

Regione Lombardia  
Provincia di Monza e Brianza  
Comune di Monza



DOMUS MANARA S.r.l.  
PIANO ATTUATIVO  
AMBITO AT-02 – VIA MILAZZO

ELABORATO I

**Relazione Geologica**  
**Relazione Geotecnica e Sismica**

(Documento già protocollato P.G. 100290 del 03.06.2019 e P.G. 129661 del 17.07.2019)

Giugno 2023



Arch Emilio Beretta – arch Salvatore Lambiente



Antonella Papanice  
ARCHITETTO  
335 348286  
OA MILANO n.6697

Rif. L2201

Comune di

## Monza

(Provincia di Monza e Brianza)

Ambito di Trasformazione AT\_02

in Via Milazzo – Via Manara



Vermeer, Il Geografo - 1668

**GEOARBOR STUDIO  
PROFESSIONALE**

**Dr. Geol. Carlo D. Leoni**

Iscrizione N° 776 all'Albo  
dell'Ordine dei Geologi  
della Regione Lombardia  
C.F. LNECLD59T23F205Z  
Partita IVA 06708220964

- ↘ *Geologia*
- ↘ *Geotecnica*
- ↘ *Idrogeologia*
- ↘ *Indagini ambientali*
- ↘ *Pianificazione territoriale*
- ↘ *Cave, discariche*
- ↘ *Ripristini ambientali*
- ↘ *Indagini geognostiche*
- ↘ *Ingegneria naturalistica*
- ↘ *Pozzi*
- ↘ *Rilievi topografici*
- ↘ *Rilievi GPS*
- ↘ *Laboratorio geotecnico*
- ↘ *Studi Idroelettrici*

## RELAZIONE GEOLOGICA

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

## RELAZIONE GEOTECNICA e SISMICA

ai sensi del D.M. 17-01-2018 e della L.R. 33-2015

Committente: **Immobiliare Santina S.r.l.**

Vaprio D'Adda, 10/05/2018

Dott. Geol. Carlo Leoni



## SOMMARIO

<b>1. Premessa</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di indagine</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Indagini eseguite</b> .....	<b>8</b>
3.1. Sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2).....	9
3.2. Prove penetrometriche standard (SPT).....	10
3.3. prove penetrometriche dinamiche SCPT.....	11
3.4. Prova sismica masw.....	12
3.5 Prove di permeabilità Lefranc.....	16
<b>4. Modello geotecnico del sottosuolo e scelta dei parametri caratteristici del terreno</b> .....	<b>20</b>
<b>5. Considerazioni in merito alle tipologie fondazionali più idonee</b> .....	<b>25</b>
<b>6. Analisi dell'azione sismica</b> .....	<b>26</b>
<b>7. Verifica alla liquefazione</b> .....	<b>34</b>
<b>8. Verifiche di sicurezza sulle fondazioni ai sensi delle NTC 2018</b> .....	<b>36</b>
8.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) - Determinazione delle resistenze (Rd) .....	36
8.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE) – Analisi dei cedimenti.....	42
<b>9. Verifica della compatibilità dell'intervento con la fattibilità geologica locale ai sensi della DGR 2616/2011</b> .....	<b>45</b>
9.1 Analisi sismica di primo livello .....	46
9.2 Analisi sismica di secondo livello.....	47

## ALLEGATI

- ✓ *Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite;*
- ✓ *Stratigrafie sondaggi geognostici e documentazione fotografica;*
- ✓ *Tabulati e grafici prove penetrometriche dinamiche SCPT;*
- ✓ *Risultati prove Lefranc;*
- ✓ *Risultanze prova sismica masw;*
- ✓ *Modulistica sismica.*

pag. 1

*Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)*

<i>Rif.Geo. L2201</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: maggio 2018</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev2:</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i>

## 1. Premessa

In seguito all'incarico conferito dallo studio tecnico Assostudio S.r.l. per conto della Soc. Immobiliare Santina S.r.l., è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche volte alla definizione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area sita tra Via Milazzo, Via Manara e Via Giovanni Verità nel Comune di Monza (MB), nell'ambito del P.A. "AT-02". In particolare è prevista la realizzazione di n. 2 edifici residenziali e di un edificio commerciale. L'area oggetto dell'intervento si colloca nel settore Nord-Ovest del territorio comunale di Monza e si presenta come una superficie planare posta ad una quota media di circa 172 m s.l.m.



Fig. 1 - Inquadramento corografico dell'area di intervento (fonte: Google Earth)

L'indagine è stata programmata ed esperita sulla base della normativa ministeriale oggetto del **D.M. 17.01.2018** concernente aggiornamento delle "Norme tecniche

*pag.2*

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

sulle costruzioni". Tale caratterizzazione è importante non solo per una corretta scelta e dimensionamento delle strutture di fondazione, ma anche perchè a seguito di detto D.M. è necessario verificare i parametri sismici della zona.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di **n. 2 sondaggi a carotaggio continuo** (S1 e S2) entrambi spinti fino ad una profondità di -15 m dal p.c.. All'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite **n. 7 prove penetrometriche standard SPT** (n.4 prove nel sondaggio S1 e n. 3 prove nel sondaggio S2) e **n. 4 prove Lefranc** (n. 2 prove per ciascun sondaggio) per la valutazione della permeabilità dei terreni. Sono state inoltre eseguite **n. 8 prove penetrometriche dinamiche SCPT**, con le quali si è potuto verificare il comportamento geomeccanico del sottosuolo di fondazione delle opere in progetto. Per la caratterizzazione sismica del sito è stata eseguita **n.1 indagine sismica (prova 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 Monza è stato classificato come ZONA 3**. In riferimento a quest'ultima normativa, sulla base della litostratigrafia rilevata e dell'indagine sismica eseguita (prova masw), è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo B". Tuttavia, considerato che dall'analisi di II livello eseguita (vedi apposito paragrafo) il fattore di amplificazione sismica  $F_a$  locale risulta comunale  $>$  del valore di  $F_a$  soglia previsto dalla Regione Lombardia, verrà considerato cautelativamente un **suolo di fondazione di "tipo C"**.

Nello specifico la relazione viene così articolata:

pag.3

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

- ✓ 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.
- ✓ Valutazione della permeabilità dei terreni superficiali.
- ✓ 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"

pag.4

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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

I terreni in affioramento riconoscibili nell'area in esame vengono riferiti ai depositi del cosiddetto Livello Fondamentale della Pianura costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali sciolti di epoca Wurmiana, stratigraficamente sovrapposti ai più antichi terrazzi Rissiani. Sono localmente riscontrabili orizzonti più o meno cementati dalle spiccate caratteristiche conglomeratiche anche a modeste profondità (5-10 m.) anche se l'orizzonte più continuo e caratteristico si rinviene a profondità di circa 40-50 metri ed è conosciuto come Ceppo.

Al di sotto di questo orizzonte conglomeratico si intercalano sabbie fini e limi e lenti argillose conferendo al deposito le caratteristiche deposizionali di piana alluvionale e verso la base più marcatamente transizionali alle facies marine dalle caratteristiche più francamente argillose.

I terreni interessati dalle fondazioni sono i terreni più superficiali rispetto alla serie sopra descritta.

Si tratta di terreni legati ai fenomeni deposizionali di origine fluviale e fluvioglaciali o ai cicli connessi alle glaciazioni e periodi interglaciali.

Tali depositi, che nella nuova classificazione geologica prendono il nome di "Allogruppo di Besnate" (vedi fig. 2), sono caratterizzati da una forte eterogeneità a scala anche estremamente locale (a livello di cantiere) e sono costituiti da sabbie limose quarzoso-micacee e da ghiaie a clasti di dimensione anche decimetrica, in genere arrotondati, poligenici, con scarsa matrice argillosa derivante da un parziale processo di pedogenesi ed alterazione superficiale dei clasti. A volte tali orizzonti più grossolani sono parzialmente cementati e danno origine ai depositi conglomeratici sopra descritti.

I depositi appartenenti all' unità più antica sono simili litologicamente ai precedenti, ma sono però ferrettizzati, hanno cioè un ben più sviluppato processo di alterazione al loro interno che conferisce il colore tipicamente rossastro ed aumenta la frazione argillosa.

pag.5

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Nella zona nord di Monza verso la Brianza sono frequenti anche i fenomeni chiamati "occhi pollini": Si tratta di cavità vere e proprie o di cavità riempite da materiali di granulometria fine e dalle scarse caratteristiche geotecniche e basso grado di addensamento. La loro presenza non è correlabile a evidenze superficiali e non è prevedibile: le cavità vere e proprie sono più frequenti nei depositi di terrazzo più antichi mentre sono rari all'interno dei depositi del livello fondamentale della pianura.

