

Rif. Geo L3605

Comune di Vimercate

(Provincia di Monza e della Brianza)

Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA (R1+R3)

ai sensi del D.M. 17-01-2018 e della DGR IX 2616/2011

Realizzazione di un nuovo insediamento produttivo
con funzione di Data Center

Committente:
Giambelli Spa

Vaprio D'Adda, 17/03/2025

Dott. Geol. Carlo Leoni

Vermeer, Il Geografo - 1668



Geologia
Geotecnica
Idrogeologia
Indagini ambientali

Pianificazione territoriale
Cave, discariche
Ripristini ambientali
Indagini geognostiche

Ingegneria naturalistica
Pozzi
Rilievi topografici e GPS
Bonifiche

SOMMARIO

1. Premessa	3
2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di indagine.....	6
2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area di indagine	6
2.2. Inquadramento idrogeologico dell'area di indagine	7
3. Indagini di eseguite	8
3.1. Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT	9
3.2. Indagine sismica con metodologia MASW	12
3.3 Analisi della permeabilità dei terreni.....	15
4. Modello geotecnico del sottosuolo e scelta dei parametri caratteristici del terreno.....	17
5. Analisi dell'azione sismica	21
6. Verifica alla liquefazione	27
7. Pericolosità sismica locale	28
7.1. Analisi sismica di primo livello	28
7.2. Analisi sismica di secondo livello	29
8. Verifica della compatibilità dell'intervento con la fattibilità geologica locale ai sensi della DGR 2616/2011	35

COMUNE DI VIMERCATE
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI
E

Rif. Geo. L3605

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 2

1. Premessa

In seguito all'incarico conferito da Giambelli SpA è stata redatta la presente relazione volta alla definizione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area AT - 6 sita in Via Santa Maria Molgora nel comune di Vimercate (MB), nell'ambito di realizzazione di un nuovo insediamento di Data Center.

L'area oggetto dell'intervento si colloca nel centro abitato a sud del comune di Vimercate e si presenta come una superficie planare posta ad una quota media di circa 180 m s.l.m.



Fig.1. Inquadramento corografico dell'area di intervento su immagine satellitare (in rosso l'area in esame che non coincide con il perimetro P.I.I.)

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 3

La presente relazione geologica viene redatta ai sensi della **D.M. 17/01/2018 - NTC2018 (relazione geologica R1)** e ai sensi della **DGR 2616/2011 (relazione geologica R3)**.

La prima (ai sensi delle **NTC 2018 – D.M. 17/01/2018**) è finalizzata a ricostruire il modello geologico necessario all'estensore della relazione geotecnica per poter estendere i risultati delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche a tutto il volume significativo coinvolto dalla costruzione, nonché ad approfondire eventuali ulteriori criticità che il geologo dovesse aver riscontrato in sito oltre a quelle segnalate nel PGT.

La seconda (ai sensi della **DGR 2616/2011**) è finalizzata a verificare la fattibilità dell'intervento proposto sviluppando le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche nonché le verifiche richieste 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 dove ricade l'intervento, indicando eventuali opere di mitigazione del rischio che si dovranno realizzare per rendere fattibile l'opera.

Durante lo studio di progetto ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le costruzioni” dovrà essere presentata idonea relazione geotecnica (R2) con i calcoli di stabilità dell'opera.

Come riferimento per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo di fondazione delle opere in progetto è stata considerata l'indagine eseguita dal sottoscritto in data 11/10/2024, consistita nell'esecuzione di **n. 8 prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT), n. 2 indagini sismiche MASW e 4 prove infiltrometriche**. In data 10/03/2025 è stata eseguita una terza indagine sismica MASW.

Considerata l'omogeneità litostratigrafia e geomeccanica dei terreni presenti nell'ambito della zona indagata e tenuto in considerazione l'estensione del lotto da indagare, si ritiene che le indagini eseguite siano sufficienti per poter caratterizzare i terreni in oggetto. Tale scelta è avvalorata dalla conoscenza delle aree circostanti a quella di intervento che in un intorno significativo presentano caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche simili.

Sulla base del **D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129** “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”, **il territorio comunale di Vimercate è stato classificato come ZONA 3.**

In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, sulla base della litostratigrafia rilevata e delle indagini sismiche eseguite nell'area in esame in data 21/10/2024 (MASW 1 e MASW 2) e in data 10/03/2025 (MASW 3), è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del **suolo di fondazione di “tipo B”**.

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 4

Considerato tuttavia che dall'analisi di II livello, il fattore di amplificazione Fa risulta > del valore soglia comunale definito dalla regione Lombardia, viene cautelatamente considerato **un suolo di tipo "C"**.

Nello specifico la relazione viene così articolata:

- ✓ definizione delle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche locali;
- ✓ definizione del modello geotecnico del sottosuolo e parametrizzazione dei terreni;
- ✓ valutazione degli effetti sismici di sito e definizione della categoria sismica del suolo di fondazione;
- ✓ valutazione della capacità portante dei terreni;
- ✓ verifica dei cedimenti fondazionali;
- ✓ verifica della compatibilità dell'intervento con la fattibilità geologica locale ai sensi della DGR 2616/2011.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- ✓ D.M. 14 Gennaio 2008: Norme tecniche per le costruzioni
- ✓ CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003
- ✓ Eurocodice 7: Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- ✓ Eurocodice 8: Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- ✓ D.G.R. n. 2616/2011 criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 – testo integrale
- ✓ D.G.R. n. 2129/14 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia. Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- ✓ LR 33/15 Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche. Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica
- ✓ D.G.R. n. 5001/16 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica
- ✓ D.M. 17 Gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 5

2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di indagine

2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area di indagine

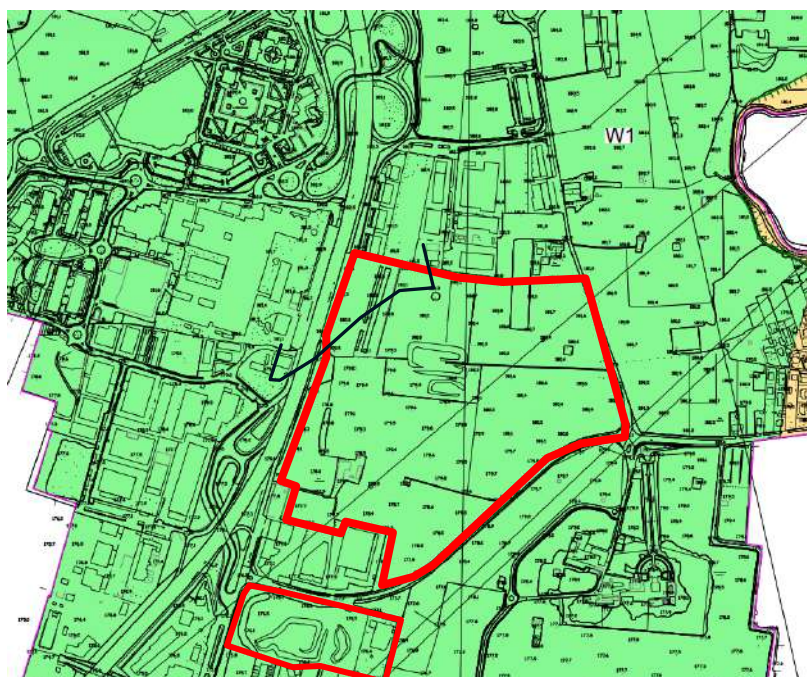
Il territorio di Vimercate si colloca nell'ambito dell'Unità di Pianura.

L'Unità di pianura occupa ampie porzioni del territorio comunale poste sul livello topografico immediatamente successivo (inferiore) a quello dell'Unità del Terrazzo Intermedio, noto in letteratura geologica come "Livello fondamentale della Pianura".

Essa è stata suddivisa in due sottounità, con disposizione N/NNE, rappresentate dalla Subunità modale (W1) e dalla Subunità delle Valli (W2), distinte per la loro marcata individualità morfologica.

L'unità é composta esclusivamente da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; i ciottoli, prevalentemente arrotondati, presentano dimensioni medi di 3 - 4 cm.

Dal punto di vista sedimentologico si osservano accenni di stratificazione suborizzontale, legati ad accrezione sommitale in ambiente fluviale a canali intrecciati.



W1

Subunità' modale: caratterizzata da depositi fluvioglaciali di natura ghiaiosa a supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; i ciottoli, prevalentemente arrotondati, presentano dimensioni medi di 3 - 4 cm.;

Fig.2. Stralcio della carta geologica redatta a supporto del PGT comunale (in rosso l'area in esame che non coincide con il perimetro P.I.I.)

Rif. Geo. L3605

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 6

2.2. Inquadramento idrogeologico dell'area di indagine

L'indagine geognostica eseguita in data 11 ottobre 2024 non ha rilevato la presenza di una falda idrica superficiale; infatti, sulla base delle misurazioni piezometriche contenute nel PGT comunale dovrebbe attestarsi ad una profondità tra i 30 - 40 m dal p.c. L'andamento generale della piezometria nel territorio di Vimercate, è caratterizzato da un flusso prevalente con direzione da N verso S.

L'area oggetto dell'intervento, come è possibile notare nella carta della piezometria allegata al PGT comunale (estratto in fig.3), è collocata sotto tra le linee isopiezometriche dei 165 m s.l.m. e 157,5 m s.l.m. L'altimetria dell'area è di 180 m s.l.m.; pertanto si desume dalla carta una soggiacenza maggiore di 15 metri.



Fig.3. SIF – Sistema Informativo Falda, Provincia di Monza e della Brianza, (in rosso l'area in esame che non coincide con il perimetro P.I.I.)

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 7

3. Indagini di eseguite

Per la caratterizzazione fisico-meccanica e sismica dei terreni è stata presa in considerazione una campagna di indagini geognostiche eseguita in data 11 e 21 ottobre 2024 e così articolata:

- ✓ n. 8 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT (P1 -P8)
- ✓ n. 2 prove sismiche di tipo MASW
- ✓ n. 4 prove infiltrometriche (K1-K4)

Come superficie di riferimento (0 RIF.) a cui rapportare tutte le quote riportate di seguito è stato scelto il piano campagna su cui è stata eseguita l'indagine.

L'ubicazione delle indagini effettuate viene riportata nella figura seguente oltre che in allegato

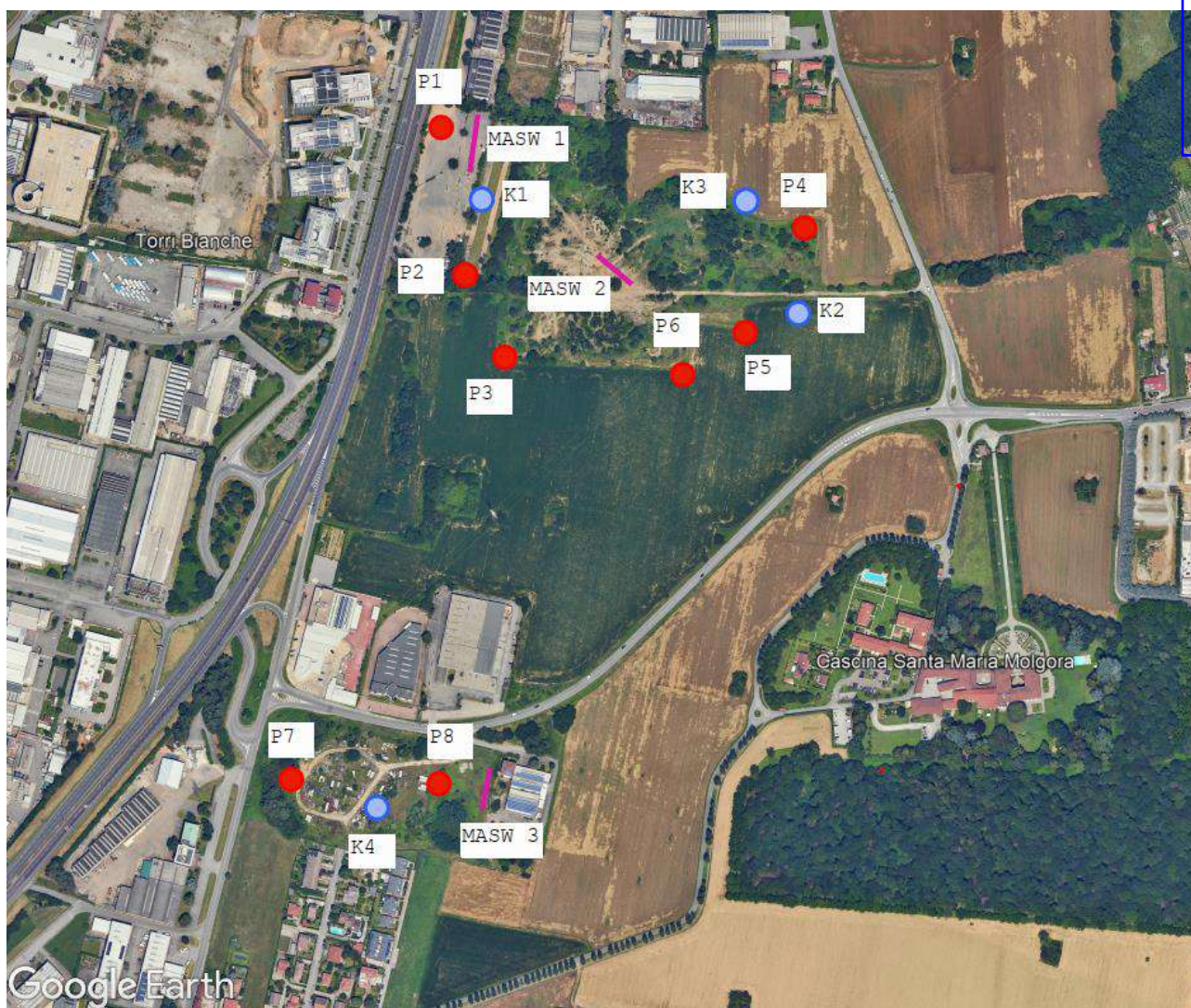


Fig. 4. Ubicazione indagini eseguite su immagine satellitare dell'area in esame

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 8

3.1. Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT

Le prove sono state eseguite con penetrometro dinamico PAGANI tipo TG 63/100 KN che, secondo la normativa europea I.S.S.M.F.E. '88, è paragonabile ad un DPSH (Dynamic Probing Super Heavy). Le caratteristiche dello strumento utilizzato corrispondono alla nuova categoria di standard internazionale.

