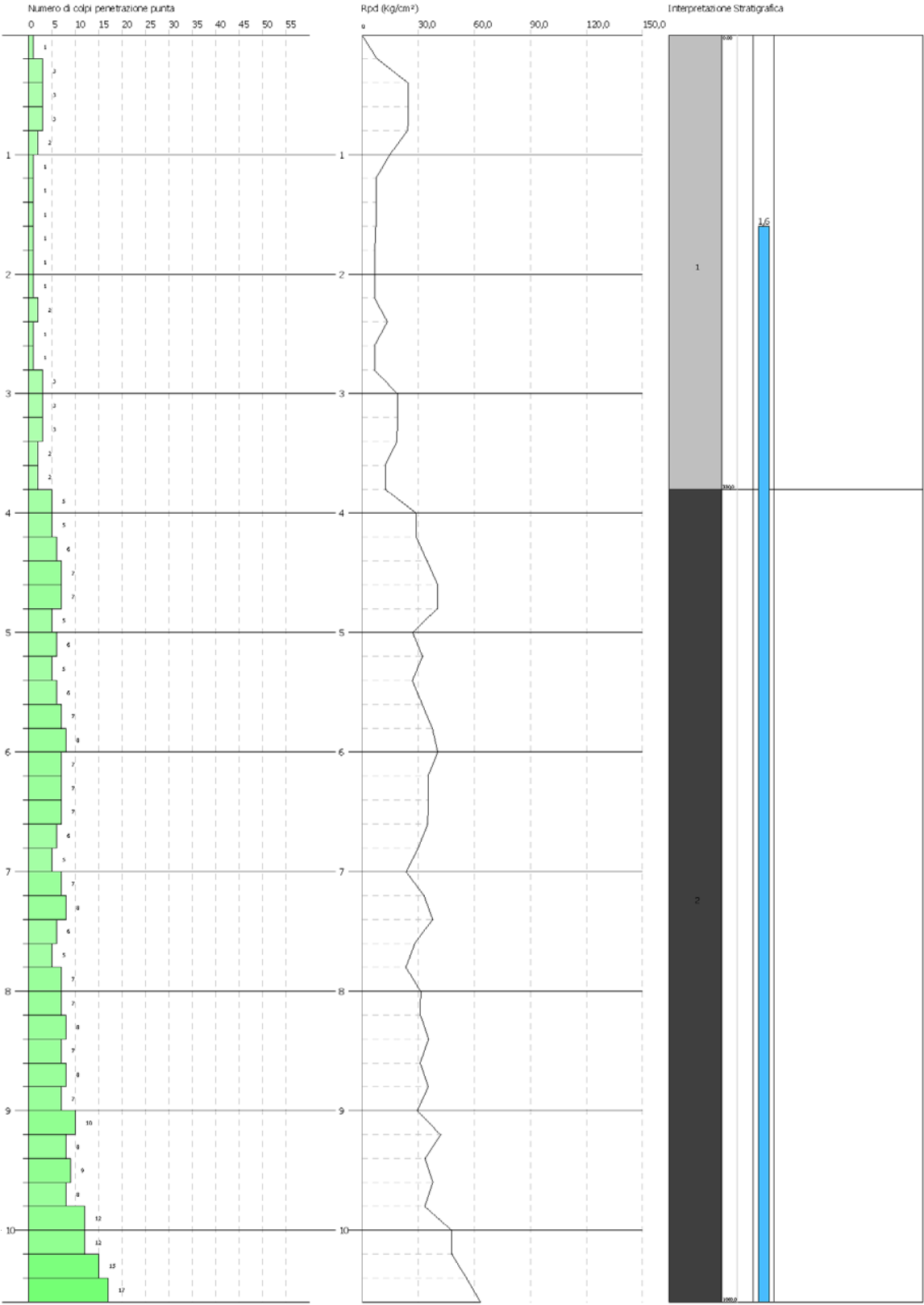
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	(A.G.I.)	0,35
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	(A.G.I.)	0,33

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Navfac 1971- 1982	0,46
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Navfac 1971- 1982	2,42

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,77	3,80	2,77	Robertson 1983	5,54
[2] - STRATO 2	11,51	10,60	11,51	Robertson 1983	23,02



Elaborazione Prova Penetrometrica DPSH_2 (P2)

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 10,20 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	1	0,840	7,55	8,99	0,38	0,45
1,20	1	0,836	7,52	8,99	0,38	0,45
1,40	1	0,833	7,49	8,99	0,37	0,45
1,60	2	0,830	14,92	17,98	0,75	0,90
1,80	1	0,826	7,43	8,99	0,37	0,45
2,00	2	0,823	13,77	16,73	0,69	0,84
2,20	2	0,820	13,72	16,73	0,69	0,84
2,40	3	0,817	20,50	25,09	1,03	1,25
2,60	3	0,814	20,43	25,09	1,02	1,25
2,80	3	0,811	20,36	25,09	1,02	1,25

3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	2	0,806	12,60	15,64	0,63	0,78
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	7	0,801	43,83	54,73	2,19	2,74
3,80	5	0,798	31,21	39,09	1,56	1,95
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	6	0,794	34,96	44,04	1,75	2,20
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	7	0,789	40,55	51,38	2,03	2,57
4,80	11	0,787	63,55	80,74	3,18	4,04
5,00	12	0,785	65,16	83,01	3,26	4,15
5,20	8	0,783	43,33	55,34	2,17	2,77
5,40	9	0,781	48,62	62,25	2,43	3,11
5,60	10	0,779	53,89	69,17	2,69	3,46
5,80	9	0,777	48,39	62,25	2,42	3,11
6,00	9	0,775	45,65	58,86	2,28	2,94
6,20	9	0,774	45,54	58,86	2,28	2,94
6,40	9	0,772	45,44	58,86	2,27	2,94
6,60	8	0,770	40,31	52,32	2,02	2,62
6,80	7	0,769	35,19	45,78	1,76	2,29
7,00	8	0,767	38,07	49,62	1,90	2,48
7,20	9	0,766	42,74	55,82	2,14	2,79
7,40	10	0,764	47,39	62,02	2,37	3,10
7,60	11	0,763	52,03	68,22	2,60	3,41

7,80	11	0,761	51,94	68,22	2,60	3,41
8,00	10	0,760	44,82	58,97	2,24	2,95
8,20	9	0,759	40,26	53,08	2,01	2,65
8,40	9	0,757	40,19	53,08	2,01	2,65
8,60	9	0,756	40,12	53,08	2,01	2,65
8,80	8	0,755	35,61	47,18	1,78	2,36
9,00	8	0,753	33,88	44,97	1,69	2,25
9,20	8	0,752	33,83	44,97	1,69	2,25
9,40	9	0,751	38,00	50,59	1,90	2,53
9,60	12	0,750	50,59	67,45	2,53	3,37
9,80	12	0,749	50,51	67,45	2,53	3,37
10,00	12	0,748	48,18	64,44	2,41	3,22
10,20	15	0,697	56,11	80,54	2,81	4,03

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2 TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	Shioi - Fukui (1982)	0,07
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	Shioi - Fukui (1982)	0,34

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	Sorensen & Okkels	0,01

			(2013)	
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	Sorensen & Okkels (2013)	0,03

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

42

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Meyerhof 1957	36,07
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Meyerhof 1957	62,25

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Shioi-Fukuni (1982)	21,52
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Shioi-Fukuni (1982)	29,2

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Schmertmann (1978) Limi	16,00
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Schmertmann (1978) Limi	82,88

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Buisman-Sanglerat	22,64
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Buisman-Sanglerat	107,60

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Meyerhof ed altri	1,44
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Meyerhof ed altri	1,84

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94

Modulo di Poisson

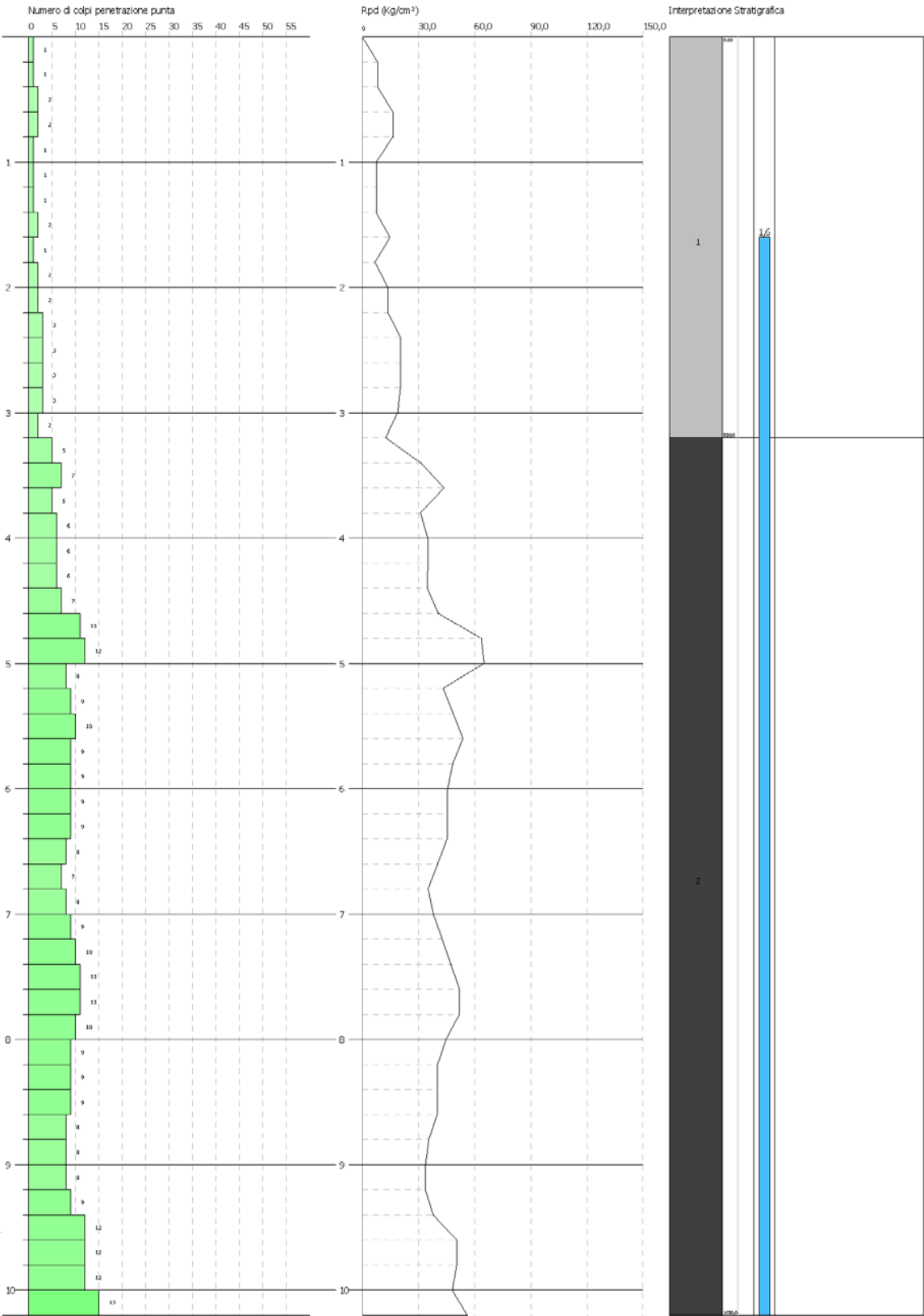
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	(A.G.I.)	0,35
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	(A.G.I.)	0,33

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Navfac 1971- 1982	0,47
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Navfac 1971- 1982	2,82

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,83	3,20	2,83	Robertson 1983	5,66
[2] - STRATO 2	13,45	10,20	13,45	Robertson 1983	26,90



Elaborazione Prova Penetrometrica DPSH_3 (P3)

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 10,00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

46

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	1	0,847	8,23	9,72	0,41	0,49
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	1	0,840	7,55	8,99	0,38	0,45
1,20	2	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,40	1	0,833	7,49	8,99	0,37	0,45
1,60	1	0,830	7,46	8,99	0,37	0,45
1,80	1	0,826	7,43	8,99	0,37	0,45
2,00	1	0,823	6,88	8,36	0,34	0,42
2,20	1	0,820	6,86	8,36	0,34	0,42
2,40	1	0,817	6,83	8,36	0,34	0,42
2,60	1	0,814	6,81	8,36	0,34	0,42
2,80	1	0,811	6,79	8,36	0,34	0,42

3,00	2	0,809	12,65	15,64	0,63	0,78
3,20	2	0,806	12,60	15,64	0,63	0,78
3,40	3	0,803	18,84	23,46	0,94	1,17
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	5	0,798	31,21	39,09	1,56	1,95
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	7	0,794	40,78	51,38	2,04	2,57
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	6	0,787	34,67	44,04	1,73	2,20
5,00	6	0,785	32,58	41,50	1,63	2,08
5,20	6	0,783	32,50	41,50	1,62	2,08
5,40	8	0,781	43,22	55,34	2,16	2,77
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	8	0,777	43,01	55,34	2,15	2,77
6,00	9	0,775	45,65	58,86	2,28	2,94
6,20	10	0,774	50,60	65,40	2,53	3,27
6,40	9	0,772	45,44	58,86	2,27	2,94
6,60	9	0,770	45,34	58,86	2,27	2,94
6,80	9	0,769	45,25	58,86	2,26	2,94
7,00	8	0,767	38,07	49,62	1,90	2,48
7,20	11	0,766	52,24	68,22	2,61	3,41
7,40	11	0,764	52,13	68,22	2,61	3,41
7,60	12	0,763	56,77	74,43	2,84	3,72