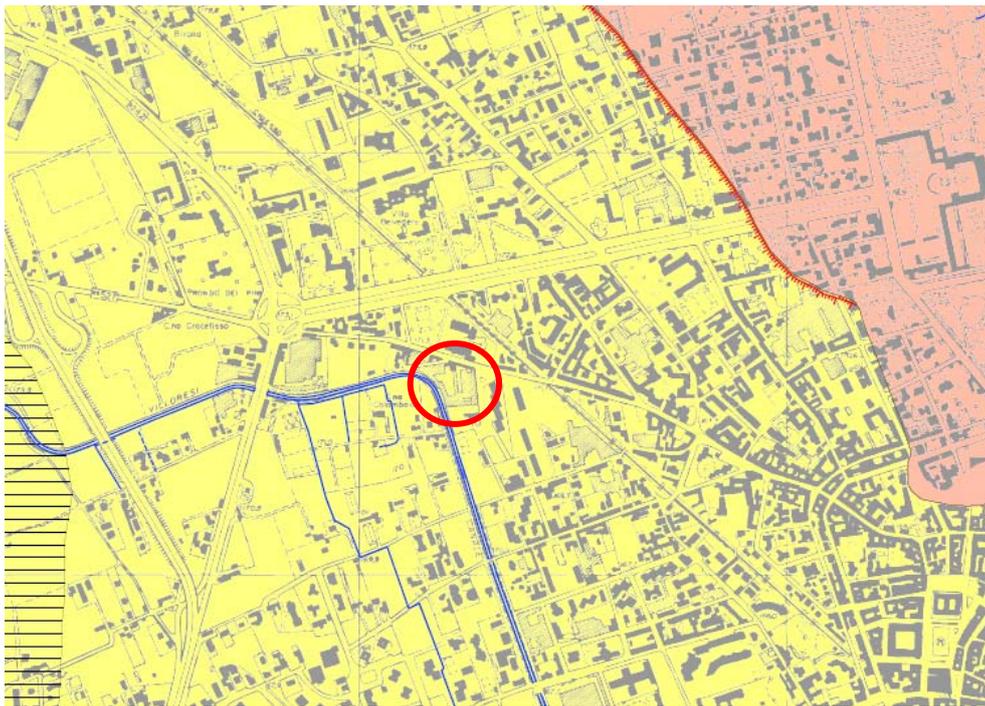


Fig. 2 - Estratto della Carta Geologica del PGT del Comune di Monza

<p><b>ALLOGRUPPO DI BESNATE</b> (Pleistocene medio - superiore)                  Depositi fluvioglaciali con profilo di alterazione superficiale moderatamente evoluto (spessore massimo di 1-2 m). Copertura loessica non evidente. Colore della matrice 10YR* - 7,5YR* (Riss - Würm A.A.)</p>		Sabbie limose e/o sabbie ghiaiose	<p><b>AMBITO DEI TERRAZZI VALLIVI</b>                  Superfici marginali della valle del F. Lambro, rilevate rispetto alle precedenti, controllate da dinamiche fluviali recenti.</p>
<p><b>ALLOFORMAZIONE DI BINAGO</b> (Pleistocene medio)                  Depositi fluvioglaciali con profilo di alterazione superficiale evoluto (spessore superiore a 2 m). Copertura loessica sempre presente di spessore metrico (compreso tra 0,8 e 1,5 m) (Riss A.A.).                  Colore della matrice 7,5 YR*</p>		Ghiale a supporto clastico in matrice sabbiosa o sabbiosa limosa, da massive a grossolanamente stratificate.  Ghiale a supporto clastico con matrice pedogenizzata da limoso sabbioso limosa. In superficie presenza di limi sabbiosi/argilloso-sabbiosi	<p><b>AMBITO DELLA PIANA PRINCIPALE</b>                  Superfici stabili, legate a dinamiche fluvioglaciali e fluviali.</p> <p><b>AMBITO DEI TERRAZZI ANTICHI</b>                  Superfici rilevate rispetto alla piana principale, terrazzate, legate a dinamiche fluvioglaciali e fluviali</p>

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



### 3. Indagini eseguite

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche così articolata:

- ✓ n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1 e S2), spinti entrambi fino a -15 m di profondità dal p.c. ;
- ✓ n.7 prove penetrometriche standard (SPT) in foro di sondaggio (n. 4 prove in S1 e n.3 prove in S2);
- ✓ n.4 prove di permeabilità in foro di sondaggio (n. 2 prove in ciascun sondaggio).
- ✓ n.8 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT (prove P1÷P8);
- ✓ n.1 prova sismica masw.

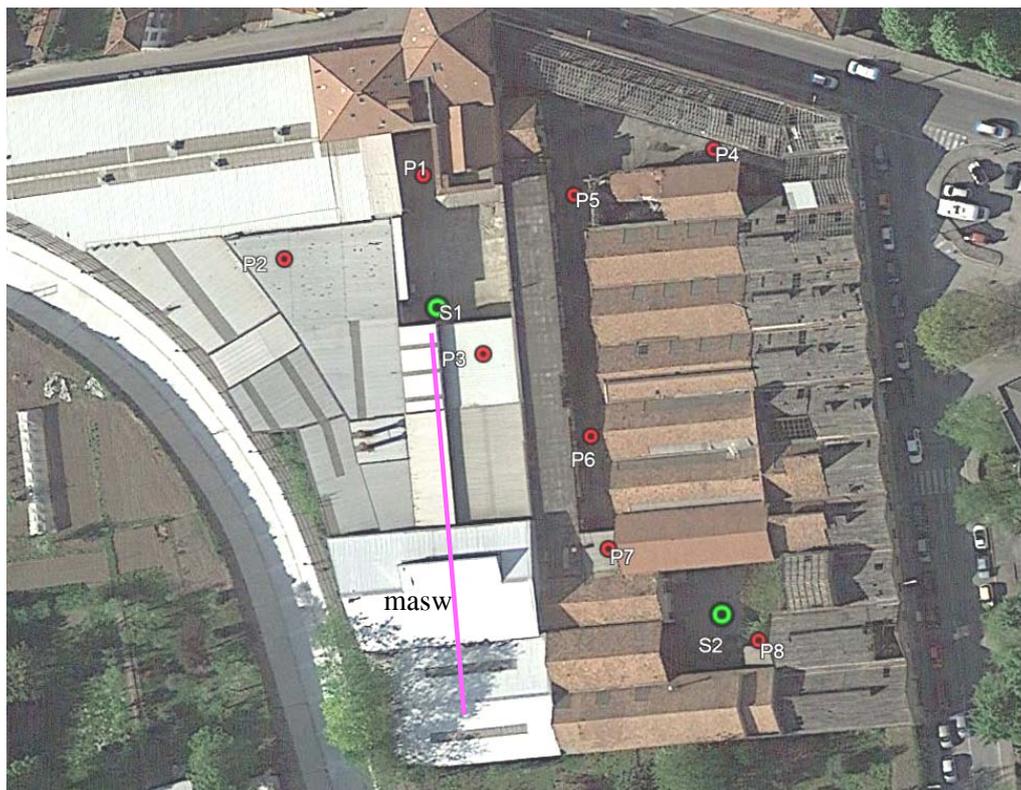


Fig. 4 – ubicazione indagini su foto satellitare – in rosso sono indicate le prove SCPT e in verde i sondaggi a carotaggio continuo

pag.8

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Come superficie di riferimento (0 RIF.) a cui riportare tutte le quote riportate di seguito è stato scelto il PIANO PIAZZALE ESISTENTE, che corrisponde al piano campagna su cui sono state eseguite le indagini.

L'ubicazione delle indagini effettuate viene riportata nella planimetria di progetto in allegato e anche nella foto satellitare di fig. 4, che rappresenta lo stato di fatto al momento dell'indagine.

### 3.1. Sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2)

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti tramite impiego di una sonda idraulica, con tecnica a rotazione a carotaggio continuo e rivestimento delle pareti del foro.

Le operazioni di carotaggio sono state eseguite con utilizzo di acqua e recupero integrale del terreno attraversato. E' stato utilizzato un carotiere semplice con diametro di 101 mm; per il rivestimento del foro sono stati utilizzati tubi con diametro di 127 mm. Il materiale prelevato è stato alloggiato in apposite cassette catalogatrici, successivamente conservate nella zona di cantiere. Entrambi i sondaggi sono stati spinti sino alla profondità di -15 m da p.c.

La descrizione dettagliata delle stratigrafie dei sondaggi viene riportata negli appositi moduli stratigrafici in allegato.



Fig. 5 - sondaggio S1

pag.9

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



Fig. 6 - sondaggio S2

### 3.2. Prove penetrometriche standard (SPT)

All'interno dei fori di sondaggio in fase di avanzamento sono state eseguite in totale n° 7 prove penetrometriche standard (SPT), 4 nel primo sondaggio e 3 nel secondo sondaggio, riassunte nella tabella seguente.

Sondaggio	Profondità in m da p.c.	Valori N (n° colpi x 15cm di avanzamento)	Valori N <sub>spt</sub>
S1	4.50 ÷ 4.95	36/34/R	R
	6.00 ÷ 6.45	6/3/3	6
	9.00 ÷ 9.45	5/13/24	37
	10.50 ÷ 10.95	25/34/43	77
S2	4.50 ÷ 4.95	22/37/38	75
	6.00 ÷ 6.45	50/R	R
	9.00 ÷ 9.45	50/R	R

pag. 10

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif. Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

La prova SPT avviene a fondo foro di sondaggio, in fase di avanzamento, consentendo l'investigazione di specifici livelli posti a determinate profondità. Ciascuna prova si riferisce al valore della resistenza del terreno offerta per l'infissione di un tratto di 45 cm (espresso con tre valori, riferiti a 15 cm ciascuno). La prova giunge a rifiuto (R) quando supera i 50 colpi per un avanzamento minore di 15 cm.

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata un'attrezzatura avente le caratteristiche tecniche di seguito riportate:

- ✓ *maglio in acciaio del peso di 63.5kg*
- ✓ *caduta libera del maglio di 760mm*
- ✓ *dispositivo con sganciamento automatico del maglio*
- ✓ *punta conica con angolo di 60°*
- ✓ *aste Ø 50 mm / spessore 5.9 mm*

### 3.3. prove penetrometriche dinamiche 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 75cm.

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).

*pag. 11*

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

<i>Rif.Geo. L2201</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: maggio 2018</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev2:</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i>

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°

In tutte le prove eseguite è stata raggiunta la situazione di rifiuto meccanico all'avanzamento della punta, corrispondente al superamento di 100 colpi/piede, in seguito al raggiungimento di un livello molto addensato o cementato.

Di seguito si riportano le profondità raggiunte in corrispondenza di ciascuna prova. Le tabelle e i diagrammi delle prove penetrometriche vengono riportati in allegato.

Di seguito si riportano le profondità raggiunte in corrispondenza di ciascuna prova.

Prova	Profondità in metri da p.c. (0 RIF.)	Rifiuto
P1	-3,6 m	Si
P2	-7,8 m	Si
P3	-9,9 m	Si
P4	-7,8 m	Si
P5	-3,9 m	Si
P6	-8,7 m	Si
P7	-6,6 m	Si
P8	-7,2 m	Si

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

### 3.4. Prova sismica 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

pag. 12

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif. Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

è ricostruito l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) fino alla profondità di circa 30m dall'attuale piano di campagna.

Il modello sismico monodimensionale ( $V_s$ -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.

Rif. Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



Fig. 7 – Prova sismica Masw

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

pag. 14

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Nello specifico è stato eseguito n.1 stendimento sismico tipo MASW secondo le modalità riportate in precedenza. La lunghezza di ogni stendimento è pari a circa 48 metri. L'ubicazione è riportata nella planimetria in allegato. Di seguito viene riportato il profilo delle Vs con la profondità.

**Prova Masw**

Strato	Da prof.	A prof.	Vs
1	0,0	1,3	<b>281</b>
2	1,3	2,5	<b>201</b>
3	2,5	4,1	<b>281</b>
4	4,1	8,0	<b>358</b>
5	8,0	11,7	<b>386</b>
6	11,7	17,7	<b>464</b>
7	17,7	26,4	<b>479</b>
8	26,4	30,0	<b>458</b>

La  $V_{s30}$ , velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

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  $V_s$ -profondità propri dell'area in esame, ottenuto mediante le indagini MASW appositamente realizzate, è possibile calcolare, con la formula sopra riportata, il valore di  $V_{s30}$  che risulta:

$$\mathbf{Vs30 = 396 \text{ m/s}}$$

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

pag. 15

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Réf.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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. Tuttavia, considerato che dall'analisi di II livello eseguita (vedi apposito paragrafo) il fattore di amplificazione sismica  $F_a$  locale risulta comunale  $>$  del valore di  $F_a$  soglia previsto dalla Regione Lombardia, verrà considerato cautelativamente un **suolo di fondazione di "tipo C"**: *"Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille mediamente consistenti, caratterizzati da valori di  $V_s$  compresi tra 180 e 360 m/s"*.

### 3.5 Prove di permeabilità Lefranc

Le prove Lefranc, nella versione modificata dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI), permettono di determinare la permeabilità di terreni al di sopra o al di sotto del livello di falda.