La prova consiste nell'infissione lungo la direzione del filo a piombo di una punta conica metallica, posta all'estremità di un'asta d'acciaio, in seguito alla discesa di un maglio di peso pari a 73 Kg direttamente sulla testa di battuta da un'altezza di caduta di 75 cm.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione di 30 cm delle aste nel terreno (N_{SCPT}) in modo continuo, fornendo delle indicazioni sui parametri geotecnici in funzione della resistenza che il terreno stesso offre alla penetrazione.

Per quanto riguarda la conversione dei valori di resistenza alla penetrazione dinamica nei corrispondenti valori di Standard Penetration Test (SPT) la relazione tra i due valori è generalmente regolata da rapporti empirici basati sullo studio di esperienze pratiche (funzione della litologia e del rendimento dello strumento).

Le caratteristiche tecniche principali vengono riassunte di seguito:

- ✓ peso massa battente 73 Kg
- ✓ altezza di caduta 0.75 m
- ✓ lunghezza aste 0.90 m
- ✓ diametro aste 34 mm
- ✓ diametro punta conica 51 mm
- ✓ angolo del cono 60°

Durante tutte le prove è stata raggiunta la situazione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta, corrispondente al superamento di 100 colpi/piede. Le prove si sono comunque arrestate ad una profondità più che sufficiente per la definizione delle problematiche geotecniche in essere.

Di seguito si riporta la profondità raggiunta in corrispondenza di ciascuna prova.

<i>Prova</i>	<i>Profondità in metri dal p.c.</i>	<i>Rifiuto all'avanzamento della punta</i>	<i>Prova</i>	<i>Profondità in metri dal p.c.</i>	<i>Rifiuto all'avanzamento della punta</i>
P1	2,7	Si	P5	3,0	Si
P2	3,9	Si	P6	3,3	Si
P3	3,6	Si	P7	3,6	Si
P4	4,8	Si	P8	3,9	Si

<i>Rif. Geo. L3605</i>	<i>Referente: L.C.</i>	<i>Data elaborato: Marzo 2025</i>
------------------------	------------------------	-----------------------------------

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 9

Le tabelle e i diagrammi delle prove penetrometriche vengono riportati in allegato



COMUNE DI VIMERCATE
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI
E

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 10



Fig.5. Prove penetrometriche dinamiche

COMUNE DI VIMERCATE
E
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 11

3.2. Indagine sismica con metodologia MASW

Per la valutazione della compatibilità dell'intervento in oggetto con il rischio sismico locale, è stata eseguita n. 1 prova sismica con la metodologia MASW, con la quale si è ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) fino alla profondità di 30 m dall'attuale piano di campagna.

Il modello sismico monodimensionale (VS-profondità) costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitospecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i.; D.M. 14.09.2005; Eurocodice 8; D.M. 14.01.2008).

Il metodo MASW è basato sul tempo necessario perché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.

L'apparecchiatura utilizzata per le prospezioni è costituita da una serie di 24 geofoni che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono.

La registrazione, sia del momento dell'energizzazione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

La sorgente di energia nel nostro caso è rappresentata da una mazza battente avente un peso di 10 Kg.

COMUNE DI VIMERCATE
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI
E

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di pag. 12
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

Caratteristiche tecniche strumentazione:

Canali	24
Canale aggiuntivo	segnale di starter non filtrato
Risoluzione	16 bit
Dinamica	equiv. 22 bit su 24 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento equiv. 24 bit su 12 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento
Pretrigger	automatico
Geofoni	Frequenza 4,5 Hz
Rumore	paria a 1 lsb con ingressi canali in corto
Trigger	segnale, apertura e chiusura
Filtri analogici	antialias 4° ordine
Alimentazione	12 V - 3A

COMUNE DI VIMERCATE
E
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Nello specifico è stato eseguito n.1 stendimento sismico tipo MASW secondo le modalità riportate in precedenza. La lunghezza dello stendimento è pari a circa 48 metri.

Di seguito viene riportato il profilo delle Vs con la profondità.

Prova MASW 1

Profilo di velocità sismica		
Prof. da [m]	Prof. a [m]	Vs calcolata [m/sec]
0,0	2,1	196,7
2,1	5,2	266,2
5,2	14,1	397,8
14,1	22,9	456,0
22,9	30,0	512,6

Prova MASW 2

Profilo di velocità sismica		
Prof. da [m]	Prof. a [m]	Vs calcolata [m/sec]
0,0	1,7	196,7
1,7	4,9	256,1
4,9	16,5	394,4
16,5	23,6	508,5
23,6	30,0	538,1

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 13

Prova MASW 3

Profilo di velocità sismica		
Prof. da [m]	Prof. a [m]	Vs calcolata [m/sec]
0,0	1,7	272,4
1,7	5,1	323,7
5,1	10,2	467,2
10,2	16,6	541,8
16,6	24,3	585,0
24,3	30,0	653,2

La VS30, velocità media di propagazione entro 30,0 m di profondità delle onde di taglio, viene calcolata con la seguente espressione:

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. A partire dai profili VS-profondità propri dell'area in esame, ottenuto mediante le indagini MASW appositamente realizzate, è possibile calcolare, con la formula sopra riportata, il valore di Vs_{30} che risulta:

Prova MASW 1: $Vs_{30} = 385,4$ m/s

Prova MASW 2 = $Vs_{30} = 392,6$ m/s

Prova MASW 3 = $Vs_{30} = 489,2$ m/s

In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, che definisce le "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", sulla base dell'indagine eseguita è possibile far rientrare l'area indagata nella **categoria di suolo di fondazione tipo B "Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità."**

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 14

3.3 Analisi della permeabilità dei terreni

L'indagine, basandosi sulle conoscenze geologiche e idrogeologiche locali dello scrivente, riguardo le caratteristiche medio generali del territorio esposte nei capitoli precedenti, è consistita nella realizzazione di n.4 prove di permeabilità con infiltrometro ad anello (K1-K2-K3-K4) che hanno permesso di valutare il valore di conduttività idraulica K del terreno presente nell'area di intervento.

Le prove sono state eseguite in data 11 ottobre 2024, sul fondo di trincee, costituite da sabbie e ghiaie limose con ciottoli.

Prove di permeabilità con infiltrometro ad anello singolo

La prova con infiltrometro, praticabile sia su terreno superficiale che in pozzetto, consente la definizione del valore del coefficiente di permeabilità verticale del terreno.

Essa viene eseguita infiggendo nel terreno un anello metallico di dimensioni standard che viene riempito d'acqua. Successivamente si misura, nel tempo, la diminuzione del livello dovuta all'infiltrazione.

La prova può essere eseguita sia a carico costante che variabile, in funzione della granulometria da indagare. Si possono distinguere due modalità di esecuzione:

- Prova ad umidità naturale: viene condotta senza saturare preventivamente il terreno. In questo modo si ottiene una valutazione della velocità d'infiltrazione e una definizione di quello che è il comportamento del suolo alla prima pioggia.
- Prova ad umidità modificata: viene condotta saturando preventivamente il terreno. In questo modo si ottiene una velocità d'infiltrazione che si può considerare pari al coefficiente di permeabilità K.

Le prove infiltrometriche sono state eseguite riempiendo l'infiltrometro (diametro 30 cm altezza 50 cm) d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (prova di permeabilità a carico variabile). Si è scelto inoltre di eseguire le prove ad umidità naturale, in quanto in queste condizioni l'acqua satura il terreno in breve tempo. Il valore che si ottiene è quindi quello del coefficiente di permeabilità K. Il calcolo, per le prove a umidità naturale, è stato condotto utilizzando la seguente relazione (legge di Darcy):

$$K = I/i \quad [cm/s]$$

con:

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 15

$$I = Q / A = (dh \cdot A / dt) / A = dh / dt$$

$$i = (H + z) / z$$

dove:

I = infiltrazione [m/s]

i = gradiente idraulico [-]

dh = abbassamento livello idrico nell'infiltrometro [cm]

Q = quantità di flusso [cm³/s]

dt = intervallo di tempo [s]

A = area di infiltrazione (sezione interna dell'infiltrometro) [cm²]

H = altezza dell'acqua sul piano campagna [cm]

z = approfondimento dell'infiltrometro nel terreno [cm]

Da cui:

$$K = (Q \cdot z) / [A \cdot (H + z)]$$

3.2 Risultati e considerazioni

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove in sito, descritte poc'anzi, è stato possibile stimare il valore di permeabilità per i terreni in esame.

Le prove hanno consentito di valutare con buon grado di attendibilità i valori di conduttività idraulica K (in m/s) dei terreni compresi tra le profondità di 2 e 2.5 metri dal p.c.. I valori di permeabilità ottenuti vengono riportati nella tabella seguente. In allegato vengono riportati i grafici con i dati sperimentali rilevati.

Prova	Profondità	K (m/s)	K (cm/s)
K1	-2.3 m da p.c.	4.54 x 10⁻⁵	4.54 x 10⁻³
K2	-2.0 m da p.c.	4.08 x 10⁻⁶	4.08 x 10⁻⁴
K3	-2.3 m da p.c.	4.94 x 10⁻⁶	4.94 x 10⁻⁴
K4	-2.5 m da p.c.	1.38 x 10⁻⁴	1.38 x 10⁻²



Fig. 6: Classificazione dei terreni in funzione della permeabilità

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 16

4. Modello geotecnico del sottosuolo e scelta dei parametri caratteristici del terreno

La ricostruzione delle caratteristiche del sottosuolo della zona indagata è basata sul censimento dei dati esistenti (stratigrafie dei pozzi comunali, indagini geotecniche, scavi, ecc.) oltre che dall'esame indiretto delle prove penetrometriche dinamiche eseguite all'interno dell'area di intervento.

Lo schema litostratigrafico del sottosuolo può essere così riassunto:

- da 0,0 a 1,5/3,6 m da p.c. Terreno da poco a moderatamente addensato

ORIZZONTE A

- Oltre 1,5/3,6 m da p.c. Terreno addensato - **ORIZZONTE B**

Le risultanze delle indagini eseguite, confrontate con i dati a disposizione dello scrivente per questo settore del territorio comunale, contribuisce a definire un modello in cui i terreni di substrato si presentano geomeccanicamente omogenei.

Per il modello geotecnico del sottosuolo utile per le elaborazioni analitiche contenute di seguito, i terreni investigati possono essere suddivisi in **n.2 unità litotecniche** a diversa resistenza penetrometrica. Vista la natura prevalentemente incoerente dei terreni si assume un *valore di coesione nullo*. Di seguito si descrivono le diverse litozone e i vari parametri geotecnici associati. I parametri geotecnici vengono ricavati dalle correlazioni proposte in letteratura in funzione dei valori di N_{spt} , a loro volta ricavati dai valori della prova penetrometrica dinamica (N_{scpt}), tramite la seguente relazione: $N_{spt} = N_{scpt} \times 1,5$, considerata la presenza di terreno incoerente di natura prevalentemente sabbioso/ghiaiosa (fattore di conversione normalmente usato in terreni simili a quello in esame).

Il comportamento del terreno nei confronti delle sollecitazioni indotte dai carichi fondazionali viene considerato di tipo prevalentemente frizionale, per la predominanza delle componenti grossolane su quelle fini coesive, con resistenza al taglio in condizioni drenate e assenza di significative componenti secondarie per consolidazione.

NOTA. I valori di angolo d'attrito ϕ e di modulo elastico **E** sono in realtà i "**valori caratteristici**" (f_k) ottenuti partendo dai valori medi (evidenziati in color arancione nelle tabelle seguenti). Per definizione il valore caratteristico rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 17

Orizzonte A (da 0,0 a 1,5/3,6 m da p.c.) - Terreno da poco a moderatamente addensato

Viene individuato dalla superficie fino a – 1,5/3,60 m dal p.c., in corrispondenza di valori di N_{scpt} oscillanti intorno a una media di 12-13 colpi/piede, indicativi di terreni moderatamente addensati con caratteristiche geotecniche limitate. Litologicamente si assume a composizione sabbie limose e ghiaie.

Di seguito si propone la relativa parametrizzazione.

Parametro	Valore	Unità di misura
N_{scpt} (colpi da prova Scpt)	5-9	colpi/piede
N_{spt} (colpi da prova Spt)	7-13	colpi/piede
γ (peso di volume)	18	KN/m ³
ϕ (angolo di attrito)	27-28	°
c (coesione)	0	Kg/cm ²
E (modulo di deformazione)	180-220	Kg/cm ²
Dr (densità relativa)	45 - 55	%

Orizzonte B (da 1,0 a 3,0/3,6 m da p.c.) - Sabbie e ghiaie addensate

Viene individuato inferiormente alla precedente in corrispondenza di valori di N_{scpt} maggiori di 20 colpi/piede, indicativi di terreni addensati con caratteristiche geotecniche buone. Litologicamente si assume a composizione sabbioso- ghiaiosa. Di seguito si propone la relativa parametrizzazione.

Parametro	Valore	Unità di misura
N_{scpt} (colpi da prova Scpt)	> 20	colpi/piede
N_{spt} (colpi da prova Spt)	> 30	colpi/piede
γ (peso di volume)	19,5 - 20	KN/m ³
ϕ (angolo di attrito)	33-34	°
c (coesione)	0	Kg/cm ²
E (modulo di deformazione)	350	Kg/cm ²
Dr (densità relativa)	60-65	%

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 18

Nella tabella seguente si fornisce la visualizzazione delle diverse litozone con relativi spessori in corrispondenza delle prove SCPT eseguite.