7,80	10	0,761	47,22	62,02	2,36	3,10
8,00	10	0,760	44,82	58,97	2,24	2,95
8,20	9	0,759	40,26	53,08	2,01	2,65
8,40	8	0,757	35,73	47,18	1,79	2,36
8,60	12	0,756	53,50	70,77	2,67	3,54
8,80	13	0,705	54,03	76,67	2,70	3,83
9,00	8	0,753	33,88	44,97	1,69	2,25
9,20	9	0,752	38,06	50,59	1,90	2,53
9,40	10	0,751	42,22	56,21	2,11	2,81
9,60	14	0,700	55,08	78,70	2,75	3,93
9,80	13	0,699	51,07	73,08	2,55	3,65
10,00	15	0,698	56,20	80,54	2,81	4,03

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3 TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,12	3,40	Shioi - Fukui (1982)	0,05
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	Shioi - Fukui (1982)	0,34

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,12	3,40	Sorensen & Okkels (2013)	0,01

[2] - STRATO 2	13,45	10,00	Sorensen & Okkels (2013)	0,03
----------------	-------	-------	-----------------------------	------

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	2,12	3,40	2,12	Meyerhof 1957	31,1
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Meyerhof 1957	62,31

49

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	2,12	3,40	2,12	Shioi-Fukuni (1982)	20,64
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Shioi-Fukuni (1982)	29,2

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,12	3,40	2,12	Schmertmann (1978) Limi	11,53
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Schmertmann (1978) Limi	82,88

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	2,12	3,40	2,12	Buisman- Sanglerat	16,96
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Buisman- Sanglerat	107,60

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - STRATO 1	2,12	3,40	2,12	Meyerhof altri	ed1,41
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Meyerhof altri	ed1,84

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 12	12,12	3,40	2,12	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94

Modulo di Poisson

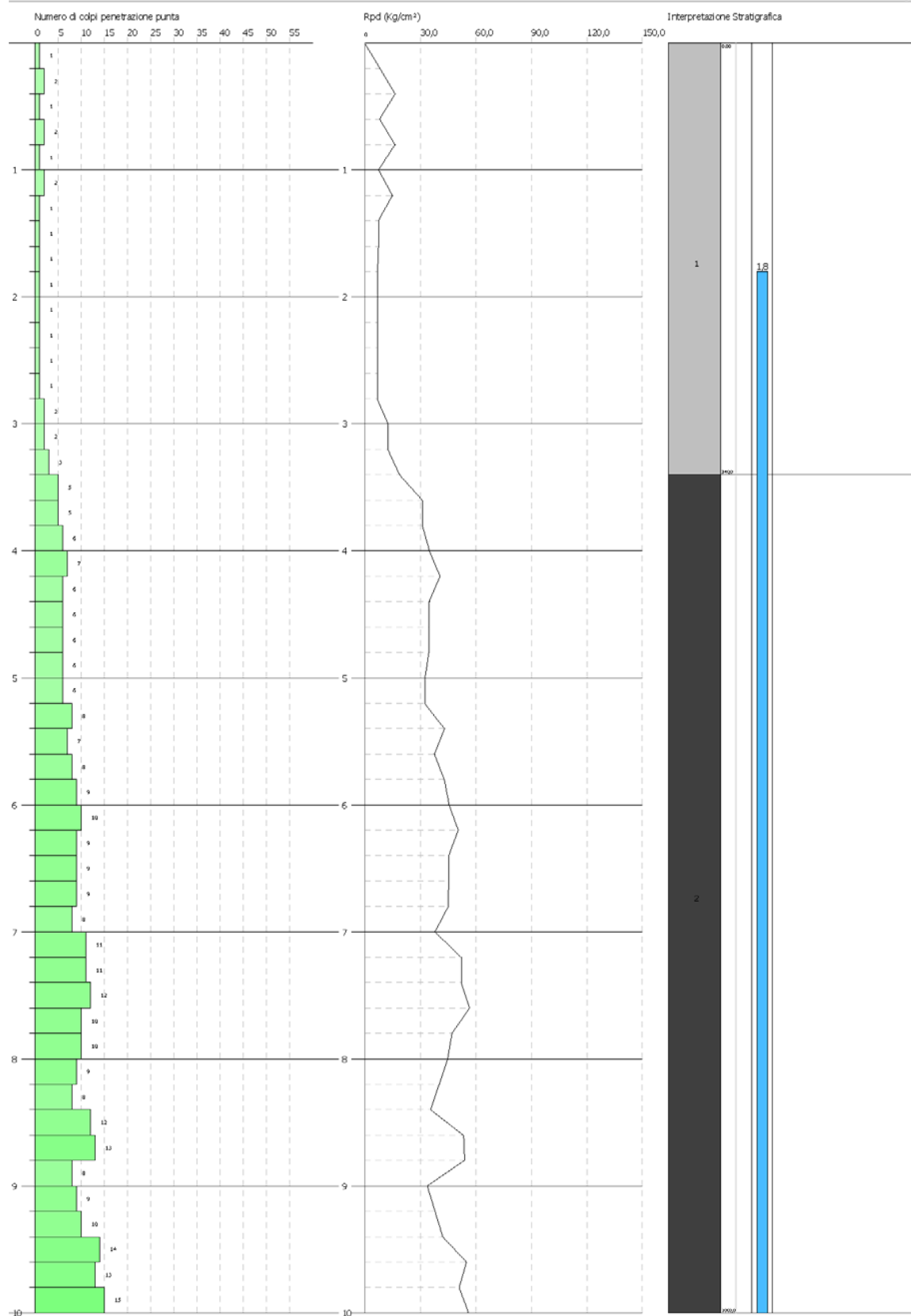
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 12	12,12	3,40	2,12	(A.G.I.)	0,35
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	(A.G.I.)	0,33

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 12	12,12	3,40	2,12	Navfac 1971-1982	0,30
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Navfac 1971-1982	2,82

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 12	12,12	3,40	2,12	Robertson 1983	4,24
[2] - STRATO 2	13,45	10,00	13,45	Robertson 1983	26,90



Elaborazione Prova Penetrometrica DPSH_4 (P4)

Strumento utilizzato DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 10,20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,92	29,15	1,25	1,46
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	3	0,843	24,59	29,15	1,23	1,46
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	2	0,830	14,92	17,98	0,75	0,90
1,80	2	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
2,00	2	0,823	13,77	16,73	0,69	0,84
2,20	2	0,820	13,72	16,73	0,69	0,84
2,40	2	0,817	13,67	16,73	0,68	0,84
2,60	2	0,814	13,62	16,73	0,68	0,84
2,80	1	0,811	6,79	8,36	0,34	0,42

3,00	1	0,809	6,32	7,82	0,32	0,39
3,20	1	0,806	6,30	7,82	0,32	0,39
3,40	1	0,803	6,28	7,82	0,31	0,39
3,60	2	0,801	12,52	15,64	0,63	0,78
3,80	2	0,798	12,48	15,64	0,62	0,78
4,00	2	0,796	11,69	14,68	0,58	0,73
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	5	0,791	29,05	36,70	1,45	1,84
4,60	5	0,789	28,97	36,70	1,45	1,84
4,80	5	0,787	28,89	36,70	1,44	1,84
5,00	7	0,785	38,01	48,42	1,90	2,42
5,20	6	0,783	32,50	41,50	1,62	2,08
5,40	7	0,781	37,82	48,42	1,89	2,42
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	7	0,777	37,64	48,42	1,88	2,42
6,00	8	0,775	40,57	52,32	2,03	2,62
6,20	7	0,774	35,42	45,78	1,77	2,29
6,40	8	0,772	40,39	52,32	2,02	2,62
6,60	7	0,770	35,27	45,78	1,76	2,29
6,80	9	0,769	45,25	58,86	2,26	2,94
7,00	10	0,767	47,58	62,02	2,38	3,10
7,20	10	0,766	47,49	62,02	2,37	3,10
7,40	9	0,764	42,65	55,82	2,13	2,79
7,60	9	0,763	42,57	55,82	2,13	2,79

7,80	8	0,761	37,77	49,62	1,89	2,48
8,00	10	0,760	44,82	58,97	2,24	2,95
8,20	10	0,759	44,74	58,97	2,24	2,95
8,40	11	0,757	49,12	64,87	2,46	3,24
8,60	11	0,756	49,04	64,87	2,45	3,24
8,80	11	0,755	48,96	64,87	2,45	3,24
9,00	10	0,753	42,35	56,21	2,12	2,81
9,20	9	0,752	38,06	50,59	1,90	2,53
9,40	14	0,701	55,17	78,70	2,76	3,93
9,60	12	0,750	50,59	67,45	2,53	3,37
9,80	16	0,699	62,85	89,94	3,14	4,50
10,00	12	0,748	48,18	64,44	2,41	3,22
10,20	16	0,697	59,85	85,91	2,99	4,30

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4 TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - STRATO 1	3,16	4,00	Shioi - Fukui (1982)	0,08
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	Shioi - Fukui (1982)	0,34

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm²)

[1] - STRATO 1	3,16	4,00	Sorensen & Okkels (2013)	0,01
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	Sorensen & Okkels (2013)	0,03

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	3,16	4,00	3,16	Meyerhof 1957	36,78
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Meyerhof 1957	54,88

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	3,16	4,00	3,16	Shioi-Fukuni (1982)	21,88
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Shioi-Fukuni (1982)	29,3

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	3,16	4,00	3,16	Schmertmann (1978) Limi	18,08
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Schmertmann (1978) Limi	84,02

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	13,16	4,00	3,16	Buisman- Sanglerat	25,28
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Buisman- Sanglerat	109,04

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - STRATO 1	13,16	4,00	3,16	Meyerhof ed altri	1,46
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Meyerhof ed altri	1,84

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	13,16	4,00	3,16	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94

Modulo di Poisson

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

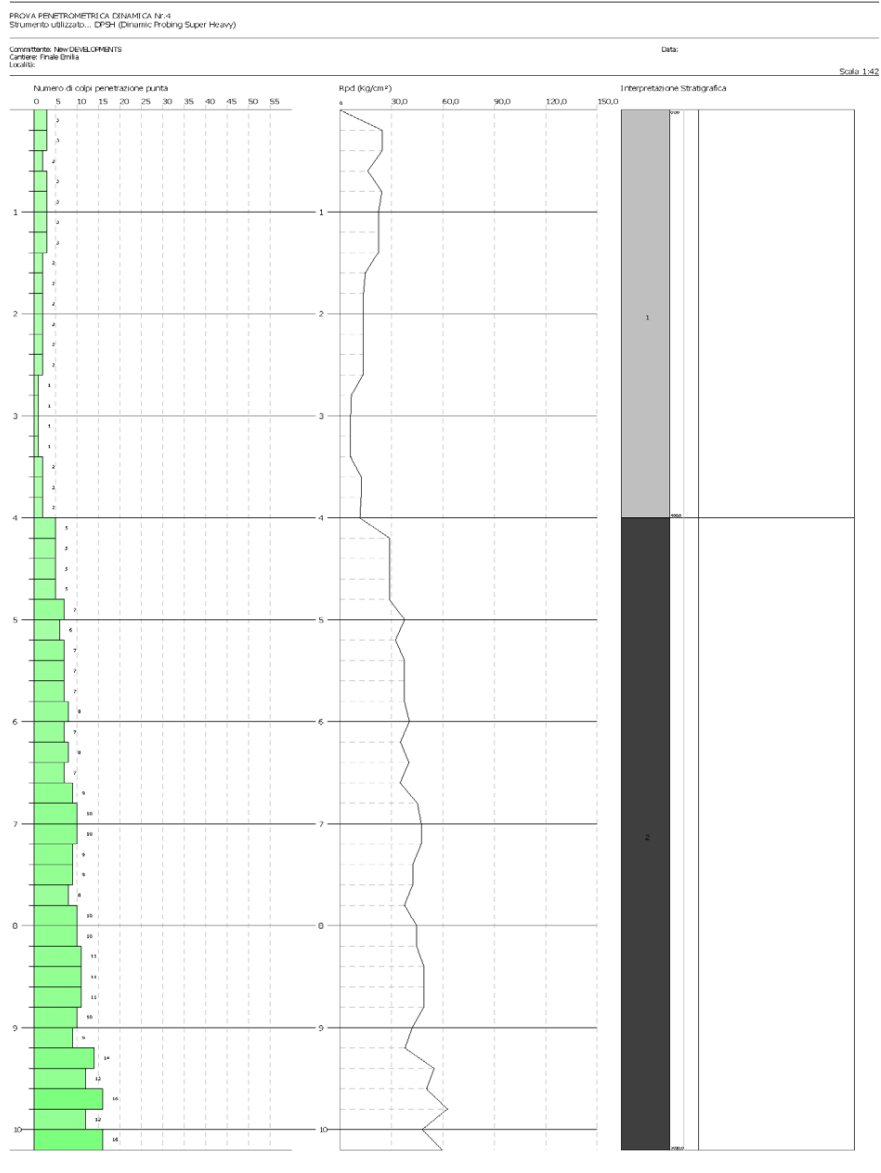
[1] - STRATO 1	3,16	4,00	3,16	(A.G.I.)	0,35
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	(A.G.I.)	0,33

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	3,16	4,00	3,16	Navfac 1971- 1982	0,55
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Navfac 1971- 1982	2,85