Per le prove sono state rispettate le seguenti prescrizioni:

- le pareti della perforazione sono state rivestite con una tubazione per tutto il tratto del sondaggio non interessato dalla prova;
- il tratto di prova, tasca, è stato riempito con materiale filtrante di granulometria adatta.

Le prove si dividono in prove a carico costante o a carico variabile.

Nel nostro caso specifico tutte le prove sono state eseguite a carico variabile.

#### Modalità di esecuzione e di calcolo

In data 26 aprile 2018 sono state realizzate n. 4 prove di permeabilità (k1-k4) a carico variabile di tipo Lefranc, che hanno permesso di valutare il valore di permeabilità  $k$  dei terreni superficiali dell'area di indagine.

Le prove di abbassamento sono state svolte nei due fori di sondaggio S1 e S2 alle profondità di -3,5 e -6,5 m dal piano campagna, riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello.

(cfr. figura seguente).

pag. 16

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif. Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Per le prove a carico variabile il coefficiente di permeabilità è dato dalla:

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

dove:

A = area di base del foro di sondaggio;

$h_1$  e  $h_2$  = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti  $t_1$  e  $t_2$ ;

$t_1$  e  $t_2$  = tempi ai quali si misurano  $h_1$  e  $h_2$ ;

$C_L$  = coefficiente di forma dipendente dell'area del foro di sondaggio e dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

Per il coefficiente  $C_L$  sono suggeriti i seguenti valori:

$$L \gg d \quad C_L = L$$

$$L \leq d \quad C_L = 2\pi d + L$$

dove L è la lunghezza del tratto di foro scoperto e d il diametro del foro.

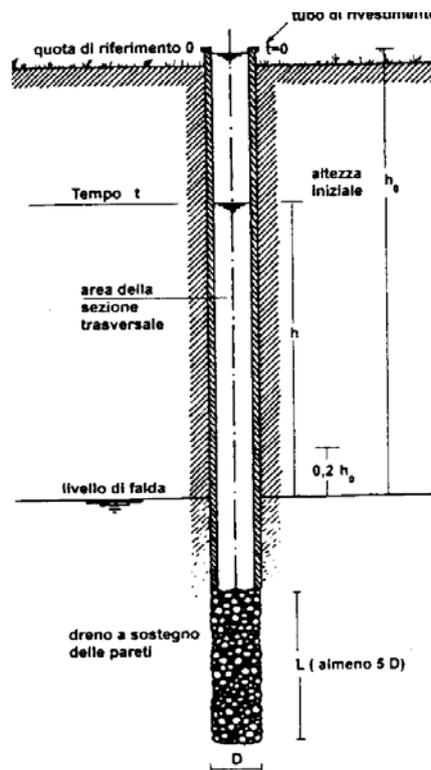


Fig. 8 - Schema operativo di una prova Lefranc a carico variabile

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

Nella tabella seguente vengono riassunte le caratteristiche salienti delle prove eseguite.

<i>Prova Lefranc</i>	<i>Profondità del foro da p.c.</i>	<i>Lunghezza tratto filtrante (tasca)</i>	<i>Diametro del foro</i>	<i>Sporgenza tubo rivestimento da p.c.</i>
<b>k1 (S2)</b>	-3,6 m	0,6 m	0,101 m	+0,0 m
<b>k2 (S2)</b>	-6,5 m	0,5 m	0,101 m	+0,3 m
<b>k3 (S1)</b>	-3,5 m	0,5 m	0,101 m	+0,0 m
<b>k4 (S1)</b>	-6,5 m	0,5 m	0,101 m	+0,0 m

#### Risultati e considerazioni

Per la prova K4 non è stato possibile misurare i valori di abbassamento del livello idrico all'interno del foro, troppo rapidi per essere rilevati con lo strumento. Il valore di permeabilità (k) è stato quindi stimato facendo il rapporto tra la portata assorbita durante la prova e l'area del foro, ottenendo il risultato mostrato in tabella.

I valori di permeabilità (k) ottenuti nelle precedenti prove vengono riportati nella tabella seguente:

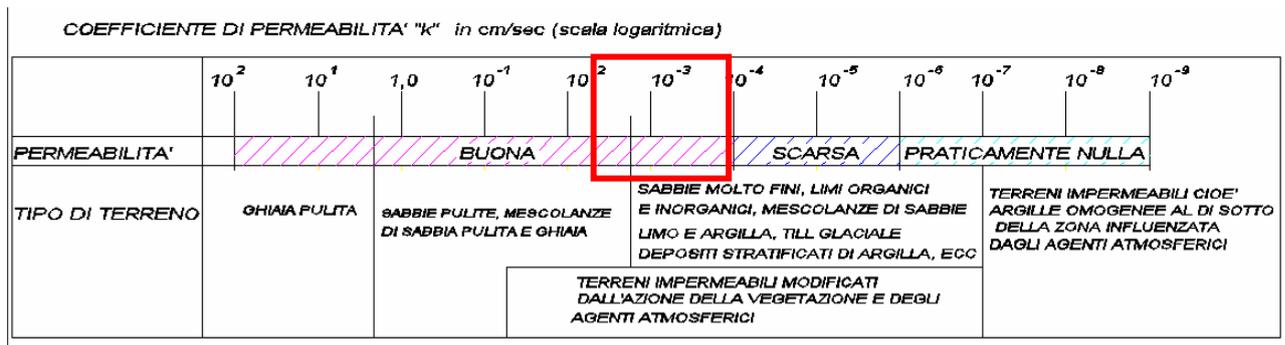
<i>Prova</i>	<i>Profondità</i>	<i>K (m/sec)</i>	<i>K (cm/sec)</i>
k1 (S2)	- 3,6 m da p.c.	$2,62 \times 10^{-5}$	$2,62 \times 10^{-3}$
k2 (S2)	- 6,5 m da p.c.	$1,00 \times 10^{-4}$	$1,00 \times 10^{-2}$
k3 (S1)	- 3,5 m da p.c.	$4,77 \times 10^{-5}$	$4,77 \times 10^{-3}$
k4 (S1)	- 6,5 m da p.c.	$2,34 \times 10^{-3}$	$2,34 \times 10^{-1}$

Il valore di permeabilità rilevato, caratteristico dei terreni superficiali analizzati, risulta essere pari a  $4,77 \cdot 10^{-5}$  m/s in corrispondenza del sondaggio S1; e pari a  $3 \cdot 10^{-2}$  m/s per il sondaggio S2. Tale valore permette quindi di collocare i terreni in esame tra le formazioni contraddistinte da un grado di permeabilità buona (vedi tabella seguente).

pag. 18

*Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)*

<i>Rif.Geo. L2201</i>		<i>Referente: D.P.</i>
<i>Data elaborato: maggio 2018</i>	<i>Rev1:</i>	<i>Rev2:</i>
<i>GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda</i>	<i>Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964</i>	<i>www.geoarbor.it info@geoarbor.it</i>



Classificazione dei terreni in funzione della permeabilità.

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

#### ***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.

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 molto eterogenei.

Le indagini eseguite hanno consentito di individuare terreni alluvionali in cui la litozona superficiale (**ORIZZONTE A**) è costituita da terreni poco/moderatamente addensati con caratteristiche geotecniche limitate entro i primi 7-8 m di profondità dal p.c. Localmente (prove P4 e P6) sono presenti terreni sciolti con caratteristiche geotecniche molto scadenti (**ORIZZONTE B**), come dimostrano i valori di resistenza alla penetrazione registrati con le prove (Nscpt=1-2 colpi). Entro tali profondità sono state riscontrate interstratificazioni molto compatte e/o cementate (**ORIZZONTE C**), in corrispondenza delle quali si registra rifiuto all'avanzamento della prova penetrometrica. Tale orizzonte, come visibile nello schema di seguito riportato presenta elevata variabilità laterale.

Al di sotto dei 7-8 m dal p.c. e fino alle massime profondità investigate (-15 m di profondità), sono presenti litologie prevalentemente sabbioso-ghiaiose con ciottoli addensate (**ORIZZONTE D**), aventi buone caratteristiche geotecniche (come dimostrano gli elevati valori di resistenza penetrometrica registrati con le prove SPT eseguite in foro di sondaggio).

Le caratteristiche del sottosuolo di interesse sono state definite in base ai risultati delle prove penetrometriche (esame del trend della resistenza di punta e rapporto resistenza di punta/resistenza laterale offerta dal rivestimento).

pag.20

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Réf.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Per il modello geotecnico del sottosuolo utile per le elaborazioni analitiche contenute di seguito, i terreni investigati possono essere suddivisi in **n.4 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).

*NOTA.* I valori di angolo d'attrito  $\phi$  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.

### **Orizzonte A**

<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Unità di misura</b>
$N_{scpt}$ (colpi da prova Scpt)	3-5	colpi/piede
$N_{spt}$ (colpi da prova Spt)	4-6	colpi/piede
$\gamma$ (peso di volume)	18 - 19	KN/m <sup>3</sup>
$\phi$ (angolo di attrito)	26 -27	°
c (coesione)	0	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	100 - 150	Kg/cm <sup>2</sup>
Dr (densità relativa)	35 - 40	%

### **Orizzonte B**

<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Unità di misura</b>
$N_{dcpt}$ (colpi da prova Dcpt)	1-2	colpi/piede
$N_{spt}$ (colpi da prova Spt)	2-3	colpi/piede
$\gamma$ (peso di volume)	17	KN/m <sup>3</sup>
$\phi$ (angolo di attrito)	24	°
c (coesione)	-	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	70	Kg/cm <sup>2</sup>
Dr (densità relativa)	25	%

pag.21

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

### Orizzonte C

Parametro	Valore	Unità di misura
N <sub>dcpt</sub> (colpi da prova Dcpt)	> 50	colpi/piede
N <sub>spt</sub> (colpi da prova Spt)	> 70	colpi/piede
γ (peso di volume)	20	KN/m <sup>3</sup>
φ (angolo di attrito)	>36	°
c (coesione)	-	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	>400	Kg/cm <sup>2</sup>
Dr (densità relativa)	>75	%

### Orizzonte D

Parametro	Valore	Unità di misura
N <sub>dcpt</sub> (colpi da prova Dcpt)	>25	colpi/piede
N <sub>spt</sub> (colpi da prova Spt)	>40	colpi/piede
γ (peso di volume)	19,5	KN/m <sup>3</sup>
φ (angolo di attrito)	35	°
c (coesione)	-	Kg/cm <sup>2</sup>
E (modulo di deformazione)	350	Kg/cm <sup>2</sup>
Dr (densità relativa)	70	%

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.

