

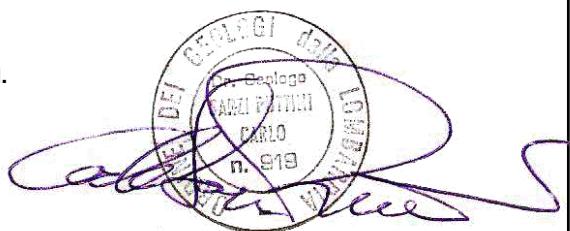
CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO
COMUNE DI CAMBIAGO
Via S. Maria in Campo



società incaricata:

Lybra ambiente e territorio S.r.l.

Via Guglielmo Pecori Giraldi, 9
20139 Milano
tel 02.45470559
indirizzo PEC lybra@gigapec.it
www.lybra-at.com



committente:

Rialto S.p.A.
Via Clerici, 342
20091 Bresso (MI)
P.IVA 05849840151

titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA (R3) ai sensi della D.G.R. 2616/2011

RELAZIONE GEOLOGICA (R1) ai sensi del D.M. 17.01.2018

**REALIZZAZIONE DI UN'ATTIVITÀ DI
DISTRIBUZIONE CARBURANTI E DI
AUTOLAVAGGIO A TUNNEL A SERVIZIO
DEL PUNTO VENDITA "IL GIGANTE"**

normative di riferimento:		
- D.G.R. X/5001 del 30.03.2016		
- D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011		
- D.M. 17.01.2018		

Commessa	Revisione	Data	Fase progettuale	Contenuto	File di riferimento
2486_25	Rev0	23/05/2025	Preliminare	(R3)+(R1)	R_2486_25_R3+R1_Rev0.doc
	Collaboratore di studio	Redatto	Verificato	Controllato	Approvato
	Stefano Galimberti	Stefano Galimberti	Monica Civitenga	Carlo Sarzi Puttini	Carlo Sarzi Puttini

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
1.1 FINALITÀ E MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELLO STUDIO	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
3. UBICAZIONE DEL SITO	5
4. ANALISI CARTOGRAFIA ESISTENTE E VINCOLI TERRITORIALI	6
4.1 CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA ATTRIBUITA ALL'AREA DI STUDIO	6
4.2 VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA	7
5. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI GENERALI	8
5.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DEL SETTORE DI STUDIO	9
6. DINAMICA IDROGEOLOGICA	10
6.1 CARATTERI IDROGEOLOGICI GENERALI.....	10
6.2 ANDAMENTO AREALE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA	11
6.3 IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO	12
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	14
7.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – CARTA DELLA PSL	14
7.2 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	16
7.3 STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI E DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (Fa).....	19
7.4 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO	20
7.5 ELABORAZIONI	21
8. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	24
9. CAMPAGNA DI INDAGINE.....	26
9.1 INDAGINE GEOTECNICA E GEOGNOSTICA IN SITO.....	26
9.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH	26
9.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT.....	27
10. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	32
10.1 GENERALITÀ	32
10.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DPSH	32

Lybra ambiente e territorio s.r.l. Via Guglielmo Pecori Giraldi, 9 20139 Milano Tel +39 02 45470559	P.IVA 04922490968 Cap. Soc. € 30.000,00 i.v. e-mail info@lybra-at.it PEC lybra@gigapec.it www.lybra-at.com	Società certificata ISO 9001-2015 da CertiEuro n° 22492Q <i>Società di Ingegneria Matr. N. SI017601 Società di Geologia Matr. N. SI000319</i>
--	--	---

11. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO.....	33
11.1 CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DELLE UNITÀ LITOTECNICHE.....	36
12. CONCLUSIONI.....	39
12.1 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	39
12.2 GEOTECNICA	39
12.3 SISMICA.....	40

ALLEGATI

- Allegato 1: Elaborazioni grafiche stendimento sismico MASW;
- Allegato 2: Tabelle e grafici delle prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- Allegato 3: Tabelle e grafici delle prove penetrometriche statiche CPT;
- Allegato 4: Fotografie di tutti i punti di indagine.

TAVOLE

- Tavola 1: Pianta stato di fatto con impronta nuove strutture in progetto: ubicazione indagini geotecniche e sismiche e traccia sezione geotecnica e stratigrafica A-B;
- Tavola 2: Sezione geotecnica e stratigrafica A-B.

Lybra ambiente e territorio s.r.l. Via Guglielmo Pecori Giraldi, 9 20139 Milano Tel +39 02 45470559	P.IVA 04922490968 Cap. Soc. € 30.000,00 i.v. e-mail info@lybra-at.it PEC lybra@gigapec.it www.lybra-at.com	Società certificata ISO 9001-2015 da CertiEuro n° 22492Q <i>Società di Ingegneria Matr. N. SI017601</i> <i>Società di Geologia Matr. N. SI000319</i>
--	--	---

I dati contenuti nella presente relazione tecnica, redatta da Lybra Ambiente e Territorio S.r.l., sono di proprietà del Committente, fatto salvo diversi accordi contrattuali. Il Committente potrà utilizzare e divulgare la relazione per la finalità per cui è stata redatta nel rispetto delle normative vigenti sulla riservatezza e sulla tutela della proprietà intellettuale, evitando qualsiasi uso non autorizzato.

In ogni caso, la proprietà intellettuale e i diritti d'autore sulla relazione, inclusi eventuali elaborati originali, analisi e metodologie sviluppate, restano di titolarità esclusiva di Lybra Ambiente e Territorio S.r.l..

1. PREMESSA

1.1 FINALITÀ E MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELLO STUDIO

Il presente elaborato è stato predisposto su incarico di "Rialto S.p.A." firmato in data 28/04/2025, per la realizzazione di un'attività di distribuzione carburanti e di autolavaggio a tunnel a servizio del punto vendita "Il Gigante" sito in comune di Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo.

Non essendo al momento disponibili informazioni specifiche in merito alla classificazione funzionale delle nuove strutture previste in progetto, si ipotizza che esse non rientrino tra gli "edifici strategici e rilevanti" di cui al D.D.U.O. n. 7237 del 22/05/2019.

Ai fini delle presenti valutazioni geotecniche e sismiche, si assume pertanto che tali strutture ricadano in Classe d'Uso II, secondo quanto previsto dal § 2.4.2 e dalla Tabella 2.4.II delle NTC 2018.

Inoltre, poiché in questa fase progettuale preliminare non sono ancora disponibili le quote di imposta delle fondazioni dei diversi manufatti, la categoria di sottosuolo sismico viene attribuita con riferimento alla quota del piano campagna, conformemente al § 3.2.2 delle NTC 2018 e alla Circolare esplicativa n. 7/2019.

In accordo con la Committenza, sono state effettuate le seguenti indagini in situ finalizzate a fornire il "modello geologico" dei terreni oggetto di intervento:

1) per la caratterizzazione geotecnica dei terreni:

- ⇒ N.8 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro superpesante standard DPSH, nel seguito denominate progressivamente da PD.1 a PD.8
- ⇒ N.3 prove penetrometriche statiche con penetrometro superpesante standard CPT (*Cone Penetration Test*), nel seguito denominate progressivamente da PS.1 a PS.3

2) per la caratterizzazione geofisica dei terreni:

- ⇒ N.1 prospezione sismica di tipo attivo MASW

Così come consentito dalla D.G.R. X/5001 del 30.03.2016, il presente documento si articola nelle seguenti due parti:

- la relazione geologica, redatta ai sensi della D.G.R. 2616/2011 (R3), allo scopo di verificare la fattibilità dell'intervento in progetto in riferimento a quanto richiesto dalle norme di attuazione del PGT per la specifica classe di fattibilità geologica e per la specifica classe di pericolosità sismica che l'estensore dello studio geologico del PGT ha attribuito all'area di studio;
- la relazione geologica, redatta ai sensi del D.M. 17.01.2018 (R1), con la finalità di fornire ai progettisti incaricati i parametri sismici e geotecnici del terreno a supporto delle verifiche di stabilità dell'opera.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011

Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374

D.G.R. X/2129 del 11.07.2014

Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art.3, c.108, lett.d)

L.R. n.33 del 12.10.2015

Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche

D.G.R. X/5001 del 30.03.2016

Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

D.G.R. XII/1717 del 28.12.2023

Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) di cui alla d.g.r. 11 luglio 2014, n. X/2129

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Circolare N.7 del 21 gennaio 2019

D.D.U.O. n.19904 del 21/11/2013 della Regione Lombardia

Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art.2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n.3274 del 23/03/2003, in attuazione della d.g.r. n.14964 del 07/11/2003

D.D.U.O. n.7237 del 22/05/2019 della Regione Lombardia

Aggiornamento del d.d.u.o. 21 novembre 2013 n. 19904 - Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della d.g.r. n.14964 del 07/11/2003

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i.

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007

UNI EN 1998 Eurocodice 8 - Strutture in zona sismica

UNI EN 1997 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica

A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana

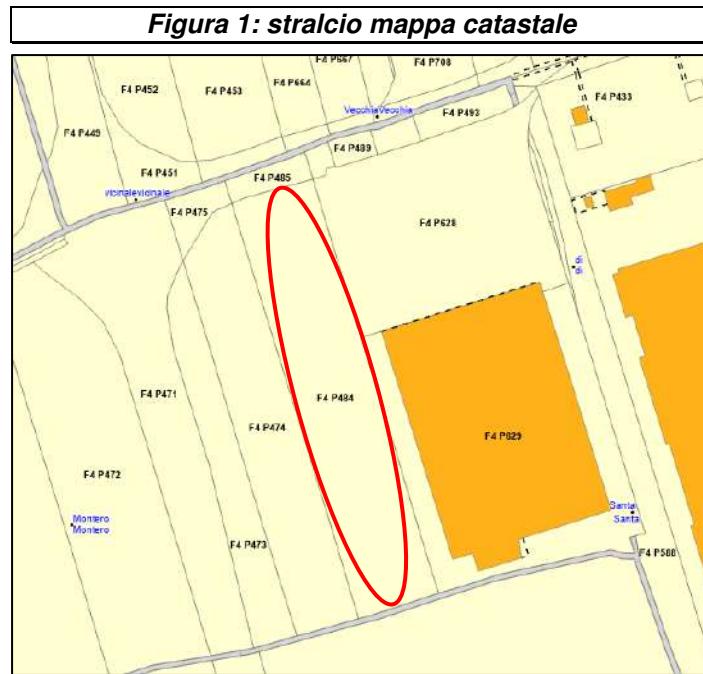
Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

3. UBICAZIONE DEL SITO

Il sito oggetto di intervento è ubicato a Cambiago in Via S. Maria in Campo. Il lotto è compreso nel mappale n.484 del foglio n.4 del comune di Cambiago (Codice Catastale B461), come visibile nella **Figura 1** sottostante.



L'ambito di studio, ubicato nel settore nord-occidentale del comune di Cambiago, 70 m circa ad est della Strada Provinciale SP176var e 500 m circa a sud della Autostrada A4 "Torino-Trieste", ricade all'interno del foglio B5e5 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, come visibile nella **Figura 2** sottostante.



4. ANALISI CARTOGRAFIA ESISTENTE E VINCOLI TERRITORIALI

Relativamente al settore di studio e ad un suo intorno significativo, sono stati analizzati i seguenti studi con le relative cartografie:

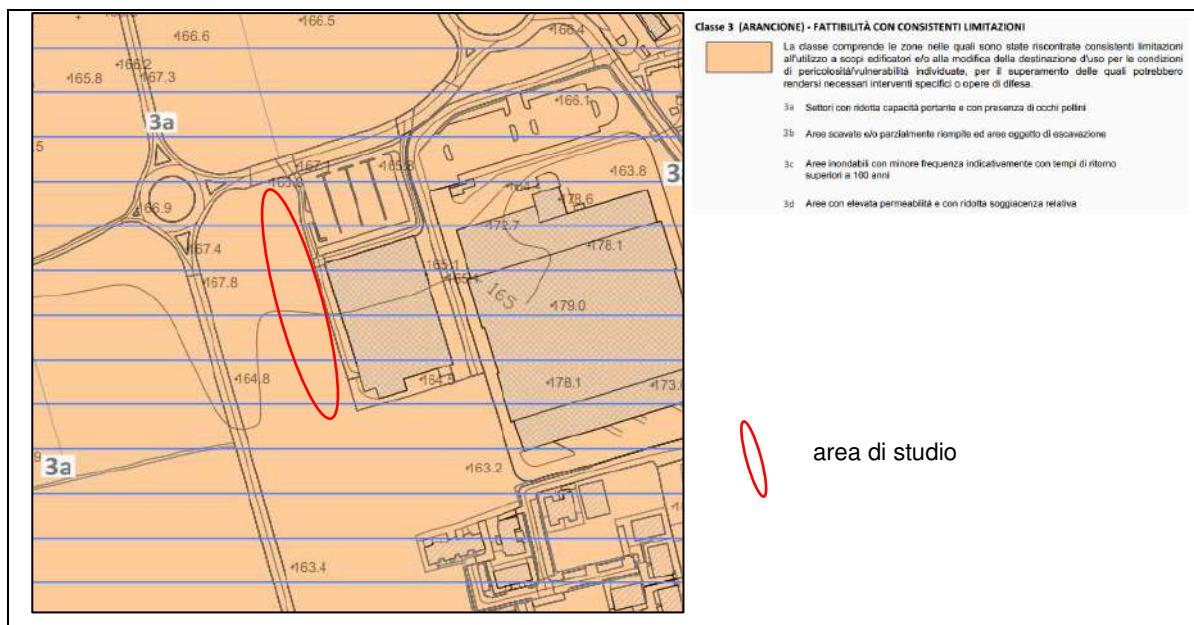
- “Piano di Governo del Territorio – Comune di Cambiago”, approvato con Delibera Consiliare n.7 del 03/03/2021 e pubblicato sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n.25 del 23/06/2021; disponibile on-line cliccando sul seguente link:
<http://www.comunecambiago.com/pgt2021/filebrowser.php?>
- GEOpernale della Lombardia, disponibile on-line cliccando sul seguente link:
<http://www.cartografia.regione.lombardia.it>.

4.1 CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA ATTRIBUITA ALL’AREA DI STUDIO

Secondo quanto riportato nella relazione del documento di “PGT – Comune di Cambiago” e nelle tavole grafiche relative alla componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto dello stesso documento - redatte da Geoinvest S.r.l. di Piacenza - l’area di studio ricade in classe 3 di fattibilità geologica con consistenti limitazioni all’edificabilità (vd. **Figura 3** sottostante).

Figura 3: stralcio della Tavola 9 – “Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano”

(dalle Tavole grafiche relative alla “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto del PGT comunale di Cambiago” redatto da Geoinvest S.r.l. di Piacenza)



Nello specifico l’area ricade nella sottoclasse 3a “*settori con ridotta capacità portante e con presenza di occhi pollini*”.

Le aree che ricadono in classe 3a di fattibilità geologica, sono aree che presentano “*ridotta capacità portante e con presenza di occhi pollini. Aree con una coltre superficiale di terreni limo-argillosi dell’ordine di 2-6 metri e una diffusa presenza di cavità a diversa profondità. In conseguenza le aree si caratterizzano per terreni disomogenei con caratteristiche geotecniche scadenti e/o sedimenti improvvisti*

In questa sottoclasse è fortemente consigliato verificare puntualmente quanto disposto nelle Linee Guida Occhi Pollini del PTCP della confinante Provincia di Monza e Brianza. Si sottolinea inoltre che è sconsigliata la realizzazione di pozzi perdenti o che la loro realizzazione sia attentamente valutata caso per caso”.

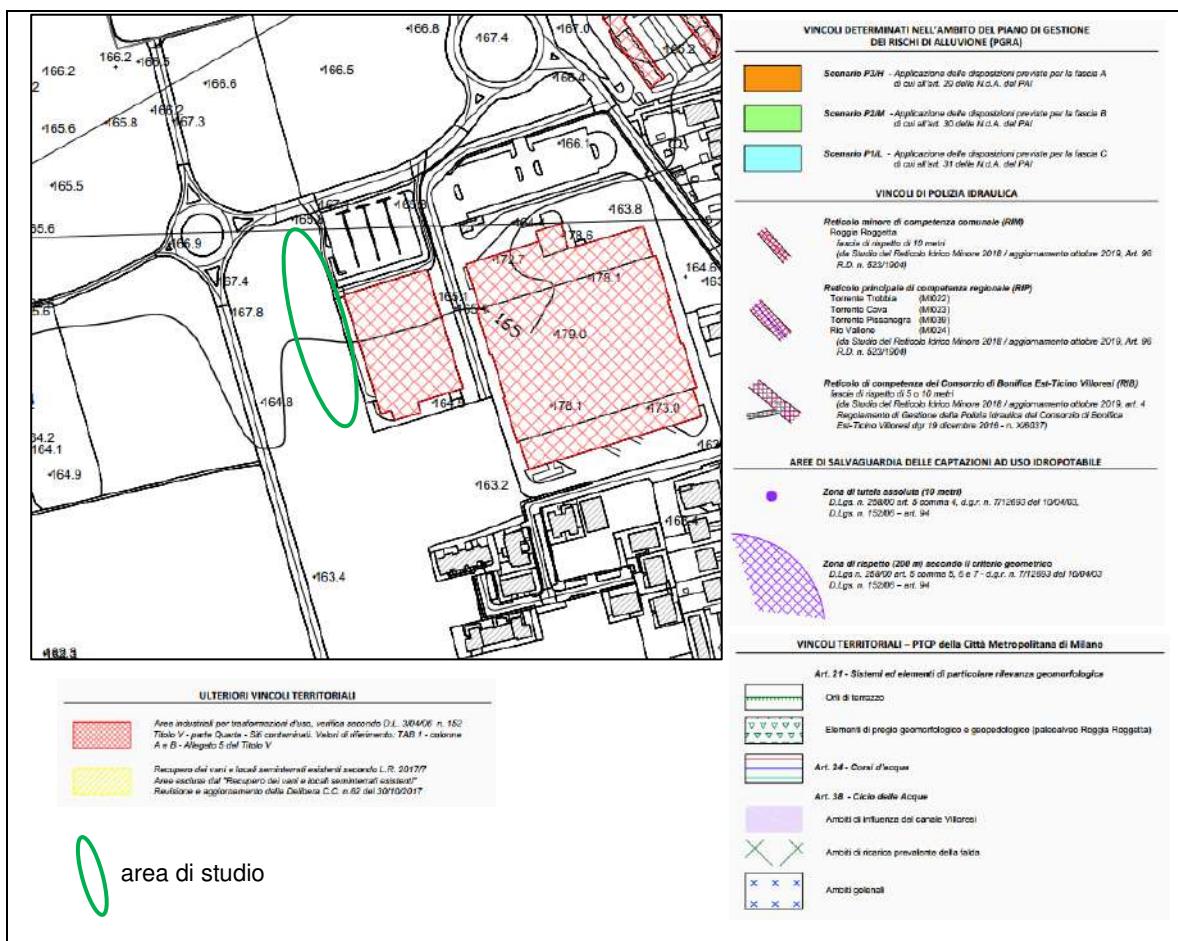
Entro tale classe di fattibilità geologica ricadono le aree nelle quali in genere sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie, fatto salvo l'obbligo di verifica della compatibilità geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018, per tutti i livelli di progettazione previsti per legge.

4.2 VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA

In base a quanto riportato all'interno della Tavola 7 – “Carta dei Vincoli” redatta in scala 1:5.000 (vd. **Figura 4**) ed allegata allo studio geologico del territorio comunale di Cambiago, sull'area di intervento non insiste alcun vincolo di natura geologica.

Figura 4: stralcio della Tavola 7 – “Carta dei Vincoli”

(dalle Tavole grafiche allegate alla “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto del PGT comunale di Cambiago” redatto da Geoinvest S.r.l. di Piacenza)



Si è inoltre provveduto a consultare la cartografia inherente la Direttiva Alluvioni 2007/60/CE del 2025, disponibile on-line sul geo-portale della Regione Lombardia (<http://www.cartografia.regenze.lombardia.it>).

Come visibile nella sottostante **Figura 5**, il sito in esame risulta esterno alle aree tutelate.

Figura 5: stralcio cartografia Direttiva alluvioni 2007/60/CE – Rev 2025



5. CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI GENERALI

Per la zona esaminata è possibile fare riferimento alla cartografia geologica ufficiale, in particolare alla Carta Geologica d'Italia – Foglio 45 (Servizio Geologico d'Italia, scala 1:100.000), allegata nella sottostante **Figura 6**, e alla Carta Geologica della Lombardia (scala 1:250.000), redatta a cura dell'Università degli Studi di Milano.

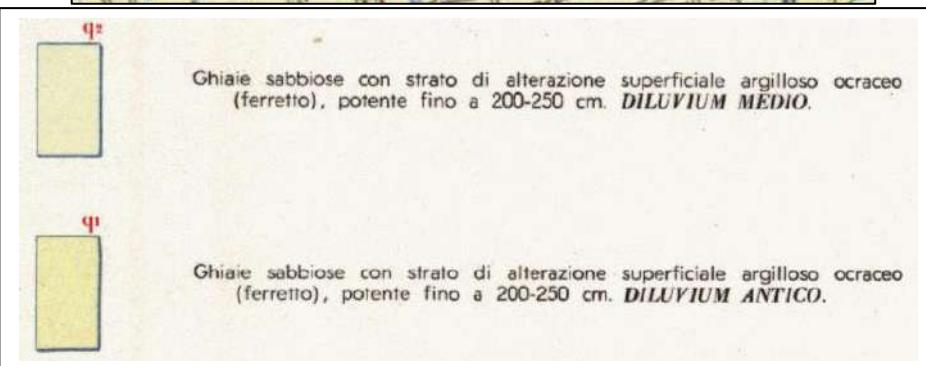
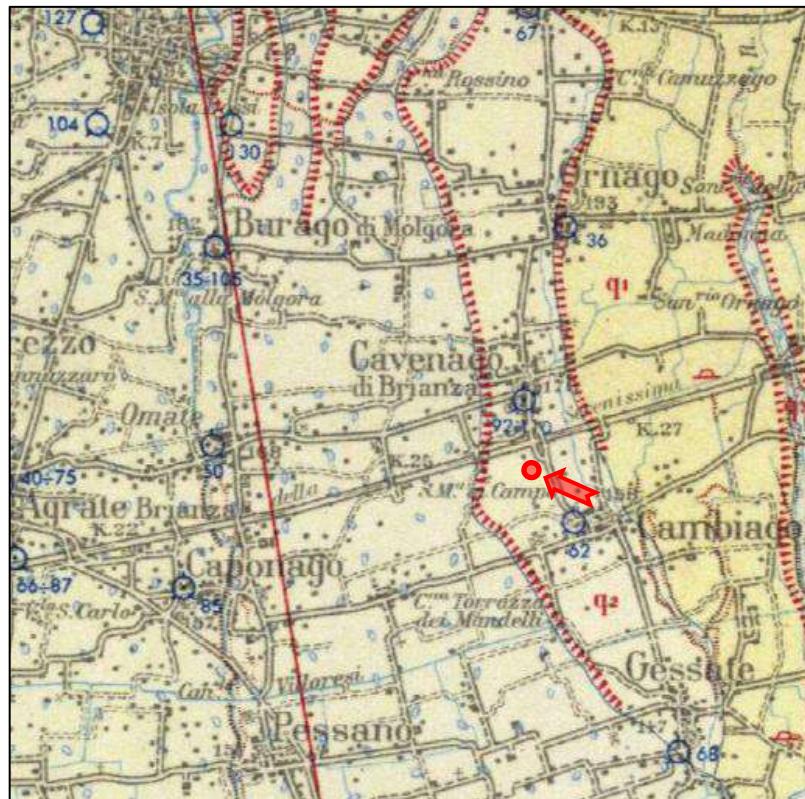
I terreni afferenti al settore in esame appartengono alle litologie del cosiddetto “*Livello fondamentale della pianura*”, costituito da depositi fluvioglaciali e alluvionali che formano una vasta e uniforme pianura compresa tra i terrazzi alluvionali del fiume Ticino a ovest e del fiume Adda a est. Tale continuità è localmente interrotta dalla presenza di alvei minori, come quelli dei fiumi Lambro e Olona, e da una fitta rete di paleoalvei, in parte ormai obliterati dall'espansione urbanistica.

Lo strato superficiale di alterazione caratteristico di questi depositi risulta in gran parte compromesso dall'azione antropica. Anche nelle aree a prevalente uso agricolo, l'intervento umano ha determinato un rimaneggiamento disordinato di tale livello, causando una diffusa commistione tra la coltre humica superficiale e i sottostanti livelli sabbioso-ghiaiosi.

All'interno di questa superficie si distinguono, dal punto di vista tessiturale (procedendo da nord verso sud), delle fasce a granulometria decrescente che passano dalle ghiaie prevalenti verso nord, alle argille e sabbie verso sud in relazione alla diminuzione dell'energia idraulica (e quindi della capacità di trasporto) dei corsi d'acqua che formavano la pianura per aggradazione verticale.

Come visibile nella sottostante **Figura 6**, l'ambito di studio è caratterizzato dalla presenza di ghiaie sabbiose con strato di alterazione superficiale argilloso ocraceo (ferretto), potente fino a 200-250 cm (q_2 – Diluvium medio).

Figura 6: stralcio della Carta Geologica d'Italia – Foglio 45



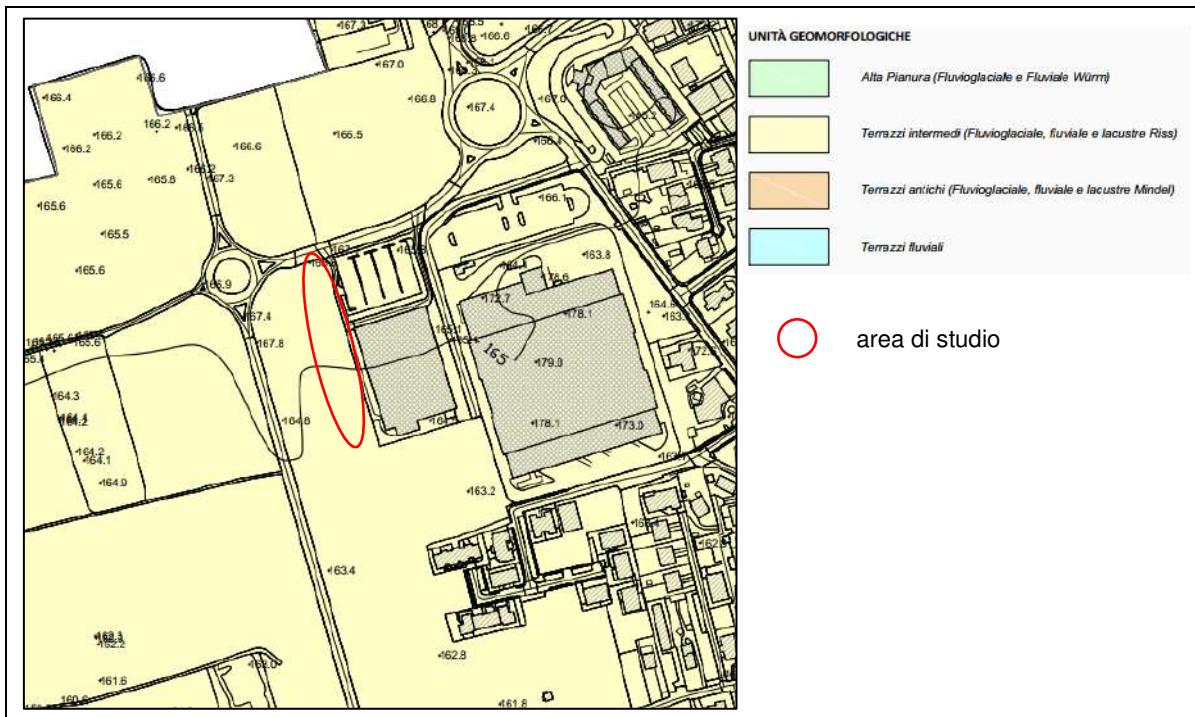
5.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DEL SETTORE DI STUDIO

Per un maggiore dettaglio, si fa riferimento alle tavole grafiche allegate alla componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto del PGT del comune di Cambiago (vd. Tavola 1 – “Carta Geologica - Geomorfologica e Pedologica”, della quale si riporta uno stralcio nella sottostante **Figura 7**), redatte da Geoinvest S.r.l. di Piacenza in scala 1:5.000.