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	3,16	4,00	3,16	Robertson 1983	6,32
[2] - STRATO 2	13,63	10,20	13,63	Robertson 1983	27,26



4.1.2 Indagine MASW

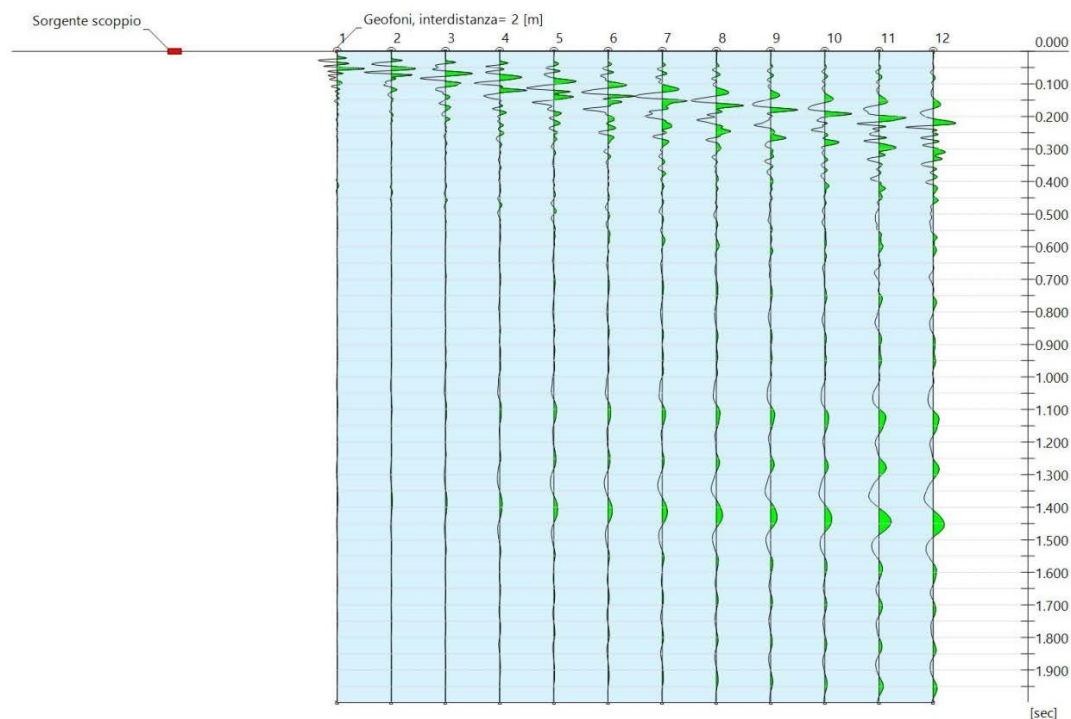
Elaborazione Indagine MASW_1 (M1)

Dati generali

Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1

Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

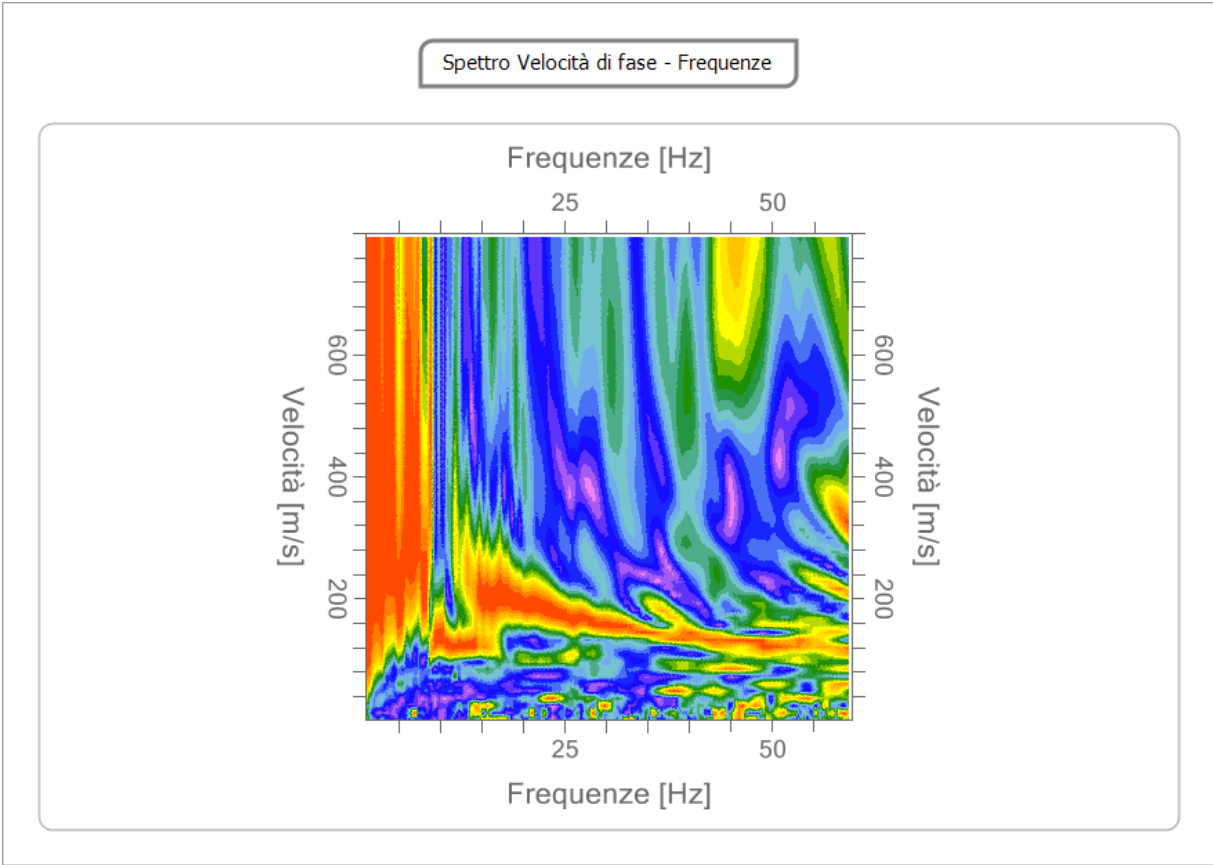
Interpretazione



60

Analisi spettrale

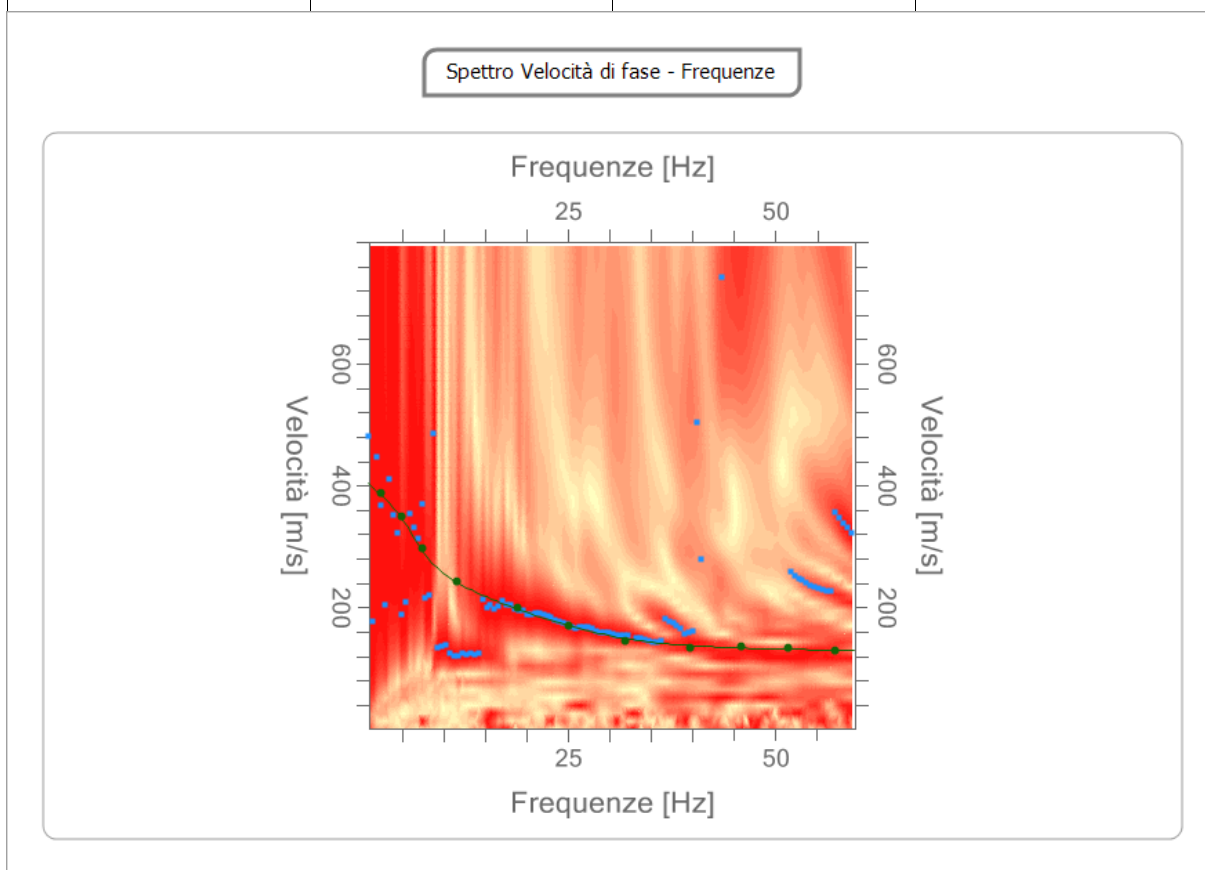
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	80
Intervallo velocità [m/sec]	0
	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.4	387.2	0
2	4.9	348.6	0
3	7.4	297.9	0
4	11.6	242.4	0
5	18.9	198.9	0
6	25.1	170.0	0
7	31.8	145.8	0
8	39.8	133.8	0
9	45.8	136.2	0