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

	Riporto superficiale
	<b>Orizzonte A</b> – terreno poco/moderatamente addensato
	<b>Orizzonte B</b> – terreno sciolto
	<b>Orizzonte C</b> – terreno molto addensato e/o cementato

pag.22

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Profondità (m)		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
0,00	-0,30	30	46	30	20	33	25	20	31
-0,30	-0,60	10	8	18	2	5	5	4	3
-0,60	-0,90	6	4	15	3	6	1	3	3
-0,90	-1,20	3	4	10	4	3	2	2	4
-1,20	-1,50	5	3	5	4	2	1	3	2
-1,50	-1,80	2	3	6	3	2	1	3	1
-1,80	-2,10	4	3	5	3	1	1	4	1
-2,10	-2,40	6	2	5	2	2	5	11	3
-2,40	-2,70	9	3	6	1	1	6	17	4
-2,70	-3,00	13	5	7	2	4	5	10	5
-3,00	-3,30	21	4	8	1	25	6	8	3
-3,30	-3,60	100	4	4	1	43	5	15	5
-3,60	-3,90		3	5	1	100	4	26	5
-3,90	-4,20		2	4	1		3	28	4
-4,20	-4,50		2	4	1		1	63	3
-4,50	-4,80		2	4	1		1	15	2
-4,80	-5,10		3	4	2		2	35	2
-5,10	-5,40		3	3	1		1	51	3
-5,40	-5,70		3	7	2		1	44	1
-5,70	-6,00		2	9	1		2	51	3
-6,00	-6,30		1	3	1		1	48	4
-6,30	-6,60		2	4	1		2	100	9
-6,60	-6,90		8	3	3		4		48
-6,90	-7,20		22	4	25		5		100
-7,20	-7,50		44	5	28		7		
-7,50	-7,80		100	7	100		21		
-7,80	-8,10			6			15		
-8,10	-8,40			4			18		
-8,40	-8,70			16			100		
-8,70	-9,00			28					
-9,00	-9,30			29					
-9,30	-9,60			43					
-9,60	-9,90			100					
-9,90	-10,20								

piano  
imposta  
fondazion

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:

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

pag.23

Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**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**

E' stato calcolato attraverso le seguenti correlazioni di Webb-D'Apollonia che lo legano ai valori di resistenza penetrometrica e alla litologia predominante:

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

$$E = 600 (N + 6) + 2000 \text{ [valido per sabbie ghiaiose con } N > 15 \text{ colpi/piede]}$$

$$E = 1200 (N + 6) \text{ [valido per sabbie ghiaiose]}$$

Dove  $N = N_{spt} * 70/55$  (fattore correttivo)

**Coesione**

In mancanza di valori di laboratorio, il valore è da considerarsi di prima approssimazione. Si ricava il valore di  $R_p$  (resistenza alla punta della prova statica in kg/cmq), tramite la relazione di Robertson - Campanella - Wightman (1983):  $R_p/N_{spt} = 2$  kg/cmq, valido per argille limose o sabbiose. I valori ottenuti sono stati prudenzialmente ridotti, in accordo con le caratteristiche locali note dei terreni.

pag.24

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 5. Considerazioni in merito alle tipologie fondazionali più idonee

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un nuovo edificio commerciale e di n.2 edifici residenziali disposti su 4 livelli fuori terra oltre all'interrato adibito a box e cantine.

Dalle conoscenze idrogeologiche locali la falda idrica superficiale è posta ad una profondità > di 30 m dal p.c. Si esclude quindi che essa possa interferire con le opere di fondazione in progetto e con il settore di sottosuolo interessato dai cunei di rottura e dai bulbi di pressione generabili inferiormente alle fondazioni.

Le prove penetrometriche hanno evidenziato una marcata disomogeneità laterale e verticale, con terreni che si presentano generalmente scadenti entro i primi 7-8 metri dal p.c.

**Valutate pertanto le caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni indagati, in relazione alla tipologia strutturale ipotizzata, si ritiene che la migliore soluzione fondazionale sia rappresentata dalla PLATEA di fondazione, che consente una uniforme distribuzione dei carichi, evitando in tal modo l'insorgere di cedimenti di tipo differenziale, potenzialmente lesivi per la struttura.**

Sono state verificate le seguenti tipologie fondazionali:

- **PLATEA** con dimensioni (indicative) di 20m x 50m impostata ad una profondità =4,0 m dallo 0 RIF., confinata nel terreno per 0,6 m (altezza della fondazione comprensivo dello strato di magrone).
- **PLATEA** con dimensioni (indicative) di 70m x 70m impostata ad una profondità =4,0 m dallo 0 RIF., confinata nel terreno per 0,6 m (altezza della fondazione comprensivo dello strato di magrone).

pag.25

*Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)*

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 6. Analisi dell'azione sismica

Il territorio comunale di **Monza** 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 ( $a_{gmax}$ ) presente all'interno del territorio comunale" in **ZONA 3** ( $0.05 < a_g \leq 0.15$ ).

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 ( $m/s^2$ );
- ✓  $F_0$  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).

pag.26

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### 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.

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

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.

pag.27

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

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.

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

pag.28

*Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)*

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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.

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%).

pag.29

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 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
		<b>V<sub>s30</sub> m/s</b>
<b>A</b>	<i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</i>	<b>V<sub>s</sub> &gt; 800</b>
<b>B</b>	<i>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</i>	<b>360 &lt; V<sub>s</sub> &lt; 800</b>
<b>C</b>	<i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza</i>	<b>360 &lt; V<sub>s</sub> &lt; 180</b>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</i>	<b>V<sub>s</sub> &lt; 180</b>
<b>E</b>	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di <b>VS30</b> 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 VS30 &gt; 800m/s</i>	

*Categorie sismiche di suolo di fondazione*

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

### Condizioni topografiche

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

pag.30

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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 $i > 30^\circ$

Categorie topografiche.

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  $S_T = 1,0$ .**

pag.31

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### 6.2.6 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 45.589170 - Lng 9.258598  
ED50: Lat 45.590101 - Lng 9.259658
- **Classe d'uso: II.** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti normali.
- **Vita nominale: 50 [anni]**

#### Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali... ▾

 Vita Nominale 50 ▾

 Interpolazione Media ponderata ▾

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.557	0.160
Danno (SLD)	50	0.025	2.547	0.191
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.053	2.630	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.065	2.658	0.297
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

pag.32

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

### Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni ▾

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 1  0.1

---

 Cat. Sottosuolo C ▾

 Cat. Topografica T1 ▾

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,92	1,81	1,60	1,57
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.006	0.007	0.016	0.019
kv	0.003	0.004	0.008	0.010
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.283	0.364	0.779	0.953
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

ESPORTA IN TXT
PDF
SPETTRI

Carica file 


Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

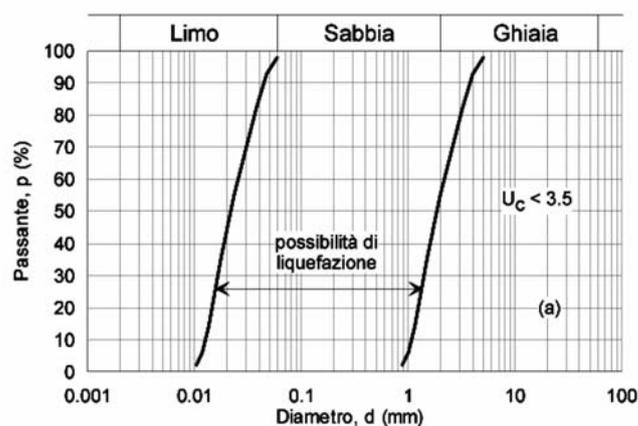
## 7. Verifica alla liquefazione

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  $U_c > 3,5$ .



a)

pag.34

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

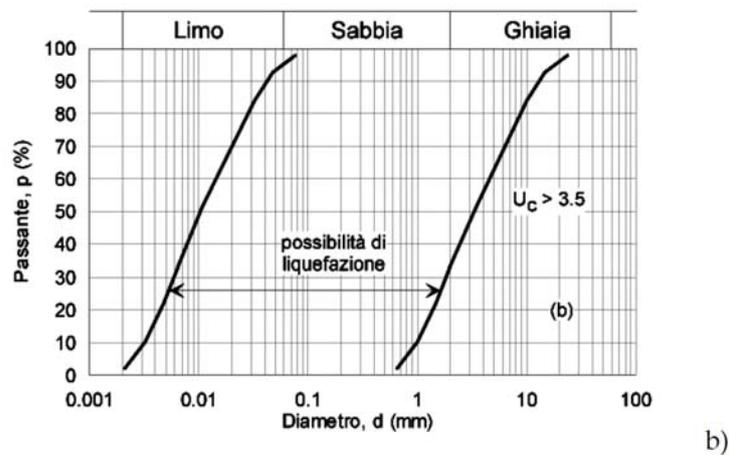


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

**Nel nostro caso sono verificate la n.2 e la n.4, quindi l'analisi della liquefazione può essere omessa.**

Il terreno di fondazione dell'area in oggetto si presenta costituito infatti, come dimostrano le risultanze delle indagini eseguite, da litologie prevalentemente ghiaioso-sabbiose (condizione n.4), e sature a partire da oltre 30 m dal p.c. (condizione n.2). Si ritiene pertanto che nelle profondità indagate non siano presenti orizzonti sciolti potenzialmente liquefacibili.

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 8. Verifiche di sicurezza sulle fondazioni ai sensi delle NTC 2018

### 8.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) - Determinazione delle resistenze (Rd)

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

dove  $E_{inst,d}$  è il valore di progetto dell'azione instabilizzante,  $E_{stb,d}$  è il valore di progetto dell'azione stabilizzante.

La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I.

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad [6.2.1]$$

essendo  $E_d$  il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni [6.2.2a] o [6.2.2b]

$$E_d = E \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad [6.2.2a]$$

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad [6.2.2b]$$

e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico definito dalla relazione [6.2.3].

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad [6.2.3]$$

Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle [6.2.2a] e [6.2.3] rispettivamente in funzione delle azioni di progetto  $\gamma F F_k$ , dei parametri geotecnici di progetto  $X_k/\gamma_M$  e dei parametri geometrici di progetto  $a_d$ . Il coefficiente parziale di

pag.36

*Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)*

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

sicurezza  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla [6.2.2b] con  $\gamma_E = \gamma_F$ .

la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (**Approccio 1**) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto.

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

I fattori parziali per il gruppo R1 sono sempre unitari; quelli del gruppo R2 possono essere maggiori o uguali all'unità e, in assenza di indicazioni specifiche per lo stato limite ultimo considerato, devono essere scelti dal progettista in relazione alle incertezze connesse con i procedimenti adottati.

### Azioni

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Réf.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

- a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale  $\gamma_M$  specificato nella successiva Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- b) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- c) sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

**Tab. 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)

pag.38

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- stabilità globale.
- SLU di tipo strutturale (STR)
- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la **combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2**, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale (STR), il coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.