	Orizzonte A – terreno da poco a moderatamente addensato
	Orizzonte B – terreno addensato

Profondità in metri dal p.c. (0.0 RIF.)		P1	P2	P3	P4
0.00	-0.30	42	13	5	4
-0.30	-0.60	9	11	8	4
-0.60	-0.90	4	8	9	3
-0.90	-1.20	4	6	5	5
-1.20	-1.50	7	12	2	3
-1.50	-1.80	5	6	4	3
-1.80	-2.10	29	5	4	3
-2.10	-2.40	44	7	11	3
-2.40	-2.70	100	10	21	3
-2.70	-3.00		10	25	3
-3.00	-3.30		30	17	4
-3.30	-3.60		36	100	8
-3.60	-3.90		100		14
-3.90	-4.20				28
-4.20	-4,50				48
-4,50	-4,80				100

Profondità in metri dal p.c. (0.0 RIF.)		P5	P6	P7	P8
0.00	-0.30	8	6	33	26
-0.30	-0.60	5	8	16	11
-0.60	-0.90	5	10	7	9
-0.90	-1.20	3	6	9	6
-1.20	-1.50	5	6	8	4
-1.50	-1.80	19	4	5	5
-1.80	-2.10	17	8	11	12
-2.10	-2.40	35	11	26	23
-2.40	-2.70	58	25	31	24
-2.70	-3.00	100	41	23	12
-3.00	-3.30		100	39	18
-3.30	-3.60			100	52
-3.60	-3.90				100

Rif. Geo. L3605	Referente: L.C.	Data elaborato: Marzo 2025
------------------------	-----------------	----------------------------

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 19

I parametri geotecnici sono stati calcolati a partire dal numero di colpi mediante le correlazioni proposte in letteratura, specificate di seguito.

Densità relativa

La densità relativa è stata ricavata con la seguente relazione di Gibbs & Holtz (1957), valida per terreni sabbiosi normal consolidati:

$$Dr = 21 [N_{spt} / (\sigma + 0.7)].$$

Angolo di attrito

L'angolo di attrito interno è stato ricavato dalla seguente correlazione proposta da Meyerhof che meglio si adatta alle connotazioni geotecniche in esame:

$$\phi = 23.7 + 0.57 N_{spt} - 0.006 (N_{spt})^2$$

Modulo di deformazione

Il modulo elastico è stato calcolato attraverso la media delle seguenti correlazioni di Webb-D'Apollonia che lo legano ai valori di resistenza penetrometrica e alla litologia predominante:

$$E = 320 (N+15) \quad [x \text{ sabbie argillose}]$$

$$E = 300 (N+6) \quad [x \text{ sabbie limose}]$$

$$E = 600 (N+6) \quad [x \text{ sabbie ghiaiose}]$$

(Dove $N = N_{spt} \cdot 70/55$ - fattore correttivo)

Coesione

Considerata la natura incoerente dei terreni naturali si è considerato un valore nullo di coesione.

COMUNE DI VIMERCATE
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI
E

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 20

5. Analisi dell'azione sismica

Il territorio comunale di **Vimercate** ricade, per quanto indicato in Allegato A della D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "elenco dei comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (agmax) presente all'interno del territorio comunale" in **ZONA 3**.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (come definite di seguito), nel periodo di riferimento V_R (come definito di seguito). In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Le forme spettrali di interesse sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓ a_g accelerazione orizzontale massima al sito (m/s^2);
- ✓ F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (-).
- ✓ TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (sec).

6.1 Definizione della vita nominale dell'opera

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. seguente.

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 21

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Vita nominale V_N per diversi tipi di opere.

Per l'opera in oggetto la vita nominale si assume pari a **50 anni**.

6.2 Definizione delle classi d'uso per l'opera

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe 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.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto la classe d'uso di riferimento è la **Classe II: costruzioni il cui uso preveda affollamenti normali**

6.3 Definizione del periodo di riferimento per l'opera

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente.

Rif. Geo. L3605	Referente: L.C.	Data elaborato: Marzo 2025
------------------------	-----------------	----------------------------

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 22

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Valori del coefficiente d'uso C_U .

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Per il caso in esame ne consegue che $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50$ anni.

6.4 Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

COMUNE DI VIMERCATE
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI
E

Rif. Geo. L3605	Referente: L.C.	Data elaborato: Marzo 2025
-----------------	-----------------	----------------------------

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 23

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato.

La scelta dello stato limite di riferimento per il caso in esame è lo SLO (con PVR 81%).

6.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Categorie di sottosuolo

Le categorie di suolo di fondazione, secondo l'OPCM 3274 e s.m.i. e il D.M. 17.01.2018 risultano così identificate (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI
		V_{s30} m/s
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	$V_s > 800$
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$360 < V_s < 800$
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	$180 < V_s < 360$
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	$V_s < 180$
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s	

Categorie sismiche di suolo di fondazione

Rif. Geo. L3605	Referente: L.C.	Data elaborato: Marzo 2025
------------------------	-----------------	----------------------------

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 24

Per il terreno in esame la categoria di suolo è assimilabile al **Tipo B**, "Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, caratterizzati da valori di Vs compresi tra 360 e 800 m/s".

Considerato tuttavia che dall'analisi di II livello, il fattore di amplificazione Fa risulta > del valore soglia comunale definito dalla regione Lombardia, viene cautelatamente considerato **un suolo di tipo "C"**.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione della tabella seguente.

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

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab precedente, in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Per il caso in esame la categoria di riferimento è la T1, da cui $S_T = 1,0$.

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 25

6.6 Calcolo dei coefficienti sismici

Sulla base dei dati tipici del sito in esame citati nei precedenti paragrafi vengono calcolati i seguenti parametri sismici.

- **Coordinate WGS84:** Lat 45.596163 - Lng 9.365028
- **Classe d'uso II: costruzioni con affollamenti normali**
- **Vita nominale: 50 [anni]**

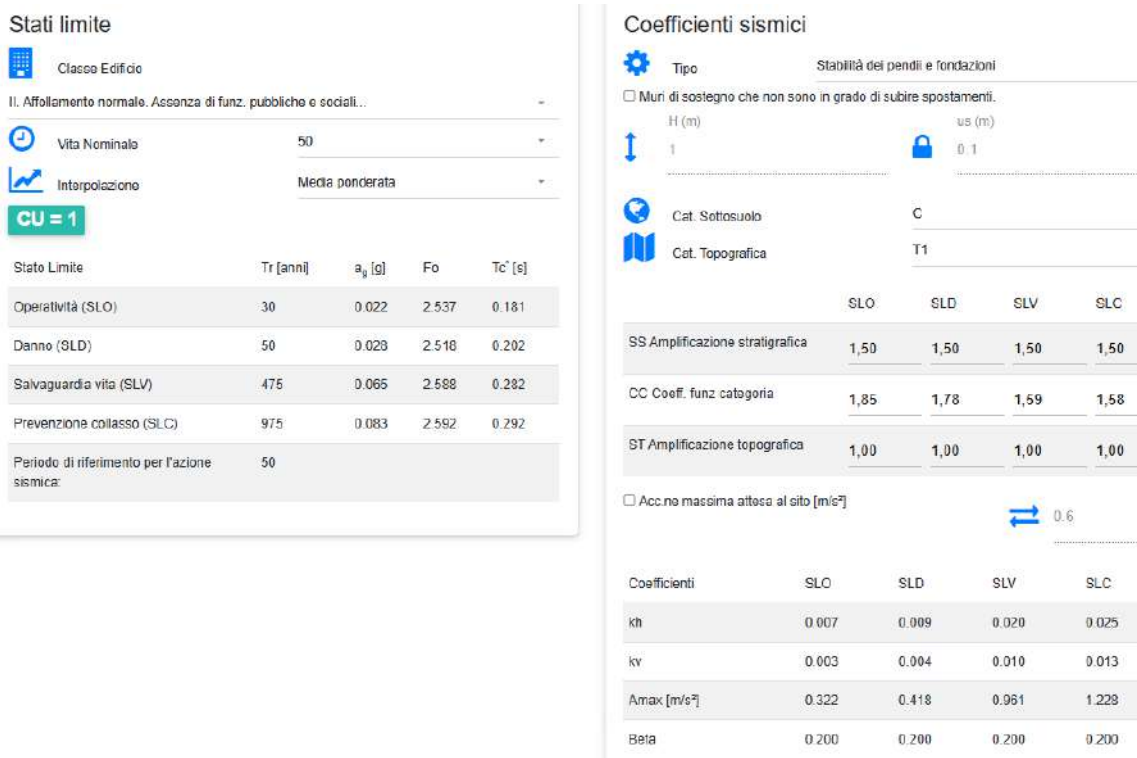


Fig. 7. Parametri sismici attesi al sito per i diversi Stati Limite

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

6. Verifica alla liquefazione

COMUNE DI VIMERCATE
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI
E

Ai sensi della Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'attuale D.M. 17/01/2018, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione possono verificarsi in particolari condizioni, come quelle indotte da un sisma di Magnitudo superiore a 6, in terreni a granulometria fine (sabbioso-limosi), allo stato sciolto o poco addensato, in falda oppure interessati dalla oscillazione della falda stessa.

Al paragrafo 7.11.3.4 del DM 17.01.2018 è ribadito che tali analisi possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano 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 $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} 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 Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

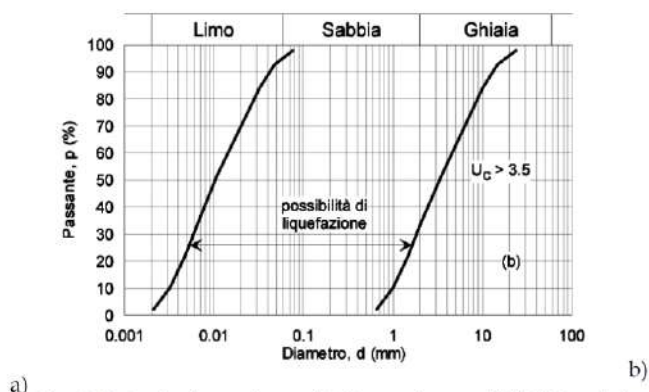
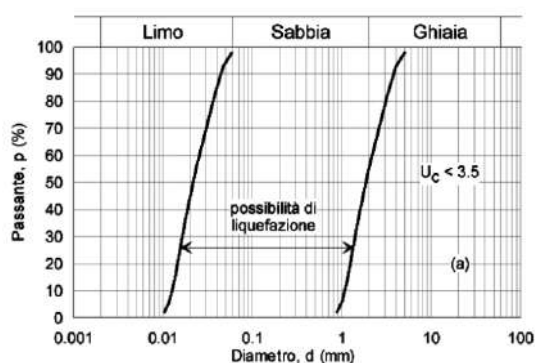


Fig. 7.11.1 – Fusì granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Nel caso in esame sono verificate le condizioni 1.1.1 e 1.1.2, l'analisi della liquefazione può essere omessa. Si ritiene pertanto che nelle profondità indagate non sono presenti orizzonti sciolti potenzialmente liquefacibili.

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 27

7. Pericolosità sismica locale

La valutazione dell'amplificazione sismica locale è stata definita con la metodologia prevista dalla Regione Lombardia nella delibera della giunta regionale n.IX/2616 del 30 novembre 2011 – allegato 5. Tale procedura permette, in relazione alle caratteristiche litologiche, geotecniche e sismiche una valutazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi.

In particolare, attraverso la definizione del fattore di amplificazione viene valutato il grado di protezione raggiunto dalla normativa vigente nel tenere in considerazione gli effetti sismici.

7.1. Analisi sismica di primo livello

Nel PGT comunale l'area in esame viene classificata come soggetta a fenomeni di amplificazioni litologiche, ovvero come **Sottoclasse Z4a**: “Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi”. Nella figura seguente (Fig.7) si riporta stralcio della carta della PSL (Pericolosità Sismica Locale) allegata al PGT comunale.

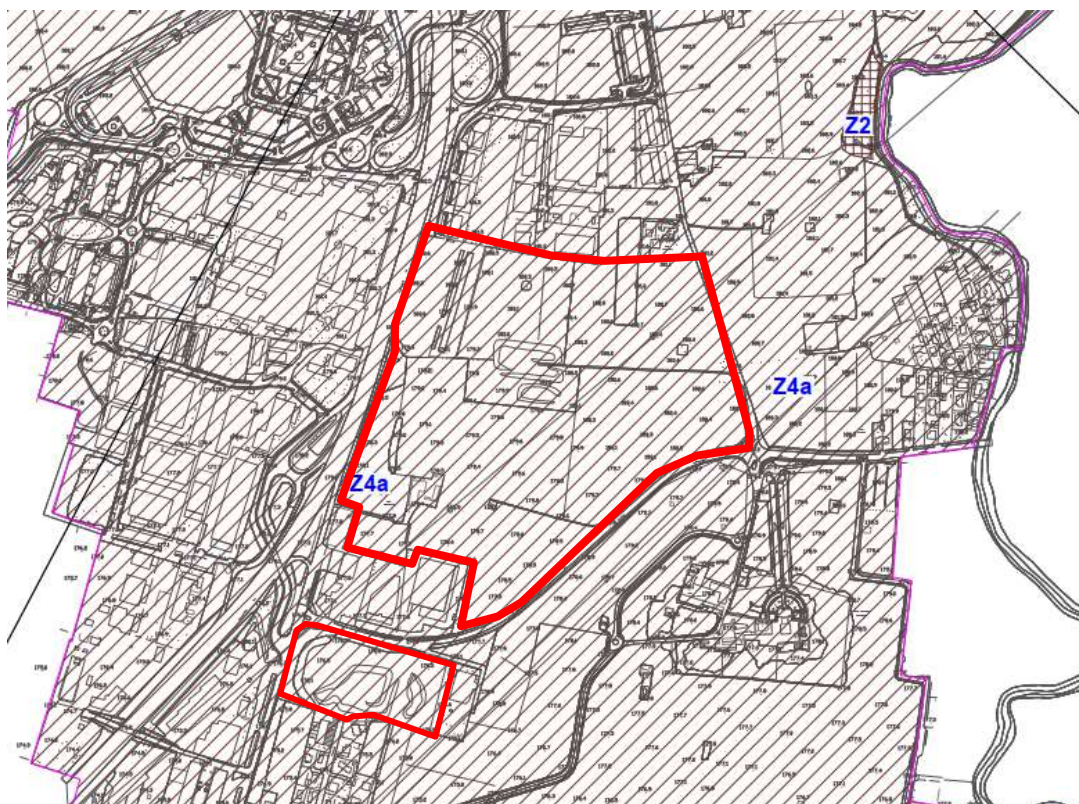


Fig.8. Stralcio della carta della Pericolosità Sismica Locale allegata al PGT comunale (in rosso l'area in esame che non coincide con il perimetro P.I.I.)