Come visibile, l’area di studio ricade all’interno dell’unità geologica Fluvio glaciale, Fluviale e Lacustre Riss (limi, limi sabbiosi e limi argillosi a scheletro assente o raro, ghiaie a prevalente supporto clastico con matrice da limosa a limoso sabbiosa e con ciottoli centimetrici da arrotondati a sub-spigolosi), nonché nell’ambito geomorfologico dei Terrazzi Intermedi.

Figura 7: stralcio della Tavola 1 – “Carta Geologica – Geomorfologica e Pedologica”

(dalle Tavole grafiche allegate alla “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto del PGT comunale di Cambiago” redatto da Geoinvest S.r.l. di Piacenza)



Nel presente elaborato tecnico, le quote altimetriche sono riferite all'altezza di circa 167,30 m s.l.m., corrispondente al piano stradale individuato all'interno del foglio B5e5 della Carta Tecnica Regionale (vd. **Figura 2**).

6. DINAMICA IDROGEOLOGICA

6.1 CARATTERI IDROGEOLOGICI GENERALI

Nel sottosuolo della Provincia di Milano sono state individuate tre differenti litozone che si caratterizzano per una granulometria che decresce man mano che ci si allontana dal piano campagna.

Litozona ghiaioso-sabbiosa: è la più superficiale ed è costituita dai depositi grossolani quali quelli del livello fondamentale della pianura, dal Ceppo, dai depositi terrazzati a "ferretto" e dalle alluvioni recenti; in questa litozona sono presenti anche sporadiche lenti argillose di limitata estensione. Lo spessore medio è di circa 100 m e può essere distinta a sua volta in due orizzonti:

- orizzonte ghiaioso-sabbioso, spinto fino ad una profondità di 45 ÷ 50 m da piano campagna. E' costituito essenzialmente da ghiaie e sabbie con rare intercalazioni argillose;
- orizzonte sabbioso-ghiaioso, spinto fino ad una profondità di 80 ÷ 100 m. E' costituito da estese lenti sabbiose prevalenti, intercalate da lenti argillose e limitate lenti ghiaiose.

Questa litozona rappresenta la principale fonte da cui emungono i pozzi della zona in quanto i depositi grossolani sono sede di un acquifero freatico di estese dimensioni e di ottima continuità laterale mai interrotta dalle lenti argillose presenti.

L'orizzonte di separazione tra questa litozona e la sottostante è costituito da un livello continuo di argilla con spessore di circa 5-10 m.

Da un punto di vista tessiturale, si riscontra un decremento costante nella dimensione dei granuli andando da nord verso sud, in quanto si passa da zone a ghiaie prevalenti ad altre caratterizzate principalmente dalla presenza di sabbia.

Litozona sabbioso-argillosa: si posiziona al di sotto della precedente, costituisce l'acquifero profondo ed ha come limite superiore la comparsa di argille e sabbie fini di colore scuro, da grigio-blu a grigio. Tessituralmente è composta da depositi fini quali argille in massima parte, poi torbe, argille sabbiose e sabbie fini; solo localmente si ha la presenza di lenti sabbiose e ghiaioso-sabbiose. Tali lenti sono sede di acquiferi confinati che, grazie alla loro profondità ed alla protezione assicurata dai letti di argilla soprastante, vengono sfruttati per uso civile in quanto sono maggiormente preservati dall'inquinamento rispetto all'acquifero della litozona sovrastante. Da un punto di vista idrogeologico viene considerata come il letto del freatico, da cui peraltro trae acqua per filtrazione, mentre per quanto riguarda il proprio letto la scarsità di informazioni ne impedisce l'individuazione.

Litozona argillosa: costituisce la porzione più profonda del materasso alluvionale padano, quella che con tutta probabilità si appoggia direttamente al substrato in continuità con le argille sotto il Ceppo. Litologicamente è composta da argille e argille torbose sovete di colore azzurro o blu ma, poiché si trova a profondità che solo di rado vengono raggiunte dai pozzi, è difficile stabilire con certezza tutti i caratteri litologici presenti.

6.2 ANDAMENTO AREALE DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA

La ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica della falda superiore si basa sui dati contenuti nella componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del PGT comunale di Cambiago.

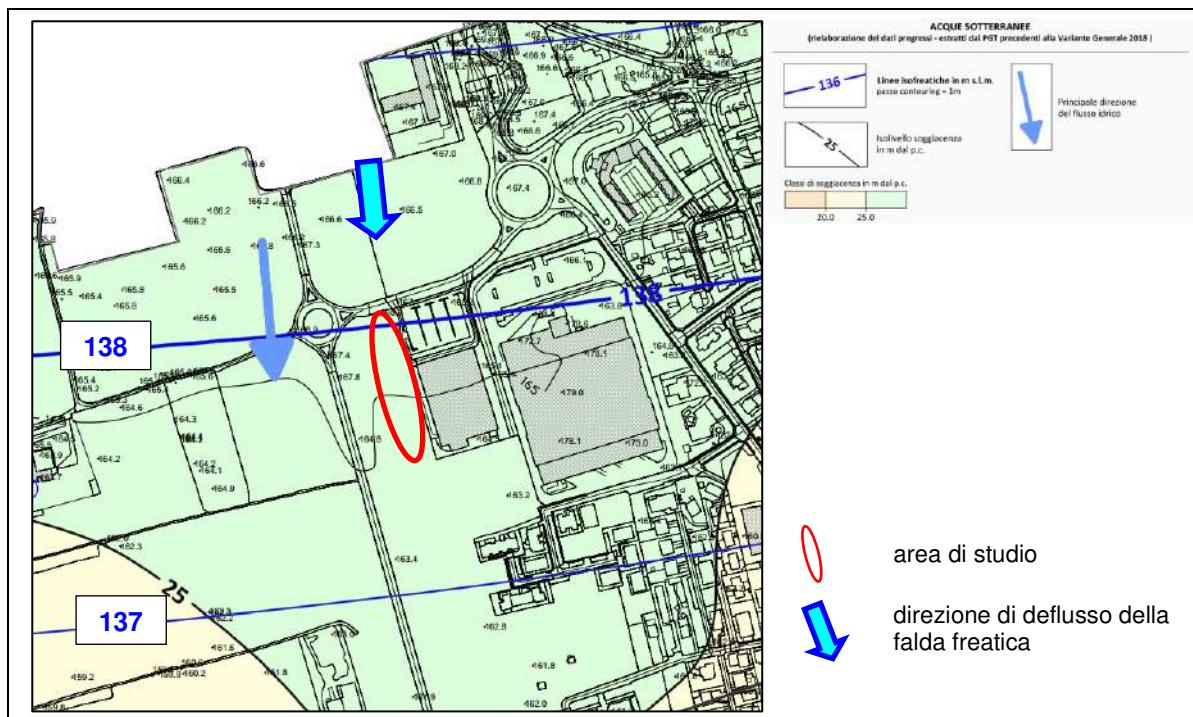
In particolare, si fa riferimento alla Tavola 3 – Carta Idrogeologica (di cui si riporta uno stralcio nella sottostante **Figura 8**), redatta da Geoinvest S.r.l. sulla base dei dati forniti dalla *Rete di rilevamento regionale dei corpi idrici sotterranei*. Tale rete è gestita, per conto della Città Metropolitana di Milano, dal Consorzio Acqua Potabile, che esegue misurazioni mensili su un sistema di monitoraggio costituito da 182 pozzi.

Come visibile dallo stralcio riportato nella sottostante **Figura 8**, la quota assoluta della falda in corrispondenza dell'area di studio risulta essere compresa tra circa 137,50 m e 138,00 m s.l.m., corrispondente a valori di soggiacenza compresi tra 29,30 e 29,80 m dalla quota presa come riferimento (167,30 m s.l.m.).

La superficie piezometrica presenta morfologia planare, con direzione del flusso idrico sotterraneo generalmente orientata circa da nord verso sud.

Figura 8: stralcio della Tavola 3 – “Carta Idrogeologica”

(dalle Tavole grafiche allegate alla “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto del PGT comunale di Cambiago” redatto da Geoinvest S.r.l. di Piacenza)



6.3 IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO

Nelle sottostanti **Figure 9 e 10** sono riportate le carte di dettaglio delle isofreatiche, relative rispettivamente ai mesi di marzo e settembre 2022, ricostruite sulla base dei dati della rete di monitoraggio piezometrico forniti dalla Città Metropolitana di Milano - SIA.

Figura 9: piezometria di dettaglio – marzo '22

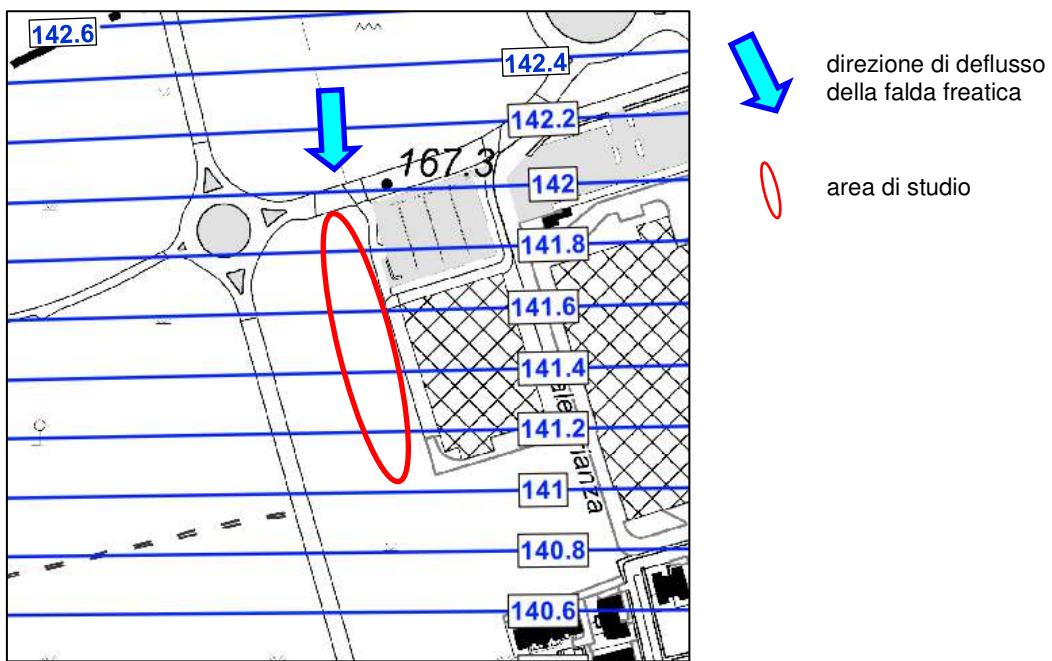
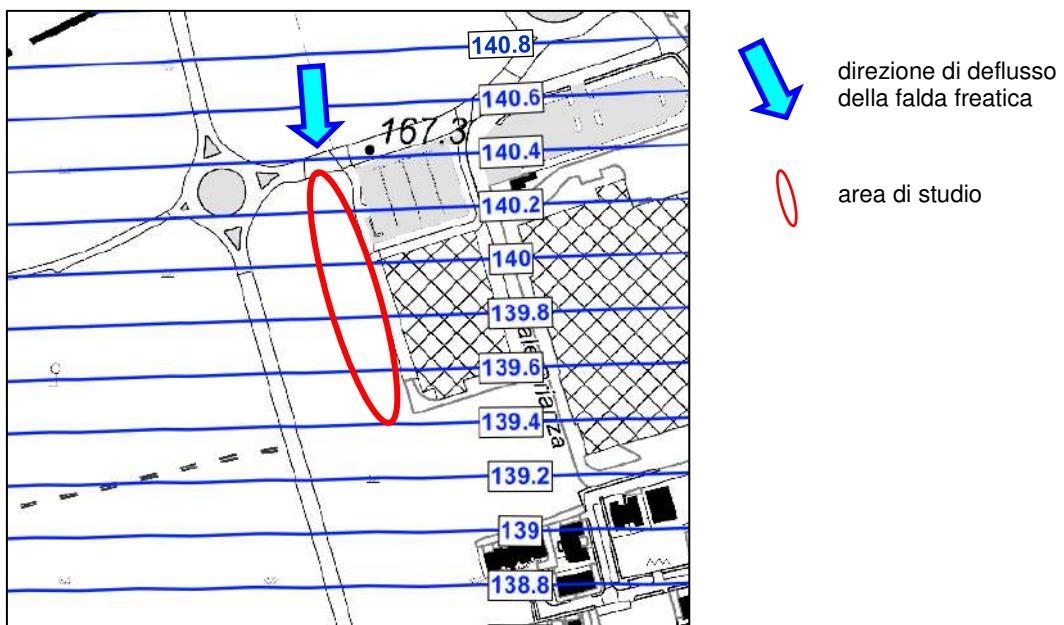


Figura 10: piezometria di dettaglio – settembre '22



Dalla loro analisi risulta più precisamente che la piezometria era compresa tra 141,00 ÷ 142,00 m s.l.m. a marzo ed era compresa tra 139,40 ÷ 140,40 m s.l.m. a settembre.

I valori di soggiacenza risultavano pertanto dell'ordine di 25,30 ÷ 26,30 m da p.c. nel mese di marzo, mentre si attestavano intorno a 26,90 ÷ 27,90 m da p.c. nel mese di settembre '22.

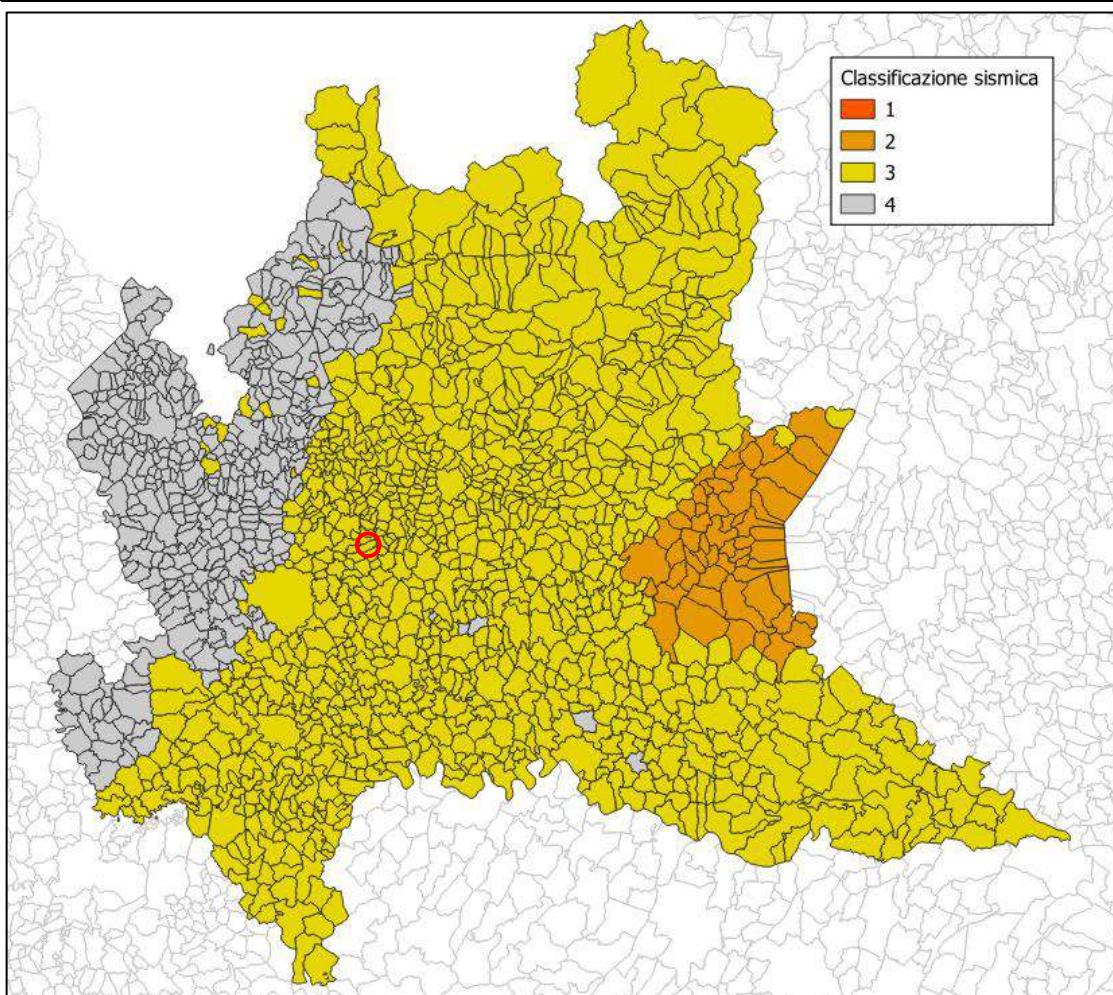
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

7.1 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – CARTA DELLA PSL

Secondo la vecchia normativa sulla classificazione sismica del territorio nazionale (D.M. 19.03.1982), il comune di Cambiago ricadeva in classe N.C. (non classificato).

Con l'entrata in vigore dell'O.P.C.M. n. 3274 del 23 marzo 2003, Cambiago è stato invece inserita in zona sismica 4, corrispondente alla categoria di minore pericolosità sismica, in cui i terremoti sono considerati eventi rari.

Figura 11: mappa delle zone sismiche in Regione Lombardia
(elaborata sulla base della D.G.R. n.XII/1717 del 28/12/2023)



In data 10 aprile 2016 è entrata in vigore la Delibera della Giunta Regionale n. X/2129 dell'11 luglio 2014, recante "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c.108, lett. d)". In base a quanto stabilito dalla suddetta D.G.R., il comune di Cambiago è passato da zona sismica 4 a 3.

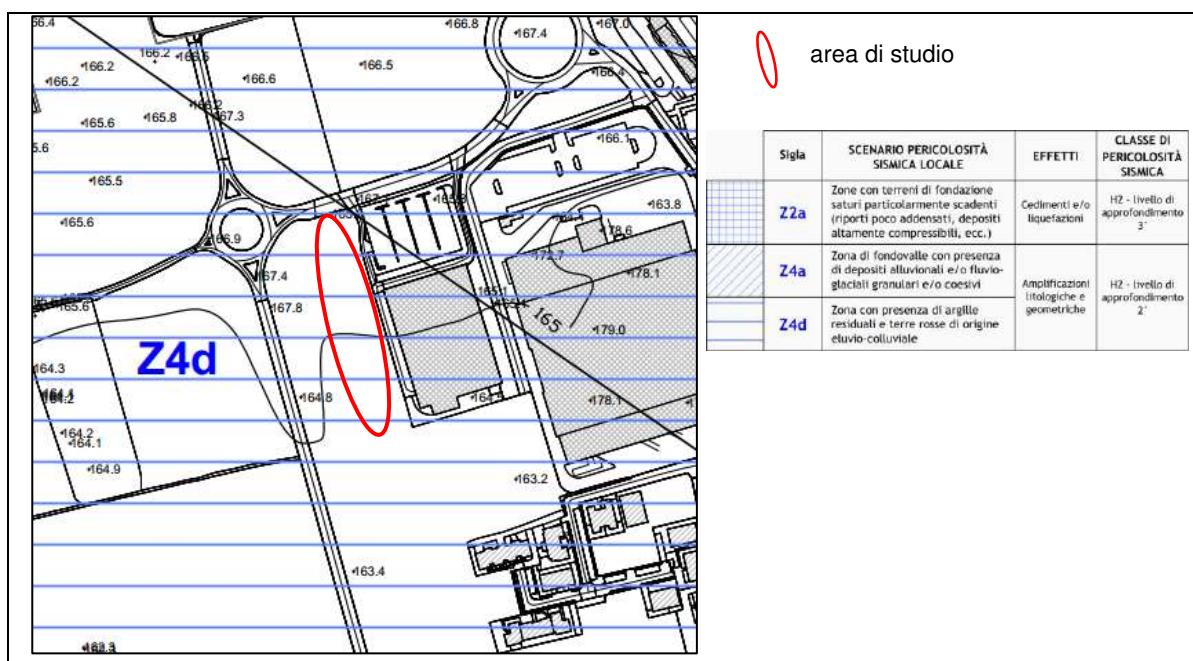
Con l'entrata in vigore della Delibera della Giunta Regionale n. XII/1717 del 28 dicembre 2023, recante "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c.108, lett. d) di cui alla D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129", avvenuta in data 12 gennaio 2024, è stata confermata per il comune di Cambiago la classificazione in zona sismica 3 (vd. precedente **Figura 11**).

Il 1° livello di approfondimento della componente sismica del territorio comunale di Cambiago è stato effettuato da Geoinvest S.r.l. nell'ambito della Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del "PGT – Comune di Cambiago".

Secondo quanto riportato nella Tavola 6 – "Carta della Pericolosità Sismica Locale (1° Livello)" redatta in scala 1:5.000 e di cui si allega stralcio nella sottostante **Figura 12**, l'area di studio viene collocata nell'ambito dello scenario di pericolosità sismica locale Z4d, come definito nell'Allegato 5 della D.G.R. attuativa n. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Figura 12: stralcio della Tavola 6 – "Carta della Pericolosità Sismica Locale (1° Livello)"

(dalle Tavole grafiche allegate alla "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto del PGT comunale di Cambiago" redatto da Geoinvest S.r.l. di Piacenza)



Come riportato integralmente nella tabella sottostante, fornita da Regione Lombardia, le tipologie di terreni appartenenti allo scenario Z4d – "zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale" – possono dare luogo ad amplificazioni litologiche e geometriche.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

In relazione allo scenario di pericolosità sismica attribuito all'area, è possibile determinare la relativa classe di pericolosità sismica e i livelli di approfondimento previsti dalla normativa vigente. Per tutti i Comuni classificati ricadenti in zona sismica 3, come il comune di Cambiago, la normativa regionale impone l'attuazione dei livelli di approfondimento successivi al primo, secondo quanto illustrato nello schema riportato nella tabella seguente:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1 ^o livello fase pianificatoria	2 ^o livello fase pianificatoria	3 ^o livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2^o livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o.n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2^o livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Nel caso specifico, considerando che l'area oggetto di intervento:

- rientra in zona sismica 3
- ricade nello scenario di pericolosità sismica locale Z4d
- ricade in un ambito urbanizzato

si può concludere che:

⇒ sono richiesti gli approfondimenti sismici di 2° livello

7.2 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello di approfondimento consente la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetriti nella carta PSL e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (F_a).

L'applicazione di tale livello consente di individuare aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare edifici e infrastrutture dagli effetti attesi di amplificazione sismica locale (F_a calcolato superiore a F_a di soglia comunale riportato in apposite tabelle fornite dalla Regione Lombardia e calcolate dal Politecnico di Milano).

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo compresi tra $0.1 \div 0.5$ s e $0.5 \div 1.5$ s, in funzione del periodo proprio della tipologia edilizia in progetto.

Per quel che riguarda gli effetti litologici, la procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- *litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;*
- *stratigrafia del sito;*
- *andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;*
- *spessore e velocità di ciascuno strato;*
- *sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.*

PARAMETRI LITOLOGICI E STRATIGRAFICI – MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni oggetto di studio, necessarie per l'approfondimento sismico di 2° livello, sono state ricostruite mediante i risultati delle indagini geognostiche appositamente eseguite sul sito.

Per maggiori dettagli si rimanda al Cap. 9 della presente relazione tecnica.

STENDIMENTO SISMICO MASW - MODELLO GEOFISICO DEL TERRENO

Per valutare l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità, a partire dal piano campagna, è stata impiegata una tecnica che utilizza le onde superficiali (MASW). Tale tecnica, ha il vantaggio di indagare volumi di terreno più estesi rispetto ad altre tecniche puntuali, anche di tipo diretto, mantenendo contenuti i costi.

Nella tecnica di tipo indiretto-attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), la generazione delle onde superficiali si ottiene mediante l'energizzazione in superficie ottenuta mediante sistemi impulsivi; conseguentemente si ha la formazione nel terreno di un treno di onde complesso comprendente onde di Rayleigh.

La tecnica MASW, similmente a quello che avviene per la sismica a rifrazione, si basa sulla registrazione dei primi arrivi delle onde superficiali prodotte in corrispondenza di una catena di geofoni. L'obiettivo è quello di ottenere, per ogni stendimento geofisico, un profilo verticale del valore della velocità delle onde di taglio collocabile approssimativamente nella zona centrale dello stendimento.

In **Allegato 1** sono riportati i risultati della prova MASW eseguita il giorno 12 maggio '25 all'interno dell'area di indagine (vd. ubicazione in **Tavola 1**) ed elaborata dalla società E.E.G. S.r.l. (Environmental and Engineering Geophysics) di Sesto Calende.

Nel riquadro principale si osserva la stratigrafia delle V_s ricavata da ciascuna prova, nonché le curve di dispersione misurate e calcolate. A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ calcolato, in conformità al D.M. 17/01/18 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, utilizzando la stratigrafia V_s e la formula:

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

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 valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_S non inferiori a 800 m/s

Nel caso in cui la profondità del substrato H sia superiore a 30 m dal piano di riferimento (piano di posa delle fondazioni superficiali, testa dei pali di fondazione, testa di opere di sostegno di terreni naturali, piano di posa delle fondazioni di muri di sostegno di terrapieni), il parametro $V_{S,eq}$ è definito dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H pari a 30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Non essendo nota, in questa fase, la quota di imposta delle fondazioni delle nuove strutture in progetto, nel seguito si terrà conto del valore di $V_{S,30}$ calcolato a partire dal piano di campagna esistente all'atto delle indagini.