**Tab. 6.4.I** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

L'analisi della capacità portante del terreno, ossia la verifica ai SLU di collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno, è stata effettuata con l'ausilio di specifico programma di calcolo "Loadcap" (con licenza concessa da "Geostru S.r.l."). Il calcolo è stato effettuato con il metodo di **Brinch-Hansen**, ritenuto il più idoneo per il caso in esame:

$$Q_{SLU} = 1/2 * B * \gamma * N_{\gamma} * s_{\gamma} * i_{\gamma} * b_{\gamma} * g_{\gamma} * z_{\gamma} + c * N_c * s_c * i_c * b_c * g_c * d_c * z_c + q * N_q * s_q * i_q * b_q * g_q * d_q * z_q$$

dove :

$N_c$   $N_q$   $N_{\gamma}$  = Fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio;

pag.39

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

- $sc\ sq$  = Fattori di forma della fondazione;  
 $sy$   
 $ic\ iq\ iy$  = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;  
 $bc\ bq$  = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base;  
 $by$   
 $gc\ gq$  = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del p. c.;  
 $gy$   
 $zc\ zq$  = Fattori correttivi che tengono dell'inerzia dovuta al sisma (solo per  
 $zy$  condizioni dinamiche)  
 $Dc\ dq$  = Fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;  
 $\gamma$  = Peso specifico del terreno sotto il piano di fondazione;  
 $q$  = Carico litostatico presente sopra il piano di fondazione (proporzionale al  
all'altezza del confinamento laterale);  
 $Q_{SLU}$  = Capacità portante determinata allo stato limite ultimo

Di seguito vengono riassunti i risultati ottenuti in riferimento alle diverse configurazioni fondazionali considerate ed **utilizzando l'Approccio 2**, come indicato dalla normativa, allo scopo di dare utili indicazioni al calcolatore delle strutture.

In *Tab. seguente* si riportano i valori calcolati delle Resistenze ( $R_d$ ), depurate del fattore di sicurezza a partire dai valori di  $Q_{ult}$ .

**PLATEA, piano imposta = 4,0 m dal p.c. con dimensioni di 20m x 50m**

<b>CONDIZIONI STATICHE</b>		
	<b><math>R_d</math></b>	<b>u.m.</b>
<b>Approccio 2</b>	<b>5,5</b>	(kg/cm <sup>2</sup> )

<b>CONDIZIONI SISMICHE*</b>		
	<b><math>R_d</math></b>	<b>u.m.</b>
<b>Approccio 2</b>	<b>5,0</b>	(kg/cm <sup>2</sup> )

\*la verifica in condizioni statiche è stata effettuata applicando la correzione proposta da Paolucci e Pecker (1997).

pag.40

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**PLATEA, piano imposta = 4,0 m dal p.c. con dimensioni di 70m x 70m**

<b>CONDIZIONI STATICHE</b>		
	<b>R<sub>d</sub></b>	<b>u.m.</b>
<b>Approccio 2</b>	<b>7,0</b>	(kg/cm <sup>2</sup> )

<b>CONDIZIONI SISMICHE*</b>		
	<b>R<sub>d</sub></b>	<b>u.m.</b>
<b>Approccio 2</b>	<b>6,5</b>	(kg/cm <sup>2</sup> )

### **Coefficiente di Winkler**

Il coefficiente di Winkler è stato calcolato con il metodo di **Bowles**:

$$k = 40 \text{ (SF) } q_a$$

dove SF è il Safety Factor, ovvero il coefficiente di sicurezza adottato, e  $q_a$  è la pressione ammissibile sul terreno.

$q_a = q_{lim} / SF$  dove  $q_{lim}$  è la pressione ultima sul terreno, corrispondente ad un cedimento DH di 1 pollice, ovvero 2,5 cm.

Riferendoci dunque alla relazione del modulo di reazione del terreno, uno dei modi di procedere è il seguente:  $k = q_{lim} / 2,5$

$K_s$  è stato quindi calcolato quindi come  $Q_{lim} / 2,5$  dove  $Q_{lim} = R_d \times \gamma_r$  (dove  $\gamma_r = 2,3$ ). Il  $Q_{lim}$  considerato è quello derivante dall'approccio 2

**PLATEA, piano imposta = 4,0 m dal p.c. con dimensioni di 20m x 50m**

<b>Coefficiente k Winkler</b>	<b>4,5 kg/cm<sup>3</sup></b>
-------------------------------	------------------------------

**PLATEA, piano imposta = 4,0 m dal p.c. con dimensioni di 70m x 70m**

<b>Coefficiente k Winkler</b>	<b>6,0 kg/cm<sup>3</sup></b>
-------------------------------	------------------------------

pag.41

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 8.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE) – Analisi dei cedimenti

Le opere e i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese.

La verifica agli stati limite di esercizio implica l'analisi del problema di interazione terreno-struttura (analisi dei cedimenti) al termine della costruzione e nel tempo

Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno-struttura è funzione dell'importanza dell'opera.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d \quad [6.2.7]$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni nelle combinazioni di carico per gli SLE e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

Al fine di assicurare che le fondazioni risultino compatibili con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione, si deve verificare il rispetto della condizione [6.2.7], calcolando i valori degli spostamenti e delle distorsioni nelle combinazioni di carico per gli SLE, tenendo conto anche dell'effetto della durata delle azioni.

Forma, dimensioni e rigidità della struttura di fondazione devono essere stabilite nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche agli stati limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimi.

Al fine di fornire delle indicazioni progettuali è stato ipotizzato nel calcolo dei cedimenti un carico di esercizio  $Q_{sle}$  pari  $1,8 \text{ kg/cm}^2$ .

Per il calcolo dei cedimenti è stato fatto riferimento alla teoria dell'elasticità adottando la metodologia proposta dal Bowles, 1974:

$$S_d = Q B (1 - \mu^2 / E) I_s I_f$$

pag.42

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Réf.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

dove:

Sd	=	cedimento
Q	=	carico sul terreno alla base della fondazione
B	=	minima dimensione laterale dell'area caricata
$\mu$	=	rapporto Poisson terreno
E	=	modulo elastico del terreno cedevole (media ponderata)
Is	=	$I_1 + [(1-2m)/(1-m)] \times I_2$
I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub>	=	coefficienti di influenza
If	=	fattore di profondità

Nel dimensionamento delle fondazioni è necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dal carico applicato.

Tali cedimenti dovranno essere ovviamente inferiori ad un valore critico che, se superato, potrebbe generare inconvenienti nella struttura.

E' stata pertanto eseguita una verifica dei cedimenti indotti nel terreno di fondazione dal carico di esercizio determinato nelle ipotesi di fondazione indicate.

Il cedimento calcolato tiene ovviamente conto dell'effetto generato dal sisma. Con tale valore di carico di esercizio i cedimenti primari si sviluppano immediatamente con l'incremento progressivo del carico strutturale, mentre non dovrebbero verificarsi cedimenti differenziali.

La dimensione B viene posta pari a 4B per le travi e 2B per i plinti e B per la platea, dove B è il lato minimo della fondazione (ipotesi di Schmertmann); come modulo elastico (E) è stato preso un valore pari alla media pesata sullo spessore di terreno interessato dal cedimento, e cioè considerando un spessore pari a 4B per le travi, 2B per i plinti e B per la platea; come stratigrafia è stata considerata una situazione media tra quelle riscontrate con le prove eseguite. I valori di seguito definiti sono riferiti a carichi verticali e centrati con momenti pari a zero, in quanto sconosciuti in questa fase di progetto.

pag.43

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

**PLATEA, piano imposta = 4,0 m dal p.c.  
con dimensioni di 20m x 50m**

Carico Qsle (kg/cm <sup>2</sup> )	1,8
Cedimento (cm)	3,2

**PLATEA, piano imposta = 4,0 m dal p.c.  
con dimensioni di 70m x 70m**

Carico Qsle (kg/cm <sup>2</sup> )	1,8
Cedimento (cm)	4,5

Con tale valore di carico di esercizio i cedimenti assumono valori accettabili per le strutture in progetto.

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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

LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA allegata al PGT, redatta ai sensi della L.R. 12/05 (vedi stralcio allegato in fig.6), attribuisce all'area in esame una **CLASSE DI FATTIBILITÀ 2Be'**: **fattibilità con modeste limitazioni**: aree pianeggianti o debolmente acclivi nelle fasce di raccordo dei terrazzi principali, litologicamente costituiti da ghiaie a supporto clastico nell'ambito della piana principale e da sabbie limose e/o ghiaiose nei terrazzi vallivi. Possibile presenza di cavità nel sottosuolo ("occhi pollini") con problematiche legate a cedimenti differenziali (2Be probabilità medio-bassa e 2Be' probabilità alta).

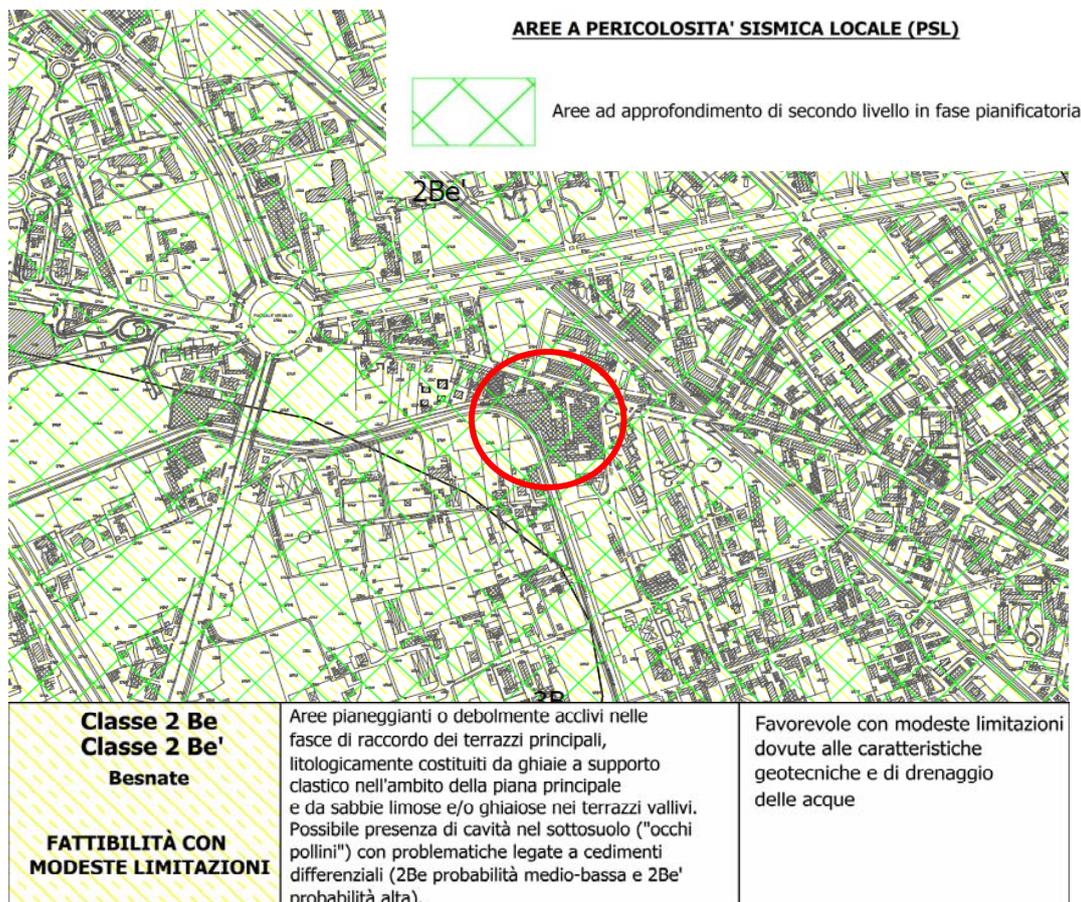


Fig. 7 – Estratto della carta della fattibilità geologica allegata al PGT di Monza

pag.45

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L.2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

Da un punto di vista del rischio sismico, idraulico ed idrogeologico locale non si rilevano particolari fattori limitativi o di rischio.