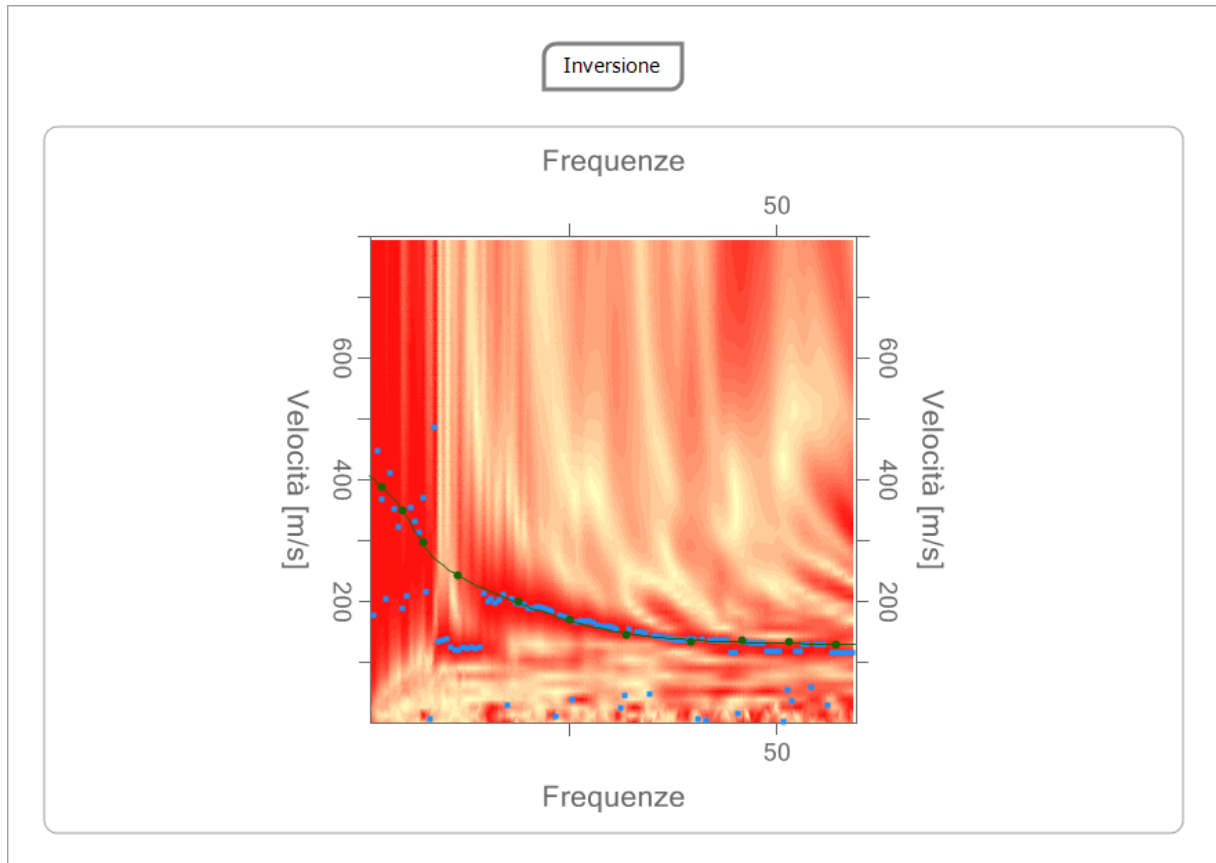
10	51.5	133.8	0
11	57.1	128.9	0



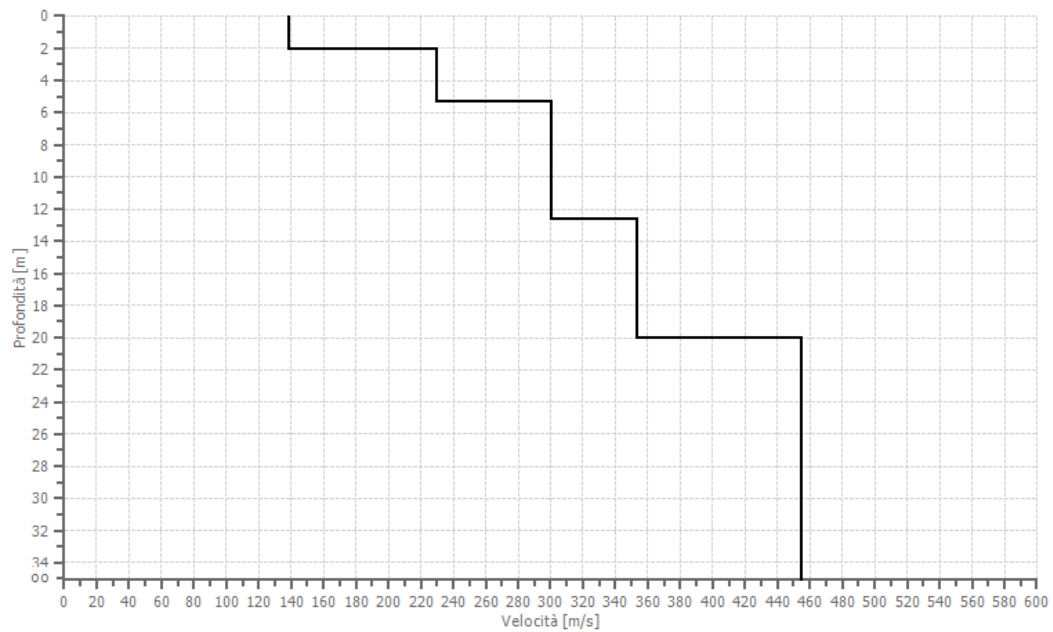
Inversione

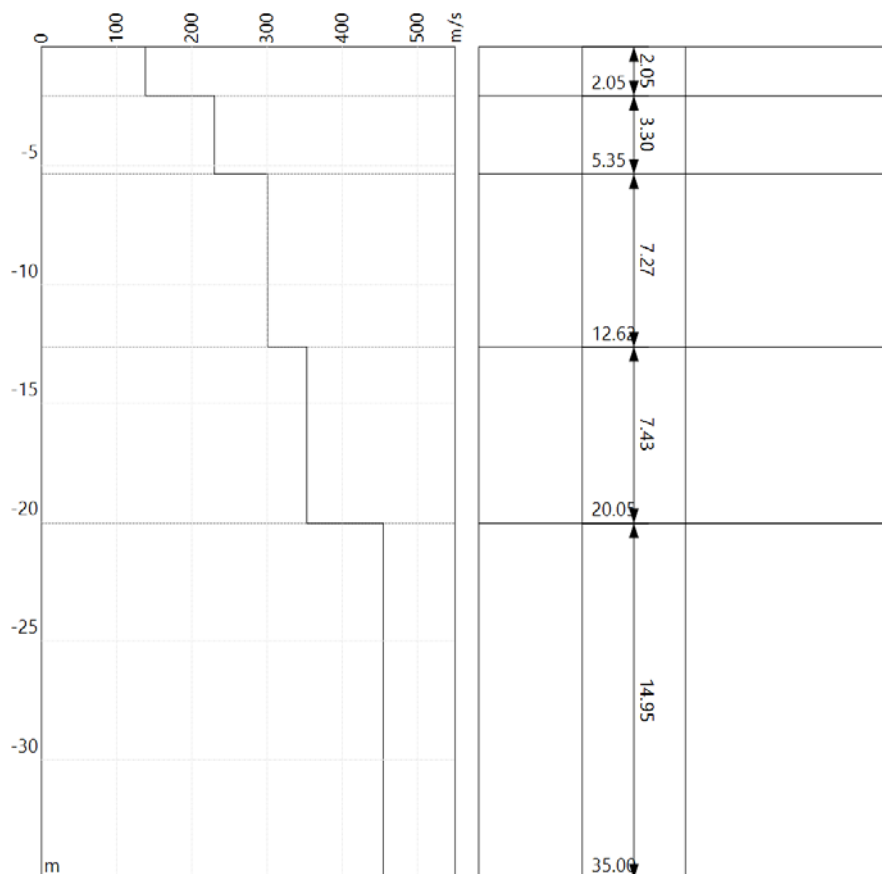
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.05	2.05	258.6	138.2
2	5.35	3.30	430.3	230.0
3	12.62	7.27	562.6	300.7
4	20.05	7.43	660.2	352.9
5	35.00	14.95	850.3	454.5

Percentuale di errore 0.008 %



Profilo di velocità





Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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

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

Dove:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N
numero di strati;

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

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	311.55
Categoria del suolo	C

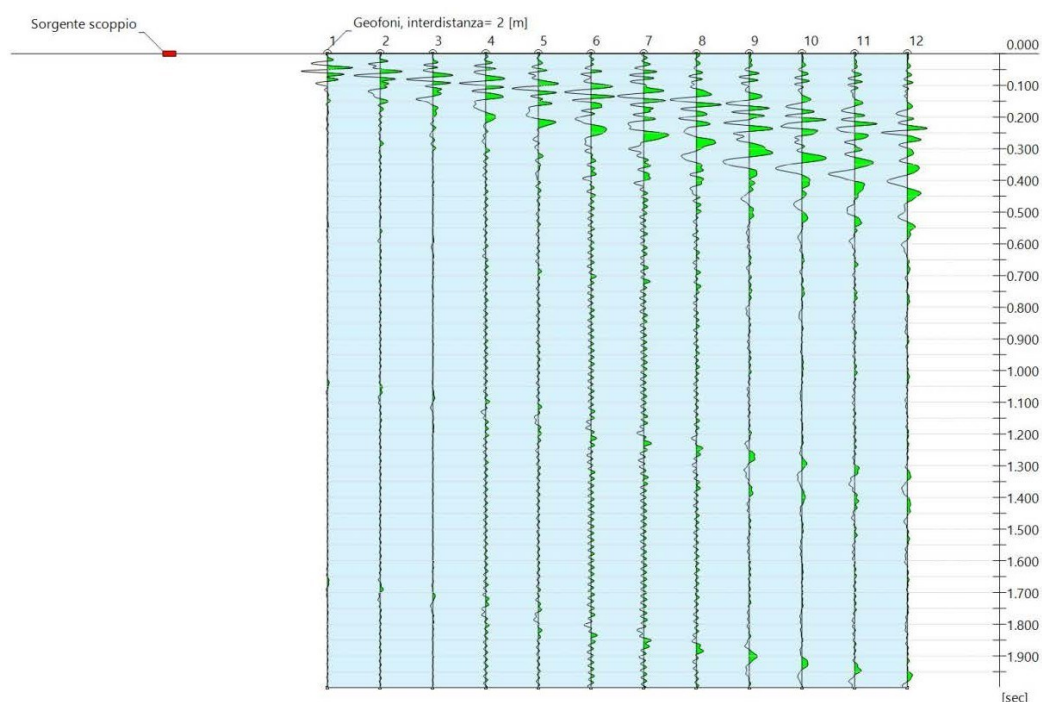
Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Elaborazione Indagine MASW_2 (M2)

Dati generali

Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

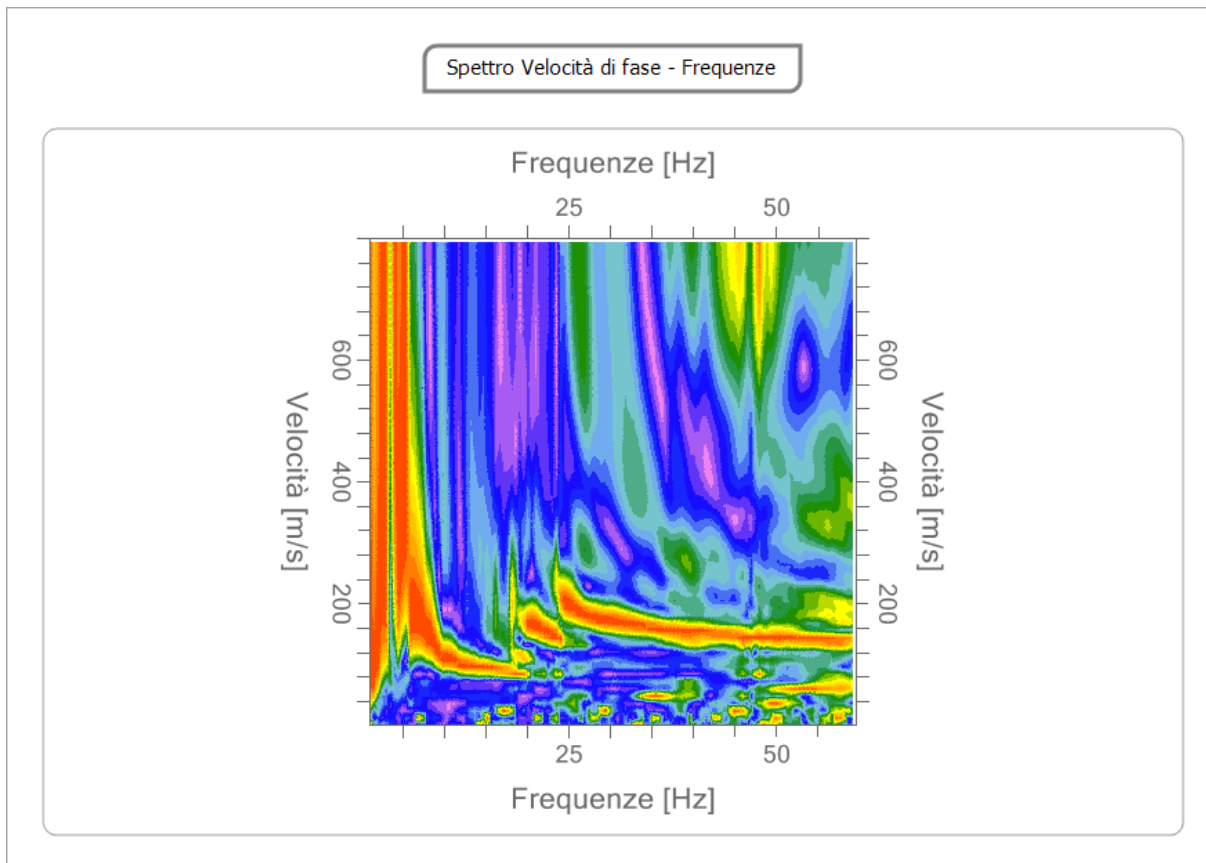
Interpretazione



Analisi spettrale

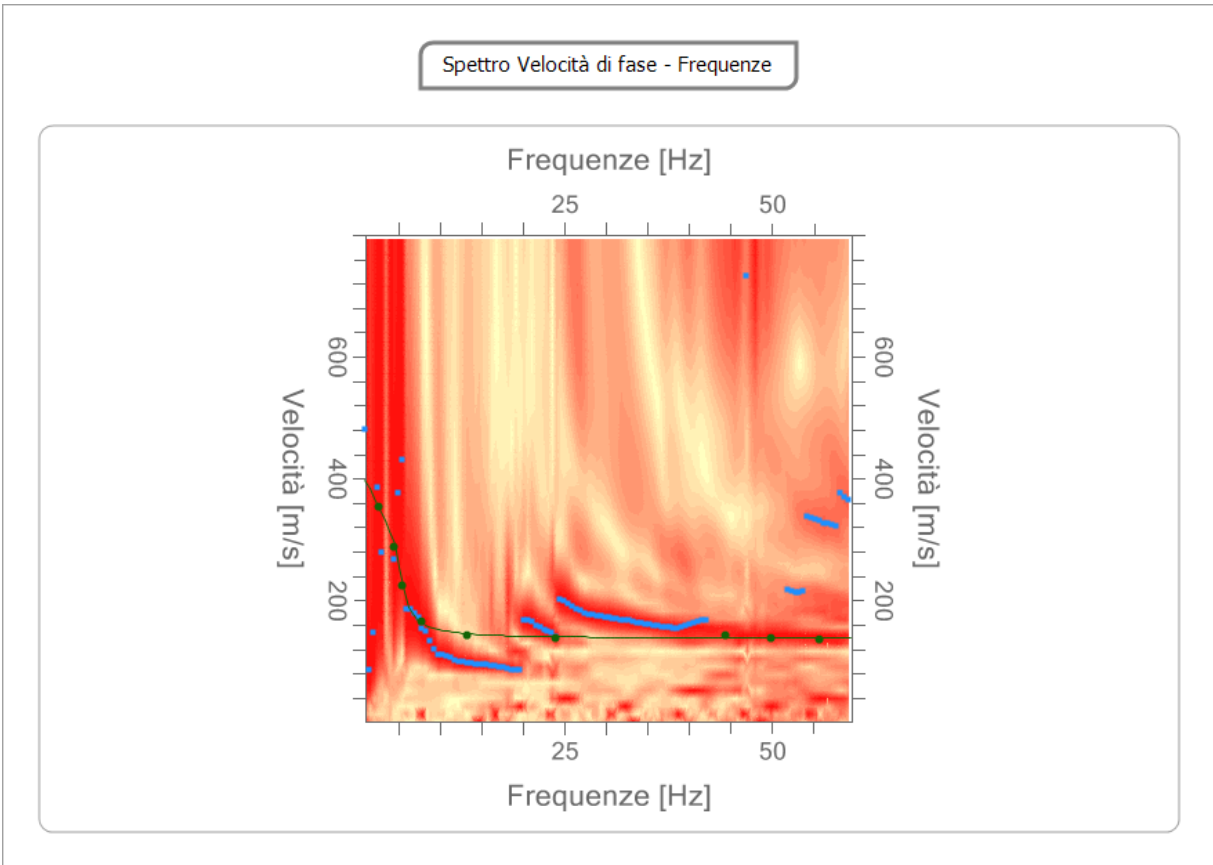
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
---------------------------------------	---