Rif. Geo. L3605

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 28

7.2. Analisi sismica di secondo livello

Per l'area in esame è stata eseguita una analisi sismica di secondo livello secondo la procedura descritta all'allegato 5 della DGR 2616/2011.

Il 2° livello si applica in zona sismica 2 e 3 a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4).

La procedura, descritta nell'allegato 5 della DGR 2616/2011, consiste in un approccio di tipo semi quantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a), valore che si riferisce agli intervalli di periodo (T) tra 0,1-0,5s e 0,5-1,5s. I due intervalli di periodo sono stati scelti in funzione delle tipologie edilizie presenti sul territorio lombardo. Tipologie caratterizzate da edifici fino a 5 piani, regolari e rigidi (primo intervallo) e da edifici con strutture alte e flessibili a più di 5 piani (secondo intervallo).

La procedura prevede di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata. Si possono presentare quindi due situazioni:

il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);
il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

I valori di soglia per il comune di Vimercate (contenuti nella banca dati del sito web della Regione Lombardia), relativamente ai periodi 0,1-0,5 e 0,5-1,5 sono i seguenti:

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1 - 0.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	tipo B	tipo C	tipo D	tipo E
Vimercate	3	1,4	1,8	2,2	2,0
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5 - 1.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	tipo B	tipo C	tipo D	tipo E
Vimercate	3	1,7	2,4	4,2	3,1

La scelta delle schede di riferimento da utilizzare per l'analisi di 2° livello è stata effettuata verificando la validità sulla base dell'andamento delle Vs con la profondità dedotta dalla prova sismica masw eseguita.

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 29

È stata individuata la seguente scheda di riferimento (vedi sotto):

Scheda sabbiosa (curva 2 verde)

Per la prova masw i valori di F_a per i due intervalli calcolati con la scheda sono stati quindi confrontati con i valori di soglia previsti per il tipo litologico C (O.P.C.M. n.3274).

I valori di T (Periodo proprio del sito) ottenuti sono i seguenti:

- Prova **masw-1**: $T = 0.29$ s

Applicando le relative formule sono stati ottenuti i seguenti valori di F_a :

- o periodo 0.1-0.5 s $F_a = 1,69 > 1,4$ (soglia suolo tipo B)
- o periodo 0.5-1.5 s $F_a = 1,39 < 1,7$ (soglia suolo tipo B)

- Prova **masw-2**: $T = 0.28$ s

Applicando le relative formule sono stati ottenuti i seguenti valori di F_a :

- o periodo 0.1-0.5 s $F_a = 1,69 > 1,4$ (soglia suolo tipo B)
- o periodo 0.5-1.5 s $F_a = 1,38 < 1,7$ (soglia suolo tipo B)

- Prova **masw-2**: $T = 0.23$ s

Applicando le relative formule sono stati ottenuti i seguenti valori di F_a :

- o periodo 0.1-0.5 s $F_a = 1,63 > 1,4$ (soglia suolo tipo B)
- o periodo 0.5-1.5 s $F_a = 1,26 < 1,7$ (soglia suolo tipo B)

COMUNE DI VIMERCATE
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI
E

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 30

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

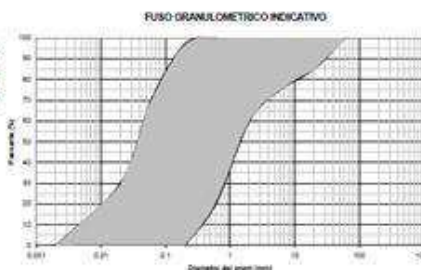
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

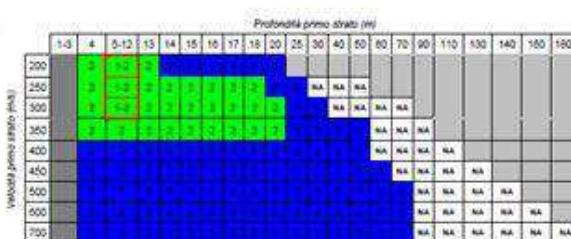
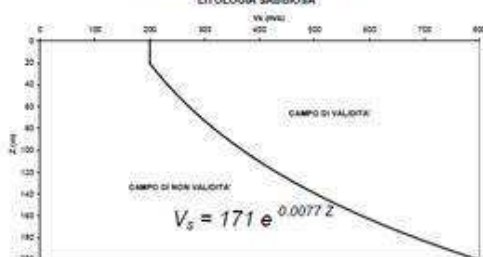
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:

Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%



ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA'
LITOLOGIA SABBIOSA



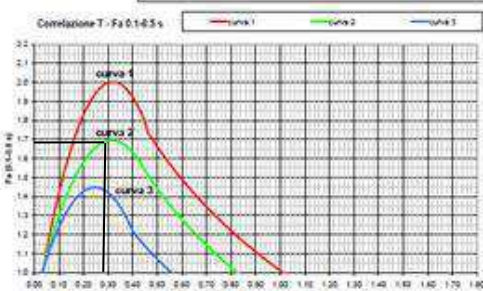
ove
la sigla NA indica $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggianti su strato con velocità maggiore di 500 m/s

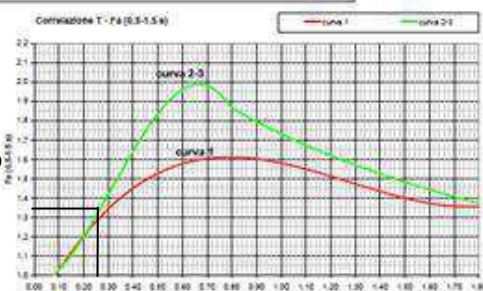


$F_a = 1,69$



$T = 0,29$

$F_a = 1,39$



$T = 0,29$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a(0.03)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.78$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a(0.03)} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a(0.03)} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a(0.03)} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.94$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a(0.03)} = 0.83 - 0.98 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a(0.03)} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a(0.03)} = -6.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.40 < T \leq 0.66$ $F_{a(0.03)} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.66$ $F_{a(0.03)} = 1.00$

Curva	$0.08 \leq T \leq 1.80$
1	$F_{a(0.03)} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T \leq 0.80$ $F_{a(0.03)} = -6.11 T^2 + 6.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.03)} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Masw1

Rif. Geo. L3605

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 31

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

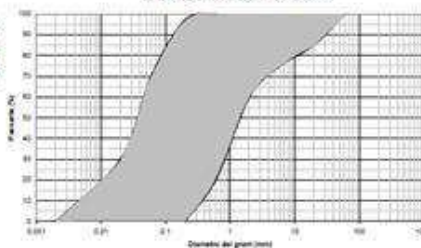
GRANULOMETRIA:

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

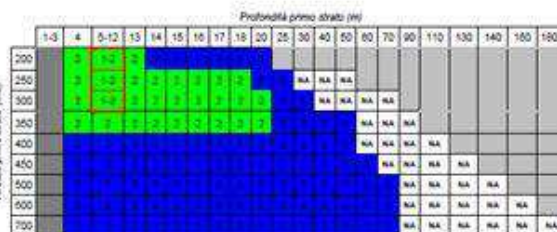
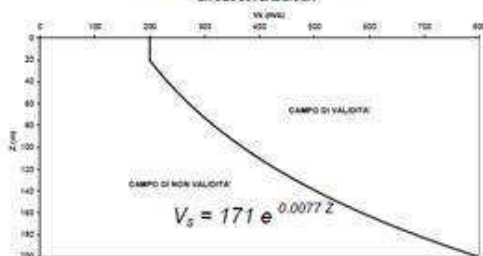
NOTE:

Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA' LITOLOGIA SABBIOSA

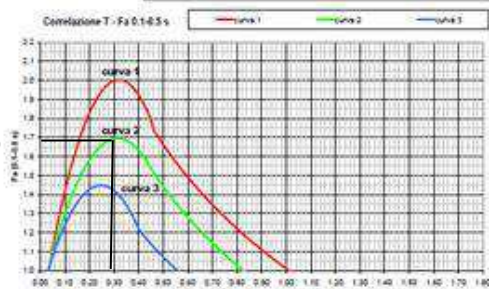


ove
la sigla NA indica $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggianti su strato con velocità maggiore di 500 m/s

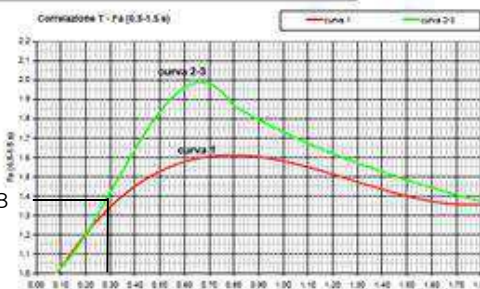


$F_a = 1,69$



$T = 0,28$

$F_a = 1,38$



$T = 0,28$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $F_{a(0.03)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.78$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a(0.03)} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a(0.03)} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $F_{a(0.03)} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.94$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a(0.03)} = 0.83 - 0.98 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a(0.03)} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $F_{a(0.03)} = -6.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.40 < T \leq 0.66$ $F_{a(0.03)} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.66$ $F_{a(0.03)} = 1.00$

Curva	$0.08 \leq T \leq 1.80$
1	$F_{a(0.03)} = 0.57 T^3 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T \leq 0.80$ $F_{a(0.03)} = -6.11 T^2 + 6.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.03)} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Masw2

Rif. Geo. L3605

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 32

carloleoni@geoarbor.it
www.geoarbor.it

I valori di F_a per i due intervalli calcolati con la scheda vanno confrontati con i valori di soglia previsti per il tipo litologico C (O.P.C.M. n.3274).

In particolare, valgono le seguenti considerazioni:

- per l'intervallo di periodo (T) 0.1-0.5s, e cioè per edifici fino a 5 piani, entrambi i valori F_a calcolati risulta F_a superiore al valore di soglia corrispondente (1.4). In questo caso la normativa è da considerarsi **insufficiente** a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi **si applica in via cautelativa lo spettro di suolo tipo C**.
- per l'intervallo di periodo (T) 0.5-1.5s, e cioè per edifici con più di 5 piani, entrambi i valori di F_a risultano inferiori al valore di soglia corrispondente (1.7). In questo caso la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

COMUNE DI VIMERCATE
E
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

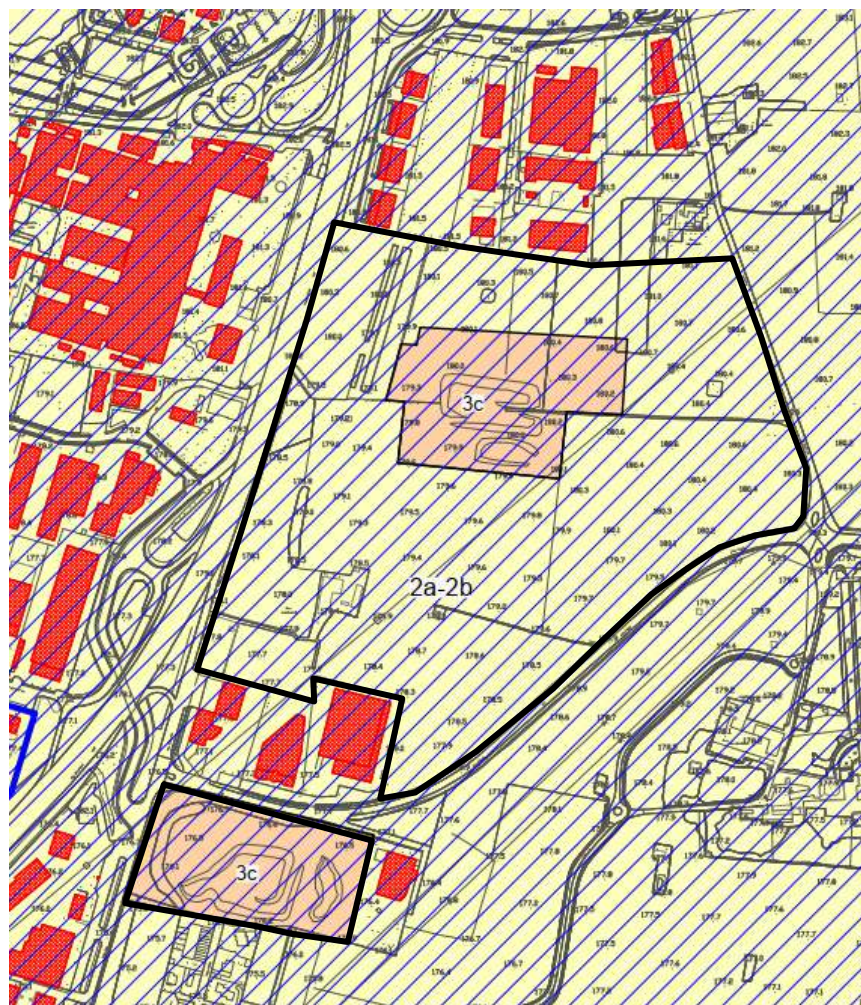
Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 34

8. Verifica della compatibilità dell'intervento con la fattibilità geologica locale ai sensi della DGR 2616/2011

Nella CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA allegata al PGT, redatta ai sensi della L.R. 12/05 (vedi stralcio in fig.8.), l'area in esame ricade nella **CLASSE 2a-2b** - Fattibilità con modeste limitazioni e due porzioni ricadono nella **CLASSE 3c** – Fattibilità con consistenti limitazioni.



CLASSE 2 Modeste limitazioni				
Sottoclasse 2a Aree con alta permeabilità relativa	• Aree subpianeggianti e con litologie prevalentemente ghiaioso-sabbiose	• Relativamente ridotte capacità protettive (soggegnanza dell'ordine di 15/ 20 metri)	• Con attenzione alle specifiche problematiche	• Indagini geognostiche • Valutazione del grado di protezione dei terreni profondi • Analisi e smaltimento acque superficiali
Sottoclasse 2b Aree sabbioso-ghiaiose con locali lenti limo-argillose	• Aree pianeggianti e con presenza di lenti limo-argillose	• Caratteristiche geotecniche non sempre ottimali (aree eterogenee)	• Con attenzione alle specifiche problematiche	• Indagini geognostiche • Valutazione della capacità portante dei terreni
Classi di Fattibilità Geologica	Principali caratteristiche	Problematiche	Parere di edificabilità	Indagini di approfondimento
CLASSE 3 Consistenti limitazioni				
Sottoclasse 3c Aree denudate e/o con accumuli di materiali	• Aree depresse e/o morfologicamente modificate • Depositi di terreni di riporto	• Materiali di riempimento non definiti • Scadenti caratteristiche geotecniche	• Consistenti limitazioni con specifiche opere di salvaguardia	• Indagini geognostiche (penetrometrie-sondaggi – geofisiche-misure piezometriche) • Verifiche stabilità di scavo • Verifica opere di smaltimento acque superficiali • Verifica preliminare materiali di riempimento

Fig.9. Stralcio della Carta della Fattibilità Geologica del PGT comunale (in nero l'area in esame che non coincide con il perimetro P.I.I.)