Ai sensi della D.G.R. 2616/2011, si ritiene pertanto fattibile da un punto di vista geologico, idrogeologico e sismico l'intervento prospettato.

### 9.1 Analisi sismica di primo livello

Nel PGT comunale l'area in esame viene classificata come soggetta a fenomeni di amplificazione litologiche e geometriche, ovvero come **Zona Z4a**: "Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi". Nella figura seguente si riporta stralcio della carta della PSL (Pericolosità Sismica Locale) allegata al PGT comunale.

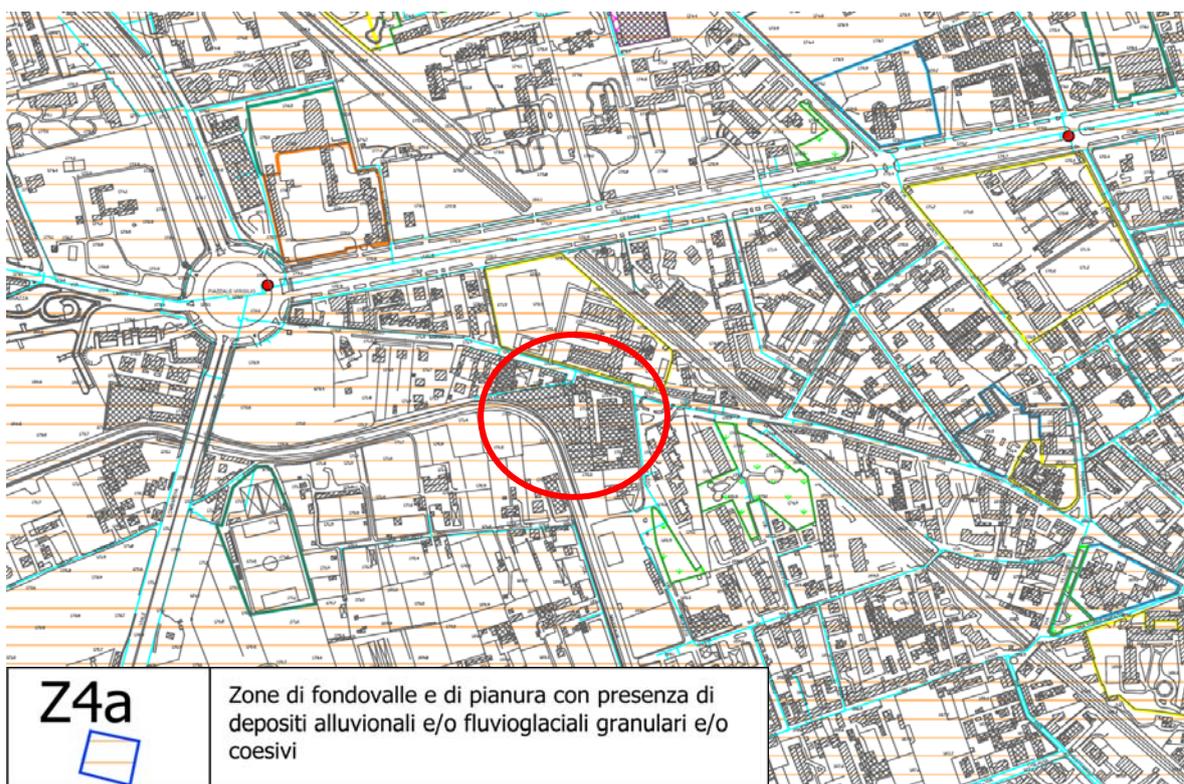


Fig. 8 – Estratto della carta della pericolosità sismica allegata al PGT comunale

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 9.2 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 semiquantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), 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 Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di  $\pm 0.1$  che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata. Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di Fa 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 Fa 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 Monza (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
Monza	3	1,4	1,9	2,2	2,0

pag.47

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

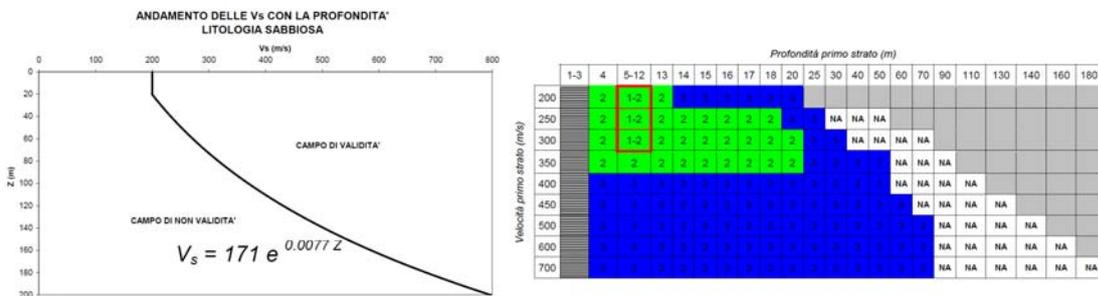
Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

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
Monza	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 dedotto dalla prova sismica masw eseguita.

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

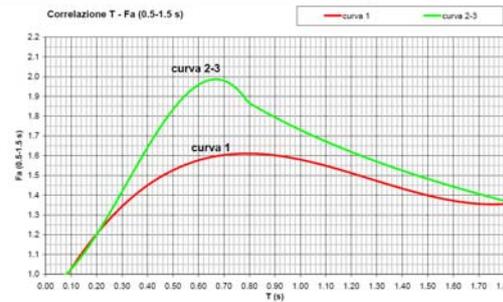
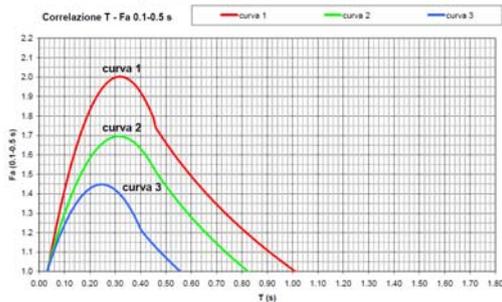
- Scheda sabbiosa (curva 2 verde)



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 Vs minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

Vs < 300 m/s	0
Vs > 500 m/s	5 - 12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 < T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^2 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
2	$0.08 \leq T < 0.80$ $Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.gearbor.it info@gearbor.it

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

-  $T = 0.29$  s

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

o periodo 0.1-0.5 s  $\longrightarrow Fa = 1.69 > 1,4$  (soglia suolo tipo B)

o periodo 0.5-1.5 s  $\longrightarrow Fa = 1.40 < 1,7$  (soglia suolo tipo B)

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

In particolare valgono le seguenti considerazioni:

a) per l'intervallo di periodo (T) 0.1-0.5s, e cioè per edifici fino a 5 piani, risulta Fa 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 è necessario, in fase di progettazione edilizia, effettuare analisi più approfondite (3° livello) o in alternativa utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore: anziché lo spettro della categoria di suolo B si potrà utilizzare quello della categoria di suolo C.

b) per l'intervallo di periodo (T) 0.5-1.5s, e cioè per edifici con più di 5 piani, risulta Fa inferiore al valore di soglia corrispondente (1,7). In questo la normativa è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Alla luce dei risultati dell'analisi sismica di 2° livello effettuata si evidenzia che la possibile amplificazione sismica litologica è superiore ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia per il periodo 0,1-0,5 s (applicabile al caso in esame). Quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 17 gennaio 2018) per la categoria di sottosuolo identificata (suolo di "tipo B") risulta insufficiente a salvaguardare gli effetti di amplificazione litologica; **pertanto si è considerato nei calcoli un suolo di tipo C, come previsto dalla normativa.**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it

## 10. Considerazioni conclusive

### A – Geologiche e geomorfologiche ed idrogeologiche

L'area in esame si colloca sui depositi fluvioglaciali appartenenti alla formazione geologica denominata "Allogruppo di Besnate", che costituisce il livello fondamentale della pianura. Si tratta di terreni legati ai fenomeni deposizionali di origine fluviale e fluvioglaciali o ai cicli connessi alle glaciazioni e periodi interglaciali. Tali depositi sono caratterizzati da una forte eterogeneità a scala anche estremamente locale (a livello di cantiere) e sono costituiti da sabbie limose quarzoso-micacee e da ghiaie a clasti di dimensione anche decimetrica, in genere arrotondati, poligenici, con scarsa matrice argillosa derivante da un parziale processo di pedogenesi ed alterazione superficiale dei clasti. A volte tali orizzonti più grossolani sono parzialmente cementati e danno origine ai depositi conglomeratici sopra descritti.

L'indagine geognostica, secondo le attese, non ha rilevato la presenza di una falda acquifera, che dovrebbe attestarsi, sulla base delle conoscenze idrogeologiche locali, ad una profondità superiore a 30 m rispetto al piano campagna. Considerando le caratteristiche strutturali in progetto e le condizioni idrogeologiche generali è quindi da escludere un'interazione della falda con il settore di sottosuolo interessato dai cunei di rottura e dai bulbi di pressione generabili inferiormente alle fondazioni.

### B – Caratteristiche geotecniche

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche così articolata:

- ✓ n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1 e S2), spinti entrambi fino a -15 m di profondità dal p.c. ;
- ✓ n.7 prove penetrometriche standard (SPT) in foro di sondaggio (n. 4 prove in S1 e n.3 prove in S2);
- ✓ n.4 prove di permeabilità in foro di sondaggio (n. 2 prove in ciascun sondaggio).
- ✓ n.8 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT (prove P1÷P8);
- ✓ n.1 prova sismica masw.

pag.50

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

Le indagini eseguite hanno consentito di individuare terreni molto eterogenei in cui la litozona superficiale (**ORIZZONTE A**) è costituita da terreni poco/moderatamente addensati con caratteristiche geotecniche limitate entro i primi 7-8 m di profondità dal p.c. Localmente (prove P4 e P6) sono presenti terreni sciolti con caratteristiche geotecniche molto scadenti (ORIZZONTE B), come dimostrano i valori di resistenza alla penetrazione registrati con le prove (Nscpt=1-2 colpi). Entro tali profondità sono state riscontrate interstratificazioni molto compatte e/o cementate (**ORIZZONTE C**), in corrispondenza delle quali si registra rifiuto all'avanzamento della prova penetrometrica. Tale orizzonte, come visibile nello schema di seguito riportato presenta elevata variabilità laterale. Al di sotto dei 7-8 m dal p.c. e fino alle massime profondità investigate (-15 m di profondità), sono presenti litologie prevalentemente sabbioso-ghiaiose con ciottoli addensate (**ORIZZONTE D**), aventi buone caratteristiche geotecniche (come dimostrano gli elevati valori di resistenza penetrometrica registrati con le prove SPT eseguite in foro di sondaggio).