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	2.6	353.4	0
2	4.4	288.3	0
3	5.4	225.5	0
4	7.7	165.1	0
5	13.2	143.4	0
6	23.8	138.6	0
7	44.4	143.4	0
8	49.9	138.6	0
9	55.7	136.2	0

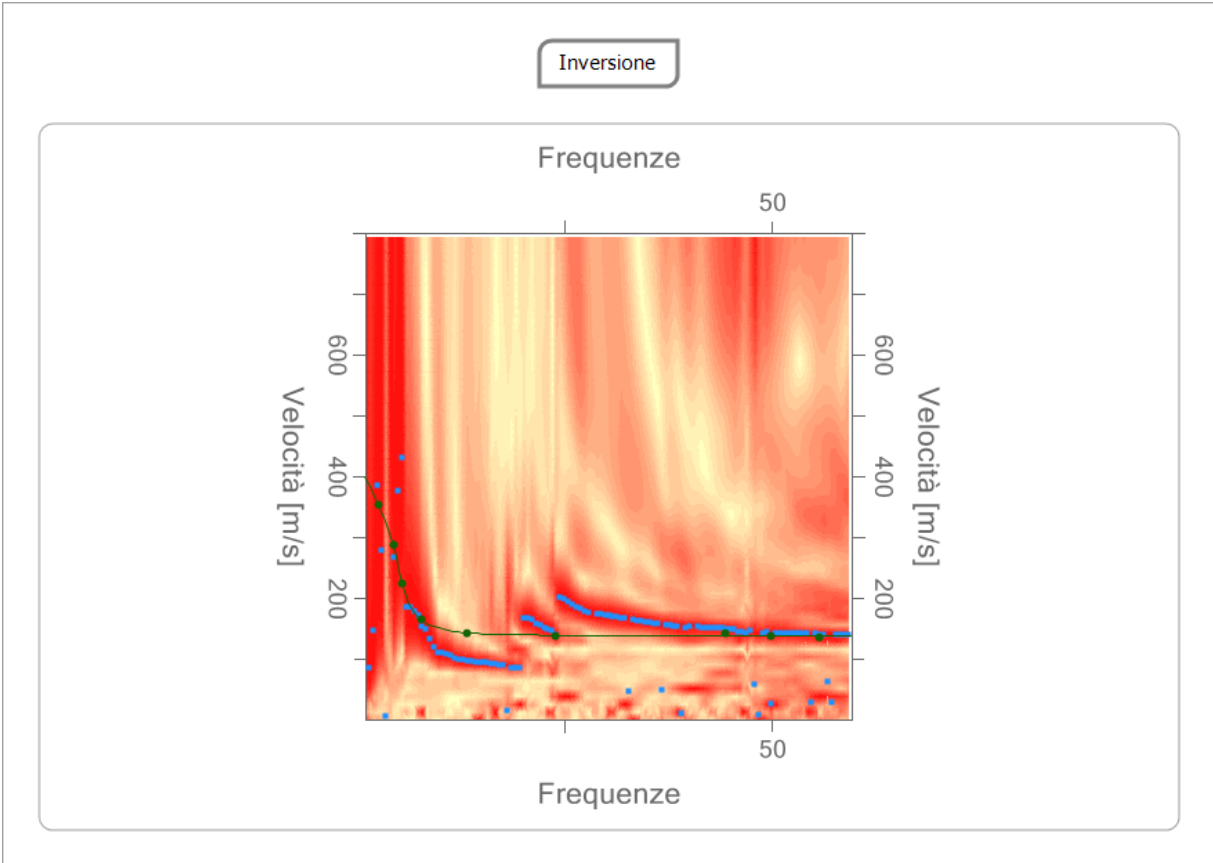


Inversione

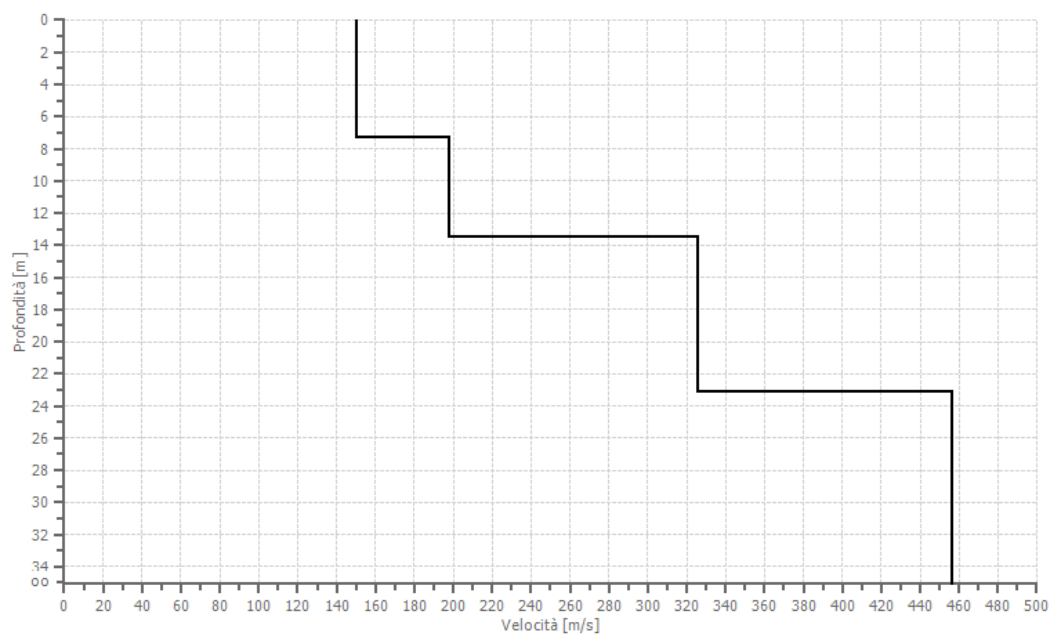
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	7.35	7.35	280.9	150.1
2	13.4 7	6.12	369.4	197.5
3	23.1 5	9.68	609.2	325.6
4	35.0 0	11.85	854.0	456.5

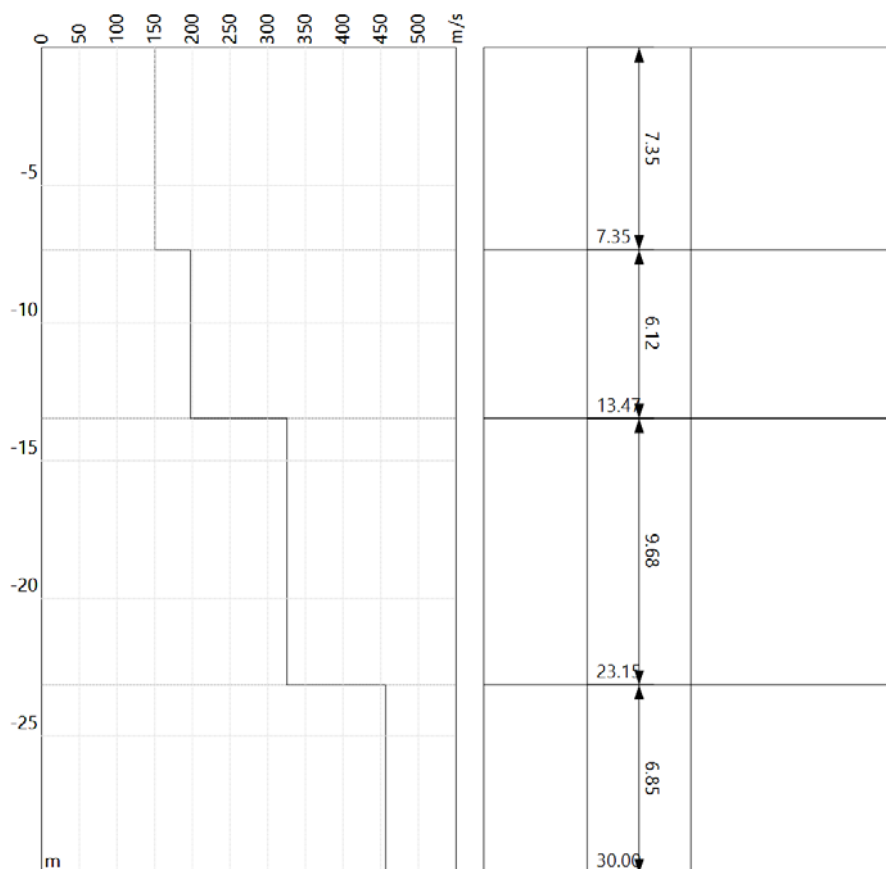
Percentuale di errore0.007 %

Fattore di disadattamento della soluzione0.013



Profilo di velocità





Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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

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

Dove:

h_i : spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell’i-simo strato;
N	numero di strati;
H	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.
Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m)	240.62
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 del-le proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

4.2 Indagini di riferimento porzione est impianto

Per quanto riguarda le indagini di riferimento adottate per la definizione dei terreni nella porzione est dell’impianto si è tenuto conto dello studio geologico e geotecnico “*indagine geotecnica preventiva sui terreni di fondazione e caratterizzazione sismica elab. 19_geologica x richiesta Var n 27*” per la realizzazione di un edificio ad uso residenziale fornito nell’ultima “*Adozione 23 Variante P.R.G.*” del Comune di Finale Emilia ed in particolare di n°1 prova CPT e n°1 indagine sismica di tipo MASW.

4.2.1 Prova CPT

È stata presa come riferimento n. 1 prova penetrometrica statica CPT spinta fino alla profondità di 30,00 m dal piano campagna (p.c.), assunto come livello di riferimento.

Per l’esecuzione della prova penetrometrica è stato utilizzato un penetrometro statico da t. 15 di spinta con punta conica tipo Begemann per la lettura della resistenza alla punta q_c (R_p) e la resistenza all’attrito laterale locale f_s (R_l).