⇒ la tabella sottostante indica la categoria sismica di appartenenza del suolo di fondazione: in base al valore di $V_{S,30}$ (344 m/s), il terreno rientra in **categoria C**.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (da N.T.C. 2018)

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

Tabella 1: classificazione del sito
(secondo l'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17/01/2018")

Località:	- Cambiago - Via S. Maria in Campo	
Metodo di indagine:	MASW	
Strumentazione utilizzata:	Sismografo 24 canali	
Metodo di energizzazione:	Mazza da 6 kg	
Geometria dello stendimento:	lineare con 24 geofoni – interasse 2 m	
VELOCITA' SISMICA ONDE DI TAGLIO $V_{S,30}$ (m/s)		344
Tenuto conto dei risultati, il sito in esame rientra nella categoria di sottosuolo:	C	
<i>Profilo stratigrafico del suolo</i>	$V_{S,30}$ (m/s)	
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	180 < $V_{S,30}$ < 360	

7.3 STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI E DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (FA)

Tenuto conto di tutti i dati illustrati nei precedenti paragrafi e quindi del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico emerso dalle elaborazioni, possono essere applicate le procedure finali dell'Allegato 5 alla D.G.R. attuativa n.IX/2616 del 30/11/2011 per la stima degli effetti litologici e del relativo Fattore di amplificazione (F_a).

Calcolo del fattore di amplificazione

Il calcolo del periodo proprio del sito (T) è stato effettuato tramite la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{S,i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Per quel che concerne la scheda di valutazione più idonea alla stima degli effetti litologici per i siti riferiti allo scenario PSL di tipo Z4d, tenuto conto dei campi di validità nei diagrammi z- V_s e delle litologie rilevate in sito, si è considerata quella SABBIOSA.

Inoltre, tenuto conto della profondità del primo strato equivalente e della velocità V_s ottenuta come media pesata (245 m/s con 8,00 m), si è considerata la casella n.2 verde e quindi la curva caratteristica n.2.

Considerando la sezione sismostratigrafica schematica riportata in **Figura 13**, calcolata a partire dal piano campagna fino alla profondità in cui il valore di V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la precedente formula, si è ottenuto un valore del periodo del sito T pari a 0,41 s.

**Figura 13: sezione sismostratigrafica schematica
(da piano campagna)**

	Vs (m/s)	Spessore h (m)	Profondità (m)	Vs * h
strato 1	175	0,50	0,50	87,50
strato 2	147	0,80	1,30	117,60
strato 3	212	2,60	3,90	551,20
strato 4	293	4,10	8,00	1201,30
strato 5	304	5,10	13,10	1550,40
strato 6	412	6,40	19,50	2636,80
strato 7	503	6,30	25,80	3168,90
strato 8	534	5,20	31,00	2776,80
strato 9	546	6,80	37,80	3712,80
strato 10	800	18,05	55,85	14439,10
		55,85		30242,40

Calcolo F_a nel tratto polinomiale:

$$F_a \text{ } 0,1 \div 0,5 \text{ s} = 1,6$$

$$F_a \text{ } 0,5 \div 1,5 \text{ s} = 1,7$$

Il valore ottenuto per il coefficiente di amplificazione proprio del sito è stato confrontato con il valore di soglia riportato nell'apposita tabella, fornita dalla Regione Lombardia.

Da tale tabella si evince che per il comune di Cambiago, per suoli di tipo C, il valore di soglia calcolato è pari a 1,8 per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s (relativo a strutture basse, regolari, piuttosto rigide) ed è pari a 2,4 per il periodo compreso tra 0,5 e 1,5 s (relativo a strutture più alte e più flessibili).

Poiché risulta:

$$F_a \text{ } 0,1 \div 0,5 \text{ s} = 1,6 < 1,8$$

$$F_a \text{ } 0,5 \div 1,5 \text{ s} = 1,7 < 2,4$$

ne consegue che:

⇒ per il periodo T compreso tra 0,1 e 0,5 s la normativa è **sufficiente** a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

⇒ per il periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s la normativa è **sufficiente** a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

In considerazione dei risultati dell'approfondimento sismico di 2° livello, i parametri sito-specifici di seguito riportati fanno riferimento alla classe di sottosuolo C.

7.4 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

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

Il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” impone anche la verifica delle azioni sismiche sulle nuove costruzioni.

La pericolosità sismica del sito di costruzione è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” V_R espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; tale probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{V_R} .

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- *accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);*
- *ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_a(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R .*

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

- *a_g accelerazione orizzontale massima al sito;*
- *F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;*
- *T^*_c valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

Per i valori di a_g , F_o e T^*_c , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

7.5 ELABORAZIONI

I parametri ed i coefficienti sismici fondamentali del sito in esame sono stati calcolati mediante il software “GeoStru PS Advanced” di GeoStru.

Per i calcoli sono stati ipotizzati i seguenti dati:

TIPO DI COSTRUZIONE	
Vita Nominale V_N	50 anni
Classe d'uso (*)	II
Coefficiente d'uso C_U	1,0
Vita di riferimento $V_R = V_N * C_U$	50 anni
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	C
CATEGORIA TOPOGRAFICA (vd. Tabella 3.2.III sottostante)	
	T1
Coordinate geografiche (WGS84)	Latitudine 45,574276 [°]
	Longitudine 9,414894 [°]
Coordinate geografiche (ED50)	Latitudine 45,575205 [°]
	Longitudine 9,41595 [°]
Tipo di interpolazione	media ponderata

^(*) Di seguito si riportano i parametri sismici sito-specifici del comparto di studio, calcolati ipotizzando che le strutture in progetto ricadano in Classe d'Uso II: *costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

Si sottolinea che qualora tali strutture dovessero rientrare nell'elenco degli edifici strategici e/o rilevanti (D.D.U.O. n. 7237 del 22/05/2019) e/o fossero caratterizzate da una Classe d'Uso differente da quella ipotizzata nella presente relazione, sarà necessario eseguire tutti i previsti approfondimenti di legge.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche (da N.T.C. 2018)

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

SITO DI RIFERIMENTO

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	11819	45,5641	9,3525	5090,077
Sito 2	11820	45,5665	9,4238	1141,323
Sito 3	11598	45,6165	9,4204	4601,305
Sito 4	11597	45,6141	9,3491	6763,204

PARAMETRI SISMICI

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

STATO LIMITE	PROBABILITÀ SUPERAMENTO	TR	AG	F0	T*C
SLO	81	30	0,023	2,529	0,181
SLD	63	50	0,030	2,516	0,204
SLV	10	475	0,070	2,559	0,281
SLC	5	975	0,090	2,557	0,291
Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R					
50 anni					

COEFFICIENTI SISMICI

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,850	1,000	0,007	0,003	0,335	0,200
SLD	1,500	1,770	1,000	0,009	0,004	0,435	0,200
SLV	1,500	1,600	1,000	0,021	0,010	1,027	0,200
SLC	1,500	1,580	1,000	0,027	0,014	1,325	0,200

VALUTAZIONE DELL'ACCELERAZIONE DI PROGETTO

FONDAZIONI			
ag accelerazione orizzontale massima		STATO LIMITE	a_g (g)
		SLU SLV	0,070
		SLU SLC	0,090
		SLE SLO	0,023
		SLE SLD	0,030
a_{max} accelerazione massima		a_{max} = S* a_g = S_S*S_T* a_g	0,105 g 1,03 m/s²
Coefficiente sismico orizzontale		Kh = βs * a_{max}/g	0,021

GeoStru PS ADVANCED
Fonctionnalità sismica di base e di alto. Scopri la versione completa.

Indirizzo: Corso XXV Aprile, 15 - 20133 MILANO
Indirizzo: Via S. Maria in Campo, Cambiago

Stato limite

Classificazione: II. Altaltempi normale. Assenza di zone pubbliche o sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Mappa preceduta

CU = 1

Stato Limite:

	T ₁ [anni]	a _g [g]	F ₀	F ₁ [s]
Operatività (SLO)	30	0,023	2,579	0,161
Danno (SLD)	50	0,031	2,516	0,264
Salvaguardia vita (SLV)	476	0,070	2,649	0,281
Prevenzione crollato (SLC)	975	0,098	2,557	0,291

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Type: Stabilità dei pendii e fondazioni

Cal. Sismico: C

Cal. Topografica: TT

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione strutturale	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz. categoria	1,98	1,77	1,60	1,98
SI Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Altezza massima attesa di sba [m]: 0,6

Coeff.	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0,007	0,009	0,021	0,027
Inv	0,003	0,004	0,010	0,014
Amax [m/s ²]	0,335	0,435	1,027	1,325
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Visualizza: Mappa, Satellite, 3D, 3D con profondità, 3D con profondità e pendii.

8. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

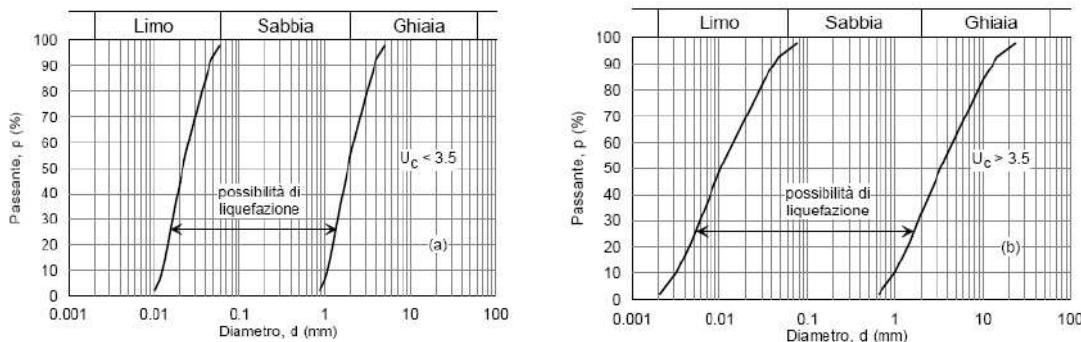
Per liquefazione di un terreno si intende la perdita di resistenza al taglio o l'accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da un'azione sismica ciclica in condizioni non drenate.

La verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N_1)₆₀ > 30 oppure $q_{c1N} > 180$ dove (N_1)₆₀ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella sottostante **Figura 14** nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$.

Quando la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Figura 14: distribuzione granulometrica con $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$



Nel caso dei terreni presi in esame, l'analisi sismica sito-specifica ha fornito un valore dell'accelerazione massima al bedrock a_g pari a 0,070g per eventi con tempi di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni (vd. tabella parametri sismici per SLV a pag. 22). Risulta quindi che il valore di a_{max} in superficie è pari a 0,105g (dove $a_{max} = a_g \times S$, con $S = S_s \times S_t$).

Poiché la prima condizione non risulta soddisfatta, si procede con la verifica della condizione 2.

Dalla Tavola 3 – “Carta Idrogeologica” allegata alla “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica a supporto del Piano di Governo del Territorio” e dai dati della rete di monitoraggio piezometrico forniti dalla *Città Metropolitana di Milano - Sistema Informativo Ambientale*, si evince che nell’area di studio la soggiacenza media della falda si attesta a profondità superiori a 20,00 m.

⇒ ***stante quanto sopra, la verifica alla stabilità nei confronti della liquefazione per i terreni oggetto di studio non risulta necessaria, risultando una profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna.***

9. CAMPAGNA DI INDAGINE

9.1 INDAGINE GEOTECNICA E GEOGNOSTICA IN SITO

Come già anticipato in “Premessa”, al fine di valutare gli aspetti geotecnici di massima dei terreni che caratterizzano l’area di studio, sono state analizzate ed elaborate le seguenti indagini in situ eseguite nel mese di maggio ‘25:

- ✚ N.8 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro superpesante standard DPSH, nel seguito denominate progressivamente da PD.1 a PD.8;
- ✚ N.3 prove penetrometriche statiche con penetrometro superpesante standard CPT (*Cone Penetration Test*), nel seguito denominate progressivamente da PS.1 a PS.3.

L’ubicazione di tutte le indagini eseguite (prove penetrometriche e MASW) è riportata nella planimetria di **Tavola 1**.

9.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Le prove sono state eseguite con penetrometro dinamico DPSH Meardi - AGI, le cui caratteristiche tecniche sono rigorosamente conformi alla normativa vigente. In particolare, i principali dati tecnici riguardanti l’attrezzatura utilizzata sono:

Tabella 2: caratteristiche tecniche dell’attrezzatura di prova

CARATTERISTICHE TECNICHE			DPSH Meardi - AGI	
	SIMBOLO	U.M.		
MAGLIO	M	kg	73	
VOLATA DI RIFERIMENTO	H	m	0.75	
PUNTA CONICA	ANGOLO	°	60	
	DIAM. BASE	mm	51.0	
ASTE	LUNGHEZZA	m	1.5	
	MASSA	kg/m	7	
	DIAM. EST.	d ₀	34	
RIVESTIMENTI	LUNGHEZZA	m	1.5	
	DIAMETRI	mm	48 / 38	
PENETRAZIONE STANDARD		cm	30	

Tali prove consistono nell’infissione nel terreno di una punta conica e nel rilevare il numero di colpi di maglio necessari per approfondimenti costanti di 30 cm.

Ad ogni avanzamento della punta segue un analogo affondamento dei tubi di rivestimento, con lo scopo di evitare lo sviluppo dell’attrito tra il terreno e le aste connesse alla punta; in tal modo la resistenza di penetrazione incontrata dalla punta deriva solamente dall’azione che oppongono all’avanzamento i diversi orizzonti detritici attraversati.

Si determina, quindi, per via diretta lo stato di addensamento dei terreni di fondazione e indirettamente (dal confronto tra la resistenza alla punta RP - linea continua - e la resistenza laterale RL - linea tratteggiata) la litostratigrafia locale.

La prova di regola viene interrotta quando la resistenza di avanzamento alla punta (RP) o la resistenza incontrata dal rivestimento (RL) per effetto dell'attrito laterale, superano il valore di 100 per 30 cm di affondamento.

In **Allegato 2** si riportano sia i diagrammi che le tabelle delle prove penetrometriche eseguite: in essi **lo zero corrisponde al piano di campagna locale (p.c.)**.

9.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche è stato utilizzato un penetrometro statico/dinamico avente una spinta pari a 20 t attrezzato con punta Begemann.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta / manicotto tipo "Begemann".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro Punta Conica meccanica \varnothing = 35,7 mm
- area di punta A_p = 10 cm^2
- angolo di apertura del cono α = 60 °
- superficie laterale del manicotto A_m = 150 cm^2

Le letture di campagna (rilevate dal sistema di acquisizione in kg/cm^2) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta LP = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale LT = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale $LLTT$ = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

Le resistenze specifiche Q_c (Resistenza alla punta RP) e Q_l (Resistenza Laterale RL) o f_s (attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione), vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

- A_p = l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann") = 10 cm^2
- A_m = area del manicotto di frizione = 150 cm^2
- C_t = costante di trasformazione = 10

I valori vengono calcolati con le seguenti formule:

$$Q_c(RP) = (LP \cdot C_t) / 10 \text{ cm}^2$$

Resistenza alla punta

$$f_s(Q_l)(RL) = [(LT - LP) \cdot C_t] / 150 \text{ cm}^2$$

Resistenza laterale

L'elaborazione delle prove penetrometriche statiche, l'interpretazione e la visualizzazione grafica consentono di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo; permettono inoltre di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati ed una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

In **Allegato 3** si riportano:

- le tabelle con i valori di LP, LT, Q_c , f_s e f_s / Q_c (FR%);
- il grafico dell'andamento della resistenza alla punta Q_c con la profondità;
- il grafico dell'andamento della resistenza laterale f_s con la profondità;
- il grafico del rapporto di Schmertmann (1978) f_s / Q_c (FR%);
- l'interpretazione stratigrafica secondo Schmertmann (1978).

In tutti i tabulati ed i grafici delle prove penetrometriche statiche **la quota zero è sempre riferita al piano di campagna locale esistente all'atto delle indagini.**

Stima della litologia

Il Metodo di Schmertmann (1978) considera come indicativo della litologia della verticale indagata il rapporto f_s / Q_c .

Di seguito viene proposta una modellazione litologica schematica del sottosuolo (almeno per le porzioni di terreno indagate), in corrispondenza delle prove CPT eseguite, riportando la descrizione stratigrafica dei terreni accorpati per strati il più possibile omogenei per resistenza alla punta media e comportamento prevalente.

CPT	Profondità da p.c. [m]	Descrizione stratigrafica	Comportamento geotecnico prevalente
PS.1	$\geq 2,40$	Alternanze di sabbie, limi sabbiosi / sabbie argillose e argille	Misto
	da $\geq 2,40$ a $\geq 7,20$	Alternanze di argille inorganiche molto compatte e argille sabbiose limose	Coesivo
	da $\geq 7,20$ a $\geq 9,60$	Lim sabbiosi / sabbie argillose	Misto
	da $\geq 9,60$ a 11,00	Alternanze di sabbie e argille	Misto
PS.2	$\geq 1,00$	Argilla	Coesivo
	da $\geq 1,00$ a $\geq 3,00$	Alternanze di limi sabbiosi / sabbie argillose e argille sabbiose limose	Misto
	da $\geq 3,00$ a 10,80	Alternanze di sabbie e argille	Misto
PS.3	12,80	Alternanze di sabbie, limi sabbiosi / sabbie argillose e argille	Misto

Nelle successive pagine si riportano inoltre in forma grafica le valutazioni litologiche secondo Schmertmann (1978), lungo ciascuna verticale indagata in funzione della profondità a partire dal piano di campagna.

GRAFICO PROFONDITÀ / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)

PROVA CPT PS.1

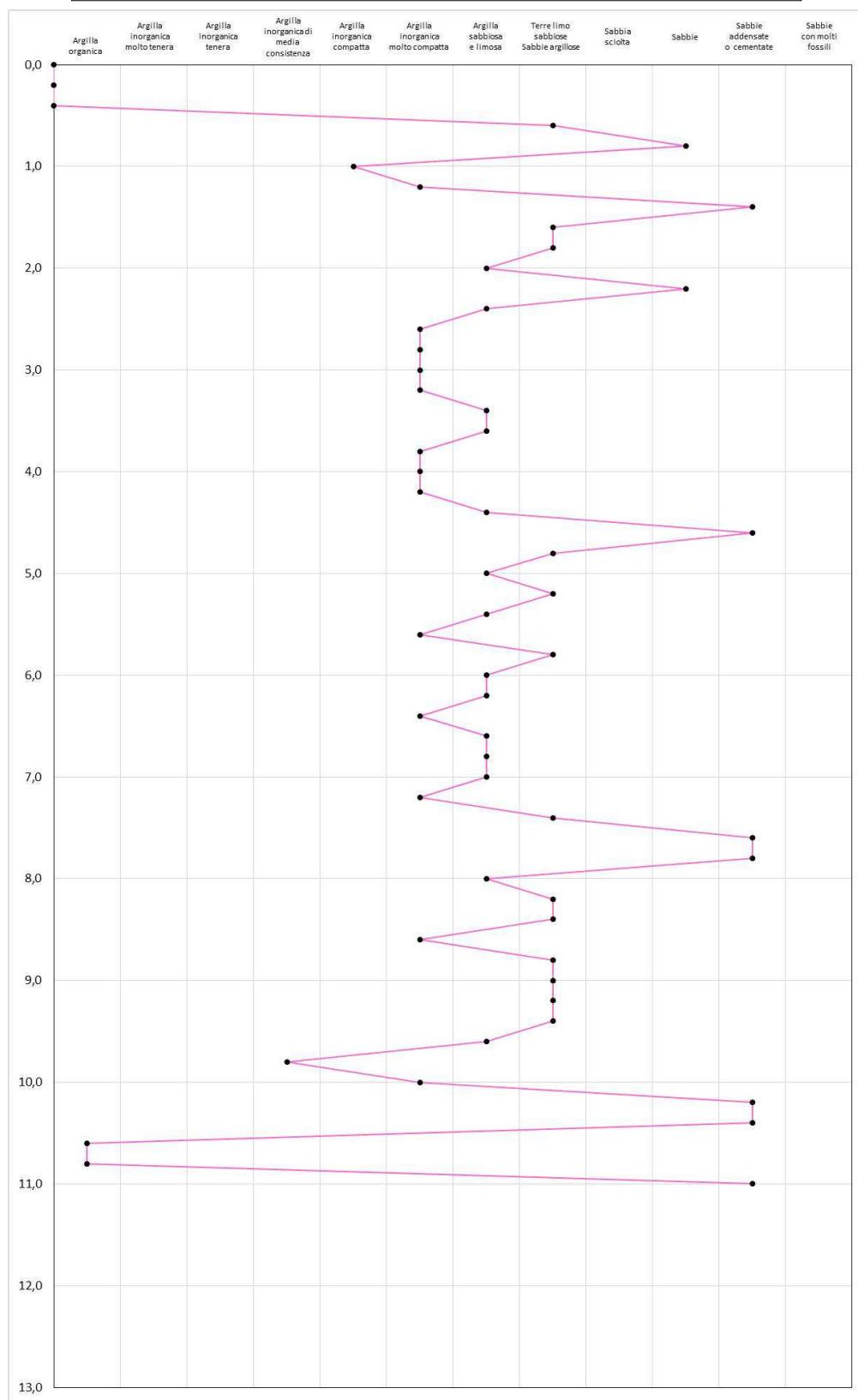


GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA CPT PS.2

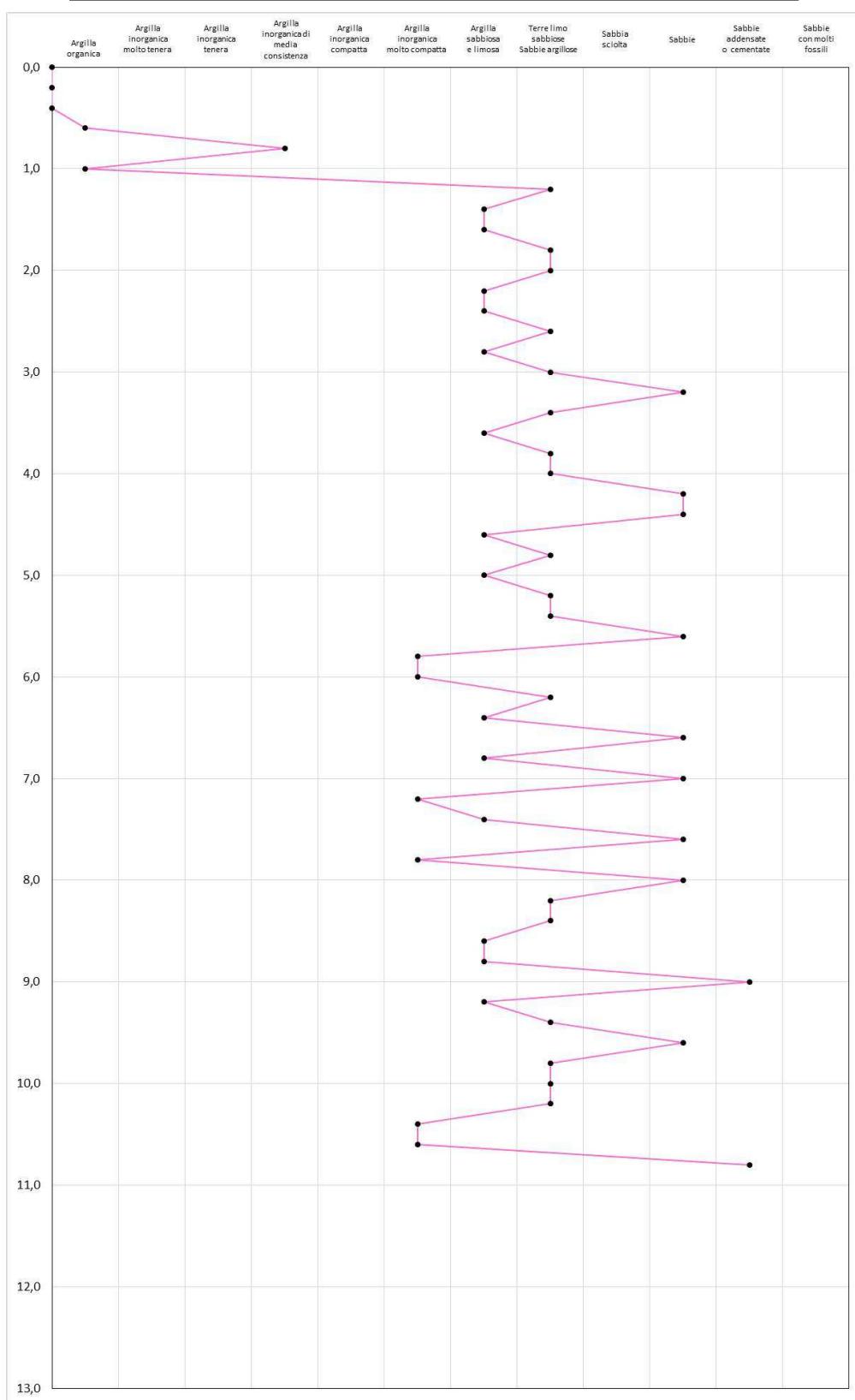
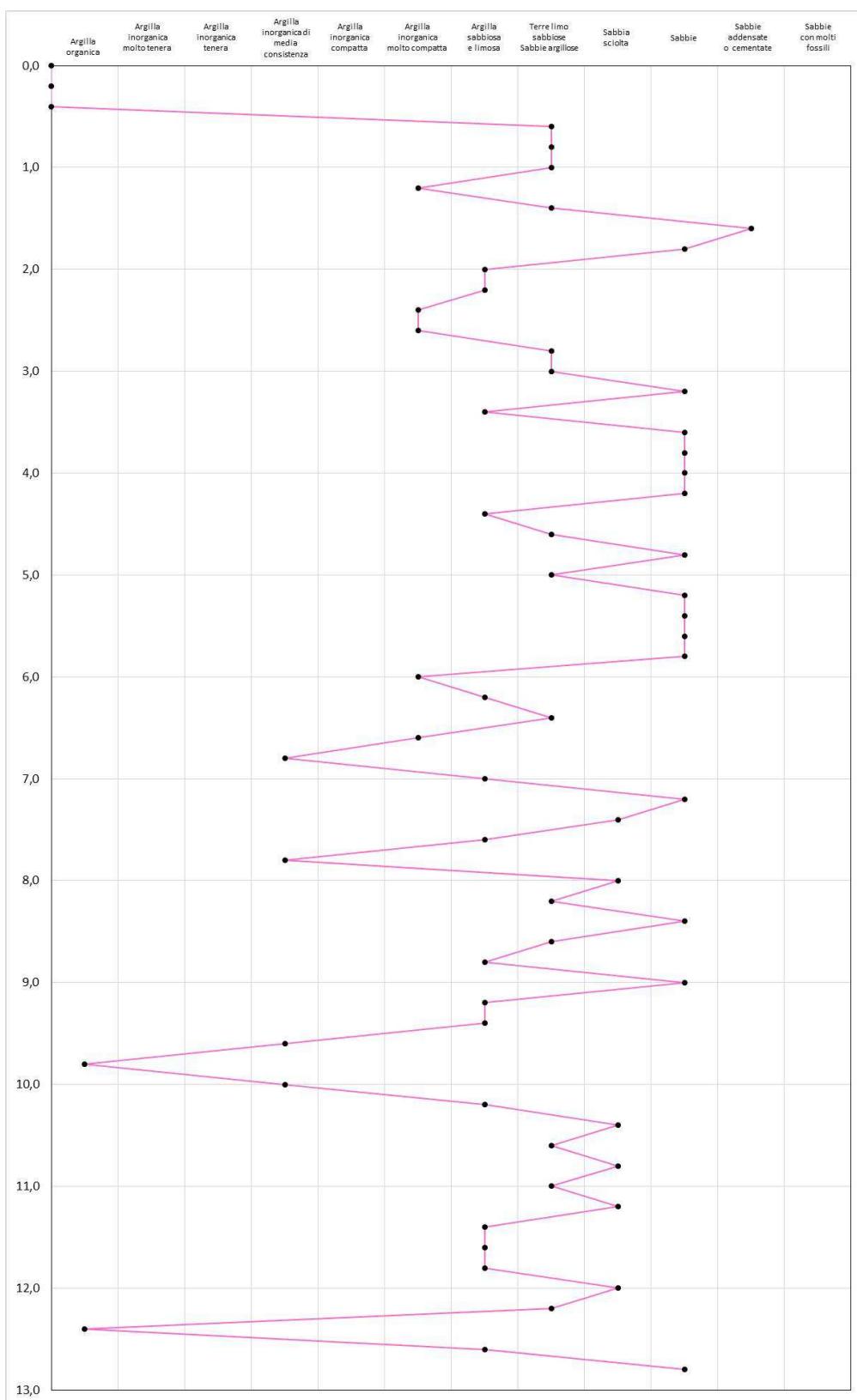


GRAFICO PROFONDITÀ / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA CPT PS.3



Nella sottostante **Tabella 3** vengono riassunte le profondità raggiunte da tutte le prove penetrometriche.