### C – Analisi sismica

Ai sensi della D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129, il comune di **Monza** viene collocato all'interno della **zona sismica 3**. Sulla base delle risultanze dell'indagine sismica effettuata i terreni dell'area in esame si classificano di "Tipo B". Tuttavia, considerato che dall'analisi di II livello eseguita (vedi apposito paragrafo) il fattore di amplificazione sismica  $F_a$  locale risulta comunale  $>$  del valore di  $F_a$  soglia previsto dalla Regione Lombardia, verrà considerato un **suolo di fondazione di "tipo C"**.

### D – Possibili soluzioni fondazioni e indicazioni progettuali

Valutate le caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni indagati, in relazione alla tipologia strutturale ipotizzata, si ritiene che la migliore soluzione fondazionale sia rappresentata dalla PLATEA di fondazione, che consente una uniforme distribuzione dei carichi, evitando in tal modo l'insorgere di cedimenti di tipo differenziale, potenzialmente lesivi per la struttura.

Sono state verificate le seguenti tipologie fondazionali:

pag.51

*Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)*

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.georbor.it info@georbor.it

- **PLATEA** con dimensioni (indicative) di 20m x 50m impostata ad una profondità =4,0 m dallo 0 RIF., confinata nel terreno per 0,6 m (altezza della fondazione comprensivo dello strato di magrone).
- **PLATEA** con dimensioni (indicative) di 70m x 70m impostata ad una profondità =4,0 m dallo 0 RIF., confinata nel terreno per 0,6 m (altezza della fondazione comprensivo dello strato di magrone).

Verificando tali ipotesi di fondazione sono stati individuati i valori di capacità portante allo stato limite ultimo e i cedimenti riportati a pag. 39-40-43.

Si rimane a disposizione per la verifica di altre configurazioni fondazionali. Sarà cura della D.L. avvisare lo scrivente se si dovessero rinvenire anomalie in merito alla granulometria, alla resistenza dei terreni, alle condizioni della falda freatica riscontrabili durante le operazioni di scavo.

Vaprio d'Adda, 10/05/2018

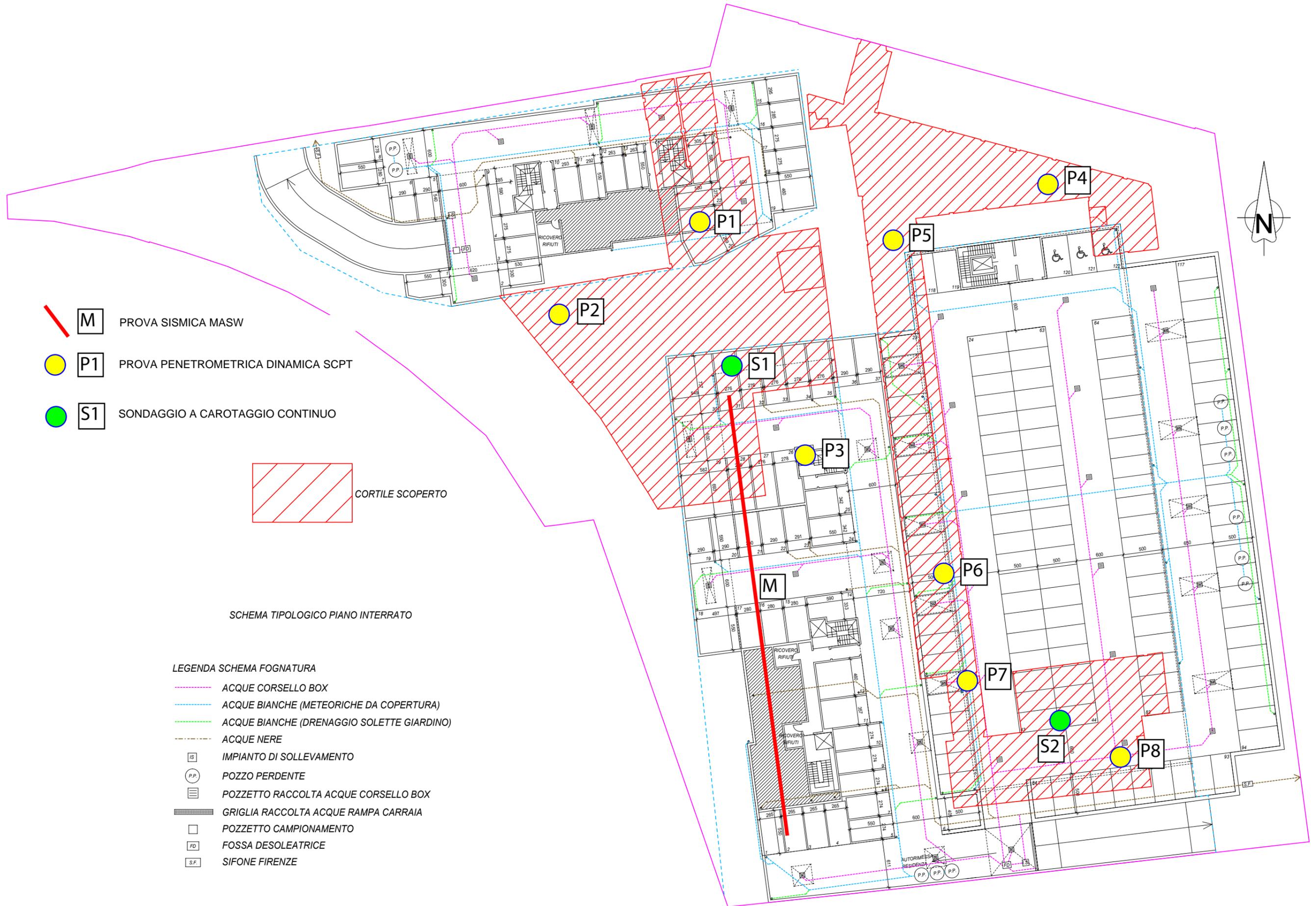
Dott. Geol. Carlo Leoni



pag.52

**Relazione geologica, geotecnica e sismica – P.A. AT\_02 – Via Manara / Via Milazzo a Monza (MB)**

Rif.Geo. L2201		Referente: D.P.
Data elaborato: maggio 2018	Rev1:	Rev2:
GeoArborStudio di Leoni Carlo Via Concesa, 3 - 20069 Vaprio d'Adda	Tel. 0295763037 - Tel/Fax: 0295761942 C.F. LNECLD59T23F205Z Partita IVA 06708220964	www.geoarbor.it info@geoarbor.it



- / **M** PROVA SISMICA MASW
- **P1** PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT
- **S1** SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO



SCHEMA TIPOLOGICO PIANO INTERRATO

LEGENDA SCHEMA FOGNATURA

- ACQUE CORSELLO BOX
- ACQUE BIANCHE (METEORICHE DA COPERTURA)
- ACQUE BIANCHE (DRENAGGIO SOLETTE GIARDINO)
- ACQUE NERE
- IS IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO
- P.P. POZZO PERDENTE
- [|||||] POZZETTO RACCOLTA ACQUE CORSELLO BOX
- [|||||] GRIGLIA RACCOLTA ACQUE RAMPA CARRAIA
- POZZETTO CAMPIONAMENTO
- FD FOSSA DESOLEATRICE
- S.F. SIFONE FIRENZE

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Committente: Immobiliare Santina S.r.l.	Comune: Monza (MB)
Cantiere: Via Manara / Via Milazzo	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Data: 26-27/04/2018	Profondità sondaggio: 15 m
Sondaggio: <b>S1</b>	

Scala 1:100	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Prova Lefranc	Prove SPT	
					Quota prova	Valori colpi
	0.00		Soletta in cls			
1	0.20		Limo sabbioso con ghiaia			
2						
3	2.20		Sabbie limose con ghiaie sciolte	3.00 K3 3.50		
4						
5	4.80		Ghiaie e sabbie addensate con ciottoli e livelli di conglomerato		4.50	36/34/>50
6					4.95	
7	6.20		Sabbie e ghiaie sciolte in matrice limosa	6.00 K4 6.50	6.00	6/3/3
8					6.45	
9						
10	9.70		Limo grigio		9.00	5/13/24
11	10.4		Sabbie limose con ghiaie		9.45	
12					10.50	25/34/43
13	11.4		Ghiaie e sabbie con ciottoli		10.95	
14						
15	15.0					
16						
17						
18						
19						
20						

**DOCUMENTAZIONE  
FOTOGRAFICA  
SONDAGGIO  
GEOGNOSTICO**

**GeoArbor**Studio

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.	Monza (MB)
Cantiere: Via Manara / Via Milazzo	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Data: 26-27/04/2018	Profondità sondaggio: 15 m
Sondaggio: <b>S1</b>	



0.0 m - 5.0 m



5.0 m - 10.0 m



10.0 m - 15.0 m

# STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Committente: Immobiliare Santina S.r.l.	Comune: Monza (MB)
Cantiere: Via Manara / Via Milazzo	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Data: 26/04/2018	Profondità sondaggio: 15 m
Sondaggio: <b>S2</b>	

Scala 1:100	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Prova Lefranc	Prove SPT	
					Quota prova	Valori colpi
	0.00		Soletta in cls			
1	0.30		Sabbia deb. limose con ghiaie sciolte	3.00		
2				K1		
3				3.60		
4						
5						
6	5.50		Sabbia e ghiaie con ciottoli	6.00	6.00	> 50 RIF
7			Conglomerato	6.50	6.45	
8	8.00					
9			Sabbie e ghiaie con ciottoli in matrice limosa		9.00	> 50 RIF
10	9.50		Sabbia fine con ghiaia e ciottoli		9.45	
11	11.0		Sabbia limosa con ciottoli			
12	11.8		Sabbie e ghiaie con ciottoli			
13						
14						
15	15.0					
16						
17						
18						
19						
20						

**DOCUMENTAZIONE  
FOTOGRAFICA  
SONDAGGIO  
GEOGNOSTICO**

**GeoArbor**Studio

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.	Comune: Monza (MB)
Cantiere: Via Manara / Via Milazzo	Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Data: 26/04/2018	Profondità sondaggio: 15 m
Sondaggio: <b>S2</b>	