In corrispondenza del foro di prova sono state effettuate misure piezometriche per la determinazione del livello della falda acquifera tramite sonda piezometrica a segnalazione acustica e visiva.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %
0,20				0,00	1,13	0		15,20	114,0	153,0		114,00	3,07	37	2,7
0,40	29,0	46,0		29,00	1,13	26	3,9	15,40	142,0	188,0		142,00	2,93	48	2,1
0,60	29,0	46,0		29,00	1,20	24	4,1	15,60	237,0	281,0		237,00	5,53	43	2,3
0,80	45,0	63,0		45,00	0,67	67	1,5	15,80	229,0	312,0		229,00	4,20	55	1,8
1,00	32,0	42,0		32,00	1,00	32	3,1	16,00	210,0	273,0		210,00	4,20	50	2,0
1,20	9,0	24,0		9,00	0,93	10	10,3	16,20	125,0	188,0		125,00	2,60	48	2,1
1,40	10,0	24,0		10,00	1,00	10	10,0	16,40	152,0	191,0		152,00	2,87	53	1,9
1,60	13,0	28,0		13,00	0,87	15	6,7	16,60	145,0	188,0		145,00	3,27	44	2,3
1,80	13,0	26,0		13,00	0,73	18	5,6	16,80	129,0	178,0		129,00	3,80	34	2,9
2,00	15,0	26,0		15,00	0,47	32	3,1	17,00	131,0	188,0		131,00	3,00	44	2,3
2,20	8,0	15,0		8,00	0,67	12	8,4	17,20	176,0	221,0		176,00	3,33	53	1,9
2,40	9,0	19,0		9,00	0,27	33	3,0	17,40	164,0	214,0		164,00	5,00	33	3,0
2,60	9,0	13,0		9,00	0,47	19	5,2	17,60	121,0	196,0		121,00	3,80	32	3,1
2,80	7,0	14,0		7,00	0,33	21	4,7	17,80	181,0	238,0		181,00	3,33	54	1,8
3,00	8,0	13,0		8,00	0,53	15	6,6	18,00	175,0	225,0		175,00	3,33	53	1,9
3,20	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5	18,20	156,0	206,0		156,00	2,87	54	1,8
3,40	11,0	20,0		11,00	0,60	18	5,5	18,40	189,0	232,0		189,00	3,20	59	1,7
3,60	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7	18,60	213,0	261,0		213,00	2,60	82	1,2
3,80	8,0	15,0		8,00	0,47	17	5,9	18,80	195,0	234,0		195,00	3,53	55	1,8
4,00	7,0	14,0		7,00	0,33	21	4,7	19,00	198,0	251,0		198,00	3,47	57	1,8
4,20	7,0	12,0		7,00	0,33	21	4,7	19,20	290,0	342,0		290,00	4,40	66	1,5
4,40	6,0	11,0		6,00	0,27	22	4,5	19,40	268,0	334,0		268,00	10,93	25	4,1
4,60	6,0	10,0		6,00	0,27	22	4,5	19,60	113,0	277,0		113,00	4,33	26	3,8
4,80	6,0	10,0		6,00	0,40	15	6,7	19,80	215,0	280,0		215,00	3,00	72	1,4
5,00	7,0	13,0		7,00	0,53	13	7,6	20,00	234,0	279,0		234,00	4,47	52	1,9
5,20	8,0	16,0		8,00	0,53	15	6,6	20,20	240,0	307,0		240,00	4,33	55	1,8
5,40	8,0	16,0		8,00	0,40	20	5,0	20,40	241,0	306,0		241,00	3,87	62	1,6
5,60	4,0	10,0		4,00	0,33	12	8,3	20,60	249,0	307,0		249,00	3,00	83	1,2
5,80	6,0	11,0		6,00	0,40	15	6,7	20,80	251,0	296,0		251,00	2,93	86	1,2
6,00	7,0	13,0		7,00	0,47	15	6,7	21,00	237,0	281,0		237,00	2,60	91	1,1
6,20	6,0	13,0		6,00	0,47	13	7,8	21,20	169,0	208,0		169,00	2,67	63	1,6
6,40	7,0	14,0		7,00	0,53	13	7,6	21,40	48,0	88,0		48,00	2,47	19	5,1
6,60	8,0	16,0		8,00	0,47	17	5,9	21,60	36,0	73,0		36,00	0,93	39	2,6
6,80	8,0	15,0		8,00	0,40	20	5,0	21,80	19,0	33,0		19,00	3,60	5	18,9
7,00	7,0	13,0		7,00	0,40	18	5,7	22,00	141,0	195,0		141,00	3,60	39	2,6
7,20	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4	22,20	194,0	248,0		194,00	4,00	49	2,1
7,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	22,40	178,0	238,0		178,00	2,47	72	1,4
7,60	11,0	17,0		11,00	0,47	23	4,3	22,60	104,0	141,0		104,00	3,47	30	3,3
7,80	10,0	17,0		10,00	0,53	19	5,3	22,80	42,0	94,0		42,00	2,73	15	6,5
8,00	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5	23,00	32,0	73,0		32,00	0,67	48	2,1
8,20	11,0	20,0		11,00	0,60	18	5,5	23,20	32,0	42,0		32,00	0,93	34	2,9
8,40	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3	23,40	25,0	39,0		25,00	1,40	18	5,6
8,60	10,0	18,0		10,00	0,47	21	4,7	23,60	33,0	54,0		33,00	2,00	17	6,1
8,80	8,0	15,0		8,00	0,60	13	7,5	23,80	42,0	72,0		42,00	1,73	24	4,1
9,00	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3	24,00	34,0	60,0		34,00	1,93	18	5,7
9,20	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5	24,20	37,0	66,0		37,00	2,00	19	5,4
9,40	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7	24,40	37,0	67,0		37,00	2,00	19	5,4
9,60	10,0	17,0		10,00	0,47	21	4,7	24,60	35,0	65,0		35,00	1,73	20	4,9
9,80	9,0	16,0		9,00	0,60	15	6,7	24,80	28,0	54,0		28,00	1,87	15	6,7
10,00	8,0	17,0		8,00	0,60	13	7,5	25,00	41,0	69,0		41,00	2,53	16	6,2
10,20	10,0	19,0		10,00	0,53	19	5,3	25,20	46,0	84,0		46,00	3,07	15	6,7
10,40	13,0	21,0		13,00	0,60	22	4,6	25,40	108,0	154,0		108,00	4,73	23	4,4
10,60	14,0	23,0		14,00	0,87	16	6,2	25,60	151,0	222,0		151,00	5,40	28	3,6
10,80	16,0	29,0		16,00	0,80	20	5,0	25,80	133,0	214,0		133,00	4,00	33	3,0
11,00	19,0	31,0		19,00	0,93	20	4,9	26,00	85,0	145,0		85,00	1,13	75	1,3
11,20	19,0	33,0		19,00	1,00	19	5,3	26,20	28,0	45,0		28,00	1,80	16	6,4
11,40	34,0	49,0		34,00	1,67	20	4,9	26,40	77,0	104,0		77,00	2,27	34	2,9
11,60	30,0	55,0		30,00	1,40	21	4,7	26,60	57,0	91,0		57,00	5,07	11	8,9
11,80	38,0	59,0		38,00	2,13	18	5,6	26,80	122,0	198,0		122,00	4,20	29	3,4
12,00	59,0	91,0		59,00	2,53	23	4,3	27,00	189,0	252,0		189,00	4,60	41	2,4
12,20	81,0	119,0		81,00	2,67	30	3,3	27,20	187,0	256,0		187,00	4,07	46	2,2
12,40	72,0	112,0		72,00	3,40	21	4,7	27,40	170,0	231,0		170,00	4,40	39	2,6
12,60	105,0	156,0		105,00	1,53	69	1,5	27,60	193,0	259,0		193,00	3,93	49	2,0
12,80	84,0	107,0		84,00	2,73	31	3,3	27,80	192,0	251,0		192,00	3,73	51	1,9
13,00	40,0	81,0		40,00	2,00	20	5,0	28,00	168,0	224,0		168,00	4,73	36	2,8
13,20	119,0	149,0		119,00	2,40	50	2,0	28,20	189,0	260,0		189,00	6,93	27	3,7
13,40	132,0	168,0		132,00	3,33	40	2,5	28,40	207,0	311,0		207,00	4,40	47	2,1
13,60	98,0	148,0		98,00	3,13	31	3,2	28,60	229,0	295,0		229,00	5,33	43	2,3
13,80	106,0	153,0		106,00	1,87	57	1,8	28,80	268,0	348,0		268,00	5,00	54	1,9
14,00	138,0	166,0		138,00	2,87	48	2,1	29,00	250,0	325,0		250,00	4,40	57	1,8
14,20	94,0	137,0		94,00	3,20	29	3,4	29,20	229,0	295,0		229,00	3,73	61	1,6
14,40	139,0	187,0		139,00	3,60	39	2,6	29,40	323,0	379,0		323,00	2,47	131	0,8
14,60	112,0	166,0		112,00	3,27	34	2,9	29,60	306,0	343,0		306,00	3,60	85	1,2
14,80	91,0	140,0		91,00	2,80	33	3,1	29,80	308,0	362,0		308,00	3,60	86	1,2
15,00	99,0	141,0		99,00	2,60	38	2,6	30,00	308,0	362,0		308,00			

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

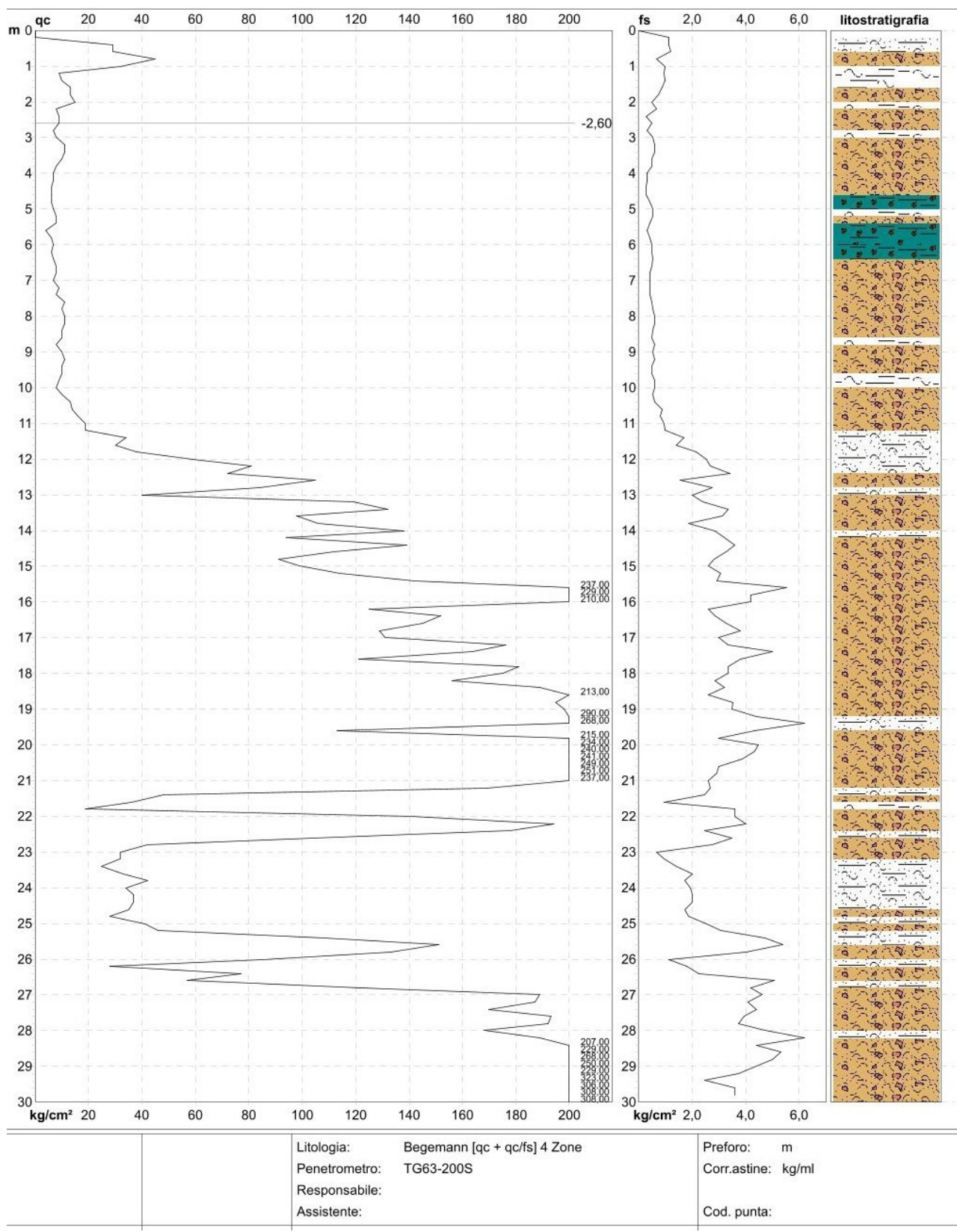
qc = resistenza di punta

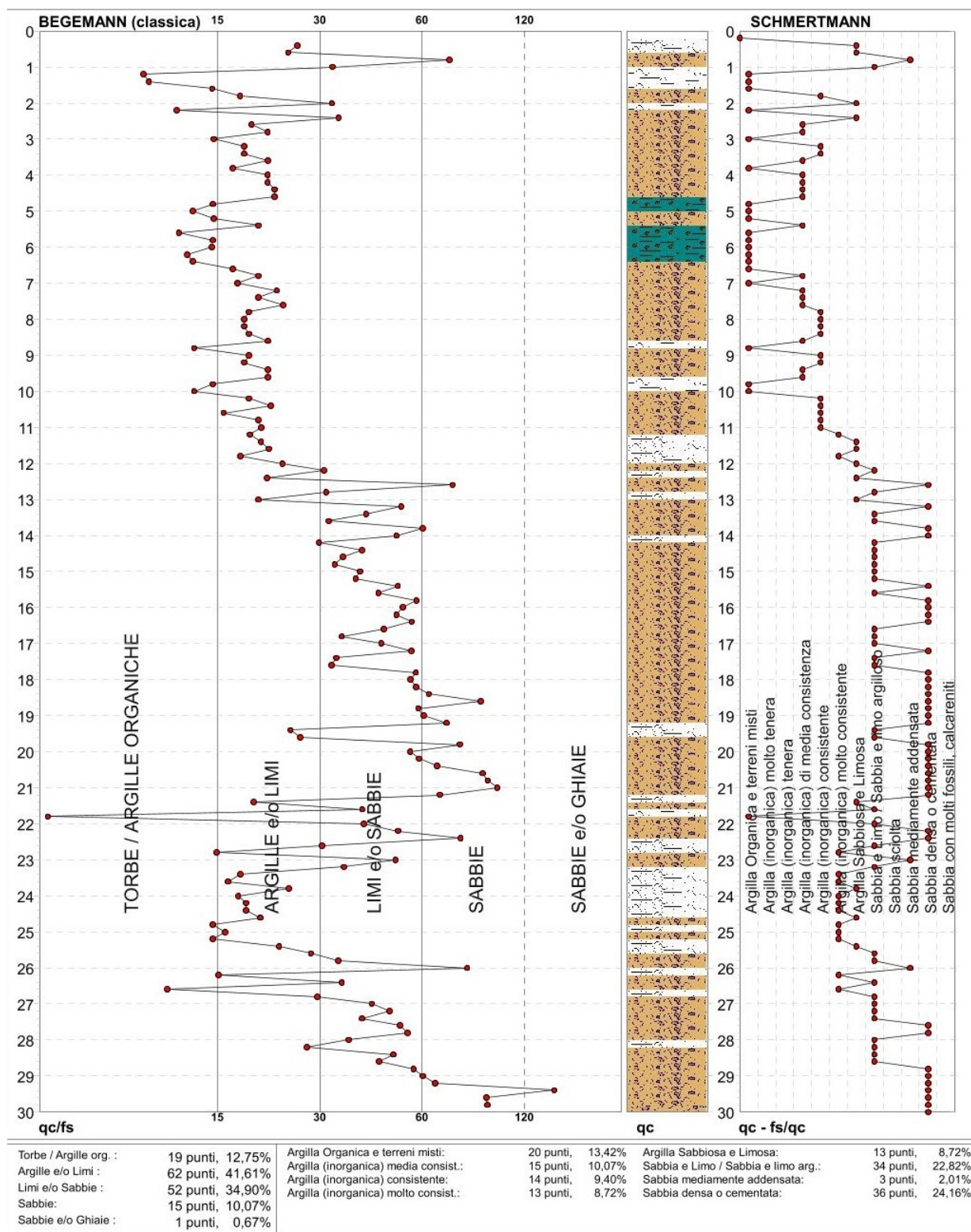
fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100