Tabella 3: quote raggiunte dalle indagini eseguite ed osservazioni

PROVE DPSH	QUOTA RAGGIUNTA DA PIANO CAMPAGNA [m]	OSSERVAZIONI
PD.1	-13,50 (R)	Rifiuto strumentale
PD.2	-11,10 (R)	Rifiuto strumentale
PD.3	-13,80 (R)	Rifiuto strumentale
PD.4	-10,20 (R)	Rifiuto strumentale
PD.5	-11,40 (R)	Rifiuto strumentale
PD.6	-14,40 (R)	Rifiuto strumentale
PD.7	-8,40 (R)	Rifiuto strumentale
PD.8	-17,10	-

(R) = Rifiuto strumentale (>100 colpi / 30 cm di approfondimento)

PROVE CPT	QUOTA RAGGIUNTA DA PIANO CAMPAGNA [m]	OSSERVAZIONI
PS.1	-11,20	L'approfondimento di queste due prove è stato interrotto a causa dell'eccesiva deviazione delle aste di perforazione, che ha compromesso il corretto avanzamento della prova in asse
PS.2	-11,00	
PS.3	-13,00	Rifiuto strumentale (eliche disancorate)

Nel successivo **Allegato 4** vengono riportate in fotografia le posizioni di tutte le indagini effettuate.

10. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

10.1 GENERALITÀ

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche, di seguito descritti, tengono conto del fatto che nell'area in esame sono stati rinvenuti depositi con comportamento geotecnico nel complesso "misto", caratterizzati dalla presenza di alternanze di sabbie, limi sabbiosi, sabbie argillose e argille.

L'individuazione della tipologia di materiale, e conseguentemente la scelta del metodo di interpretazione dei dati, è stata effettuata principalmente sulla base delle descrizioni stratigrafiche derivate dalle prove penetrometriche statiche CPT e dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche DPSH.

10.2 INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DPSH

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche eseguite nel corso della campagna di indagini.

I valori delle resistenze all'avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche sono stati correlati ai valori di N_{SPT} , utilizzati per la valutazione dei parametri di resistenza e deformabilità, mediante la seguente relazione:

$$N_{SPT} = N_{SCPT} \times 1,50 \quad (\text{Sabbie con molto fine})$$

I valori di resistenza alla penetrazione dinamica ricavati dalle prove in situ sono stati quindi normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e della caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$(N1)_{60} = N_{SPT} \times 1,08 \times C_r \times C_d \times C_n$$

dove:

- $(N1)_{60}$ = valore di resistenza normalizzato;
- C_r = fattore di correzione funzione della profondità;
- C_d = fattore di correzione funzione del diametro del foro;
- C_n = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno;
- 1,08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura (efficienza stimata pari al 60%)

11. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Dall'analisi congiunta dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche DPSH e delle prove penetrometriche statiche C.P.T. (vd. **Allegati 2 e 3**), emerge come dato saliente la marcata disomogeneità delle caratteristiche geotecniche dei terreni indagati, sia in senso areale che con la profondità. I diversi punti di prova evidenziano infatti significative eterogeneità, sia dal punto di vista stratigrafico che per quanto riguarda il grado di addensamento dei materiali, rendendo necessario un approccio modellistico geotecnico articolato e sito-specifico.

Un aspetto particolarmente rilevante da considerare nella progettazione geotecnica delle opere di fondazione previste riguarda la possibile presenza di discontinuità geomeccaniche riconducibili a strutture note in letteratura tecnica come "Occhi Pollini". Tali discontinuità si collocano all'interno o tra le lenti di "Ceppo" - materiale variabilmente cementato e alterato - e si presentano con spessore e grado di consolidazione variabili.

Dal punto di vista litologico, gli "Occhi Pollini" sono costituiti da ghiaie e ciottoli fortemente alterati e friabili al tatto, immersi in una matrice fine prevalentemente limosa e/o argillosa.

Dal punto di vista geotecnico, questi livelli presentano caratteristiche meccaniche estremamente scadenti in termini di rigidezza e resistenza. Il loro riconoscimento durante le indagini è generalmente agevolato da un'improvvisa e significativa perdita di resistenza in perforazione, che si manifesta con un rapido abbassamento della batteria di aste durante l'avanzamento della prova.

Il "Ceppo" è un'unità geologica costituita da conglomerati eterogenei cementati, con matrice prevalentemente carbonatica e intercalazioni irregolari di livelli sabbiosi, argillosi e talora arenacei.

Tale unità si distingue per l'elevata resistenza alla penetrazione, come confermato dai risultati delle prove penetrometriche eseguite: tutte le prove DPSH effettuate nel sito (ad eccezione della prova PD.8) e la prova statica PS.3 si sono infatti arrestate per rifiuto strumentale.

Questo comportamento è coerente con la presenza di lenti o banchi di "Ceppo" a comportamento geotecnico particolarmente rigido e compatto.

Con riferimento al suddetto modello geologico e a partire dai risultati delle indagini in situ descritte nei capitoli precedenti, si è proceduto alla caratterizzazione geotecnica di dettaglio dei terreni di fondazione delle nuove strutture in relazione al presunto volume significativo delle opere in progetto.

Sono state pertanto identificate due Unità Stratigrafiche principali (suddivise a loro volta in Strati Geotecnici, come di seguito dettagliato), che possono essere così descritte:

UNITA' -A-

Descrizione: terreno di coltivo seguito da litologie molto eterogenee caratterizzate da alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati. Presenza di "Occhi Pollini".

Comportamento geotecnico prevalente: granulare misto fine.

Spessore: questa unità presenta uno spessore molto variabile all'interno dell'area di studio. Dall'analisi delle prove eseguite, varia da un minimo di circa 8,50 m in corrispondenza della prova PD.7 ad un massimo di 17,10 m (corrispondente alla massima profondità indagata) in corrispondenza della prova penetrometrica PD.8.

Indagini esaminate ed elaborate: prove DPSH, prove CPT.

Proprietà meccaniche: molto eterogenee. Generalmente si tratta di depositi con grado di addensamento scadente in superficie. A profondità maggiori il grado di addensamento risulta scadente/mediocre per poi tendere a divenire nuovamente molto scadente con la profondità. Localmente sono presenti "Occhi Pollini" le cui caratteristiche geotecniche risultano molto scadenti. Tali discontinuità sono state rinvenute in corrispondenza delle prove e profondità sotto dettagliate:

- prova PD.3 ⇒ tra circa 9,50 e circa 13,00 m;
- prova PD.6 ⇒ tra circa 12,50 e circa 14,00 m;
- prova PD.8 ⇒ tra circa 14,00 e circa 17,10 m (massima profondità indagata dalla prova);
- prova PS.3 ⇒ tra circa 8,00 e circa 12,50 m.

UNITA' -B-

Descrizione: "Ceppo".

Comportamento geotecnico prevalente: granulare.

Spessore: il limite superiore di questa unità coincide con il rifiuto strumentale di tutte le prove penetrometriche dinamiche (tranne la PD.8) e della prova penetrometrica statica PS.3.

Indagini esaminate ed elaborate: prove DPSH, prove CPT.

Proprietà meccaniche: sebbene le caratteristiche geotecniche dell'unità B - identificata come "Ceppo" - siano potenzialmente ottime in termini di resistenza e rigidezza, non è possibile definirne con certezza la continuità in profondità. Tutte le prove in situ eseguite hanno infatti registrato un rifiuto strumentale in corrispondenza del limite superiore di tale unità, impedendo la caratterizzazione diretta dei livelli sottostanti. In quei casi in cui le prove non si sono arrestate per rifiuto (vd. ad esempio la prova penetrometrica dinamica PD.8), sono stati individuati localmente livelli discontinui di materiale sciolto, interpretati come possibili "Occhi Pollini" all'interno del Ceppo. Tali disomogeneità suggeriscono che l'unità, pur di elevata resistenza, possa presentare eterogeneità litologiche localizzate che ne riducono la continuità geotecnica.

Per questo motivo, nella descrizione degli strati geotecnici di seguito fornita non è stato possibile attribuire all'Unità B parametri geotecnici quantitativi, in quanto non sufficientemente investigata né caratterizzabile sulla base dei dati attualmente disponibili.

Come anticipato sopra, l'Unità Stratigrafica A è stata invece a sua volta suddivisa in tre Strati Geotecnici in funzione delle caratteristiche meccaniche dei terreni, secondo lo schema di seguito dettagliato (vd. anche sezione stratigrafica e geotecnica in **Tavola 2**):

Tabella 4: suddivisione dei terreni in strati (riferimento: piano campagna)

Unità Stratigrafica	Strato Geotecnico	Litologia	Grado di addensamento Numero di colpi (N1) ₆₀	Profondità base strato (m)			
				PROVE DPSH			
				PD.1	PD.2	PD.3	PD.4
A	1	Terreno di coltivo seguito da alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati.	Sciolto / Tenero	≈ 3,00	≈ 3,50	-	≈ 4,00
			min max				
	2	Alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati. "Ceppo" al rifiuto strumentale (R).	Da sciolto / tenero a mediamente addensato / mediamente compatto	≈ 7,00	≈ 8,50	≈ 8,00	10,20 (R)
			min max				
	3	Alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati. Presenza di "Occhi Pollini". "Ceppo" al rifiuto strumentale (R).	Da sciolto / tenero a molto sciolto / molto tenero	13,50 (R)	11,10 (R)	13,80 (R)	-
			min max				
			1 10				

Unità Stratigrafica	Strato Geotecnico	Litologia	Grado di addensamento		Profondità base strato (m) PROVE DPSH			
			Numero di colpi (N1) ₆₀		PD.5	PD.6	PD.7	PD.8
A	1	Terreno di coltivo seguito da alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati.	Sciolto / Tenero		≈ 4,00	≈ 4,00	≈ 4,00	≈ 3,00
			min	max				
	2	Alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati. "Ceppo" al rifiuto strumentale (R).	Da sciolto / tenero a mediamente addensato / mediamente compatto		11,40 (R)	≈ 8,00	8,40 (R)	≈ 5,00
			min	max				
			2	19				
	3	Alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati. Presenza di "Occhi Pollini". "Ceppo" al rifiuto strumentale (R).	Da sciolto / tenero a molto sciolto / molto tenero		-	14,40 (R)	-	17,10
			min	max				
			1	10				

11.1 CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DELLE UNITÀ LITOTECNICHE

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di seguito esposta è stata ipotizzata mediante l'interpretazione dei dati ottenuti dalle prove DPSH e dalle prove CPT, nonché su base bibliografica.

Le caratteristiche geotecniche indicativamente individuate (intese come "valori derivati" dalle prove) sono le seguenti:

- γ_{nat} = peso di volume del terreno naturale
- γ_{sat} = peso di volume del terreno saturo

per terreni a comportamento granulare

- ϕ' = angolo di attrito interno in condizioni di picco (tensione efficace)
- E_y = modulo elastico di Young drenato
- E_d = modulo edometrico

per terreni a comportamento coesivo

- C_u = coesione non drenata (in termini di tensione totale)

I valori dei parametri geotecnici sono stati stimati attraverso le correlazioni empiriche formulate da diversi A.A. (*Skempton, Meyerhof, Terzaghi e Peck, Bowles, Menzebach e Malcev*).

In particolare, sono state utilizzate le seguenti formule:

1. Densità Relativa (Dr) \Rightarrow Skempton (modificato), 1986

$$Dr = \sqrt{\frac{C_N \times N_{SPT}}{60}}$$

dove

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma' v_0}{p_a}} \quad (\text{per sabbia fine})$$

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma' v_0}{p_a}} \quad (\text{per sabbia grossa})$$

2. Angolo d'attrito (\emptyset) \Rightarrow Meyerhof

$$\emptyset = 23.7 + 0.57 \times N_{SPT} - 0.006 \times N_{SPT}^2 \quad (>5\% \text{ limo})$$

$$\emptyset = 29.47 + 0.46 \times N_{SPT} - 0.004 \times N_{SPT}^2 \quad (<5\% \text{ limo})$$

3. Coesione non drenata (c_u) \Rightarrow Terzaghi e Peck

$$c_u = 0.067 \times N_{SPT}$$

4. Modulo di Young (E_y) \Rightarrow Bowles (1982)

$$E_y = 3.2 \times (N_{SPT} + 15) \quad (\text{per sabbia argillosa})$$

$$E_y = 3.0 \times (N_{SPT} + 6) \quad (\text{per sabbia limosa, limo sabbioso})$$

$$E_y = 5.0 \times (N_{SPT} + 15) \quad (\text{per sabbia media})$$

$$E_y = 12.0 \times (N_{SPT} + 6) \quad (\text{per sabbia ghiaiosa e ghiaia})$$

5. Modulo edometrico (E_{ed}) \Rightarrow Menzebach e Malcev

$$E_{ed} = 3.54 + 38 \times N_{SPT} \quad (\text{per sabbia fine})$$

$$E_{ed} = 4.46 + 38 \times N_{SPT} \quad (\text{per sabbia media})$$

$$E_{ed} = 10.46 + 38 \times N_{SPT} \quad (\text{per sabbia e ghiaia})$$

$$E_{ed} = 11.84 + 38 \times N_{SPT} \quad (\text{per sabbia ghiaiosa})$$

Tabella 5: valori caratteristici dei parametri geotecnici

Profondità massima (m da p.c.)	(N1) ₆₀ medio	Valori caratteristici parametri geotecnici – UNITÀ A								
		Dr (%)	$\emptyset' k$ (°)	$C_u k$ (kg/cm ²)	$C' k$ (kg/cm ²)	$E_y k$ (MPa)	$E_{ed\ k}$ (MPa)	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	
STRATO 1										
<ul style="list-style-type: none"> - Litologia: <i>terreno di coltivo seguito da alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati.</i> - Grado di addensamento: <i>sciolto / tenero</i> - Comportamento geotecnico prevalente: <i>misto</i> - Dati utilizzati: <i>dati di letteratura, prove DPSH, prove CPT</i> 										
fino a $\geq 4,00$	9	40 ÷ 50	24	0,2	-	6	16	17 ÷ 18	18 ÷ 19	
STRATO 2										
<ul style="list-style-type: none"> - Litologia: <i>alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati. "Ceppo" al rifiuto strumentale</i> - Grado di addensamento: <i>da sciolto / tenero a mediamente addensato / mediamente compatto</i> - Comportamento geotecnico prevalente: <i>misto</i> - Dati utilizzati: <i>dati di letteratura, prove DPSH, prove CPT</i> 										
da $\geq 4,00$ fino a $\geq 11,50$	13	40 ÷ 50	26	0,3	-	7	27	18 ÷ 19	19 ÷ 20	
STRATO 3										
<ul style="list-style-type: none"> - Litologia: <i>alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati. Presenza di "Occhi Pollini". "Ceppo" al rifiuto strumentale</i> - Grado di addensamento: <i>da sciolto / tenero a molto sciolto / molto tenero</i> - Comportamento geotecnico prevalente: <i>misto</i> - Dati utilizzati: <i>dati di letteratura, prove DPSH, prove CPT</i> 										
da $\geq 11,50$ fino a $\geq 17,10$	5	20 ÷ 30	23	0,1	-	5	10	17	18	

12. CONCLUSIONI

12.1 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista geologico, i terreni dell'area oggetto di studio appartengono al "Livello Fondamentale della Pianura" e sono di natura granulare mista fine. L'area è caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante, priva di dinamiche morfologiche in atto.

Dal punto di vista della Fattibilità Geologica, l'area ricade in classe 3a di fattibilità geologica con consistenti limitazioni all'edificabilità dovuta alla ridotta capacità portante dei terreni e alla presenza di "Occhi Pollini".

Entro tali aree sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie, fatto salvo l'obbligo di verifica della compatibilità geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 17/01/2018, per tutti i livelli di progettazione previsti per legge.

Per quanto concerne la vincolistica, l'area di studio non è soggetta ad alcun vincolo di natura geologica.

Dal punto di vista idrogeologico si segnala che – sulla base di quanto indicato nella cartografia allegata alla componente geologica a supporto del PGT comunale di Cambiago e dei dati forniti da Città Metropolitana di Milano - SIA, la falda nel settore di studio si attesta a profondità superiori a 20,00 m dal piano di campagna.

12.2 GEOTECNICA

Lo studio ha evidenziato la presenza di due Unità Stratigrafiche principali: la prima (denominata Unità A) costituita da terreno di coltivo (in superficie) seguito da litologie molto eterogenee caratterizzate da alternanze di sabbie limose / limi sabbiosi e argille, inglobanti possibili ghiaie e ciottoli più o meno alterati, presente fino alla massima profondità indagata (17,10 m da piano campagna); la seconda (denominata Unità B), caratterizzata dalla presenza di "Ceppo", ossia un'unità geologica costituita da conglomerati eterogenei cementati, con matrice prevalentemente carbonatica e intercalazioni irregolari di livelli sabbiosi, argillosi e talora arenacei. Il limite superiore di tale unità coincide con il rifiuto strumentale della maggior parte delle prove penetrometriche eseguite (ad esclusione della prova PD.8 e delle prove PS.1 e PS.2).

All'interno dell'Unità Stratigrafica A inoltre sono state rinvenute delle discontinuità geomeccaniche note con il nome di "Occhi Pollini". Queste discontinuità presentano caratteristiche meccaniche estremamente scadenti in termini di rigidezza e resistenza e sono costituite da ghiaie e ciottoli fortemente alterati e friabili al tatto, immersi in una matrice fine prevalentemente limosa e/o argillosa. Nello specifico, tali strutture sono state rinvenute in corrispondenza della prova PD.3 (tra circa 9,50 e circa 13,00 m da p.c.), della prova PD.6 (tra circa 12,50 e circa 14,00 m da p.c.), della prova PD.8 (tra circa 14,00 e 17,10 m da p.c.) e della prova PS.3 (tra circa 8,00 e circa 12,50 m da p.c.).

Dal punto di vista geotecnico, l'Unità A evidenzia caratteristiche meccaniche fortemente eterogenee, con un grado di addensamento che risulta scadente nei livelli superficiali, passa da scadente a mediocre a profondità intermedie e diventa particolarmente scadente negli strati più profondi, soprattutto in corrispondenza degli "Occhi Pollini".

L'Unità B evidenzia buone caratteristiche geotecniche in termini di resistenza e rigidezza. Si segnala, tuttavia, che tale unità non è stata adeguatamente investigata né caratterizzata, in quanto le prove eseguite hanno frequentemente registrato rifiuto strumentale in corrispondenza del limite superiore della stessa. Nei casi in cui l'unità non è stata intercettata, le indagini hanno evidenziato la presenza di livelli discontinui di materiale sciolto, interpretati come possibili 'Occhi Pollini' inglobati nel Ceppo. In considerazione di tali limitazioni, non è stato possibile attribuire all'Unità B parametri geotecnicci quantitativi attendibili.

Dall'analisi delle indagini considerate, è stato possibile suddividere l'Unità Stratigrafica A in tre strati caratterizzati da differenti parametri geotecnicci:

Profondità massima [m]	(N1) ₆₀ medio	ϕ' k [°]	c_u k [kPa]	c' k [kPa]	E_y k [MPa]	E_{ed} k [MPa]	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]
STRATO 1								
≈ 4,00	9	24	0,2	-	6	16	17 ÷ 18	18 ÷ 19
STRATO 2								
≈ 11,50	13	26	0,3	-	7	27	18 ÷ 19	19 ÷ 20
STRATO 3								
17,10	5	23	0,1	-	5	10	17	18

dove:

$(N1)_{60}$ = valore medio di $(N1)_{60}$ ritenuto caratteristico dell'orizzonte

ϕ' k (°) = stima del valore caratteristico dell'angolo di attrito interno

c_u k (kPa) = stima del valore caratteristico della coesione non drenata

c' k (kPa) = stima del valore caratteristico della coesione drenata in condizioni di picco

E_y k (MPa) = stima del valore caratteristico del modulo di Young

E_{ed} k (MPa) = stima del valore caratteristico del modulo edometrico

γ_{nat} (kN/m³) = stima del peso di volume del terreno naturale (da bibliografia)

γ_{sat} (kN/m³) = stima del peso di volume del terreno saturo (da bibliografia)

12.3 SISMICA

Secondo quanto contenuto nella D.G.R. n.XII/1717 del 28/12/2023, il comune di Cambiago appartiene alla **zona sismica 3**.

Nel 1° livello di approfondimento della componente sismica del comune di Cambiago, effettuato da Geoinvest S.r.l. nell'ambito della Componente geologica, idrogeologica e sismica a supporto del "PGT – Comune di Cambiago", il settore di studio è stato inserito nello scenario di pericolosità sismica locale Z4d delle "zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale".

Per quanto attiene lo scenario di pericolosità sismica locale Z4d, in occasione di eventi sismici, esso potrebbe dare luogo a fenomeni di amplificazioni litologiche. Si è pertanto proceduto con l'approfondimento sismico di 2° livello.

Lo stendimento sismico MASW eseguito all'interno dell'area di intervento, ha evidenziato un valore di $V_{s,30}$ calcolato nei primi 30 m al di sotto del piano campagna pari a 344 m/s, secondo cui i terreni di fondazione appartengono alla categoria di sottosuolo "C".

L'approfondimento sismico di 2° livello ha evidenziato che il FAC (fattore di amplificazione sismica calcolato) è inferiore al FAS (fattore soglia comunale) per la categoria di sottosuolo C sia per il periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s che per il periodo compreso tra 0.5 e 1.5 s.

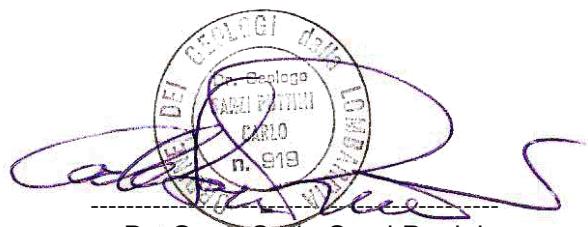
Alla luce di quanto sopra si può concludere che, essendo la normativa sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito, è possibile applicare lo spettro della **categoria di sottosuolo "C"** definita come *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente 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"*.

Si tenga presente che i parametri sismici suesposti sono stati calcolati ipotizzando che le nuove strutture in progetto non rientrino nell'elenco degli edifici strategici e/o rilevanti (D.D.U.O. n. n.7237 del 22/05/2019) e che le stesse ricadano in Classe d'Uso II con Vita Nominale (V_N) e Vita di Riferimento (V_R) pari a 50 anni.

In caso di variazione di una o più delle seguenti condizioni, sarà necessario eseguire tutti i previsti approfondimenti di legge.

Per quel che concerne la verifica alla stabilità nei confronti della liquefazione, questa è stata omessa risultando una profondità media stagionale della falda superiore a 15,00 m dal piano di campagna.