Rif. Geo. L3605	Referente: L.C.	Data elaborato: Marzo 2025
-----------------	-----------------	----------------------------

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 35

Con riferimento alla Carta dei vincoli allegata al PGT comunale (Fig. 9.) l'intervento in progetto non interferisce né con le zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile né con le aree di pertinenza idraulica (fasce di rispetto) dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico minore.

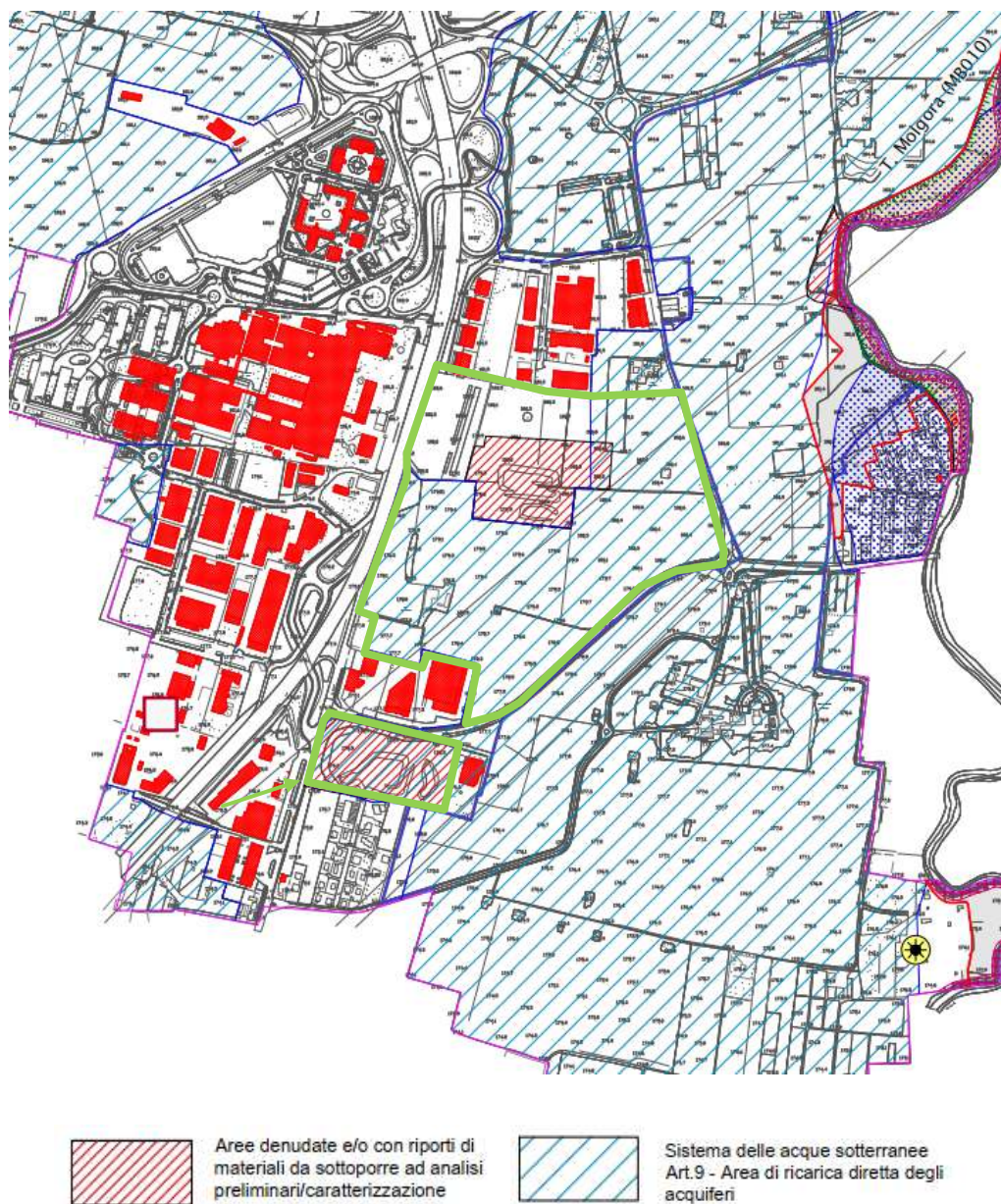


Fig.10. Stralcio della carta dei vincoli allegata al PGT comunale (in verde l'area in esame che non coincide con il perimetro P.I.I.)

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 36



COMUNE DI VIMERCATE
E
Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Pericolosità RP scenario frequente - H	Pericolosità RP scenario poco frequente - M	Pericolosità RP scenario raro - L
Pericolosità RSCM scenario frequente - H	Pericolosità RSCM scenario poco frequente - M	Pericolosità RSCM scenario raro - L
Pericolosità RSP scenario frequente - H	Pericolosità RSP scenario poco frequente - M	Pericolosità ACL scenario raro - L
Pericolosità ACL scenario frequente - H	Pericolosità ACL scenario poco frequente - M	

Fig. 11 - Stralcio della carta della pericolosità idraulica del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA),
fonte: Geoportale Regione Lombardia (in rosso l'area in esame che non coincide con il perimetro P.I.I.)

Consultando le mappe di pericolosità e del rischio alluvioni del PGRA vigente, si evince che l'area in esame non viene identificata né come area allagabile né come area a rischio.

Rif. Geo. **L3605**

Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di
Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB)

pag. 37

Da un punto di vista del rischio geologico, geomorfologico, sismico e idrogeologico locale non si rilevano particolari fattori limitativi o di rischio. Per quanto riguarda gli aspetti di pericolosità idraulica non si evidenziano problematiche.

Ai sensi della D.G.R. 2616/2011, la realizzazione dell'intervento edilizio risulta pertanto compatibile con la classe di fattibilità geologica dell'area (classe 2a-b e 3a).

Durante lo studio di progetto ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le costruzioni" dovrà essere presentata idonea relazione geotecnica; i risultati delle eventuali prove geotecniche eseguite, dovranno essere allegati in un apposito elaborato e dovranno essere firmati da tecnico abilitato.

Vaprio d'Adda, 17/03/2025

Dott. Geol. Carlo Leoni

COMUNE DI VIMERCATE	E
Copia conforme all'originale digitale	
Protocollo N. 0013395/2025 del 31/03/2025	
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI	

Rif. Geo. **L3605**

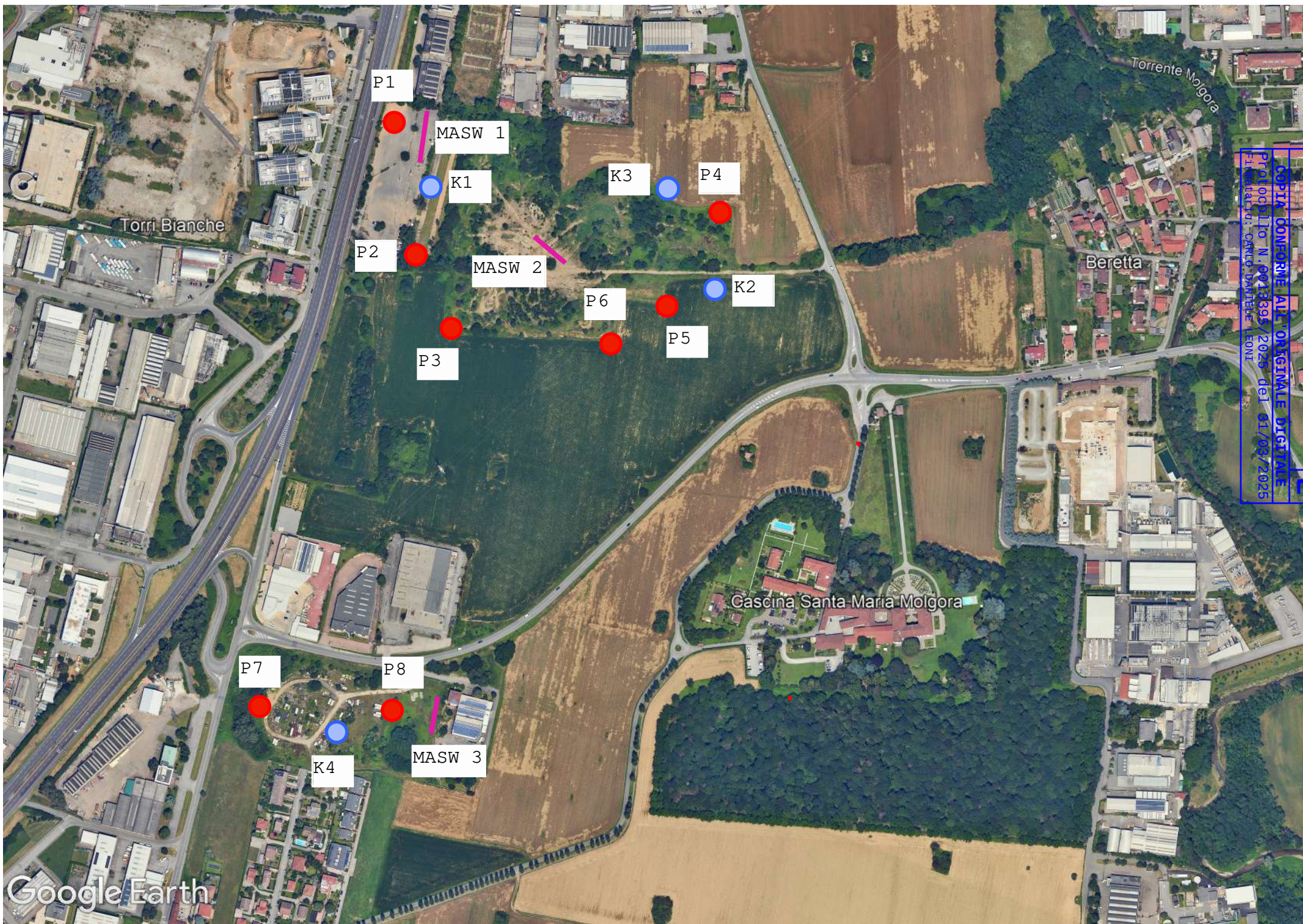
Referente: L.C.

Data elaborato: Marzo 2025

Relazione geologica e sismica (R1+R3)

Progetto di realizzazione nuovo insediamento produttivo con funzione di Data Center - Ambito di trasformazione AT-6 – via Santa Maria Molgora, Vimercate (MB) pag. 38

Copia conforme all'originale digitale
Protocollo N. 0013395/2025 del 01/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI



Prova penetrometrica dinamica P1

Località: Vimercate (MB)

Data: 11/ 10/ 2024

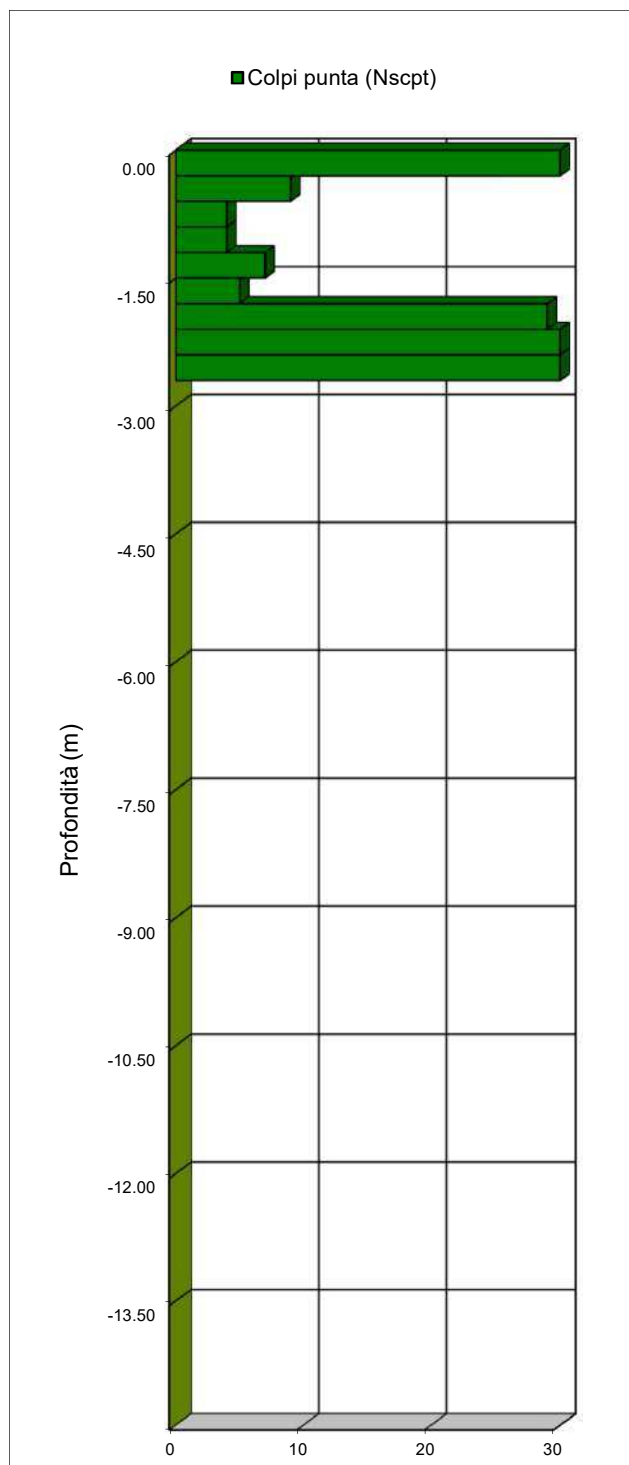
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	42
-0.30	-0.60	9
-0.60	-0.90	4
-0.90	-1.20	4
-1.20	-1.50	7
-1.50	-1.80	5
-1.80	-2.10	29
-2.10	-2.40	44
-2.40	-2.70	100
-2.70	-3.00	
-3.00	-3.30	
-3.30	-3.60	
-3.60	-3.90	
-3.90	-4.20	
-4.20	-4.50	
-4.50	-4.80	
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