Committente:	IMMOBILIARE "IL PORTONE" SRL	U.M.: kg/cm ²	Data esec.: 10/12/2013
Cantiere:	COSTRUZIONE FABBRICATO RESIDENZIALE	Pagina: 1	Data certificato: 12/12/2013
Località:	FINALE EMILIA	Elaborato:	Falda: -2,60 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ^1 t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
0,20	--	--	--	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20.00	234.00	52.35	3	1.15	2.14							83	41	33	30	28	37	39	--	--	390.0	585.0	702.0
20.20	240.00	55.43	3	1.15	2.16							83	41	33	30	28	38	39	--	--	400.0	600.0	720.0
20.40	241.00	62.27	3	1.15	2.18							83	41	33	30	28	38	39	--	--	401.7	602.5	723.0
20.60	249.00	83.00	3	1.15	2.20							84	41	33	30	28	38	39	--	--	415.0	622.5	747.0
20.80	251.00	85.67	3	1.15	2.23							84	41	33	30	28	38	39	--	--	418.3	627.5	753.0
21.00	237.00	91.15	3	1.15	2.25							82	41	33	30	28	37	39	--	--	395.0	592.5	711.0
21.20	169.00	63.30	3	1.10	2.27							70	40	31	28	26	35	37	--	--	281.7	422.5	507.0
21.40	48.00	19.43	4	1.01	2.29	1.60	4.0	639.5	959.2	144.0	27	34	25	22	20	28	31	--	--	80.0	120.0	144.0	
21.60	36.00	38.71	3	0.89	2.31							16	33	23	20	19	27	30	--	--	60.0	90.0	108.0
21.80	19.00	5.28	2	0.99	2.33	0.78	1.6	449.6	674.4	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22.00	141.00	39.17	3	1.06	2.35							63	39	30	27	25	34	36	--	--	235.0	352.5	423.0
22.20	194.00	48.50	3	1.14	2.37							74	40	32	29	27	36	38	--	--	323.3	485.0	582.0
22.40	178.00	72.06	3	1.12	2.40							70	40	31	28	26	35	37	--	--	296.7	445.0	534.0
22.60	104.00	29.97	4	1.05	2.42	3.47	9.9	590.7	886.0	312.0	52	37	28	25	24	32	34	--	--	173.3	260.0	312.0	
22.80	42.00	15.38	4	1.00	2.44	1.40	3.1	674.8	1012.1	126.0	20	34	24	21	19	27	30	--	--	70.0	105.0	126.0	
23.00	32.00	47.76	3	0.88	2.46							11	33	23	19	18	26	29	--	--	53.3	80.0	96.0
23.20	32.00	34.41	3	0.88	2.47							11	33	22	19	18	26	29	--	--	53.3	80.0	96.0
23.40	25.00	17.86	4	0.94	2.49							2	31	21	18	17	25	28	--	--	41.7	62.5	75.0
23.60	33.00	16.50	4	0.97	2.51	1.10	2.2	601.3	901.9	99.0	11	33	23	19	18	26	29	--	--	55.0	82.5	99.0	
23.80	42.00	24.28	4	1.00	2.53	1.40	3.0	691.3	1036.9	126.0	20	34	24	20	19	27	30	--	--	70.0	105.0	126.0	
24.00	34.00	17.62	4	0.98	2.55	1.13	2.3	616.7	925.1	102.0	12	33	23	19	18	26	29	--	--	56.7	85.0	102.0	
24.20	37.00	18.50	4	0.98	2.57	1.23	2.5	653.1	979.7	111.0	15	33	23	20	19	26	30	--	--	61.7	92.5	111.0	
24.40	37.00	18.50	4	0.99	2.59	1.23	2.5	655.1	982.6	111.0	15	33	23	20	19	26	30	--	--	61.7	92.5	111.0	
24.60	35.00	20.23	4	0.98	2.61	1.17	2.3	633.7	950.5	105.0	13	33	23	19	18	26	29	--	--	58.3	87.5	105.0	
24.80	28.00	14.97	4	0.96	2.63	0.97	1.8	550.7	826.1	84.0	5	32	22	18	17	25	28	--	--	46.7	70.0	84.0	
25.00	41.00	16.21	4	1.00	2.65	1.37	2.7	700.9	1051.4	123.0	18	33	23	20	19	27	30	--	--	68.3	102.5	123.0	
25.20	46.00	14.98	4	1.01	2.67	1.53	3.1	738.9	1108.4	138.0	21	34	24	21	19	27	31	--	--	76.7	115.0	138.0	
25.40	108.00	22.83	4	1.06	2.69	3.60	9.0	638.3	957.4	324.0	50	37	28	25	23	32	34	--	--	180.0	270.0	324.0	
25.60	151.00	27.96	4	1.09	2.71	5.03	13.6	855.7	1283.5	453.0	62	39	30	27	25	34	36	--	--	251.7	377.5	453.0	
25.80	133.00	33.25	3	1.05	2.73							57	38	29	26	24	33	35	--	--	221.7	332.5	399.0
26.00	85.00	75.22	3	0.98	2.75							42	36	27	24	22	30	33	--	--	141.7	212.5	255.0
26.20	28.00	15.56	4	0.96	2.77	0.97	1.7	555.8	833.8	84.0	3	32	21	18	17	25	28	--	--	46.7	70.0	84.0	
26.40	77.00	33.92	3	0.96	2.79							38	36	26	23	22	30	33	--	--	128.3	192.5	231.0
26.60	57.00	11.24	4	1.01	2.81	1.90	3.8	790.4	1185.6	171.0	27	35	25	21	20	28	31	--	--	95.0	142.5	171.0	
26.80	122.00	29.05	4	1.07	2.83	4.07	9.9	692.7	1039.0	366.0	53	38	28	25	24	32	35	--	--	203.3	305.0	366.0	
27.00	189.00	41.09	3	1.13	2.86							68	39	31	28	26	35	37	--	--	315.0	472.5	567.0
27.20	187.00	45.95	3	1.13	2.88							68	39	31	28	26	35	37	--	--	311.7	467.5	561.0
27.40	170.00	38.64	3	1.11	2.90							64	39	30	27	25	34	37	--	--	283.3	425.0	510.0
27.60	193.00	49.11	3	1.14	2.92							68	39	31	28	26	35	38	--	--	321.7	482.5	579.0
27.80	192.00	51.47	3	1.14	2.95							68	39	31	28	26	35	37	--	--	320.0	480.0	576.0
28.00	168.00	35.52	3	1.10	2.97							63	39	30	27	25	34	37	--	--	280.0	420.0	504.0
28.20	189.00	27.27	4	1.12	2.99	6.30	15.9	1071.0	1606.5	567.0	67	39	30	27	26	34	37	--	--	315.0	472.5	567.0	
28.40	207.00	47.05	3	1.15	3.01							70	40	31	28	26	35	38	--	--	345.0	517.5	621.0
28.60	229.00	42.96	3	1.15	3.04							73	40	31	28	26	35	39	--	--	381.7	572.5	687.0
28.80	268.00	53.60	3	1.15	3.06							79	41	32	29	27	36	40	--	--	446.7	670.0	804.0
29.00	250.00	56.82	3	1.15	3.08							76	40	32	29	27	36	39	--	--	416.7	625.0	750.0
29.20	229.00	61.39	3	1.15	3.10							73	40	31	28	26	35	39	--	--	381.7	572.5	687.0
29.40	323.00	130.77	3	1.15	3.13							84	41	33	30	28	37	40	--	--	538.3	807.5	969.0
29.60	306.00	85.00	3	1.15	3.15							82	41	32	30	28	37	40	--	--	510.0	765.0	918.0
29.80	308.00	85.56	3	1.15	3.17							82	41	32	30	28	37	40	--	--	513.3	770.0	924.0
30.00	308.00	--	3	1.15	3.20							82	41	32	30	28	37	40	--	--	513.3	770.0	924.0

4.2.2 Indagine MASW

L'indagine di riferimento ha permesso la determinazione dell'andamento della velocità delle Vs fino a oltre 30 m di profondità.

Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati. L'errore RMS calcolato è del 0.34%.

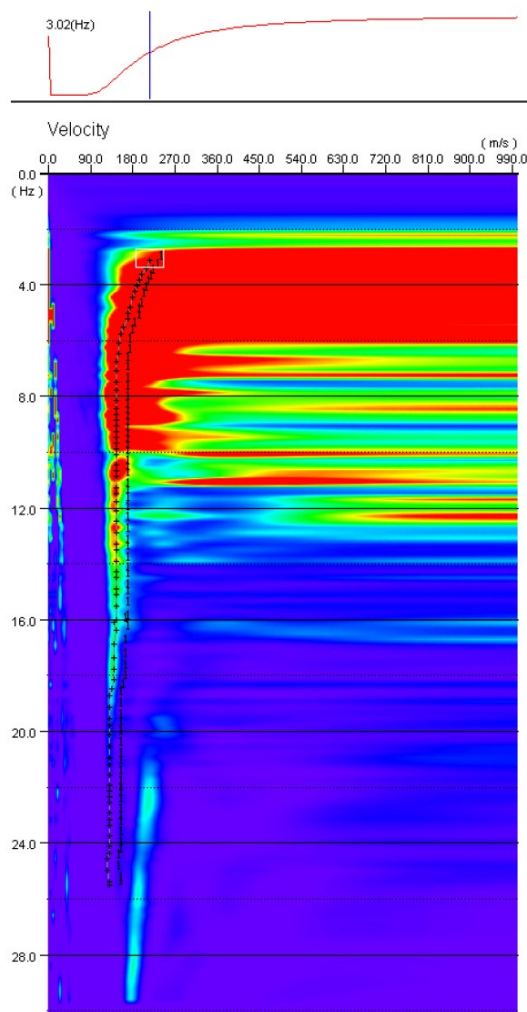


Figura 15 – Curva di dispersione cumulativa metodi attivo e passivo

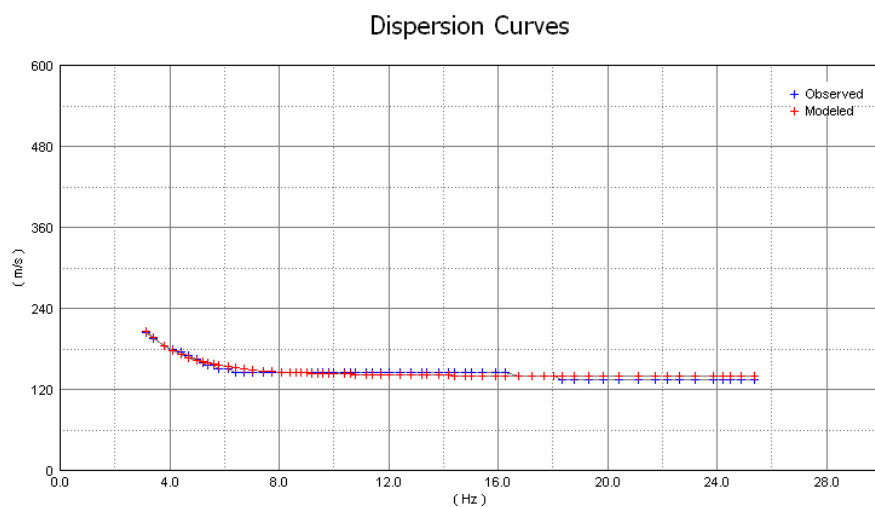


Figura 16 – Curva di dispersione misurata (blu) e calcolata (rosso)

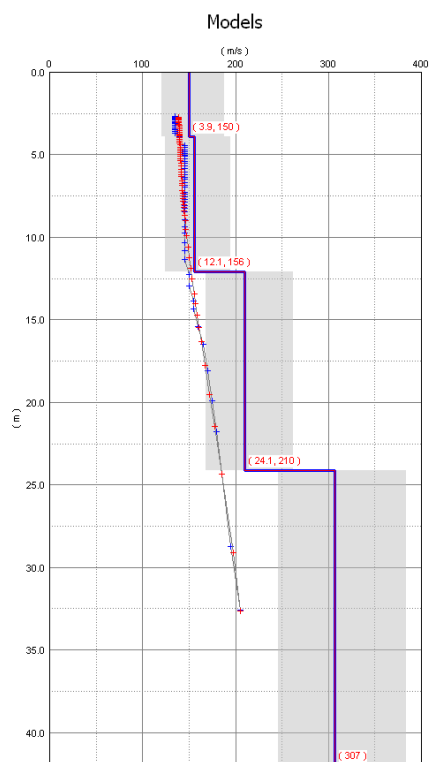


Figura 17 – Modello risultante dall'inversione dei dati

Per quanto concerne i dettagli relativi alle caratteristiche geometriche dello stendimento, sono stati utilizzati 24 geofoni in linea con interdistanza di 2 m.

La V_{s30} è stata ricavata dalla formula:

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

Nel caso specifico è risultato:

$$V_{s30} = 194 \text{ m/s}$$

Si tratta quindi di un suolo tipo C ($S = 1.47$ secondo le NTC).