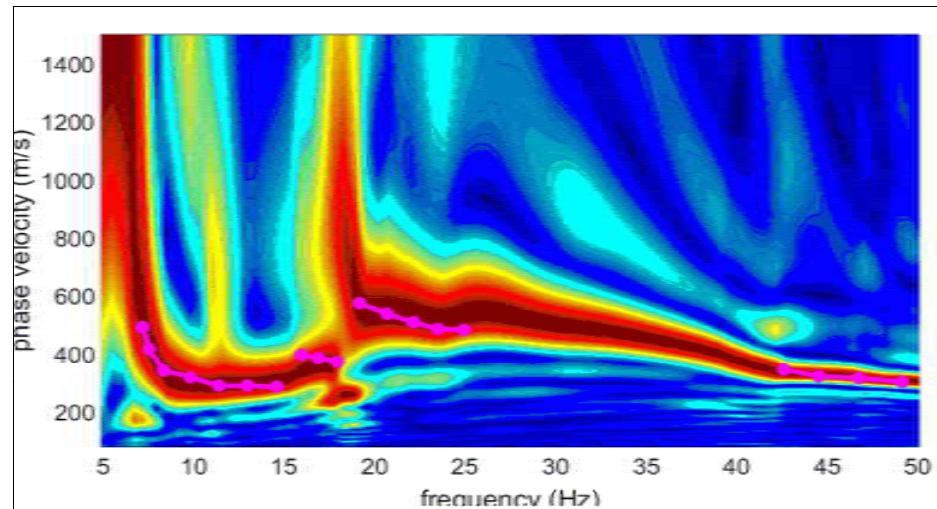
Milano, 23 maggio 2025



Dr. Geol. Carlo Sarzi Puttini

ALLEGATO 1

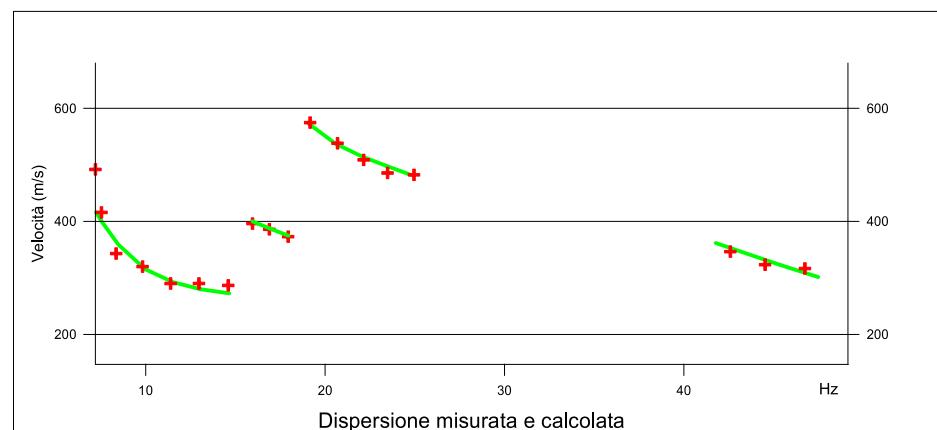
**ELABORAZIONI GRAFICHE
STENDIMENTO SISMICO MASW**



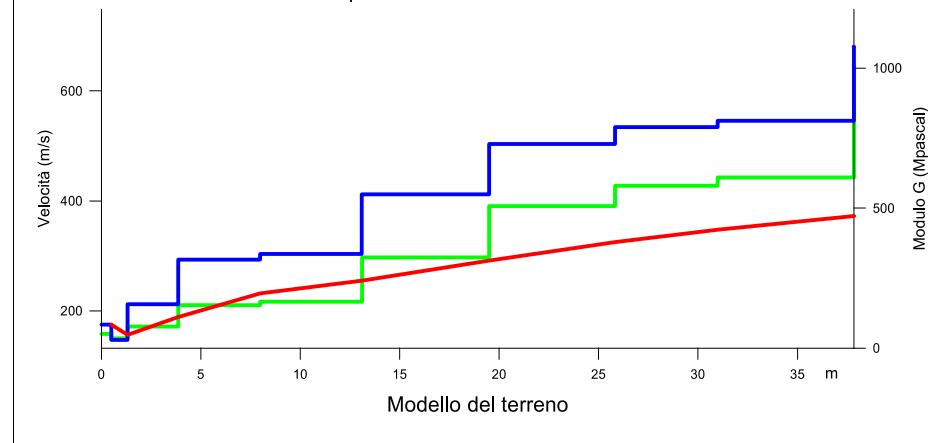
LEGENDA

- Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpasca)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula $D=1.5 + Vs/1000$



Dispersione misurata e calcolata

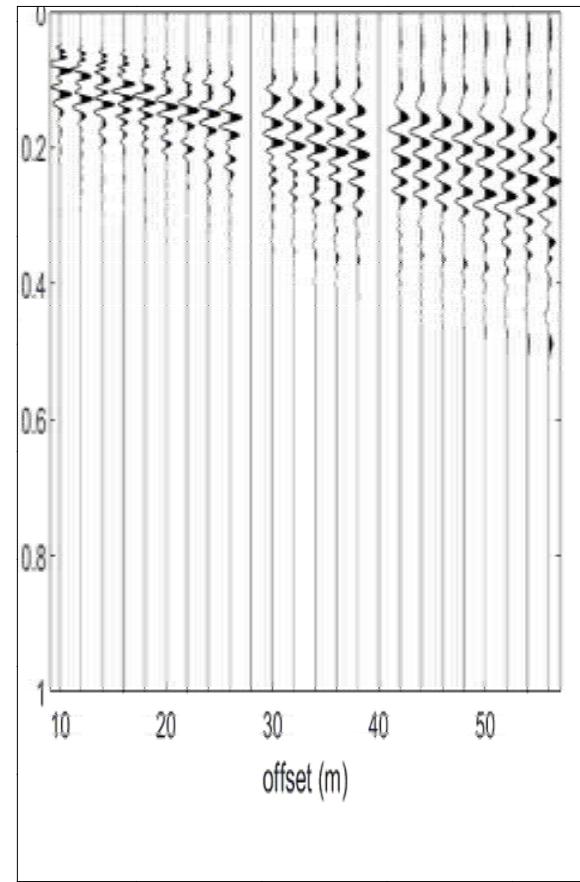


Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	175	.0028	175	51
.5	1.3	147	.0055	156	36
1.3	3.9	212	.012	189	77
3.9	8	293	.0141	232	154
8	13.1	304	.0168	255	166
13.1	19.5	412	.0155	292	325
19.5	25.8	503	.0126	325	507
25.8	31	534	.0097	348	580
31	37.8	546	.0126	372	610

VALORE CALCOLATO VS Eq. = 344 m/s



Sismogramma

PROVA SISMICA VS30

Cantiere: Cambiago (MI)

Committente: Rialto S.p.A.

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Maggio 2025

ALLEGATO 2

**TABELLE E GRAFICI DELLE
PROVE PENETROMETRICHE
DINAMICHE DPSH**

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	1	-0.30		1	-0.30
	2	-0.60		3	-0.60
	4	-0.90		5	-0.90
	5	-1.20		4	-1.20
	5	-1.50		5	-1.50
	4	-1.80		6	-1.80
	6	-2.10		6	-2.10
	5	-2.40		8	-2.40
	4	-2.70		7	-2.70
	8	-3.00		8	-3.00
	10	-3.30		9	-3.30
	9	-3.60		9	-3.60
	12	-3.90		10	-3.90
	13	-4.20		11	-4.20
	12	-4.50		11	-4.50
	11	-4.80		10	-4.80
	10	-5.10		12	-5.10
	11	-5.40		13	-5.40
	8	-5.70		12	-5.70
	9	-6.00		15	-6.00
	8	-6.30		16	-6.30
	6	-6.60		16	-6.60
	2	-6.90		17	-6.90
	3	-7.20		15	-7.20
	4	-7.50		20	-7.50
	5	-7.80		22	-7.80
	7	-8.10		20	-8.10
	6	-8.40		23	-8.40
	8	-8.70		23	-8.70
	7	-9.00		25	-9.00
	8	-9.30		26	-9.30
	5	-9.60		24	-9.60
	4	-9.90		24	-9.90
	3	-10.20		25	-10.20
	4	-10.50		27	-10.50
	3	-10.80		28	-10.80
	5	-11.10		28	-11.10
	4	-11.40		30	-11.40
	4	-11.70		31	-11.70
	3	-12.00		32	-12.00
	4	-12.30		35	-12.30
	3	-12.60		33	-12.60
	5	-12.90		35	-12.90
	6	-13.20			-13.20
	>100	-13.50			-13.50
		-13.80			-13.80
		-14.10			-14.10
		-14.40			-14.40
		-14.70			-14.70
		-15.00			-15.00
		-15.30			-15.30
		-15.60			-15.60
		-15.90			-15.90
		-16.20			-16.20
		-16.50			-16.50
		-16.80			-16.80
		-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.1

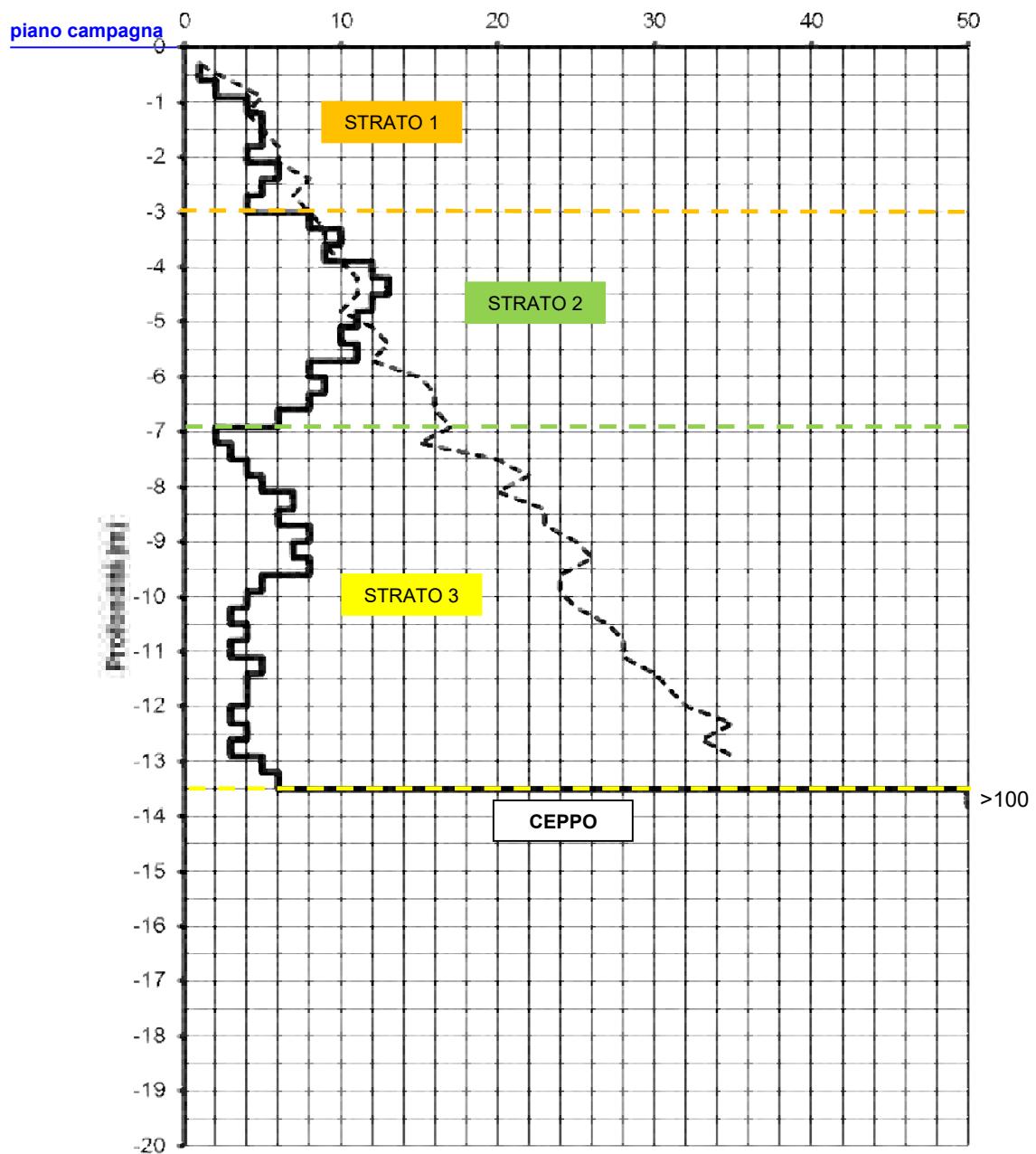
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
- - - RIVESTIMENTO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH PD.2

Tabelle valori di riferimento

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	1	-0.30		1	-0.30
	2	-0.60		2	-0.60
	7	-0.90		2	-0.90
	14	-1.20		3	-1.20
	6	-1.50		5	-1.50
	4	-1.80		6	-1.80
	4	-2.10		8	-2.10
	5	-2.40		10	-2.40
	4	-2.70		11	-2.70
	7	-3.00		10	-3.00
	10	-3.30		12	-3.30
	10	-3.60		13	-3.60
	12	-3.90		13	-3.90
	10	-4.20		12	-4.20
	11	-4.50		15	-4.50
	12	-4.80		13	-4.80
	10	-5.10		16	-5.10
	9	-5.40		16	-5.40
	9	-5.70		18	-5.70
	9	-6.00		18	-6.00
	8	-6.30		22	-6.30
	10	-6.60		20	-6.60
	9	-6.90		20	-6.90
	11	-7.20		25	-7.20
	8	-7.50		23	-7.50
	8	-7.80		22	-7.80
	10	-8.10		26	-8.10
	6	-8.40		28	-8.40
	7	-8.70		28	-8.70
	6	-9.00		30	-9.00
	6	-9.30		32	-9.30
	5	-9.60		30	-9.60
	5	-9.90		29	-9.90
	5	-10.20		33	-10.20
	6	-10.50		35	-10.50
	5	-10.80			-10.80
	>100	-11.10			-11.10
		-11.40			-11.40
		-11.70			-11.70
		-12.00			-12.00
		-12.30			-12.30
		-12.60			-12.60
		-12.90			-12.90
		-13.20			-13.20
		-13.50			-13.50
		-13.80			-13.80
		-14.10			-14.10
		-14.40			-14.40
		-14.70			-14.70
		-15.00			-15.00
		-15.30			-15.30
		-15.60			-15.60
		-15.90			-15.90
		-16.20			-16.20
		-16.50			-16.50
		-16.80			-16.80
		-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.2

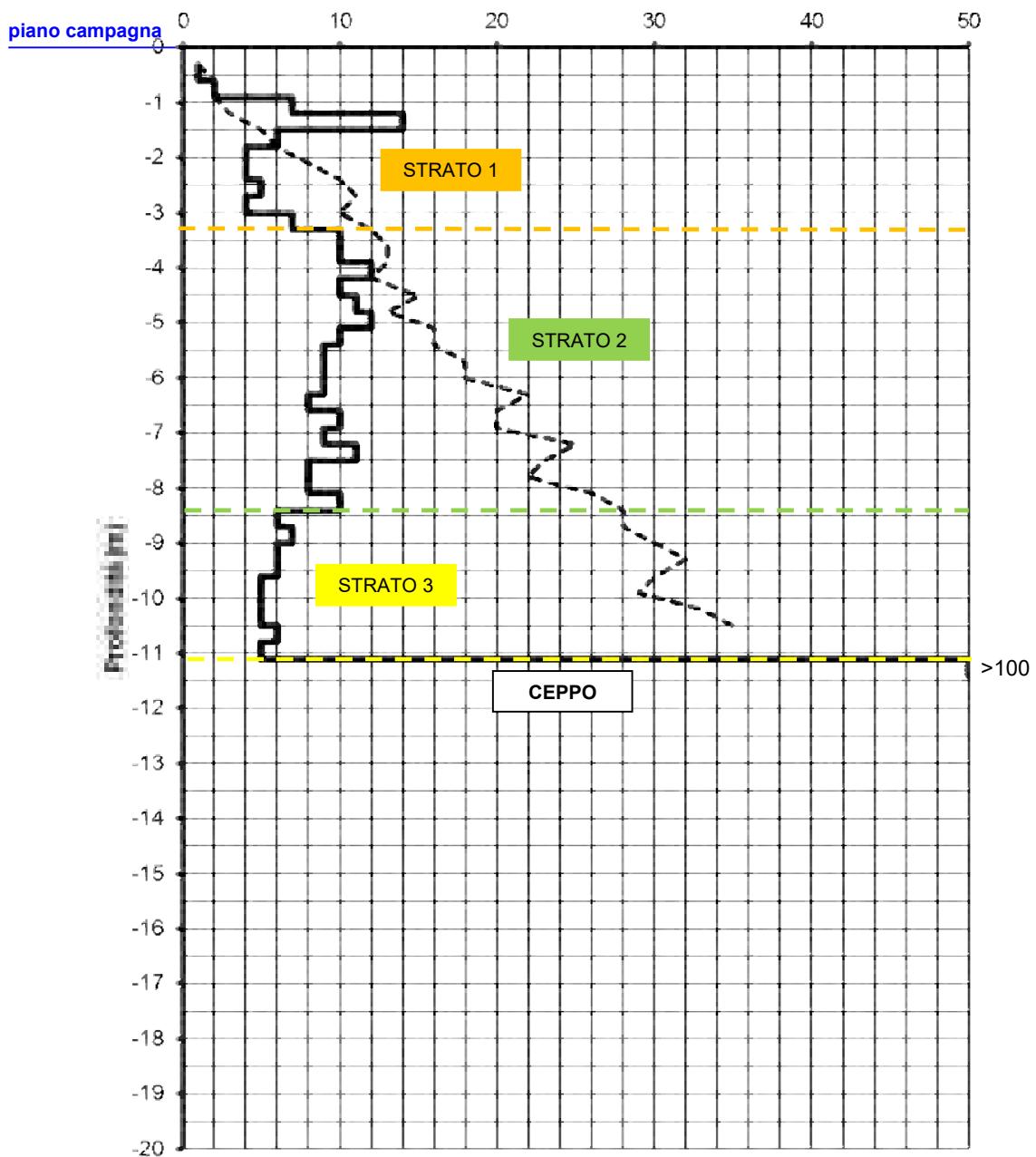
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
- - - RIVESTIMENTO

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	1	-0.30		2	-0.30
	2	-0.60		2	-0.60
	5	-0.90		3	-0.90
	9	-1.20		4	-1.20
	5	-1.50		5	-1.50
	6	-1.80		6	-1.80
	10	-2.10		6	-2.10
	4	-2.40		7	-2.40
	6	-2.70		6	-2.70
	7	-3.00		8	-3.00
	5	-3.30		8	-3.30
	9	-3.60		9	-3.60
	8	-3.90		10	-3.90
	9	-4.20		11	-4.20
	7	-4.50		11	-4.50
	4	-4.80		10	-4.80
	4	-5.10		12	-5.10
	5	-5.40		13	-5.40
	5	-5.70		15	-5.70
	4	-6.00		13	-6.00
	3	-6.30		16	-6.30
	5	-6.60		16	-6.60
	6	-6.90		17	-6.90
	7	-7.20		16	-7.20
	10	-7.50		18	-7.50
	10	-7.80		20	-7.80
	4	-8.10		22	-8.10
	4	-8.40		24	-8.40
	3	-8.70		28	-8.70
	2	-9.00		26	-9.00
	1	-9.30		26	-9.30
	1	-9.60		25	-9.60
	1	-9.90		26	-9.90
	2	-10.20		26	-10.20
	1	-10.50		23	-10.50
	2	-10.80		22	-10.80
	2	-11.10		23	-11.10
	1	-11.40		20	-11.40
	1	-11.70		20	-11.70
	1	-12.00		21	-12.00
	1	-12.30		23	-12.30
	1	-12.60		25	-12.60
	1	-12.90		20	-12.90
	4	-13.20		26	-13.20
	3	-13.50			-13.50
	>100	-13.80			-13.80
		-14.10			-14.10
		-14.40			-14.40
		-14.70			-14.70
		-15.00			-15.00
		-15.30			-15.30
		-15.60			-15.60
		-15.90			-15.90
		-16.20			-16.20
		-16.50			-16.50
		-16.80			-16.80
		-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.3

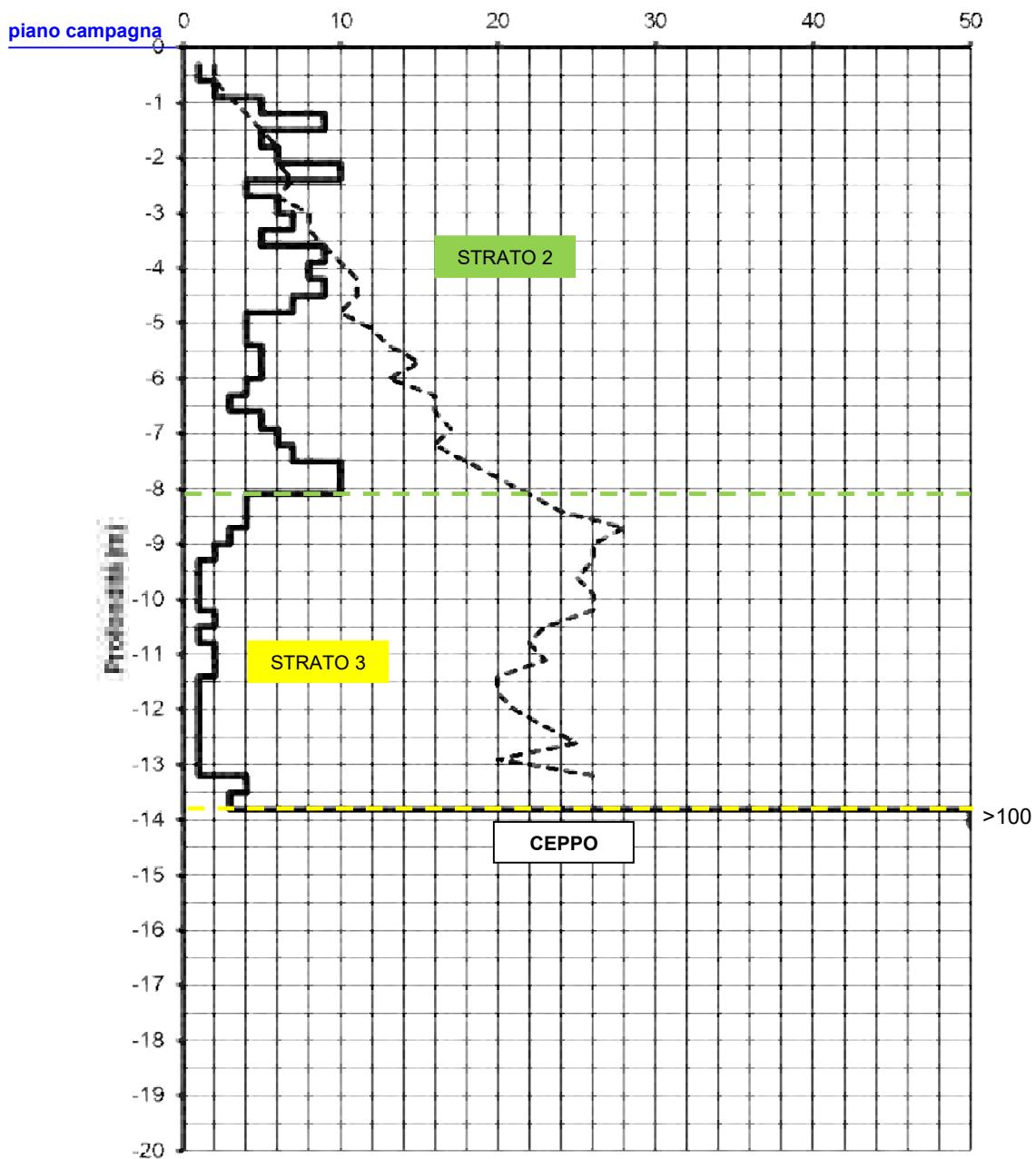
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
- - - RIVESTIMENTO

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	1	-0.30		1	-0.30
	2	-0.60		2	-0.60
	6	-0.90		2	-0.90
	7	-1.20		3	-1.20
	5	-1.50		2	-1.50
	4	-1.80		3	-1.80
	4	-2.10		4	-2.10
	2	-2.40		6	-2.40
	5	-2.70		6	-2.70
	5	-3.00		7	-3.00
	6	-3.30		6	-3.30
	7	-3.60		8	-3.60
	13	-3.90		7	-3.90
	9	-4.20		8	-4.20
	10	-4.50		10	-4.50
	5	-4.80		11	-4.80
	4	-5.10		11	-5.10
	5	-5.40		10	-5.40
	7	-5.70		12	-5.70
	12	-6.00		12	-6.00
	12	-6.30		13	-6.30
	7	-6.60		12	-6.60
	9	-6.90		15	-6.90
	8	-7.20		16	-7.20
	9	-7.50		18	-7.50
	8	-7.80		18	-7.80
	6	-8.10		20	-8.10
	7	-8.40		22	-8.40
	8	-8.70		20	-8.70
	8	-9.00		23	-9.00
	8	-9.30		24	-9.30
	8	-9.60		20	-9.60
	7	-9.90		25	-9.90
	>100	-10.20			-10.20
		-10.50			-10.50
		-10.80			-10.80
		-11.10			-11.10
		-11.40			-11.40
		-11.70			-11.70
		-12.00			-12.00
		-12.30			-12.30
		-12.60			-12.60
		-12.90			-12.90
		-13.20			-13.20
		-13.50			-13.50
		-13.80			-13.80
		-14.10			-14.10
		-14.40			-14.40
		-14.70			-14.70
		-15.00			-15.00
		-15.30			-15.30
		-15.60			-15.60
		-15.90			-15.90
		-16.20			-16.20
		-16.50			-16.50
		-16.80			-16.80
		-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.4

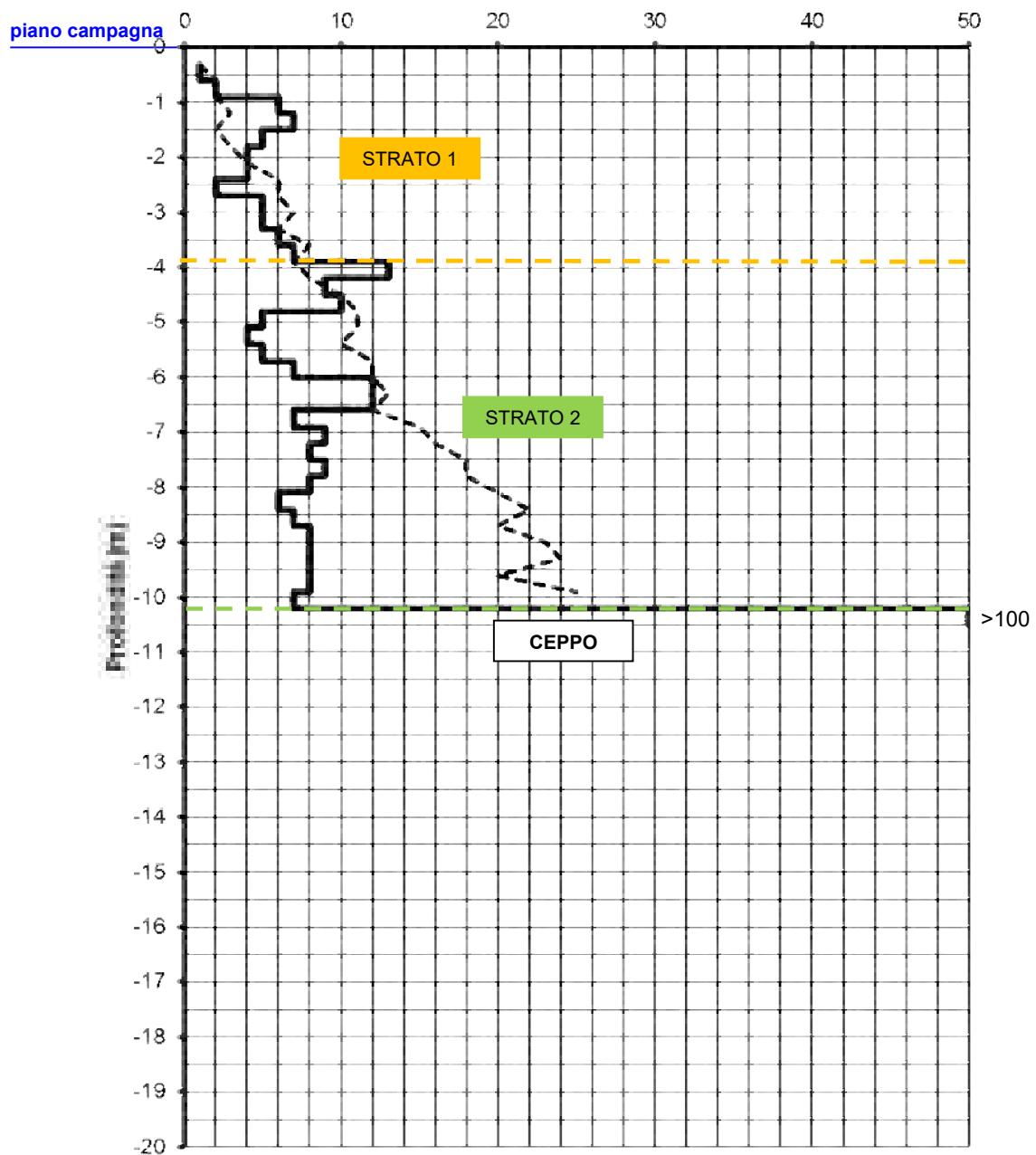
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
- - - RIVESTIMENTO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH PD.5