Copia conforme all'originale digitale

E

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Prova penetrometrica dinamica P2

Località: Vimercate (MB)

Data: 11/ 10/ 2024

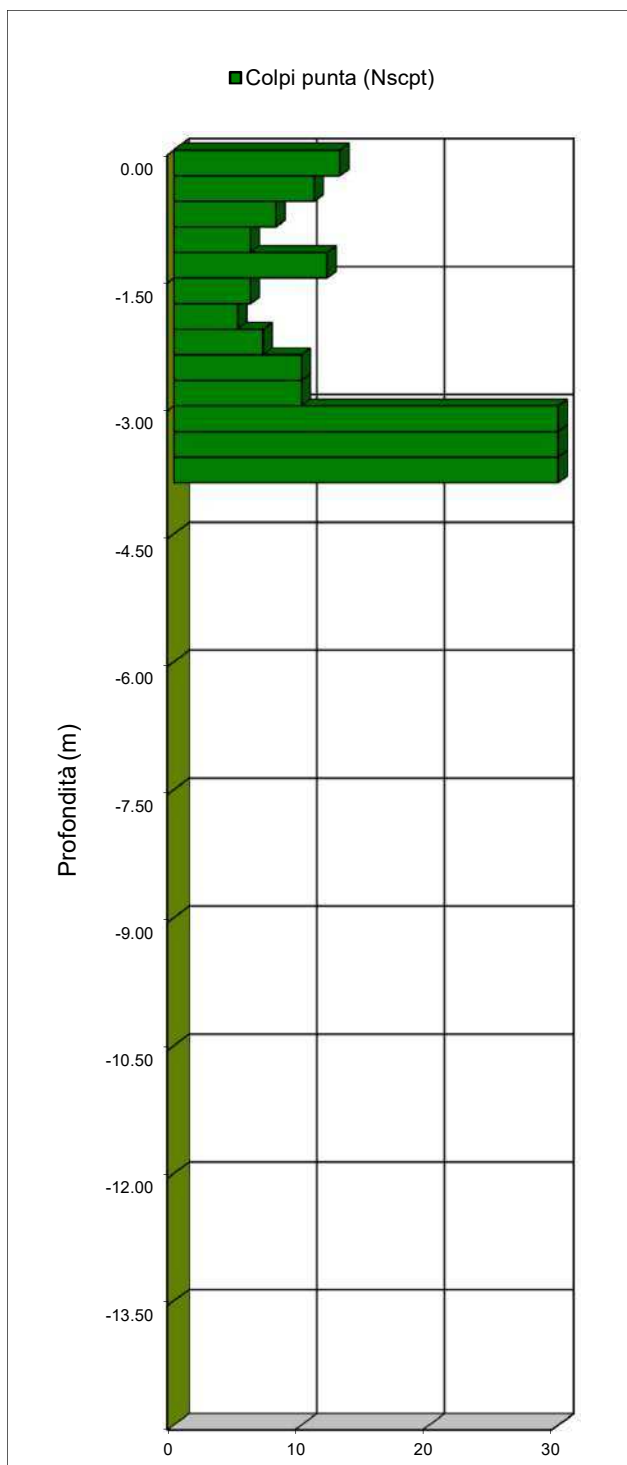
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	13
-0.30	-0.60	11
-0.60	-0.90	8
-0.90	-1.20	6
-1.20	-1.50	12
-1.50	-1.80	6
-1.80	-2.10	5
-2.10	-2.40	7
-2.40	-2.70	10
-2.70	-3.00	10
-3.00	-3.30	30
-3.30	-3.60	36
-3.60	-3.90	100
-3.90	-4.20	
-4.20	-4.50	
-4.50	-4.80	
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

E

Copia conforme all'originale digitale

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025

Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Prova penetrometrica dinamica P3

Località: Vimercate (MB)

Data: 11/ 10/ 2024

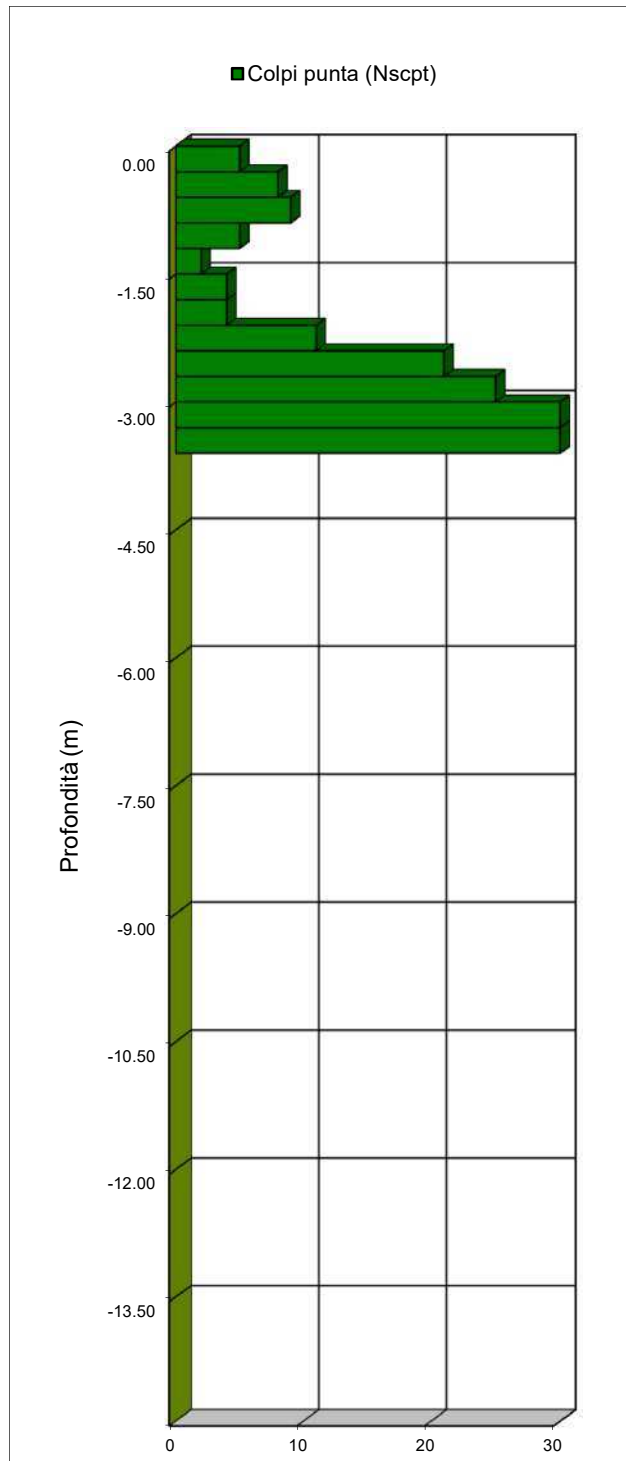
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	5
-0.30	-0.60	8
-0.60	-0.90	9
-0.90	-1.20	5
-1.20	-1.50	2
-1.50	-1.80	4
-1.80	-2.10	4
-2.10	-2.40	11
-2.40	-2.70	21
-2.70	-3.00	25
-3.00	-3.30	47
-3.30	-3.60	100
-3.60	-3.90	
-3.90	-4.20	
-4.20	-4.50	
-4.50	-4.80	
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

E

Copia conforme all'originale digitale

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025

Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Prova penetrometrica dinamica P4

Località: Vimercate (MB)

Data: 11/ 10/ 2024

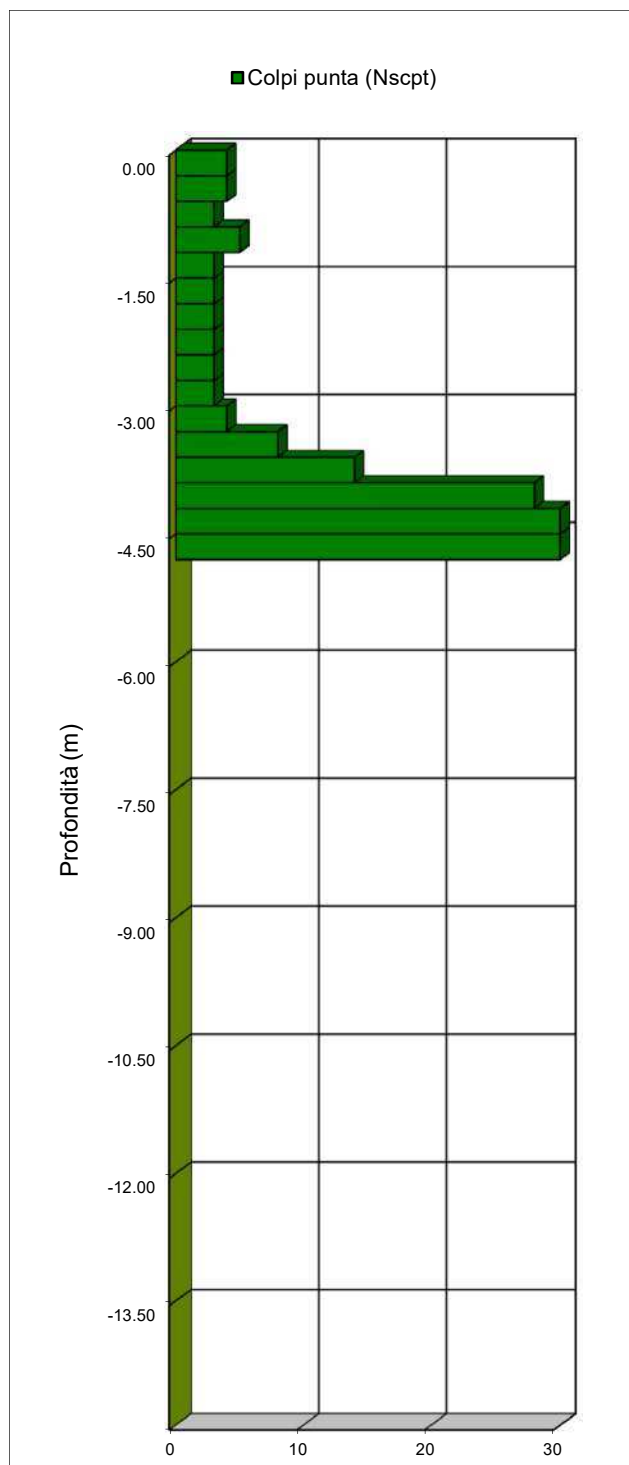
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	4
-0.30	-0.60	4
-0.60	-0.90	3
-0.90	-1.20	5
-1.20	-1.50	3
-1.50	-1.80	3
-1.80	-2.10	3
-2.10	-2.40	3
-2.40	-2.70	3
-2.70	-3.00	3
-3.00	-3.30	4
-3.30	-3.60	8
-3.60	-3.90	14
-3.90	-4.20	28
-4.20	-4.50	48
-4.50	-4.80	100
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

Copia conforme all'originale digitale

E

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Prova penetrometrica dinamica P5

Località: Vimercate (MB)

Data: 11/ 10/ 2024

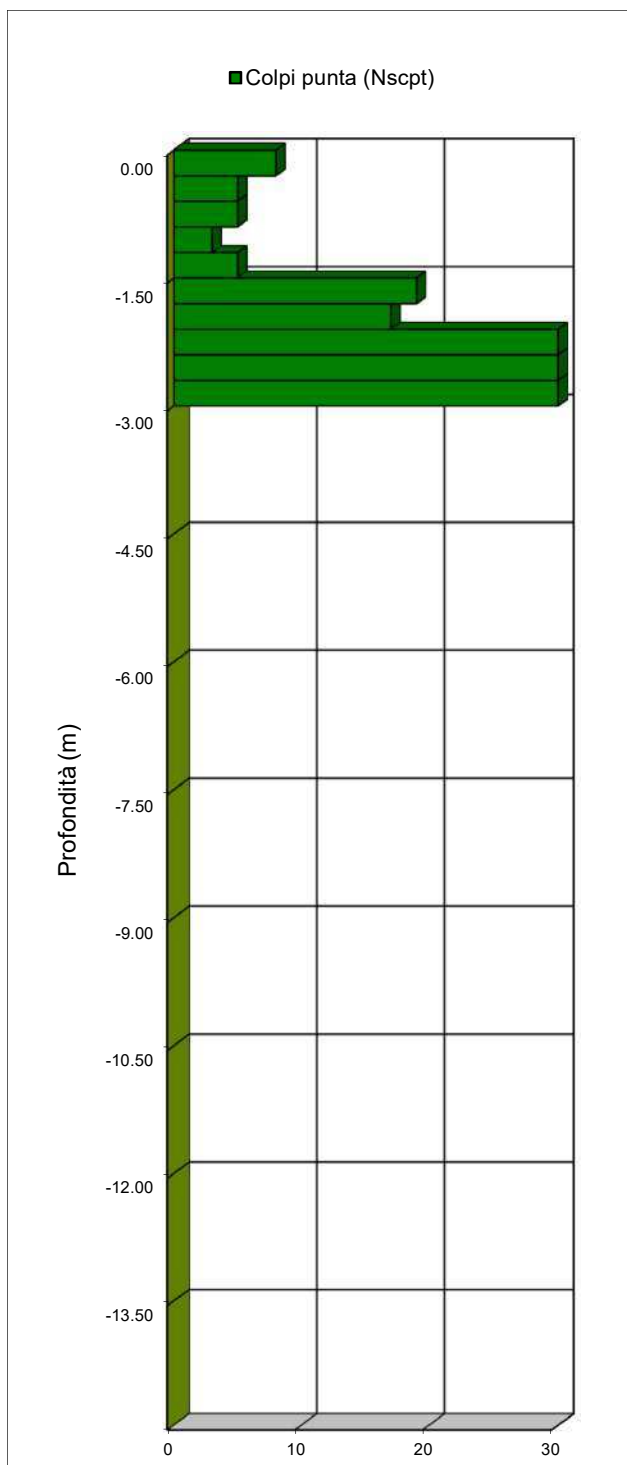
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	8
-0.30	-0.60	5
-0.60	-0.90	5
-0.90	-1.20	3
-1.20	-1.50	5
-1.50	-1.80	19
-1.80	-2.10	17
-2.10	-2.40	35
-2.40	-2.70	58
-2.70	-3.00	100
-3.00	-3.30	
-3.30	-3.60	
-3.60	-3.90	
-3.90	-4.20	
-4.20	-4.50	
-4.50	-4.80	
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