Vengono inoltre fornite tabelle recanti la classificazione del sito e lo spettro di risposta elastico relativo, ricavato considerando una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tempo di ritorno 475 anni). Tale condizione corrisponde allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (secondo NTC). È inoltre stata inserita la classificazione del sito in base alle vigenti normative regionali.

5 Analisi dei dati delle indagini: modellazione geolitologica media

Le indagini prese come riferimento dal lavoro sopracitato hanno permesso di definire un modello stratigrafico medio del sottosuolo preliminare e adatto alla presente fase del lavoro.

Le indagini geognostiche di riferimento sono state distinte in due differenti dataset, uno riferito alla porzione ovest dell'impianto e uno alla porzione est. Le indagini di riferimento della porzione ovest state effettuate a nord rispetto dell'area di progetto ed in terreni geologicamente affini. Mentre le indagini di riferimento della porzione est sono state effettuate ad ovest rispetto all'impianto.

Gli affioramenti, infatti, sono caratterizzati principalmente depositi sedimentari recenti appartenenti all'Unità di Modena mediamente consistenti e da mediamente consistenti a consistenti. Si tratta principalmente di argille o argille leggermente sabbiose di chiara origine fluviale e che presentano discrete caratteristiche geotecniche.

5.1 Modello geolitologico-stratigrafico preliminare del sottosuolo

Il modello geolitologico-stratigrafico medio realizzato per la presente fase progettuale è da considerarsi preliminare in quanto è il risultato di studi bibliografici, indagini di riferimento e rilievo in situ opportunamente integrate e realizzate in contesti geologici contigui ed affini all'area in esame.

Per quanto riguarda la porzione ovest dell'impianto si ha la presenza di un primo strato di depositi sedimentari recenti mediamente consistenti fino ad una profondità di circa -3.50 m dal p.c. per poi passare a depositi sedimentari recenti da mediamente consistenti a consistenti fino alla profondità indagata di circa -10.00 metri dal p.c.

Strato	ϕ (°)	Cu (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	γ' (t/m ³)
Depositi sedimentari recenti mediamente consistenti	21 - 22	0,08 - 0,12	0,01	1,40 - 1,45	1,75 - 1,80
Depositi sedimentari recenti da mediamente consistenti a consistenti	27 - 28	0,25 - 0,30	0,025 - 0,03	1,75 - 1,80	1,85 - 1,95

Tabella 3 – Parametri geotecnici porzione ovest dell'impianto. Fonte: Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco agrivoltaico avanzato della potenza di 60,49484 MW, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato "Valletta". Relazione Geologica in ambito di PFTE a cura del Dott. Geol. Eugenio Martire del 15/07/2024.

Per quanto riguarda la porzione est si fa riferimento all'elaborazione del modello geotecnico presente nell'elaborato del P.U.G. di Finale Emilia sopracitato. Difatti, l'analisi delle prove penetrometriche dello studio geologico e geotecnico "*indagine geotecnica preventiva sui terreni di fondazione e caratterizzazione sismica elab. 19_geologica x richiesta Var n 27*" sopracitato, ha consentito la ricostruzione del modello geologico e geotecnico del substrato, permettendo di suddividere il terreno attraversato in intervalli a comportamento omogeneo.

- da m. 0,00 a m. 4,00 dal p.c.

Si registrano medio-bassi valori di q_c 10+/- daN/cm² decrescenti con la profondità, con simmetrici valori di f_s 0,5+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 20+/- piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille limose passanti verso il basso ad argille di media consistenza con locali presenze di argille organiche. Le maggiori resistenze superficiali sono correlabili a fenomeni di essiccamento con variazioni volumetriche a ciclo stagionale.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,40+/-$ daN/m².



- **da m. 4,00 a m. 7,40 dal p.c.**

Si registrano bassi valori di q_c 7+/- daN/cm², con simmetrici valori di f_s 0,4+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 14+/-

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille organiche compreso tra argille di media consistenza in superficie e alla base.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,30+/-$ daN/m².

- **da m. 7,40 a m. 11,00 dal p.c.**

Si registrano bassi valori di q_c 10+/- daN/cm² debolmente crescenti con la profondità, con simmetrici valori di f_s 0,55+/- daN/cm², rapporto q_c/f_s 18+/-.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di argille di media consistenza alternate ad argille consistenti.

Coesione non drenata $C_{uk} = 0,48 \pm \text{daN/m}^2$.

- **da m. 11,00 a m. 15,00 dal p.c.**

Si registrano medio-alti valori di q_c $80 \pm \text{daN/cm}^2$ con trend crescente verso il basso, con medi valori di f_s $2,5 \pm \text{daN/cm}^2$, rapporto q_c/f_s $35 \pm$ piuttosto disperso.

La correlazione litologica di Schmertmann evidenzia uno strato di terreni misti argillosi, limosi e limo-sabbiosi.

Coesione non drenata $C_{uk} = 1,00 \pm \text{daN/m}^2$ nella parte superficiale Angolo di attrito $\phi_k = 28^\circ$

Si precisa ulteriormente che il modello geolitologico-stratigrafico preliminare è considerato adatto esclusivamente alla presente fase progettuale. Sarà dovere del professionista incaricato e del progettista nelle successive fasi progettuali valutare se effettuare indagini ad-hoc nell'area di studio.

6 Conclusioni

Con lo studio eseguito è stata caratterizzata l'area di sedime del Parco solare fotovoltaico "Energia del Panaro" da 83.2 MWp sotto il profilo geologico e sismico in ottemperanza alle vigenti norme della Regione Emilia-Romagna e le NTC2018.

Lo studio per la caratterizzazione geolitologica geotecnica e sismica si è avvalso delle risultanze delle indagini e sperimentazioni specialistiche ricavata dalla letteratura. In base all'intero novero dei dati sperimentali è stato elaborato il modello geotecnico preliminare del sottosuolo d'imposta del Parco Fotovoltaico.

L'area di studio, divisa in tre porzioni è situata ad ovest ed a est rispetto al centro abitato del Comune di Finale Emilia, in aree a valenza agricola. Presenta una morfologia subpianeggiante e non soggetta a variazioni e, pertanto, stabile sotto tale profilo (Categoria topografica T1).

L'assetto idrogeologico locale, governato da acque meteoriche liberamente dilavanti lungo il sito, tipico della pianura padana, e confluenti in diversi corsi d'acqua presenti; si rimanda alla relazione specialista per le considerazioni specifiche dal punto di vista idraulico.

In fase esecutiva, i dati ricavati dall'elaborazione delle indagini di riferimento suggeriscono le seguenti considerazioni:

- si consiglia eseguire preventivamente prove di carico sui piani fondali prescelti;
- un'apposita indagine in situ completa di prove di laboratorio per caratterizzare puntualmente i terreni;
- indagini geofisiche puntuali ed analisi della risposta sismica locale;
- i sostegni in acciaio per le basi di fondazione dei pannelli se battuti in situ (pali) offrono una buona soluzione.
- per quanto concerne le strutture di fondazioni dei locali tecnici e di trasformazione, è preferibile localizzare le platee in cemento al di fuori delle zone di avvallamenti topografici e lontano dalle linee di deflusso idrico superficiale.

Infine, per quanto attiene ai potenziali fenomeni di instabilità dei fronti di scavo, si pone in evidenza che è comunque necessario il rispetto delle seguenti norme sulla sicurezza:

D. Lgs 81/2008, art. 118: *Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno;*

D. Lgs 81/2008, art. 118: *Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno;*

D. Lgs 81/2008, art. 120: *È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature;*

DM 14 01 08 “Norme tecniche sulle costruzioni”, 6.8.6. (fronti di scavo): *Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo.*

Tutti i materiali di scavo vanno stoccati e lavorati, se occorre, in sito, altrimenti vanno smaltiti secondo le norme vigenti.

Napoli, febbraio 2026

Dr. Carmine Perna

Dr. Gaetano Ciccarelli

7 Limitazioni

Questa relazione è fornita per l'uso esclusivo del firmatario solo per questo progetto e per gli scopi di cui descritto nella relazione. Non deve essere utilizzato o invocato per altri progetti o scopi sullo stesso o altro sito o da una terza parte.

Nella redazione del presente rapporto si è necessariamente avvalsi delle informazioni fornite dal cliente e/o dai suoi tecnici.

Le conclusioni e le raccomandazioni presentate in questo rapporto si basano sulle informazioni fornite dai progettisti ed inquadrare nell'analisi delle indagini sul campo e di laboratorio di riferimento.

I risultati forniti nella relazione sono indicativi delle condizioni nello stato di fatto dei terreni così come indagato con le sperimentazioni di riferimento. Le condizioni del sottosuolo, ritenute adatte alla presente fase progettuale, possono cambiare bruscamente a causa di processi geologici variabili e anche a causa di interventi antropici.

Se la costruzione proposta viene trasferita o riprogettata, o se le condizioni locali cambiano anche per interventi al contorno delle aree studiate ed oggetto del presente lavoro, le conclusioni e le raccomandazioni contenute in questo rapporto devono essere considerate non valide a meno che le modifiche non vengano, previe comunicazioni tecniche ufficiali rese per iscritto, successivamente esaminate e validate dagli scriventi sì che possano essere riconsiderate e/o validate.

Le condizioni del sito modificate o il trasferimento delle strutture proposte possono richiedere ulteriori indagini e prove specifiche per determinare se le nostre conclusioni e raccomandazioni sono applicabili in considerazione delle mutate condizioni.

La presente relazione deve essere letta unitamente a tutte le note allegate e deve essere conservata integralmente senza separazione di singole pagine o sezioni.

La CG Associati Srls non può essere ritenuta responsabile per interpretazioni o conclusioni fatte da altri a meno che non siano supportate da una dichiarazione espressamente resa alla scrivente che deve accettare le interpretazioni e le implicazioni geologico-tecniche.

I nostri servizi professionali sono stati eseguiti e resi, unitamente alle raccomandazioni in conformità con i principi e le buone pratiche ingegneristiche generalmente accettate. Questa garanzia è sostitutiva di tutte le altre garanzie espresse o implicite.

8 Bibliografia

- Amorosi, A., & Bruno, L. (2024, October 3). Note Illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 F. 184 Mirandola, Servizio Geologico d'Italia - ISPRA.
<http://doi.org/10.15161/oar.it/211808>
- Basili, Roberto, et al. "The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology." *Tectonophysics* 453.1-4 (2008): 20-43.
- Boccaletti, Mario, Giacomo Corti, and Luca Martelli. "Recent and active tectonics of the external zone of the Northern Apennines (Italy)." *International Journal of Earth Sciences* 100.6 (2011): 1331-1348.
- CASTELLARIN, ALBERTO, et al. "GIORNALE DI GEOLOGIA." *Giornale di geologia* 47 (1985): 1.
- Castiglioni, G. B., et al. "Carta Geomorfologica della Pianura Padana a scala 1: 250.000." (1997).
- Devoti, Roberto, et al. "Evidence of large scale deformation patterns from GPS data in the Italian subduction boundary." *Earth and Planetary Science Letters* 311.3-4 (2011): 230-241.
- Emergeo Working Group. "Liquefaction phenomena associated with the Emilia earthquake sequence of May–June 2012 (Northern Italy)." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 13.4 (2013): 935-947.
- Emilia-Romagna, Regione. "ENI-AGIP (1998) Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna." *S. EL. CA, Firenze*: 120.
- Galli, Paolo, Sergio Castenetto, and Edoardo Peronace. "The MCS macroseismic survey of the Emilia 2012 earthquakes." *Annals of Geophysics* 55.4 (2012).
- Iadanza C., Trigila A., Starace P., Dragoni A., Roccisano M., Biondo T. (2021) IdroGEO: A Collaborative Web Mapping Application Based on REST API Services and Open Data on Landslides and Floods in Italy. [ISPRS International Journal of Geo-Information. 2021; 10\(2\):89.](#)

- *Indagine geotecnica preventiva sui terreni di fondazione e caratterizzazione sismica elab. 19_geologica x richiesta Var n 27 - Adozione 23 Variante P.R.G.*” del Comune di Finale Emilia
- INGV; 2009: Mappe di pericolosità sismica (http://esse1-gis.mi.ingv.it/s1_en.php).
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/dbmi/dbmi15.4>
- Montone, Paola, Maria Teresa Mariucci, and Simona Pierdominici. "The Italian present-day stress map." *Geophysical Journal International* 189.2 (2012): 705-716.
- Pieri M. & Groppi G. (1981): Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy. Pubbl. 434 P. F. Geodinamica, C.N.R., pp. 1-23, Milano
- PO, AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME. "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)." (2003).
- Pondrelli, Silvia, et al. "Quick regional centroid moment tensor solutions for the Emilia 2012 (northern Italy) seismic sequence." *Annals of Geophysics* 55.4 (2012).
- Progetto per la realizzazione e l’esercizio di un parco agrivoltaico avanzato della potenza di 60,49484 MW, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato “Valletta”. Relazione Geologica in ambito di PFTE a cura del Dott. Geol. Eugenio Martire del 15/07/2024
- Scognamiglio, Laura, et al. "The 2012 Pianura Padana Emiliana seismic sequence: locations, moment tensors and magnitudes." *Annals of Geophysics* 55.4 (2012).
- Servizio Geologico d'Italia. (2024). Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F. 184 Mirandola [Data set]. <http://doi.org/10.15161/oar.it/211806>
- Stucchi, M., et al. "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20 Marzo 2003, n. 3274." (2004).