Tabelle valori di riferimento

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	1	-0.30		1	-0.30
	2	-0.60		2	-0.60
	3	-0.90		2	-0.90
	10	-1.20		3	-1.20
	6	-1.50		5	-1.50
	6	-1.80		6	-1.80
	5	-2.10		8	-2.10
	4	-2.40		10	-2.40
	4	-2.70		12	-2.70
	6	-3.00		13	-3.00
	6	-3.30		13	-3.30
	8	-3.60		12	-3.60
	10	-3.90		14	-3.90
	11	-4.20		16	-4.20
	9	-4.50		18	-4.50
	8	-4.80		17	-4.80
	5	-5.10		16	-5.10
	6	-5.40		19	-5.40
	7	-5.70		22	-5.70
	12	-6.00		20	-6.00
	8	-6.30		23	-6.30
	10	-6.60		24	-6.60
	9	-6.90		26	-6.90
	9	-7.20		26	-7.20
	8	-7.50		28	-7.50
	7	-7.80		30	-7.80
	8	-8.10		31	-8.10
	8	-8.40		30	-8.40
	9	-8.70		28	-8.70
	8	-9.00		30	-9.00
	7	-9.30		33	-9.30
	7	-9.60		35	-9.60
	7	-9.90		32	-9.90
	8	-10.20		38	-10.20
	8	-10.50		37	-10.50
	9	-10.80		35	-10.80
	13	-11.10			-11.10
	>100	-11.40			-11.40
		-11.70			-11.70
		-12.00			-12.00
		-12.30			-12.30
		-12.60			-12.60
		-12.90			-12.90
		-13.20			-13.20
		-13.50			-13.50
		-13.80			-13.80
		-14.10			-14.10
		-14.40			-14.40
		-14.70			-14.70
		-15.00			-15.00
		-15.30			-15.30
		-15.60			-15.60
		-15.90			-15.90
		-16.20			-16.20
		-16.50			-16.50
		-16.80			-16.80
		-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.5

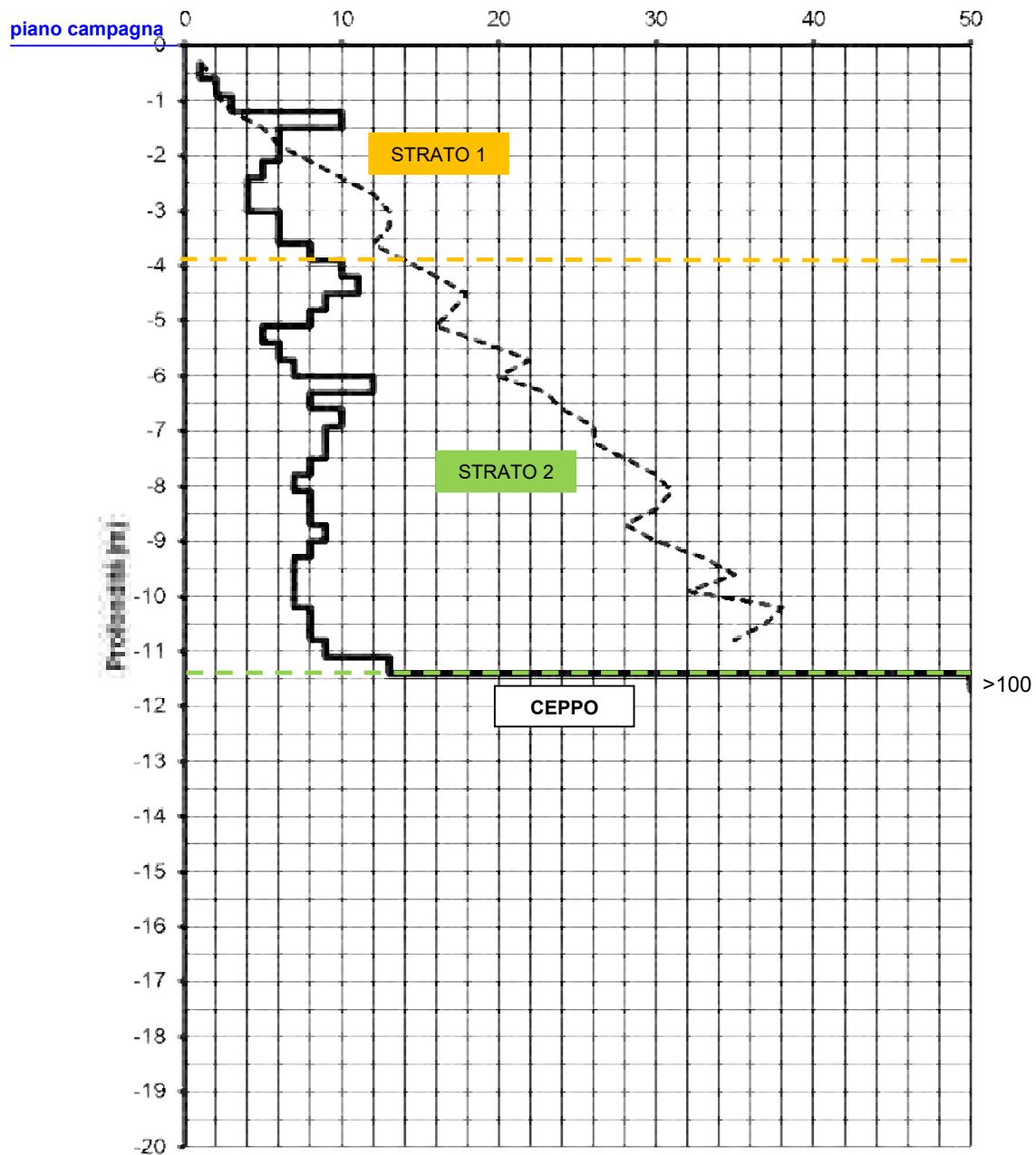
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
- - - RIVESTIMENTO

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	2	-0.30		2	-0.30
	2	-0.60		2	-0.60
	2	-0.90		3	-0.90
	6	-1.20		5	-1.20
	3	-1.50		6	-1.50
	5	-1.80		6	-1.80
	3	-2.10		7	-2.10
	4	-2.40		6	-2.40
	6	-2.70		6	-2.70
	5	-3.00		8	-3.00
	5	-3.30		7	-3.30
	4	-3.60		8	-3.60
	10	-3.90		9	-3.90
	8	-4.20		9	-4.20
	9	-4.50		10	-4.50
	10	-4.80		11	-4.80
	8	-5.10		11	-5.10
	10	-5.40		10	-5.40
	9	-5.70		12	-5.70
	8	-6.00		12	-6.00
	7	-6.30		13	-6.30
	10	-6.60		12	-6.60
	9	-6.90		15	-6.90
	7	-7.20		17	-7.20
	12	-7.50		20	-7.50
	11	-7.80		20	-7.80
	7	-8.10		22	-8.10
	7	-8.40		23	-8.40
	7	-8.70		25	-8.70
	6	-9.00		26	-9.00
	6	-9.30		26	-9.30
	5	-9.60		28	-9.60
	6	-9.90		27	-9.90
	5	-10.20		28	-10.20
	6	-10.50		25	-10.50
	5	-10.80		30	-10.80
	4	-11.10		29	-11.10
	4	-11.40		28	-11.40
	4	-11.70		25	-11.70
	4	-12.00		27	-12.00
	3	-12.30		28	-12.30
	4	-12.60		32	-12.60
	2	-12.90		30	-12.90
	3	-13.20		34	-13.20
	4	-13.50		33	-13.50
	2	-13.80		32	-13.80
	3	-14.10		36	-14.10
	>100	-14.40			-14.40
		-14.70			-14.70
		-15.00			-15.00
		-15.30			-15.30
		-15.60			-15.60
		-15.90			-15.90
		-16.20			-16.20
		-16.50			-16.50
		-16.80			-16.80
		-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.6

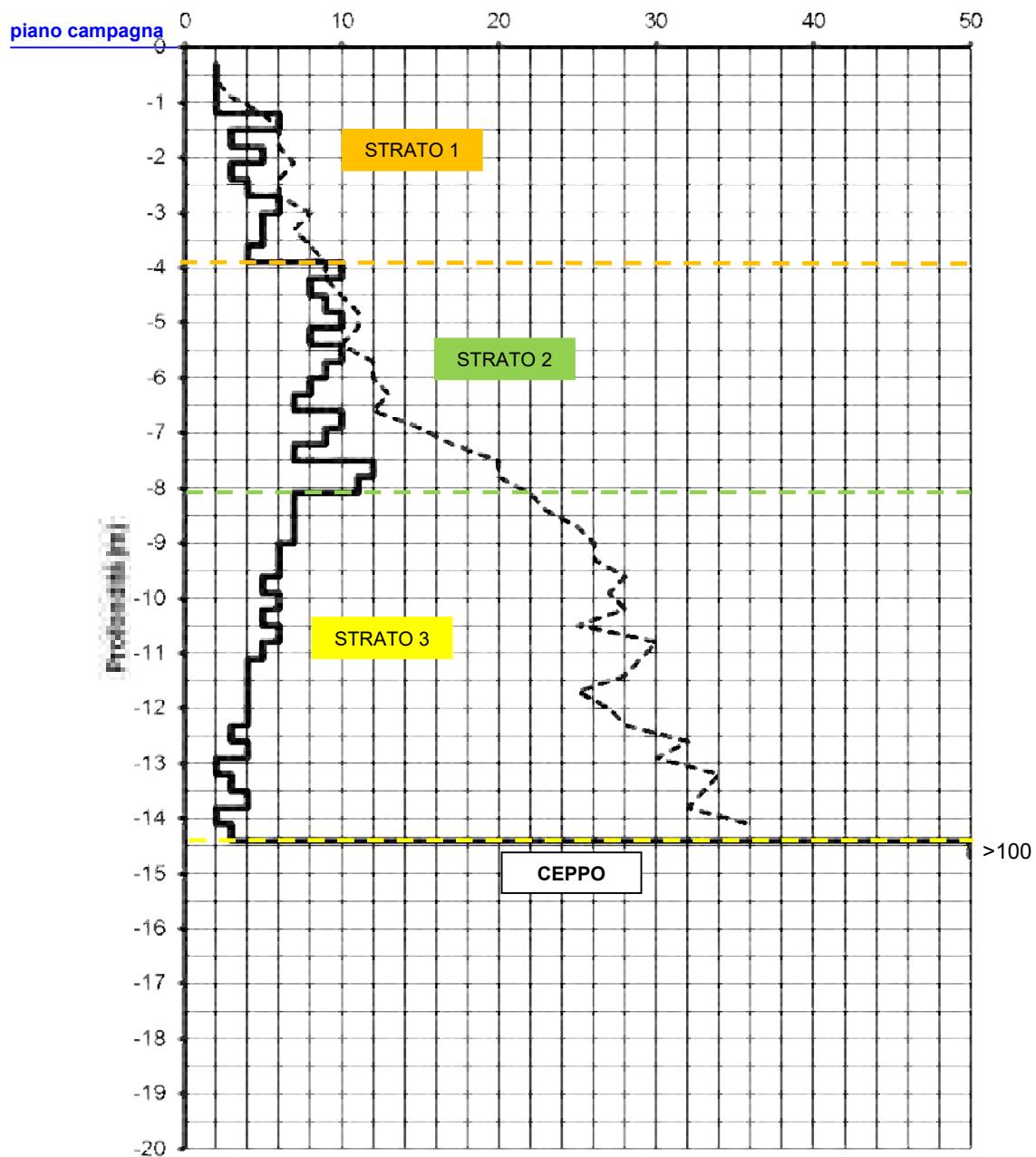
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
- - - RIVESTIMENTO

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	1	-0.30		1	-0.30
	3	-0.60		2	-0.60
	4	-0.90		2	-0.90
	6	-1.20		3	-1.20
	6	-1.50		2	-1.50
	5	-1.80		3	-1.80
	5	-2.10		6	-2.10
	3	-2.40		6	-2.40
	5	-2.70		8	-2.70
	5	-3.00		7	-3.00
	8	-3.30		9	-3.30
	9	-3.60		10	-3.60
	11	-3.90		11	-3.90
	10	-4.20		11	-4.20
	8	-4.50		10	-4.50
	7	-4.80		13	-4.80
	13	-5.10		12	-5.10
	22	-5.40		13	-5.40
	10	-5.70		16	-5.70
	11	-6.00		16	-6.00
	8	-6.30		17	-6.30
	10	-6.60		15	-6.60
	10	-6.90		16	-6.90
	20	-7.20		18	-7.20
	11	-7.50		17	-7.50
	8	-7.80		16	-7.80
	13	-8.10		20	-8.10
	>100	-8.40			-8.40
		-8.70			-8.70
		-9.00			-9.00
		-9.30			-9.30
		-9.60			-9.60
		-9.90			-9.90
		-10.20			-10.20
		-10.50			-10.50
		-10.80			-10.80
		-11.10			-11.10
		-11.40			-11.40
		-11.70			-11.70
		-12.00			-12.00
		-12.30			-12.30
		-12.60			-12.60
		-12.90			-12.90
		-13.20			-13.20
		-13.50			-13.50
		-13.80			-13.80
		-14.10			-14.10
		-14.40			-14.40
		-14.70			-14.70
		-15.00			-15.00
		-15.30			-15.30
		-15.60			-15.60
		-15.90			-15.90
		-16.20			-16.20
		-16.50			-16.50
		-16.80			-16.80
		-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.7

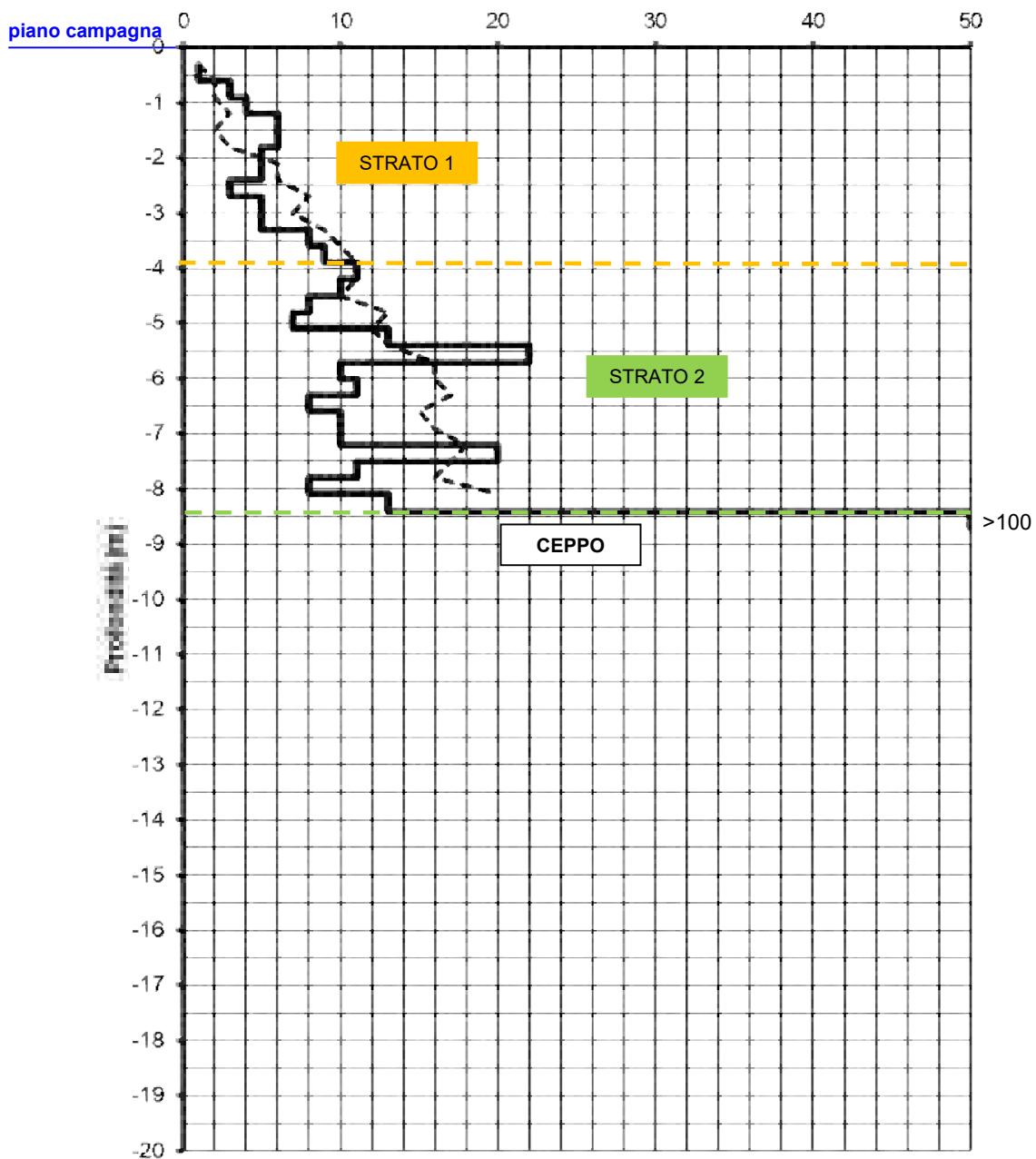
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
- - - - RIVESTIMENTO

	PUNTA	PROF.		RIVEST.	PROF.
		0.00			0.00
	1	-0.30		1	-0.30
	3	-0.60		2	-0.60
	3	-0.90		3	-0.90
	9	-1.20		3	-1.20
	5	-1.50		4	-1.50
	6	-1.80		6	-1.80
	4	-2.10		6	-2.10
	4	-2.40		7	-2.40
	6	-2.70		7	-2.70
	19	-3.00		8	-3.00
	11	-3.30		7	-3.30
	12	-3.60		9	-3.60
	13	-3.90		9	-3.90
	12	-4.20		8	-4.20
	9	-4.50		9	-4.50
	8	-4.80		10	-4.80
	5	-5.10		12	-5.10
	6	-5.40		13	-5.40
	6	-5.70		13	-5.70
	8	-6.00		15	-6.00
	5	-6.30		16	-6.30
	5	-6.60		15	-6.60
	5	-6.90		17	-6.90
	4	-7.20		20	-7.20
	5	-7.50		22	-7.50
	5	-7.80		21	-7.80
	7	-8.10		23	-8.10
	5	-8.40		25	-8.40
	5	-8.70		28	-8.70
	4	-9.00		26	-9.00
	4	-9.30		26	-9.30
	4	-9.60		29	-9.60
	4	-9.90		30	-9.90
	4	-10.20		31	-10.20
	5	-10.50		30	-10.50
	4	-10.80		32	-10.80
	5	-11.10		35	-11.10
	4	-11.40		38	-11.40
	3	-11.70		34	-11.70
	4	-12.00		36	-12.00
	4	-12.30		35	-12.30
	3	-12.60		38	-12.60
	3	-12.90		40	-12.90
	3	-13.20		40	-13.20
	4	-13.50		39	-13.50
	3	-13.80		38	-13.80
	3	-14.10		42	-14.10
	3	-14.40		43	-14.40
	3	-14.70		42	-14.70
	3	-15.00		45	-15.00
	3	-15.30		46	-15.30
	3	-15.60		48	-15.60
	3	-15.90		47	-15.90
	3	-16.20		49	-16.20
	3	-16.50		50	-16.50
	3	-16.80		49	-16.80
	3	-17.10			-17.10
		-17.40			-17.40
		-17.70			-17.70
		-18.00			-18.00
		-18.30			-18.30
		-18.60			-18.60
		-18.90			-18.90
		-19.20			-19.20
		-19.50			-19.50
		-19.80			-19.80
		-20.10			-20.10

Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo c/o "Il Gigante"

Prova DPSH PD.8

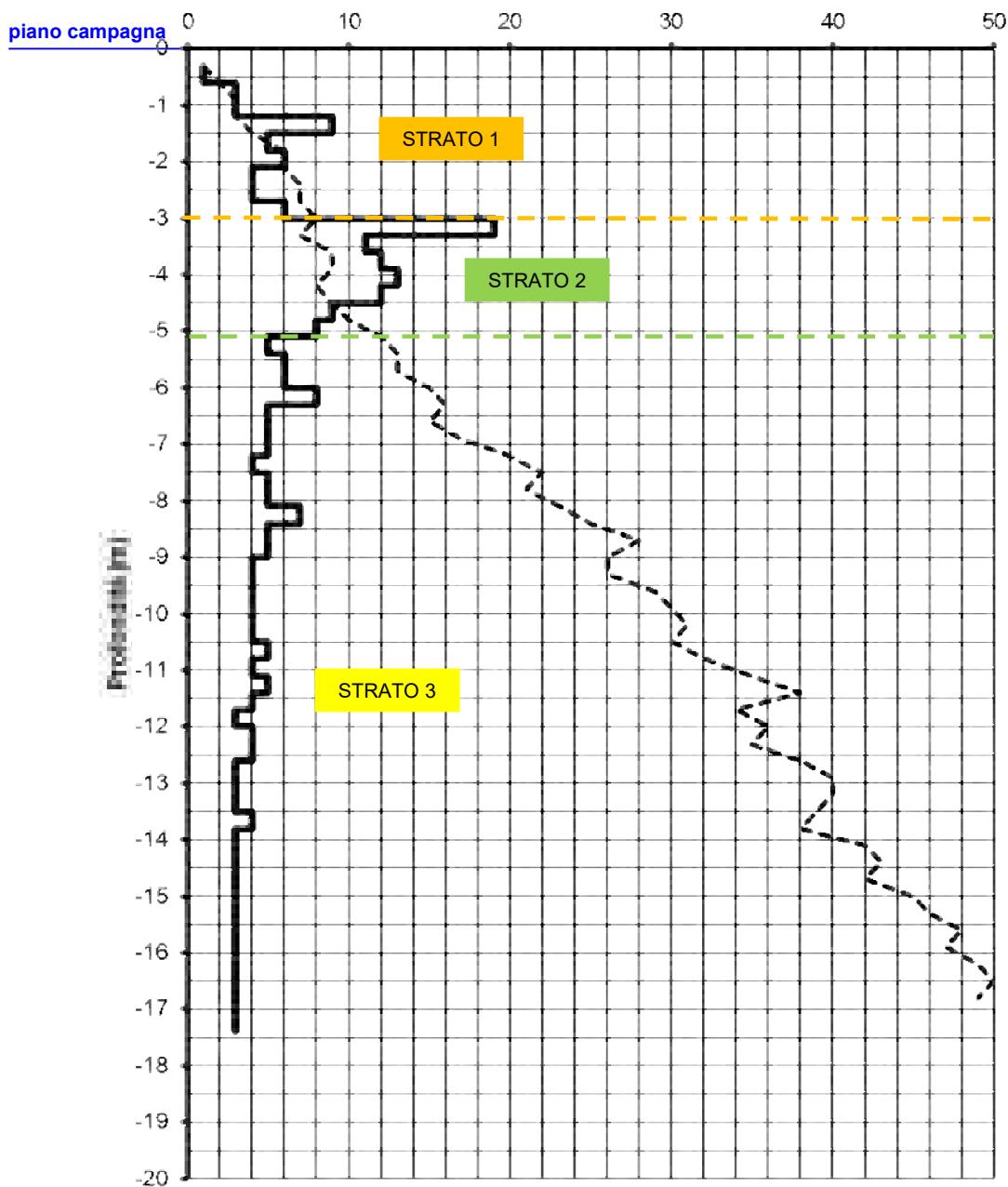
Committente: Rialto S.p.A.

Data: 08-12/05/2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)

Quota falda: non rilevata

Numero di colpi per 30 cm di affondamento



PENETROMETRO DINAMICO S.C.P.T. (STANDARD CONE PENETRATION TEST):
 Punta conica 60°; ϕ 51 mm - Maglio 73 kg - Volata 75 cm

— PUNTA
 - - - RIVESTIMENTO

ALLEGATO 3

**TABELLE E GRAFICI DELLE
PROVE PENETROMETRICHE
STATICHE CPT**



C.P.T. (Cone Penetration Test)

Prova penetrometrica statica CPT - PS 1

pag. 1/2

13/05/2025

COMMITTENTE: Rialto S.p.A.

LOCALITA': Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

PROF.		LP (kg/cm ²)	LT (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs/Qc (FR%)
0,00		-	-	-	-	-
-0,20		-	-	-	-	-
-0,40		-	-	-	-	-
-0,60		15	36	15	0,40	2,67
-0,80		44	50	44	0,60	1,36
-1,00		13	22	13	0,67	5,13
-1,20		20	30	20	2,00	10,00
-1,40		120	150	120	2,07	1,72
-1,60		41	72	41	1,33	3,25
-1,80		62	82	62	1,93	3,12
-2,00		40	69	40	2,07	5,17
-2,20		80	111	80	1,40	1,75
-2,40		34	55	34	1,47	4,31
-2,60		30	52	30	1,73	5,78
-2,80		25	51	25	1,20	4,80
-3,00		20	38	20	1,40	7,00
-3,20		25	46	25	1,20	4,80
-3,40		30	48	30	1,07	3,56
-3,60		35	51	35	1,27	3,62
-3,80		36	55	36	2,20	6,11
-4,00		48	81	48	3,00	6,25
-4,20		59	104	59	4,07	6,89
-4,40		100	161	100	5,33	5,33
-4,60		104	184	104	2,00	1,92
-4,80		190	220	190	5,33	2,81
-5,00		68	148	68	2,87	4,22
-5,20		65	108	65	1,87	2,87
-5,40		46	74	46	2,53	5,51
-5,60		36	74	36	2,20	6,11
-5,80		90	123	90	2,33	2,59
-6,00		25	60	25	1,00	4,00
-6,20		36	51	36	1,40	3,89
-6,40		26	47	26	1,80	6,92
-6,60		43	70	43	1,67	3,88
-6,80		55	80	55	2,27	4,12
-7,00		48	82	48	1,87	3,89
-7,20		33	61	33	6,07	18,38
-7,40		95	186	95	2,60	2,74



C.P.T. (Cone Penetration Test)

Prova penetrometrica statica CPT - PS 1

pag.2/2

13/05/2025

COMMITTENTE: Rialto S.p.A.