Copia conforme all'originale digitale

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025

Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

E

Prova penetrometrica dinamica P6

Località: Vimercate (MB)

Data: 11/ 10/ 2024

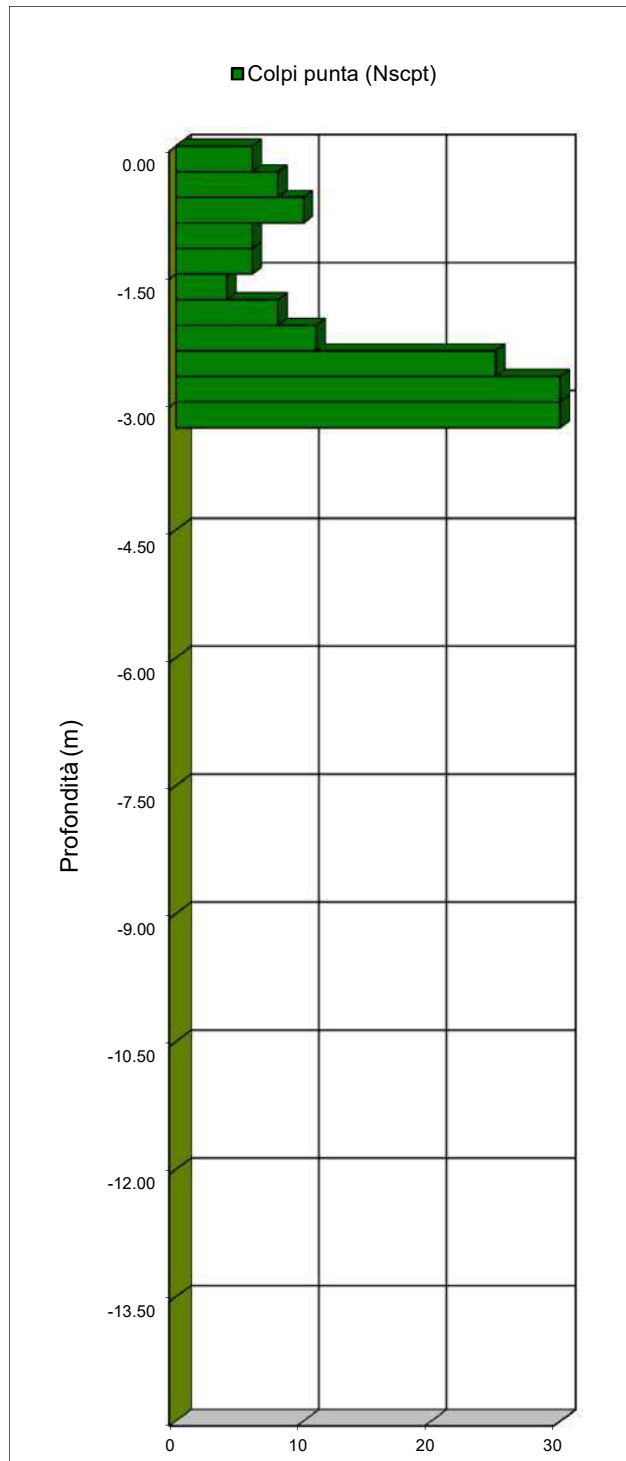
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	6
-0.30	-0.60	8
-0.60	-0.90	10
-0.90	-1.20	6
-1.20	-1.50	6
-1.50	-1.80	4
-1.80	-2.10	8
-2.10	-2.40	11
-2.40	-2.70	25
-2.70	-3.00	41
-3.00	-3.30	100
-3.30	-3.60	
-3.60	-3.90	
-3.90	-4.20	
-4.20	-4.50	
-4.50	-4.80	
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

E

Copia conforme all'originale digitale

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025

Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Prova penetrometrica dinamica P7

Località: Vimercate (MB)

Data: 21/ 10/ 2024

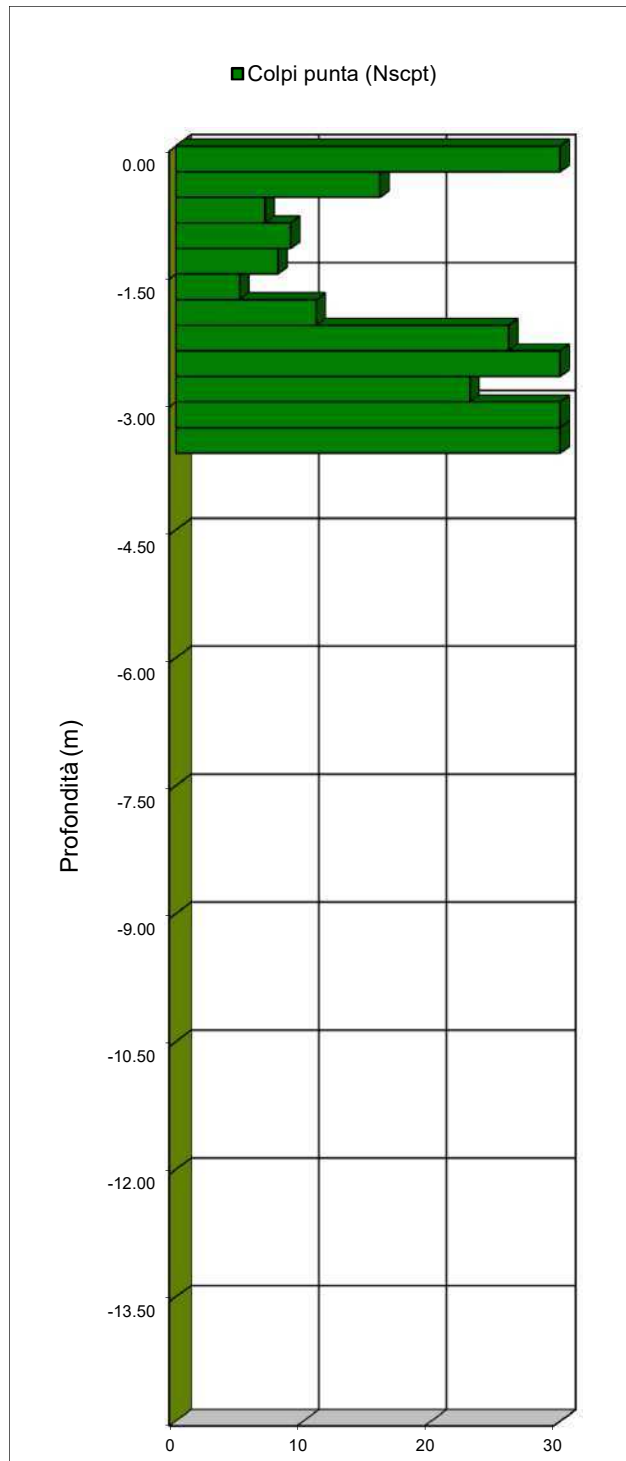
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	33
-0.30	-0.60	16
-0.60	-0.90	7
-0.90	-1.20	9
-1.20	-1.50	8
-1.50	-1.80	5
-1.80	-2.10	11
-2.10	-2.40	26
-2.40	-2.70	31
-2.70	-3.00	23
-3.00	-3.30	39
-3.30	-3.60	100
-3.60	-3.90	
-3.90	-4.20	
-4.20	-4.50	
-4.50	-4.80	
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

E

Copia conforme all'originale digitale

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025

Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Prova penetrometrica dinamica P8

Località: Vimercate (MB)

Data: 21/ 10/ 2024

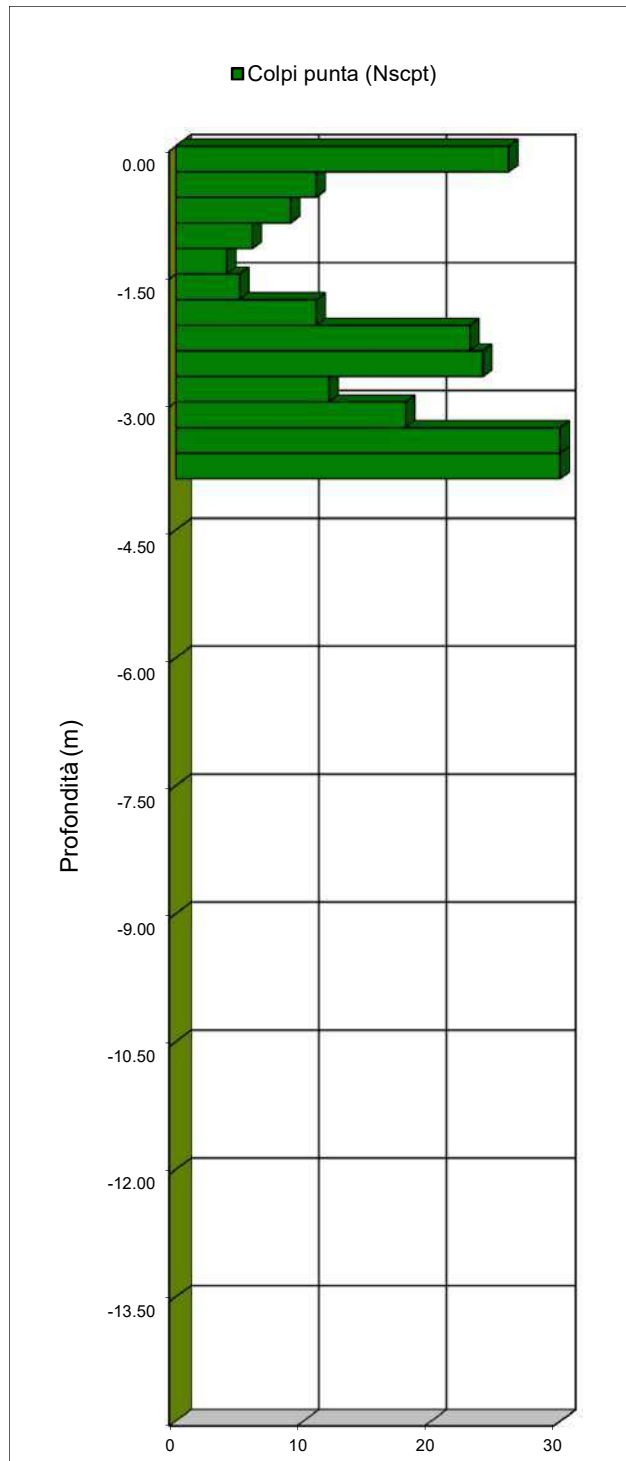
Ditta esecutrice: GeoArbor Studio

Attrezzatura: Pagani 63/ 100

Committente: Giambelli Spa

Sigla cantiere: L3605

Falda: non rilevata



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0.00	-0.30	26
-0.30	-0.60	11
-0.60	-0.90	9
-0.90	-1.20	6
-1.20	-1.50	4
-1.50	-1.80	5
-1.80	-2.10	11
-2.10	-2.40	23
-2.40	-2.70	24
-2.70	-3.00	12
-3.00	-3.30	18
-3.30	-3.60	52
-3.60	-3.90	100
-3.90	-4.20	
-4.20	-4.50	
-4.50	-4.80	
-4.80	-5.10	
-5.10	-5.40	
-5.40	-5.70	
-5.70	-6.00	
-6.00	-6.30	
-6.30	-6.60	
-6.60	-6.90	
-6.90	-7.20	
-7.20	-7.50	
-7.50	-7.80	
-7.80	-8.10	
-8.10	-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	

COMUNE DI VIMERCATE

E

Copia conforme all'originale digitale

Protocollo N. 0013305/2025 del 31/03/2025

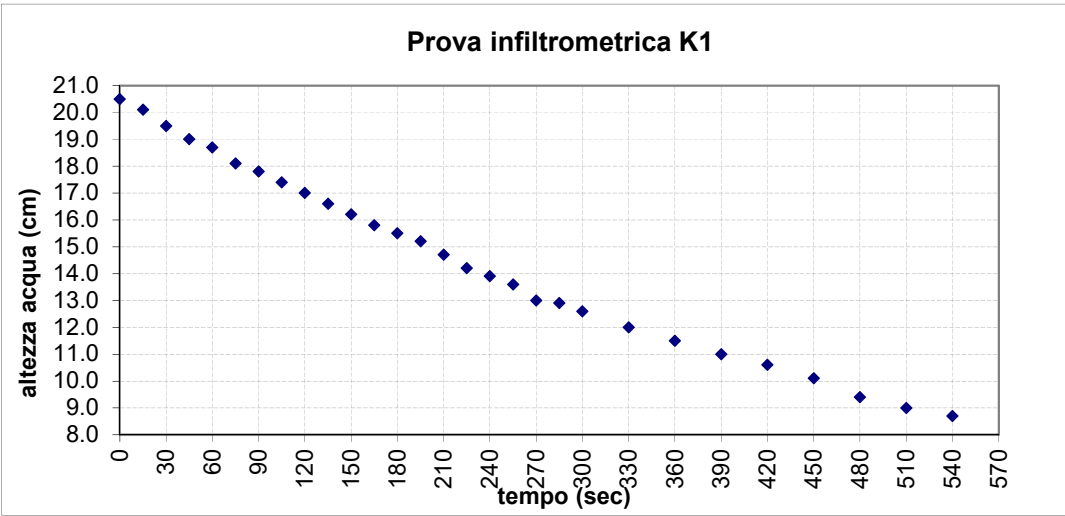
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI

Prova infiltrometrica K1

Località: Vimercate (MB) - Via S. M. Molgora
Giambelli S.p.A.
Data: 11/10/2024
Trincea esplorativa: K1
Profondità esecuzione prova: - 2.3 m dal p.c.