LOCALITA': Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

PROF.		LP (kg/cm ²)	LT (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs/Qc (FR%)
-7,60		96	135	96	1,33	1,39
-7,80		150	170	150	1,73	1,16
-8,00		44	70	44	1,60	3,64
-8,20		35	59	35	1,00	2,86
-8,40		28	43	28	0,73	2,62
-8,60		28	39	28	1,53	5,48
-8,80		35	58	35	1,20	3,43
-9,00		41	59	41	1,20	2,93
-9,20		51	69	51	1,13	2,22
-9,40		26	43	26	0,80	3,08
-9,60		10	22	10	0,40	4,00
-9,80		9	15	9	0,40	4,44
-10,00		16	22	16	1,33	8,33
-10,20		220	240	220	2,73	1,24
-10,40		180	221	180	0,80	0,44
-10,60		10	22	10	1,00	10,00
-10,80		10	25	10	4,73	47,33
-11,00		250	321	250		
-11,20						
-11,40						
-11,60						
-11,80						
-12,00						
-12,20						
-12,40						
-12,60						
-12,80						
-13,00						
-13,20						
-13,40						
-13,60						
-13,80						
-14,00						
-14,20						
-14,40						
-14,60						
-14,80						
-15,00						

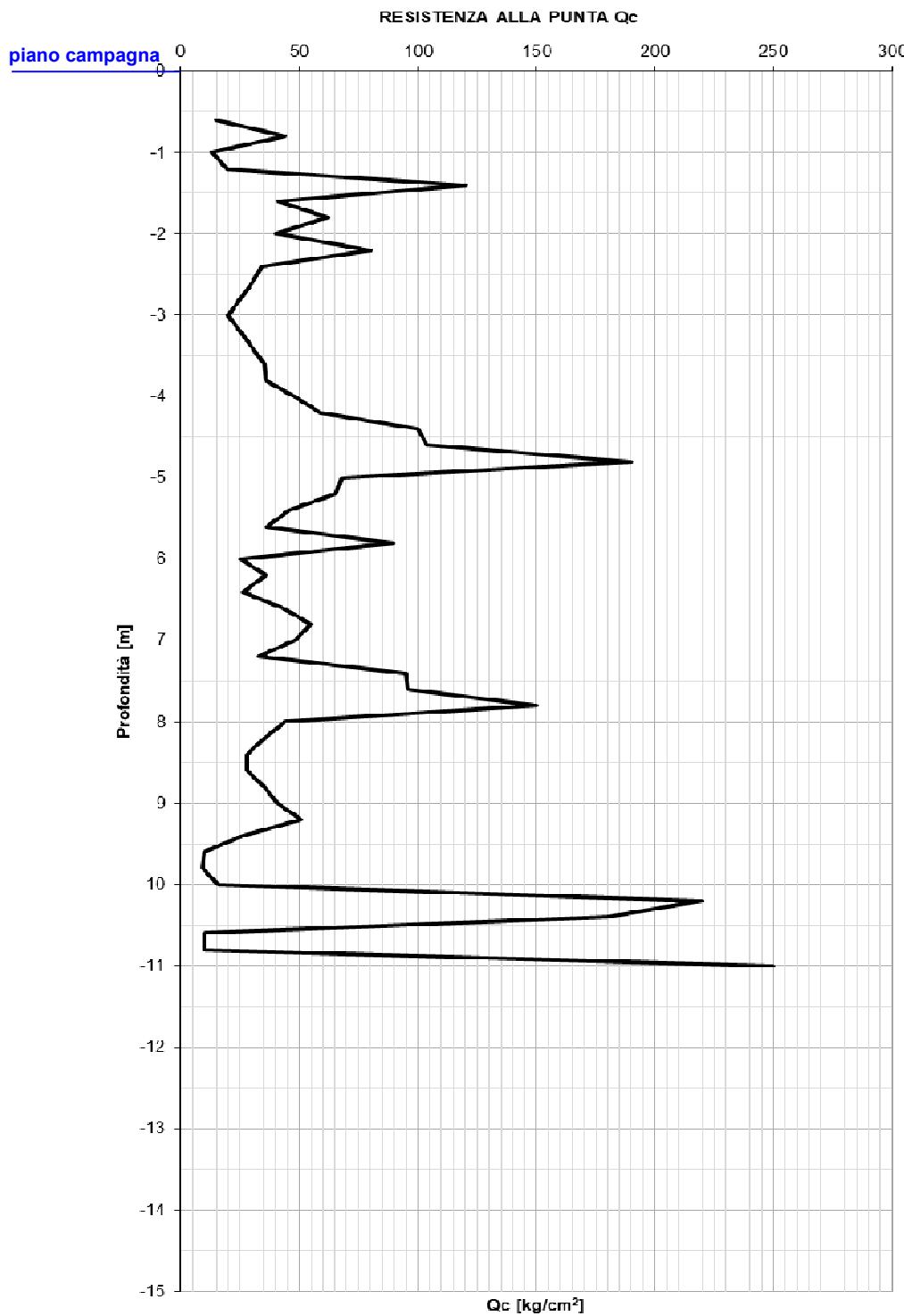
Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

Prova CPT – PS1

Committente: Rialto S.p.a.

Data: 12.05.2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)



PENETROMETRO STATICO C.P.T. (CONE PENETRATION TEST)

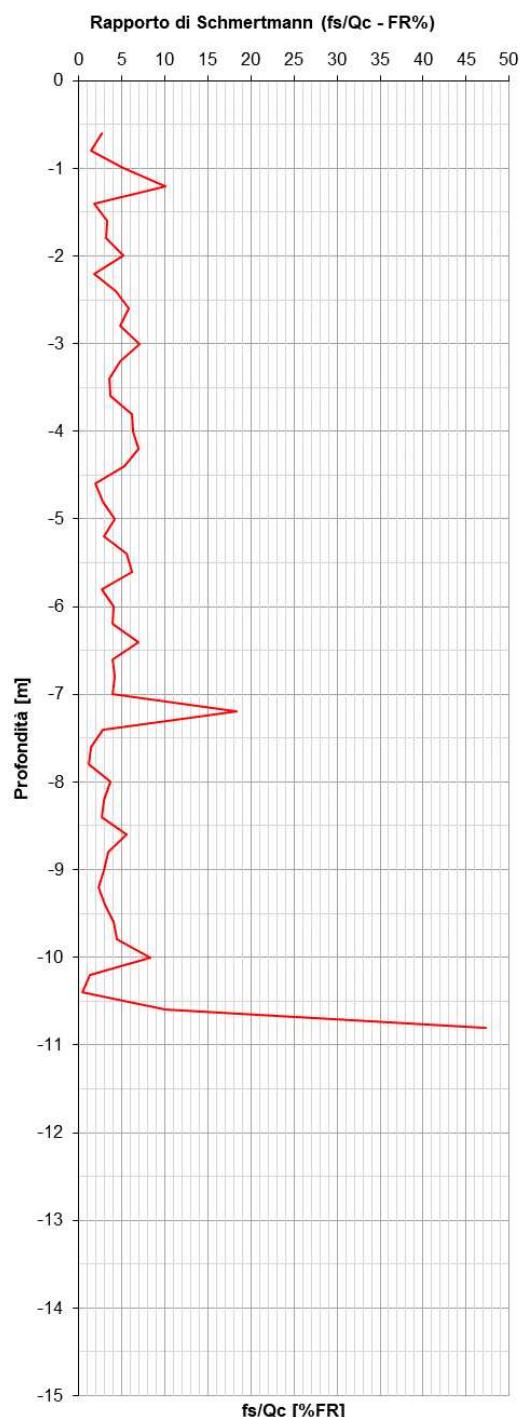
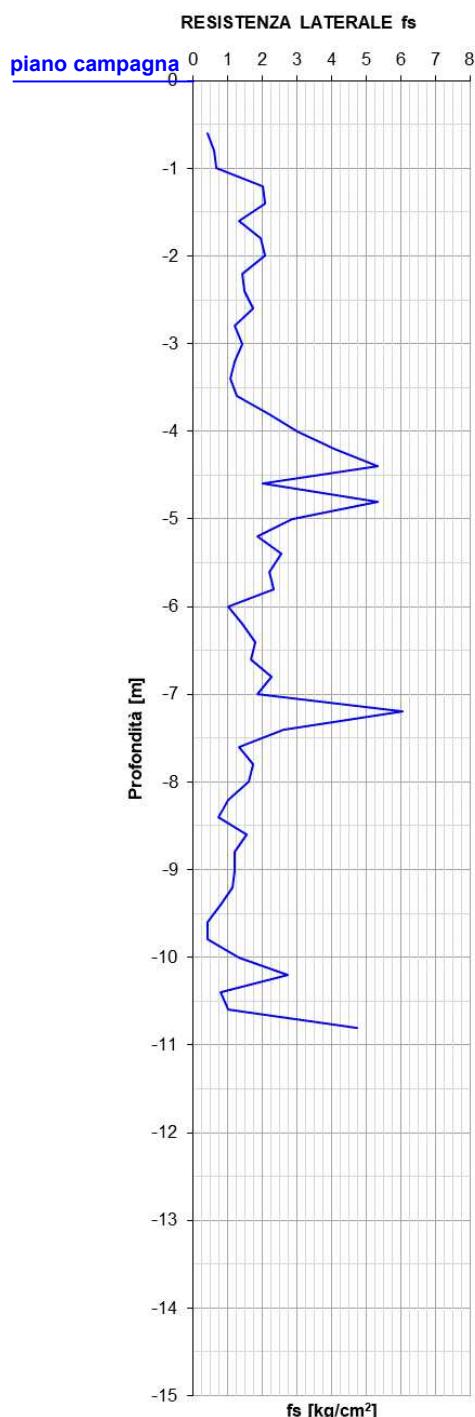
Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

Prova CPT – PS1

Committente: Rialto S.p.a.

Data: 12.05.2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)



PENETROMETRO STATICO C.P.T. (CONE PENETRATION TEST)

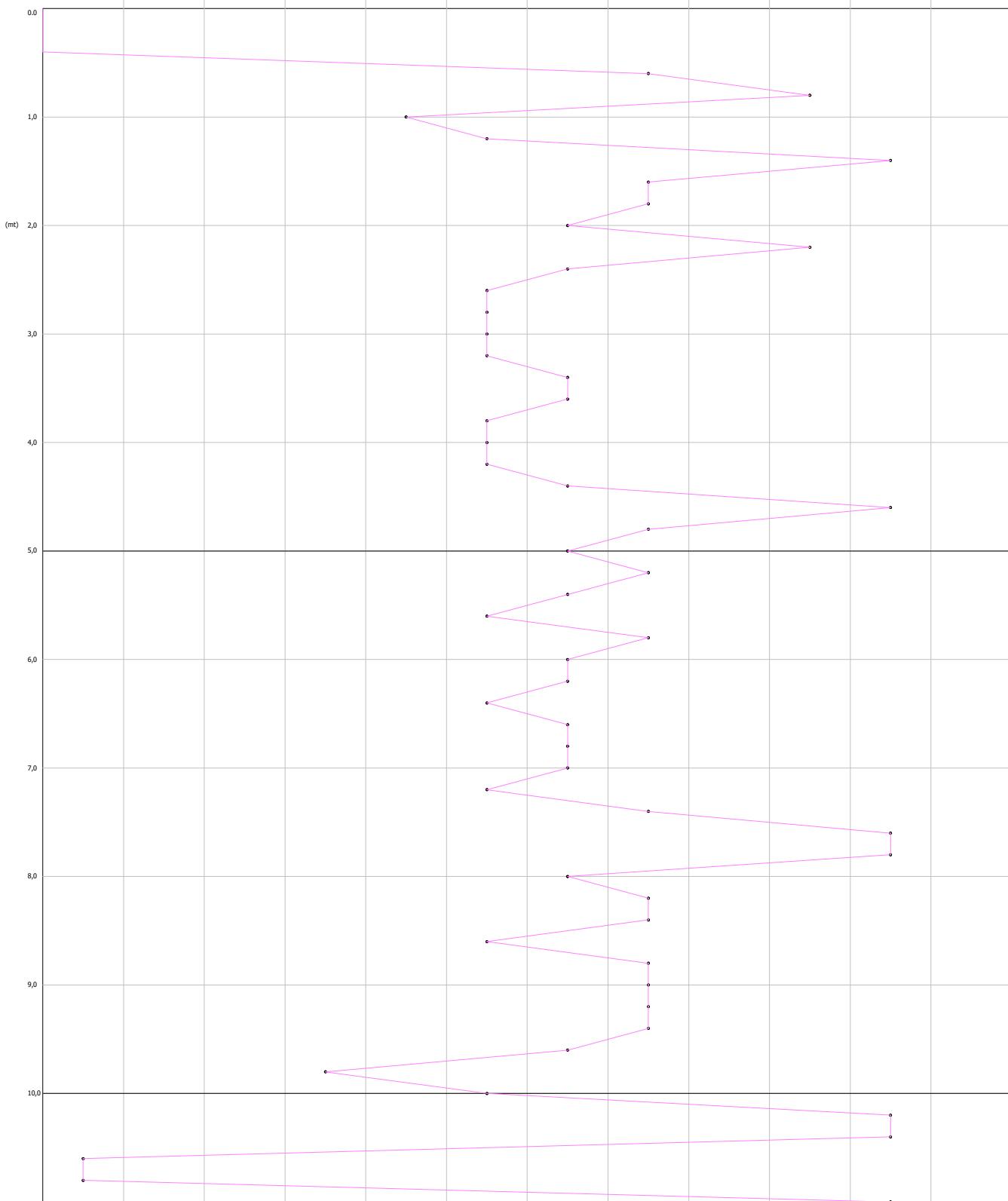
GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.1

Committente: Rialto S.p.A.
Cantiere: Via S. Maria in Campo
Località: Cambiago (MI)

Data: 12/05/2025

Scala 1:53

Argilla organica	Argilla inorganica argilla inorganica argilla organica	Argilla inorganica argilla inorganica argilla inorganica	Argilla inorganica argilla inorganica argilla inorganica	Argilla inorganica argilla inorganica argilla inorganica	Argilla sabbiosa e argilla sabbiosa e argilla sabbiosa e	Terre, Limo sabbiose Sabbia, Argilla, Argille Sabbia, Argilla, Argille	Sabbia sciolta	Sabbie	Sabbia addensante o sabbiante	Sabbia con molti forsilli
------------------	--	--	--	--	--	--	----------------	--------	----------------------------------	------------------------------





C.P.T. (Cone Penetration Test)

Prova penetrometrica statica CPT - PS 2

pag. 1/2

13/05/2025

COMMITTENTE: Rialto S.p.A.

LOCALITA': Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

PROF.		LP (kg/cm ²)	LT (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs/Qc (FR%)
0,00		-	-	-	-	-
-0,20		-	-	-	-	-
-0,40		-	-	-	-	-
-0,60		5	7	5	0,33	6,67
-0,80		10	15	10	0,47	4,67
-1,00		12	19	12	0,93	7,78
-1,20		25	39	25	0,60	2,40
-1,40		34	43	34	1,13	3,33
-1,60		37	54	37	1,47	3,96
-1,80		40	62	40	1,27	3,17
-2,00		40	59	40	1,33	3,33
-2,20		41	61	41	1,67	4,07
-2,40		40	65	40	2,13	5,33
-2,60		37	69	37	1,00	2,70
-2,80		28	43	28	1,07	3,81
-3,00		34	50	34	1,00	2,94
-3,20		75	90	75	1,47	1,96
-3,40		86	108	86	2,33	2,71
-3,60		40	75	40	1,80	4,50
-3,80		92	119	92	2,60	2,83
-4,00		57	96	57	1,67	2,92
-4,20		80	105	80	1,67	2,08
-4,40		89	114	89	1,47	1,65
-4,60		60	82	60	2,27	3,78
-4,80		43	77	43	1,07	2,48
-5,00		30	46	30	1,00	3,33
-5,20		29	44	29	0,73	2,53
-5,40		25	36	25	0,73	2,93
-5,60		30	41	30	0,53	1,78
-5,80		37	45	37	3,20	8,65
-6,00		40	88	40	2,40	6,00
-6,20		59	95	59	1,33	2,26
-6,40		45	65	45	1,93	4,30
-6,60		58	87	58	1,07	1,84
-6,80		33	49	33	1,20	3,64
-7,00		30	48	30	0,60	2,00
-7,20		37	46	37	2,93	7,93
-7,40		85	129	85	3,40	4,00



C.P.T. (Cone Penetration Test)

Prova penetrometrica statica CPT - PS 2

pag.2/2

13/05/2025

COMMITTENTE: Rialto S.p.A.

LOCALITA': Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

PROF.		LP (kg/cm ²)	LT (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs/Qc (FR%)
-7,60		64	115	64	0,67	1,04
-7,80		36	46	36	2,07	5,74
-8,00		87	118	87	1,67	1,92
-8,20		80	105	80	1,93	2,42
-8,40		85	114	85	2,40	2,82
-8,60		75	111	75	4,33	5,78
-8,80		105	170	105	4,40	4,19
-9,00		99	165	99	1,13	1,14
-9,20		37	54	37	1,47	3,96
-9,40		42	64	42	1,07	2,54
-9,60		61	77	61	1,13	1,86
-9,80		84	101	84	1,80	2,14
-10,00		128	155	128	2,93	2,29
-10,20		51	95	51	1,27	2,48
-10,40		27	46	27	3,27	12,10
-10,60		49	98	49	7,07	14,42
-10,80		150	256	150		
-11,00						
-11,20						
-11,40						
-11,60						
-11,80						
-12,00						
-12,20						
-12,40						
-12,60						
-12,80						
-13,00						
-13,20						
-13,40						
-13,60						
-13,80						
-14,00						
-14,20						
-14,40						
-14,60						
-14,80						
-15,00						

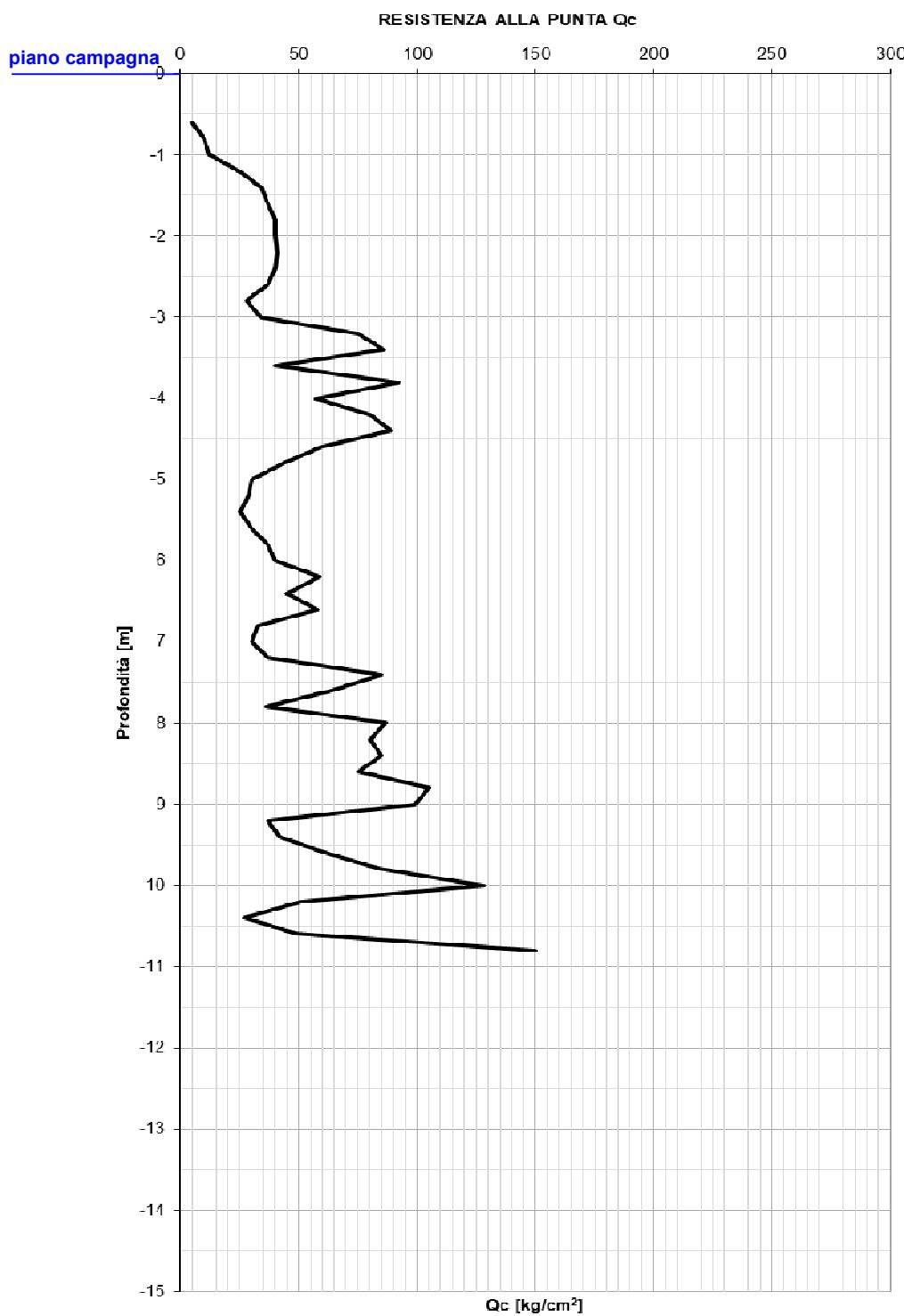
Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

Prova CPT – PS2

Committente: Rialto S.p.a.

Data: 12.05.2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)



PENETROMETRO STATICO C.P.T. (CONE PENETRATION TEST)

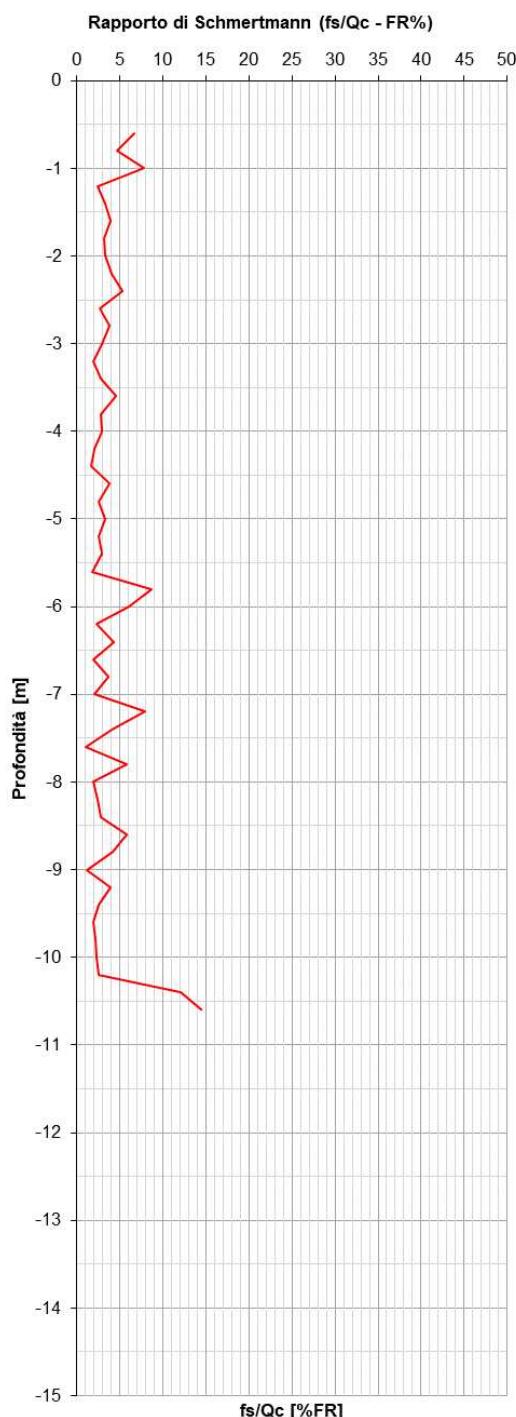
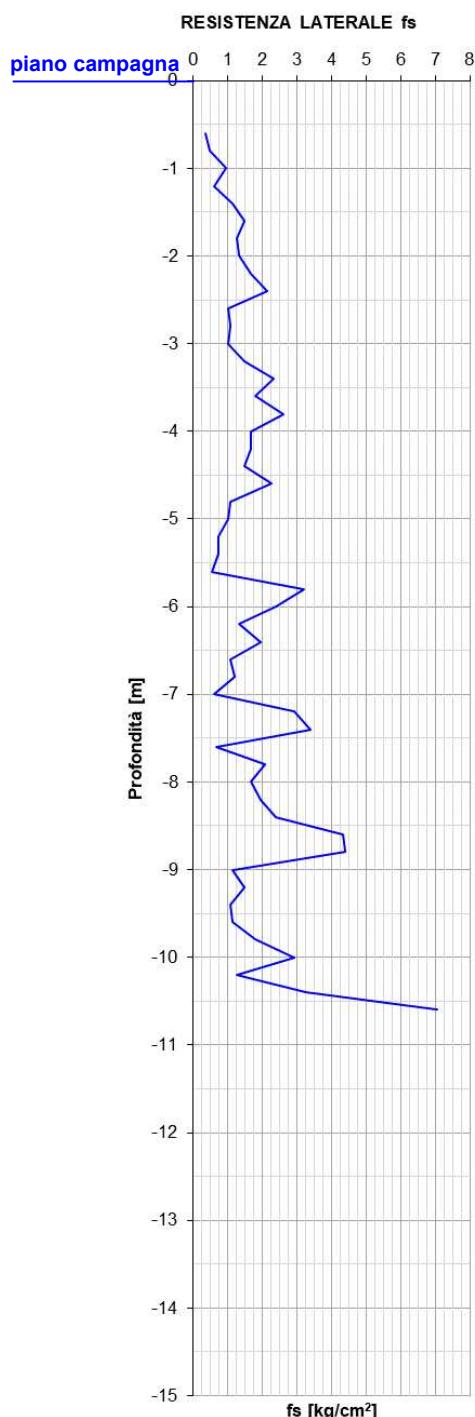
Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

Prova CPT – PS2

Committente: Rialto S.p.a.

Data: 12.05.2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)



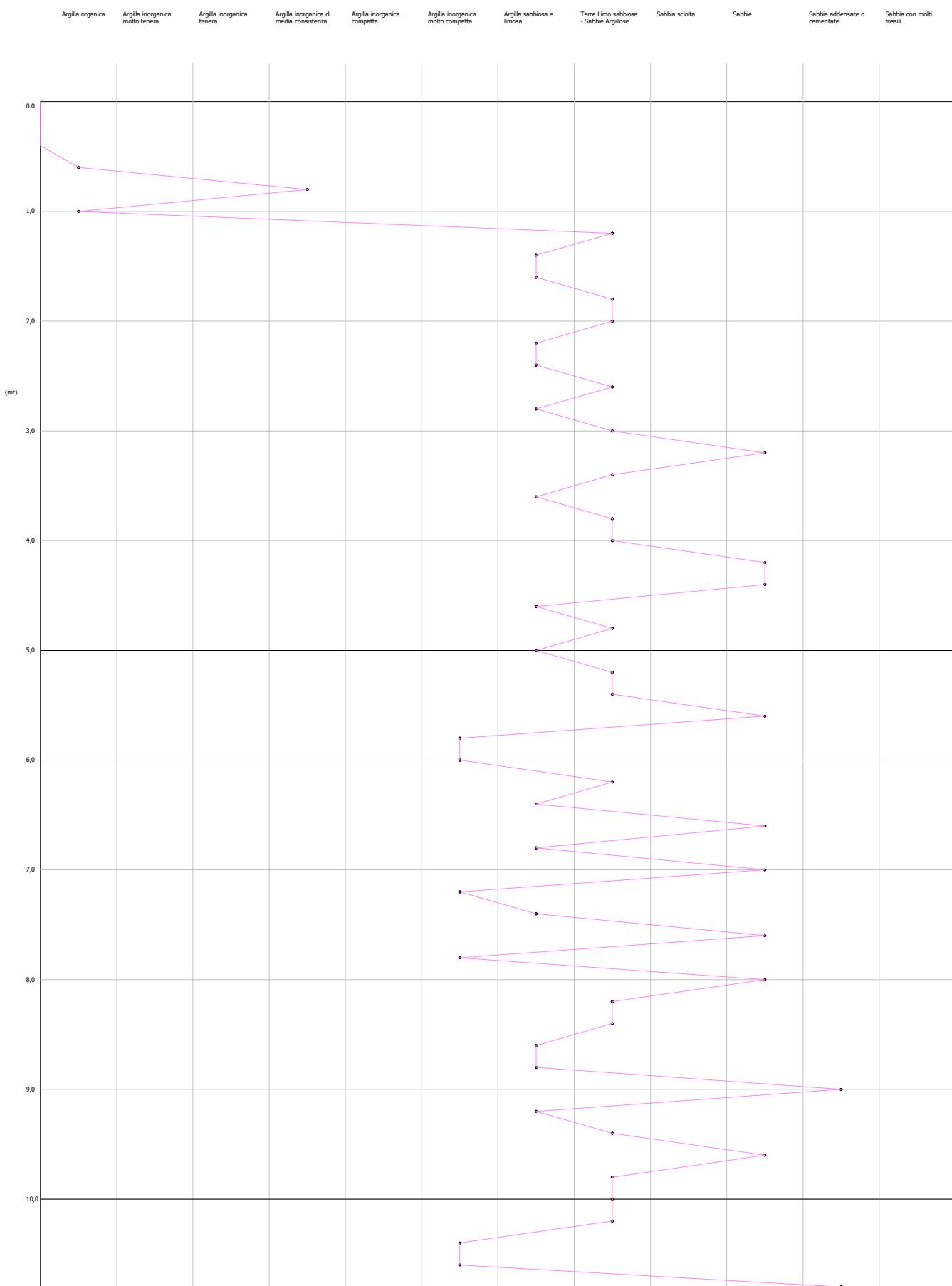
PENETROMETRO STATICO C.P.T. (CONE PENETRATION TEST)

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.2

Committente: Rialto S.p.A.
Cantiere: Via S. Maria in Campo
Località: Cambiago (MI)

Data: 12/05/2025

Scala 1:49





LYBRA

C.P.T. (Cone Penetration Test)
Prova penetrometrica statica CPT - PS 3

pag. 1/2

13/05/2025

COMMITTENTE: Rialto S.p.A.

LOCALITA': Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

PROF.		LP (kg/cm ²)	LT (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs/Qc (FR%)
0,00		-	-	-	-	-
-0,20		-	-	-	-	-
-0,40		-	-	-	-	-
-0,60		11	16	11	0,27	2,42
-0,80		10	14	10	0,27	2,67
-1,00		15	19	15	0,40	2,67
-1,20		19	25	19	2,53	13,33
-1,40		102	140	102	2,47	2,42
-1,60		100	137	100	1,73	1,73
-1,80		53	79	53	0,73	1,38
-2,00		26	37	26	1,07	4,10
-2,20		35	51	35	1,20	3,43
-2,40		30	48	30	1,87	6,22
-2,60		28	56	28	1,53	5,48
-2,80		25	48	25	0,53	2,13
-3,00		43	51	43	1,13	2,64
-3,20		40	57	40	0,40	1,00
-3,40		39	45	39	2,00	5,13
-3,60		47	77	47	0,87	1,84
-3,80		57	70	57	1,20	2,11
-4,00		84	102	84	1,40	1,67
-4,20		80	101	80	1,40	1,75
-4,40		55	76	55	2,93	5,33
-4,60		84	128	84	2,47	2,94
-4,80		64	101	64	0,60	0,94
-5,00		46	55	46	1,60	3,48
-5,20		40	64	40	0,80	2,00
-5,40		36	48	36	0,53	1,48
-5,60		38	46	38	0,47	1,23
-5,80		30	37	30	0,47	1,56
-6,00		28	35	28	2,33	8,33
-6,20		18	53	18	0,73	4,07
-6,40		33	44	33	0,80	2,42
-6,60		32	44	32	1,67	5,21
-6,80		10	35	10	0,47	4,67
-7,00		26	33	26	1,07	4,10
-7,20		54	70	54	0,33	0,62
-7,40		13	18	13	0,27	2,05

C.P.T. (Cone Penetration Test)

Prova penetrometrica statica CPT - PS 3

pag.2/2

13/05/2025

COMMITTENTE: Rialto S.p.A.

LOCALITA': Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

PROF.		LP (kg/cm ²)	LT (kg/cm ²)	Qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs/Qc (FR%)
-7,60		10	14	10	0,33	3,33
-7,80		12	17	12	0,47	3,89
-8,00		15	22	15	0,20	1,33
-8,20		30	33	30	0,67	2,22
-8,40		23	33	23	0,33	1,45
-8,60		25	30	25	0,60	2,40
-8,80		13	22	13	0,40	3,08
-9,00		22	28	22	0,33	1,52
-9,20		10	15	10	0,33	3,33
-9,40		9	14	9	0,27	2,96
-9,60		12	16	12	0,47	3,89
-9,80		8	15	8	0,93	11,67
-10,00		6	20	6	0,27	4,44
-10,20		16	20	16	0,53	3,33
-10,40		14	22	14	0,27	1,90
-10,60		16	20	16	0,47	2,92
-10,80		18	25	18	0,27	1,48
-11,00		11	15	11	0,27	2,42
-11,20		12	16	12	0,13	1,11
-11,40		10	12	10	0,33	3,33
-11,60		10	15	10	0,33	3,33
-11,80		8	13	8	0,27	3,33
-12,00		15	19	15	0,13	0,89
-12,20		16	18	16	0,40	2,50
-12,40		14	20	14	1,33	9,52
-12,60		39	59	39	1,53	3,93
-12,80		55	78	55		
-13,00						
-13,20						
-13,40						
-13,60						
-13,80						
-14,00						
-14,20						
-14,40						
-14,60						
-14,80						
-15,00						

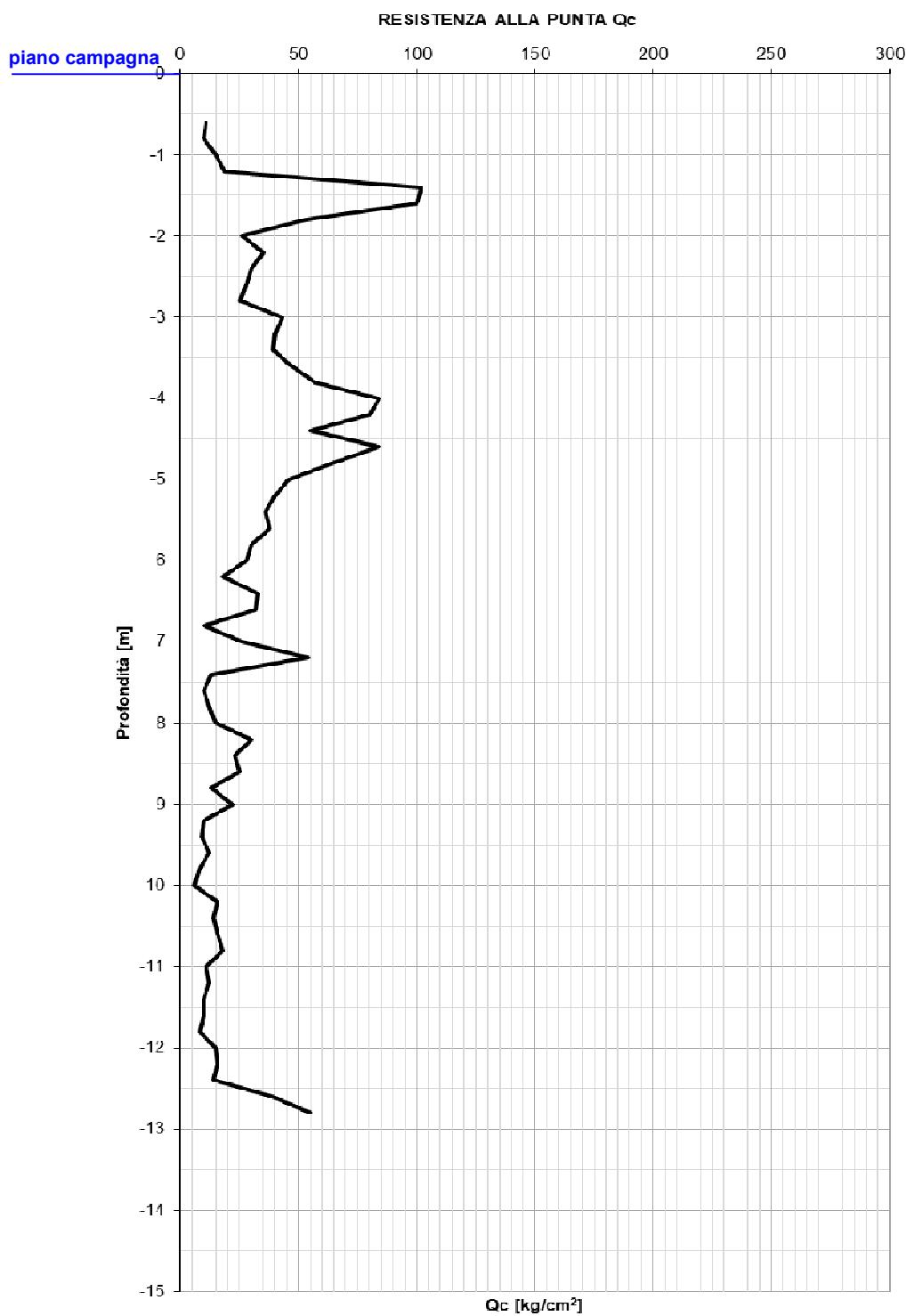
Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

Prova CPT – PS3

Committente: Rialto S.p.a.

Data: 12.05.2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)



PENETROMETRO STATICO C.P.T. (CONE PENETRATION TEST)

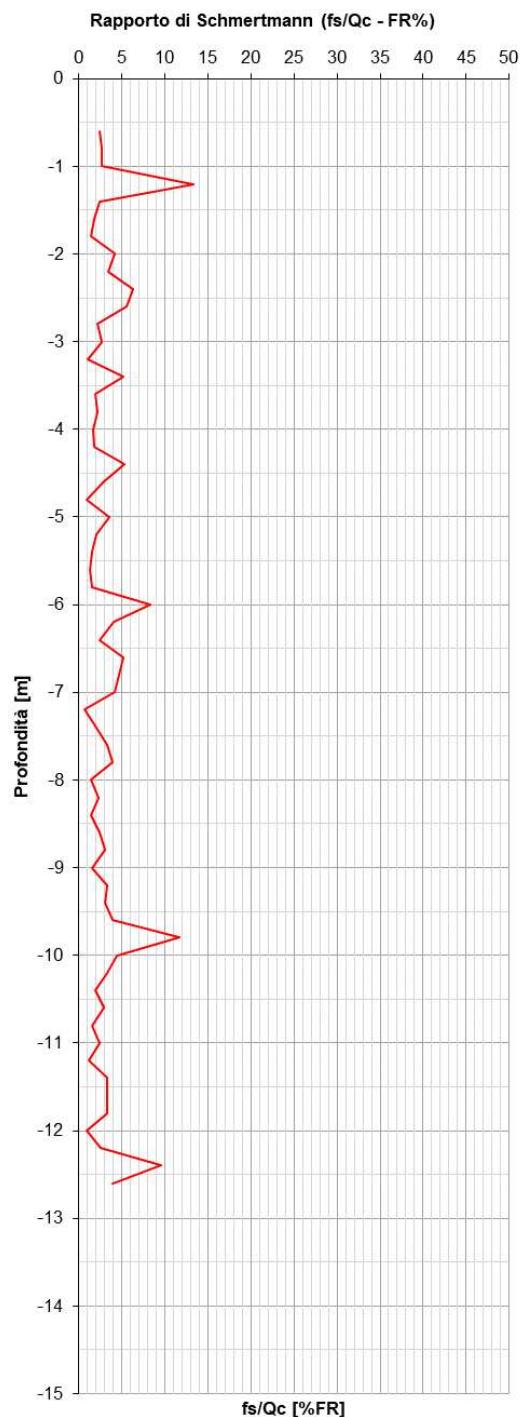
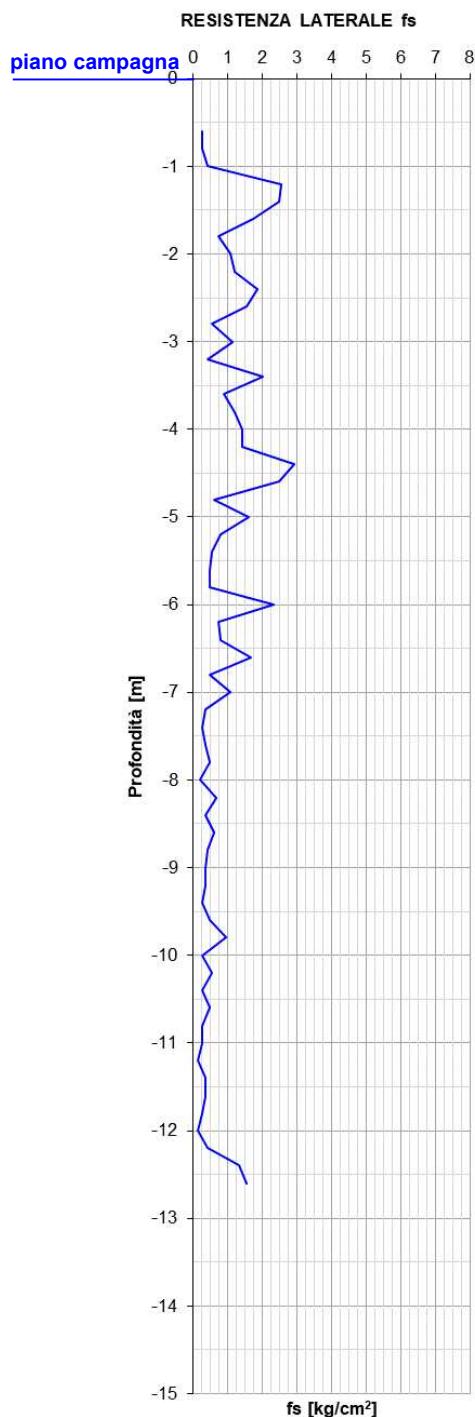
Località indagine: Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo

Prova CPT – PS3

Committente: Rialto S.p.a.

Data: 12.05.2025

Quota inizio prova: piano campagna (p.c.)



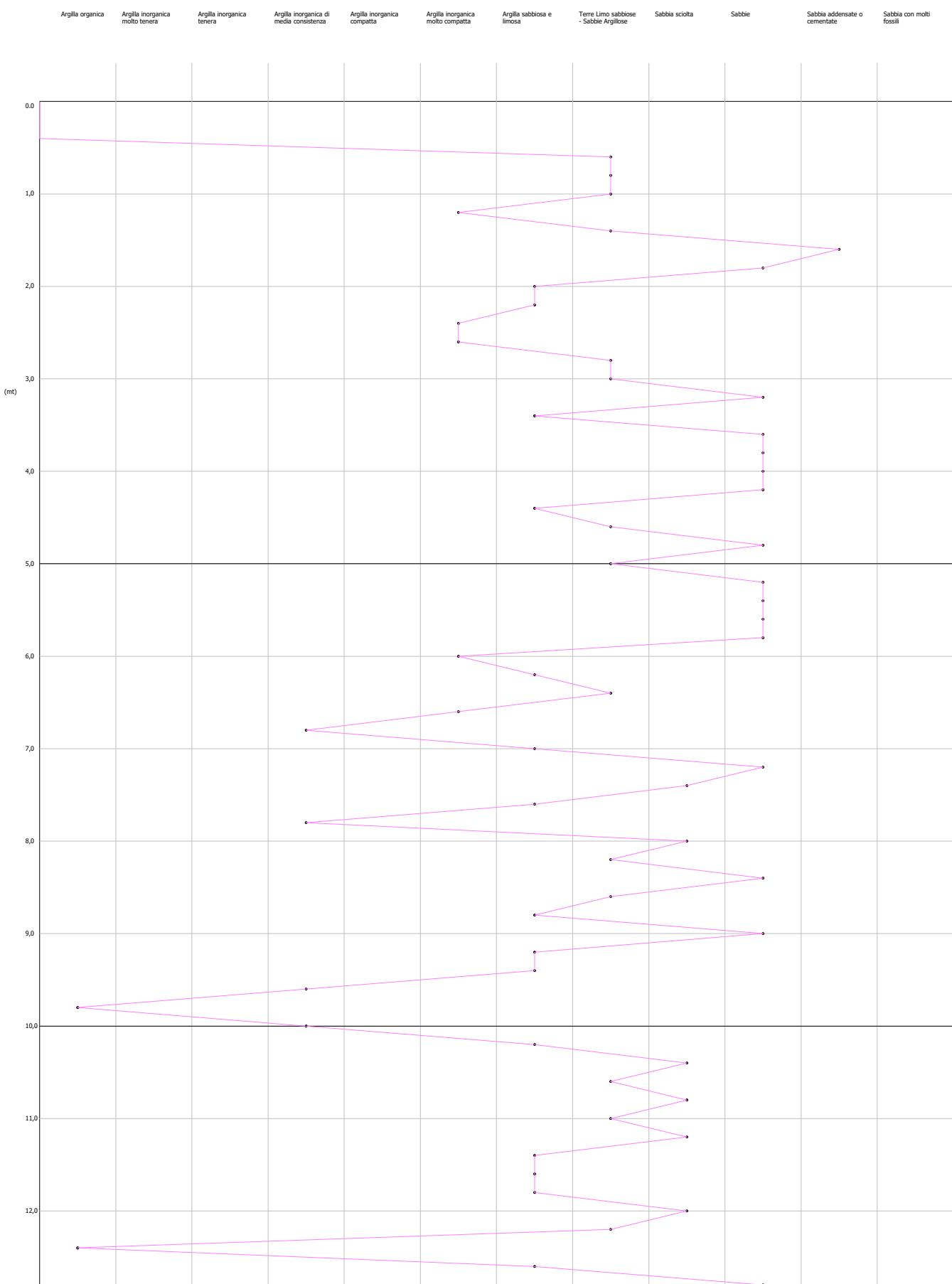
PENETROMETRO STATICO C.P.T. (CONE PENETRATION TEST)

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Schmertmann 1978)
PROVA: Nr.3

Committente: Rialto S.p.A.
Cantieri: Via S. Maria in Campo
Località: Cambiago (MI)

Data: 12/05/2025

Scala 1:58



ALLEGATO 4

**FOTOGRAFIE DI
TUTTI I PUNTI DI INDAGINE**

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (08-12/05/2025)

Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo



PROVA PD.1



PROVA PD.2



PROVA PD.3



PROVA PD.4

<p>Lybra ambiente e territorio s.r.l. Via Guglielmo Pecori Giraldi, 9 20139 Milano Tel +39 02 45470559</p>	<p>P.IVA 04922490968 Cap. Soc. € 30.000,00 i.v. e-mail info@lybra-at.it PEC lybra@gigapec.it www.lybra-at.com</p>	<p>Società certificata ISO 9001-2015 da CertiEuro n° 22492Q</p> <p><i>Società di Ingegneria Matr. N. SI017601</i> <i>Società di Geologia Matr. N. SI000319</i></p>
--	---	--

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (08-12/05/2025)

Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo



PROVA PD.5

PROVA PD.6



PROVA PD.7

PROVA PD.8

<p>Lybra ambiente e territorio s.r.l. Via Guglielmo Pecori Giraldi, 9 20139 Milano Tel +39 02 45470559</p>	<p>P.IVA 04922490968 Cap. Soc. € 30.000,00 i.v. e-mail info@lybra-at.it PEC lybra@gigapec.it www.lybra-at.com</p>	<p>Società certificata ISO 9001-2015 da CertiEuro n° 22492Q</p> <p><i>Società di Ingegneria Matr. N. SI017601 Società di Geologia Matr. N. SI000319</i></p>
--	---	---

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (12/05/2025)

Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo



PROVA PS.1

PROVA PS.2



PROVA PS.3

<p>Lybra ambiente e territorio s.r.l. Via Guglielmo Pecori Giraldi, 9 20139 Milano Tel +39 02 45470559</p>	<p>P.IVA 04922490968 Cap. Soc. € 30.000,00 i.v. e-mail info@lybra-at.it PEC lybra@gigapec.it www.lybra-at.com</p>	<p>Società certificata ISO 9001-2015 da CertiEuro n° 22492Q</p> <p><i>Società di Ingegneria Matr. N. SI017601</i> <i>Società di Geologia Matr. N. SI000319</i></p>
--	---	--

STENDIMENTO SISMICO MASW (12/05/2025)

Cambiago (MI), Via S. Maria in Campo



MASW (vista 1)

MASW (vista 2)



SISMOGRAFO

<p>Lybra ambiente e territorio s.r.l. Via Guglielmo Pecori Giraldi, 9 20139 Milano Tel +39 02 45470559</p>	<p>P.IVA 04922490968 Cap. Soc. € 30.000,00 i.v. e-mail info@lybra-at.it PEC lybra@gigapec.it www.lybra-at.com</p>	<p>Società certificata ISO 9001-2015 da CertiEuro n° 22492Q</p> <p><i>Società di Ingegneria Matr. N. SI017601 Società di Geologia Matr. N. SI000319</i></p>
--	---	---

TAVOLA 1

**PIANTA STATO DI FATTO
CON IMPRONTA NUOVE STRUTTURE
IN PROGETTO: UBICAZIONE INDAGINI
GEOTECNICHE E SISMICHE E
TRACCIA SEZIONE GEOTECNICA
E STRATIGRAFICA A-B**

**LEGENDA**

- PS.x prova penetrometrica statica C.P.T.
- PD.x prova penetrometrica dinamica DPSH
- stendimento sismico MASW
- traccia sezione geotecnica e stratigrafica A-B

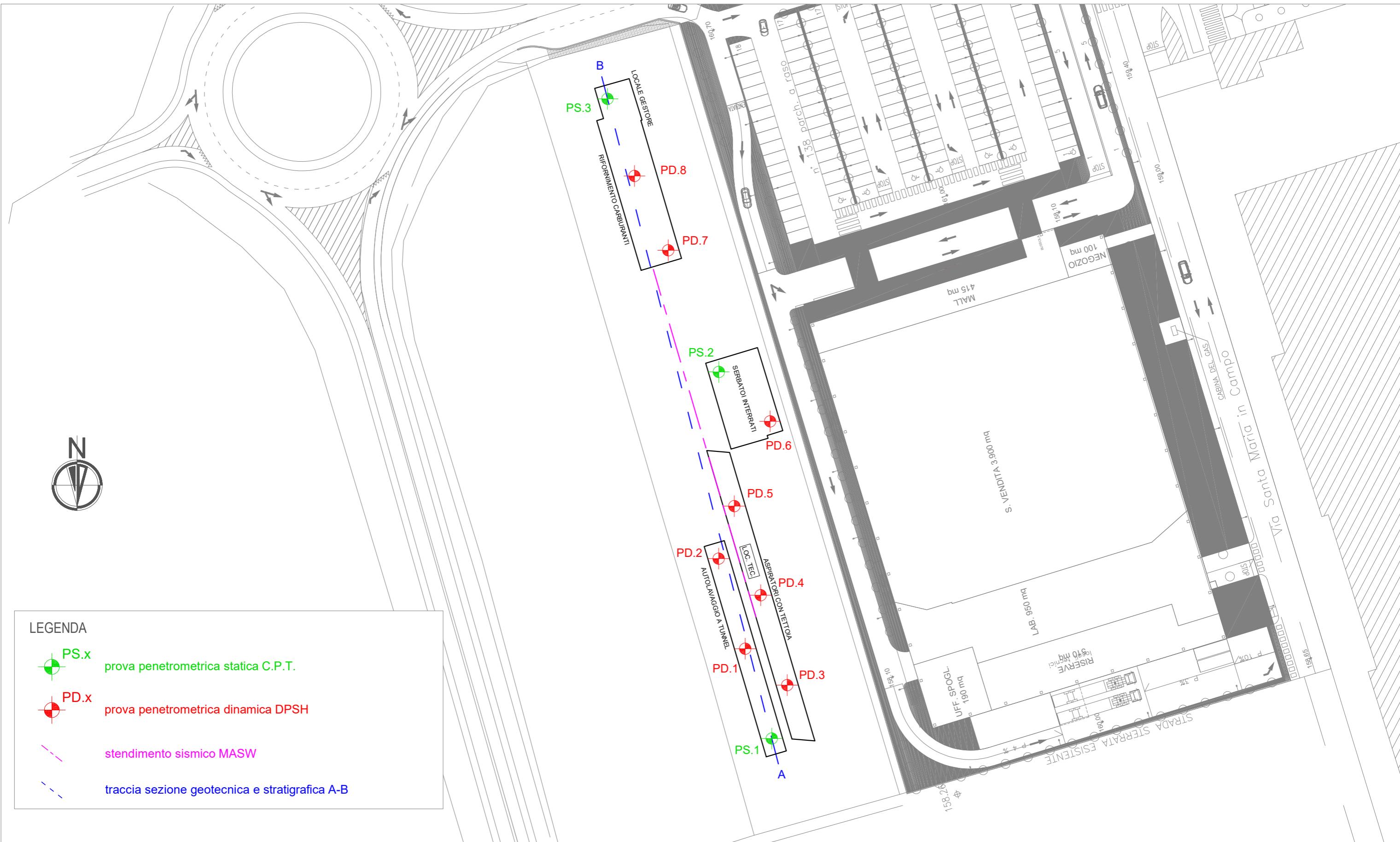


TAVOLA 2

**SEZIONE GEOTECNICA
E STRATIGRAFICA A-B**