DATI	
Diametro infiltrometro (cm)	30.00
Sezione (cm ²)	706.500
Infissione (cm)	3.5
Altezza infiltrometro (cm)	50
RISULTATI	
K media (m/s)	4.54E-05

MISURE						
Tempo	Intervallo	Lettura livello idrico	Abbassamento	Velocità flusso	Gradiente	Permeabilità
T progressivo (s)	delta T (s)	h (cm)	delta h (cm)	v (cm/s)	i	K (cm/s)
0	-	20.5	-	-	-	-
15	15	20.1	0.40	0.02667	6.74	0.00395
30	15	19.5	0.60	0.04000	6.57	0.00609
45	15	19.0	0.50	0.03333	6.43	0.00519
60	15	18.7	0.30	0.02000	6.34	0.00315
75	15	18.1	0.60	0.04000	6.17	0.00648
90	15	17.8	0.30	0.02000	6.09	0.00329
105	15	17.4	0.40	0.02667	5.97	0.00447
120	15	17.0	0.40	0.02667	5.86	0.00455
135	15	16.6	0.40	0.02667	5.74	0.00464
150	15	16.2	0.40	0.02667	5.63	0.00474
165	15	15.8	0.40	0.02667	5.51	0.00484
180	15	15.5	0.30	0.02000	5.43	0.00368
195	15	15.2	0.30	0.02000	5.34	0.00374
210	15	14.7	0.50	0.03333	5.20	0.00641
225	15	14.2	0.50	0.03333	5.06	0.00659
240	15	13.9	0.30	0.02000	4.97	0.00402
255	15	13.6	0.30	0.02000	4.89	0.00409
270	15	13.0	0.60	0.04000	4.71	0.00848
285	15	12.9	0.10	0.00667	4.69	0.00142
300	15	12.6	0.30	0.02000	4.60	0.00435
330	30	12.0	0.60	0.02000	4.43	0.00452
360	30	11.5	0.50	0.01667	4.29	0.00389
390	30	11.0	0.50	0.01667	4.14	0.00402
420	30	10.6	0.40	0.01333	4.03	0.00331
450	30	10.1	0.50	0.01667	3.89	0.00429
480	30	9.4	0.70	0.02333	3.69	0.00633
510	30	9.0	0.40	0.01333	3.57	0.00373
540	30	8.7	0.30	0.01000	3.49	0.00287

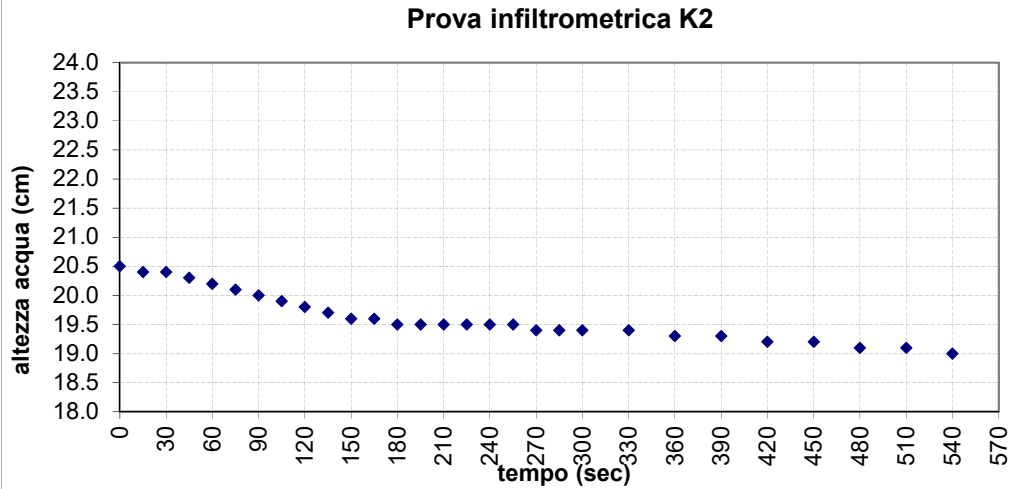


Prova infiltrometrica K2

Località: Vimercate (MB) - Via S. M. Molgora
Giambelli S.p.A.
Data: 11/10/2024
Trincea esplorativa: **K2**
Profondità esecuzione prova: - 2.0 m dal p.c.

DATI	
Diametro infiltrometro (cm)	30.00
Sezione (cm ²)	706.500
Infissione (cm)	3
Altezza infiltrometro (cm)	50
RISULTATI	
K media (m/s)	4.08E-06

MISURE						
Tempo	Intervallo	Lettura livello idrico	Abbassamento	Velocità flusso	Gradiente	Permeabilità
T progressivo (s)	delta T (s)	h (cm)	delta h (cm)	v (cm/s)	i	K (cm/s)
0	-	20.5	-	-	-	-
15	15	20.4	0.10	0.00667	7.80	0.00085
30	15	20.4	0.00	0.00000	7.80	0.00000
45	15	20.3	0.10	0.00667	7.77	0.00086
60	15	20.2	0.10	0.00667	7.73	0.00086
75	15	20.1	0.10	0.00667	7.70	0.00087
90	15	20.0	0.10	0.00667	7.67	0.00087
105	15	19.9	0.10	0.00667	7.63	0.00087
120	15	19.8	0.10	0.00667	7.60	0.00088
135	15	19.7	0.10	0.00667	7.57	0.00088
150	15	19.6	0.10	0.00667	7.53	0.00088
165	15	19.6	0.00	0.00000	7.53	0.00000
180	15	19.5	0.10	0.00667	7.50	0.00089
195	15	19.5	0.00	0.00000	7.50	0.00000
210	15	19.5	0.00	0.00000	7.50	0.00000
225	15	19.5	0.00	0.00000	7.50	0.00000
240	15	19.5	0.00	0.00000	7.50	0.00000
255	15	19.5	0.00	0.00000	7.50	0.00000
270	15	19.4	0.10	0.00667	7.47	0.00089
285	15	19.4	0.00	0.00000	7.47	0.00000
300	15	19.4	0.00	0.00000	7.47	0.00000
330	30	19.4	0.00	0.00000	7.47	0.00000
360	30	19.3	0.10	0.00333	7.43	0.00045
390	30	19.3	0.00	0.00000	7.43	0.00000
420	30	19.2	0.10	0.00333	7.40	0.00045
450	30	19.2	0.00	0.00000	7.40	0.00000
480	30	19.1	0.10	0.00333	7.37	0.00045
510	30	19.1	0.00	0.00000	7.37	0.00000
540	30	19.0	0.10	0.00333	7.33	0.00045

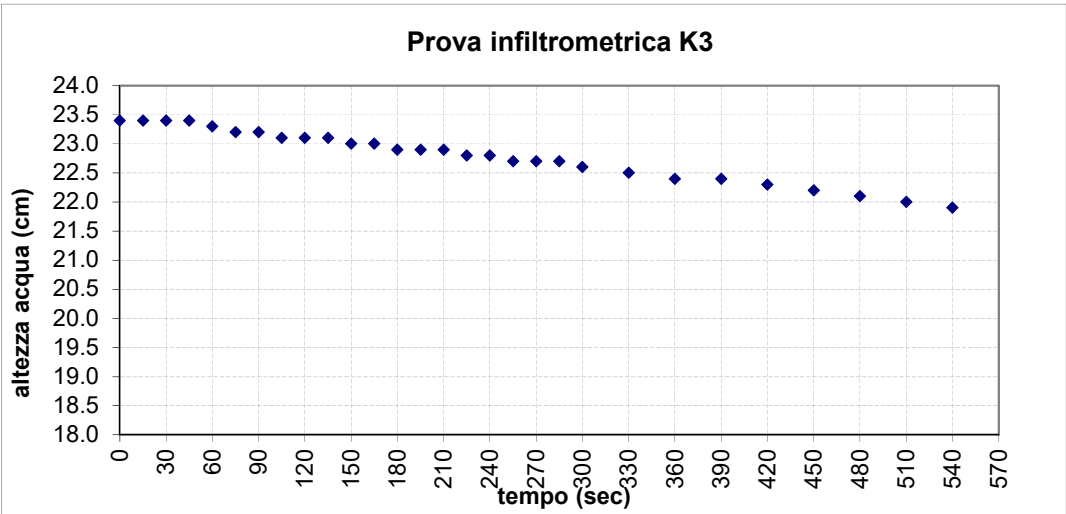


Prova infiltrometrica K3

Località: Vimercate (MB) - Via S. M. Molgora
Giambelli S.p.A.
Data: 11/10/2024
Trincea esplorativa: **K3**
Profondità esecuzione prova: - 2.3 m dal p.c.

DATI	
Diametro infiltrometro (cm)	30.00
Sezione (cm ²)	706.500
Infissione (cm)	5
Altezza infiltrometro (cm)	50
RISULTATI	
K media (m/s)	4.94E-06

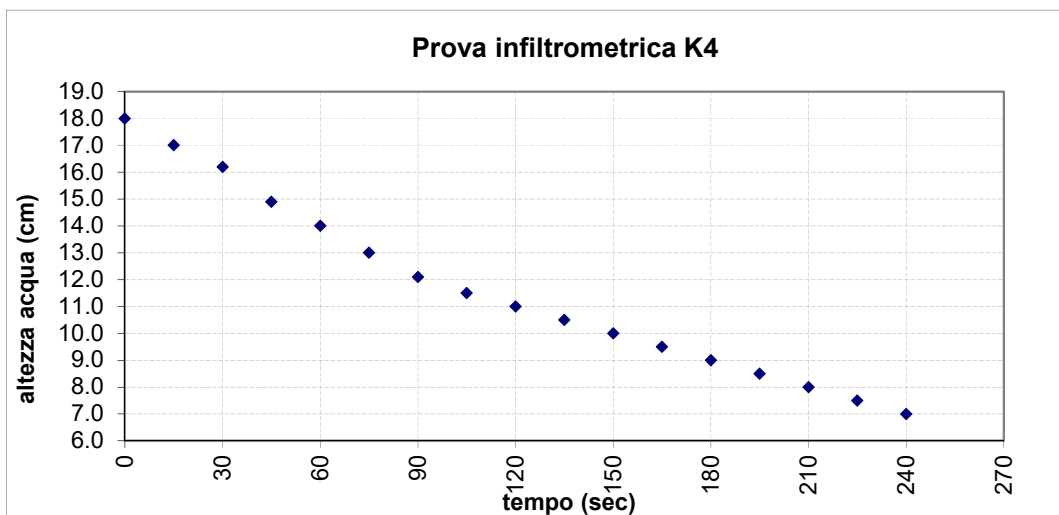
MISURE						
Tempo	Intervallo	Lettura livello idrico	Abbassamento	Velocità flusso	Gradiente	Permeabilità
T progressivo (s)	delta T (s)	h (cm)	delta h (cm)	v (cm/s)	i	K (cm/s)
0	-	23.4	-	-	-	-
15	15	23.4	0.00	0.00000	5.68	0.00000
30	15	23.4	0.00	0.00000	5.68	0.00000
45	15	23.4	0.00	0.00000	5.68	0.00000
60	15	23.3	0.10	0.00667	5.66	0.00118
75	15	23.2	0.10	0.00667	5.64	0.00118
90	15	23.2	0.00	0.00000	5.64	0.00000
105	15	23.1	0.10	0.00667	5.62	0.00119
120	15	23.1	0.00	0.00000	5.62	0.00000
135	15	23.1	0.00	0.00000	5.62	0.00000
150	15	23.0	0.10	0.00667	5.60	0.00119
165	15	23.0	0.00	0.00000	5.60	0.00000
180	15	22.9	0.10	0.00667	5.58	0.00119
195	15	22.9	0.00	0.00000	5.58	0.00000
210	15	22.9	0.00	0.00000	5.58	0.00000
225	15	22.8	0.10	0.00667	5.56	0.00120
240	15	22.8	0.00	0.00000	5.56	0.00000
255	15	22.7	0.10	0.00667	5.54	0.00120
270	15	22.7	0.00	0.00000	5.54	0.00000
285	15	22.7	0.00	0.00000	5.54	0.00000
300	15	22.6	0.10	0.00667	5.52	0.00121
330	30	22.5	0.10	0.00333	5.50	0.00061
360	30	22.4	0.10	0.00333	5.48	0.00061
390	30	22.4	0.00	0.00000	5.48	0.00000
420	30	22.3	0.10	0.00333	5.46	0.00061
450	30	22.2	0.10	0.00333	5.44	0.00061
480	30	22.1	0.10	0.00333	5.42	0.00062
510	30	22.0	0.10	0.00333	5.40	0.00062
540	30	21.9	0.10	0.00333	5.38	0.00062



Prova infiltrometrica K4

Località: Vimercate (MB) - Via S. M. Molgora
Giambelli S.p.A.
Data: 11/10/2024
Trincea esplorativa: **K4**
Profondità esecuzione prova: - 2.5 m dal p.c.

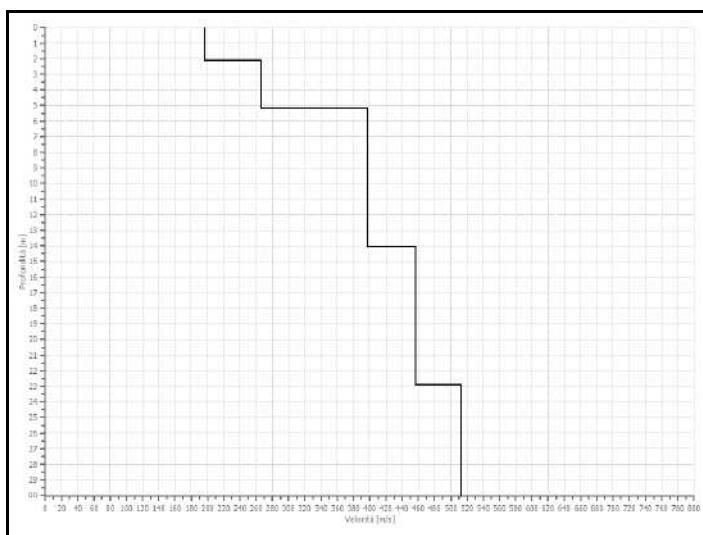
DATI	
Diametro infiltrometro (cm)	30.00
Sezione (cm ²)	706.500
Infissione (cm)	5
Altezza infitrometro (cm)	50
RISULTATI	
K media (m/s)	1.38E-04

[illegible]

COMUNE DI VIMERCATE

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE

Protocollo N.0013395/2025 del 31/03/2025
Firmatario: CARLO DANIELE LEONI



 info@geoarbor.it