10.0 m - 15.0 m

## Prova penetrometrica dinamica P1

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

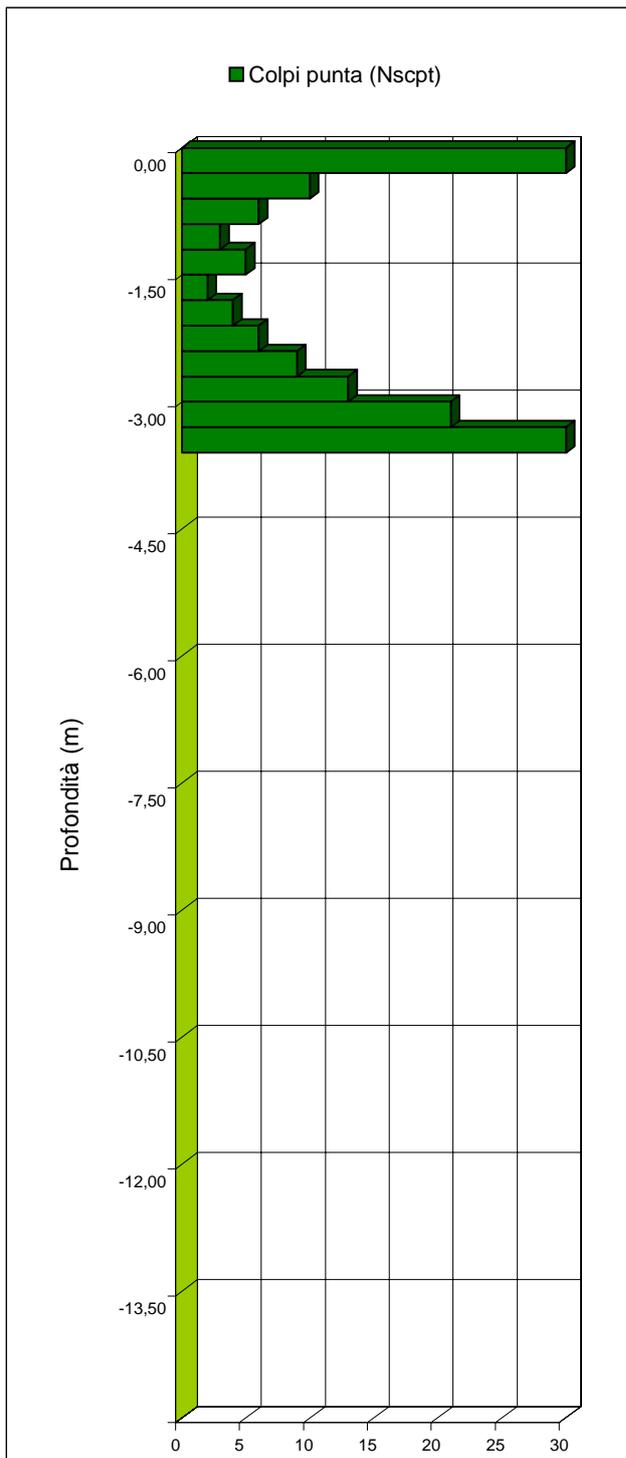
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	30
-0,30	-0,60	10
-0,60	-0,90	6
-0,90	-1,20	3
-1,20	-1,50	5
-1,50	-1,80	2
-1,80	-2,10	4
-2,10	-2,40	6
-2,40	-2,70	9
-2,70	-3,00	13
-3,00	-3,30	21
-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	

## Prova penetrometrica dinamica P2

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

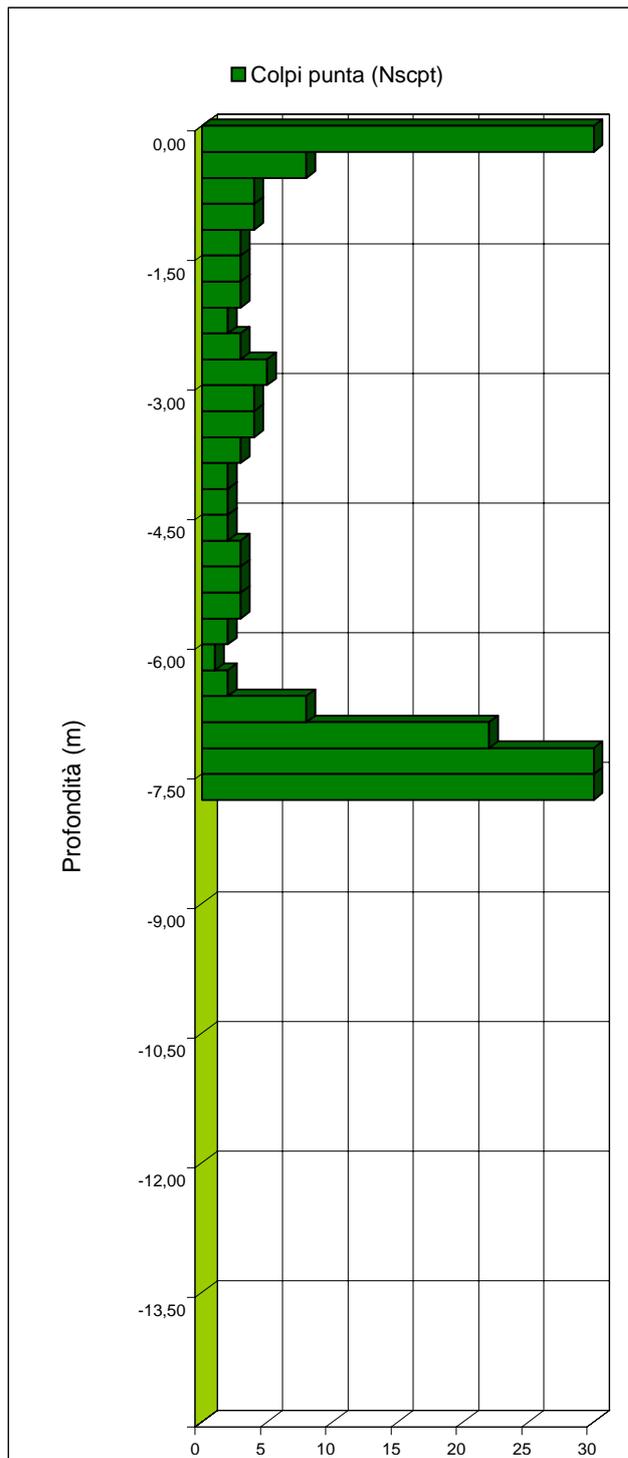
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	46
-0,30	-0,60	8
-0,60	-0,90	4
-0,90	-1,20	4
-1,20	-1,50	3
-1,50	-1,80	3
-1,80	-2,10	3
-2,10	-2,40	2
-2,40	-2,70	3
-2,70	-3,00	5
-3,00	-3,30	4
-3,30	-3,60	4
-3,60	-3,90	3
-3,90	-4,20	2
-4,20	-4,50	2
-4,50	-4,80	2
-4,80	-5,10	3
-5,10	-5,40	3
-5,40	-5,70	3
-5,70	-6,00	2
-6,00	-6,30	1
-6,30	-6,60	2
-6,60	-6,90	8
-6,90	-7,20	22
-7,20	-7,50	44
-7,50	-7,80	100
-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	

## Prova penetrometrica dinamica P3

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

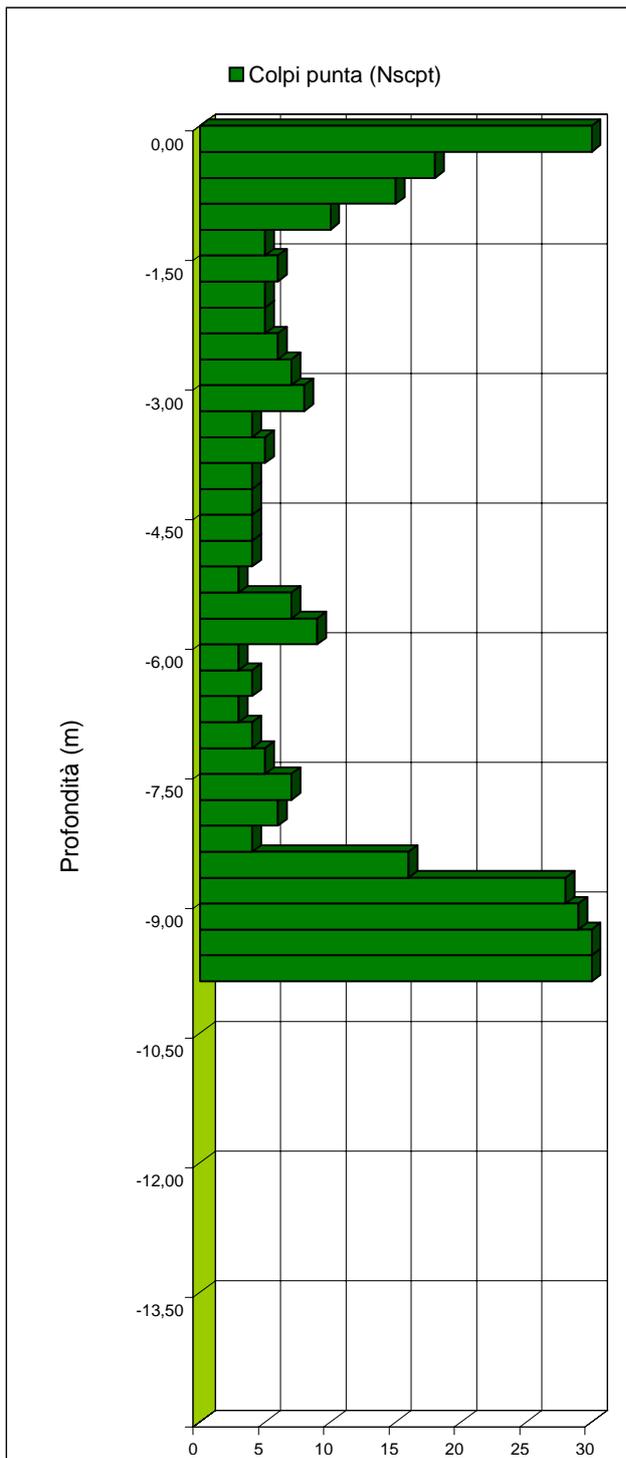
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	30
-0,30	-0,60	18
-0,60	-0,90	15
-0,90	-1,20	10
-1,20	-1,50	5
-1,50	-1,80	6
-1,80	-2,10	5
-2,10	-2,40	5
-2,40	-2,70	6
-2,70	-3,00	7
-3,00	-3,30	8
-3,30	-3,60	4
-3,60	-3,90	5
-3,90	-4,20	4
-4,20	-4,50	4
-4,50	-4,80	4
-4,80	-5,10	4
-5,10	-5,40	3
-5,40	-5,70	7
-5,70	-6,00	9
-6,00	-6,30	3
-6,30	-6,60	4
-6,60	-6,90	3
-6,90	-7,20	4
-7,20	-7,50	5
-7,50	-7,80	7
-7,80	-8,10	6
-8,10	-8,40	4
-8,40	-8,70	16
-8,70	-9,00	28
-9,00	-9,30	29
-9,30	-9,60	43
-9,60	-9,90	100
-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	

## Prova penetrometrica dinamica P4

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

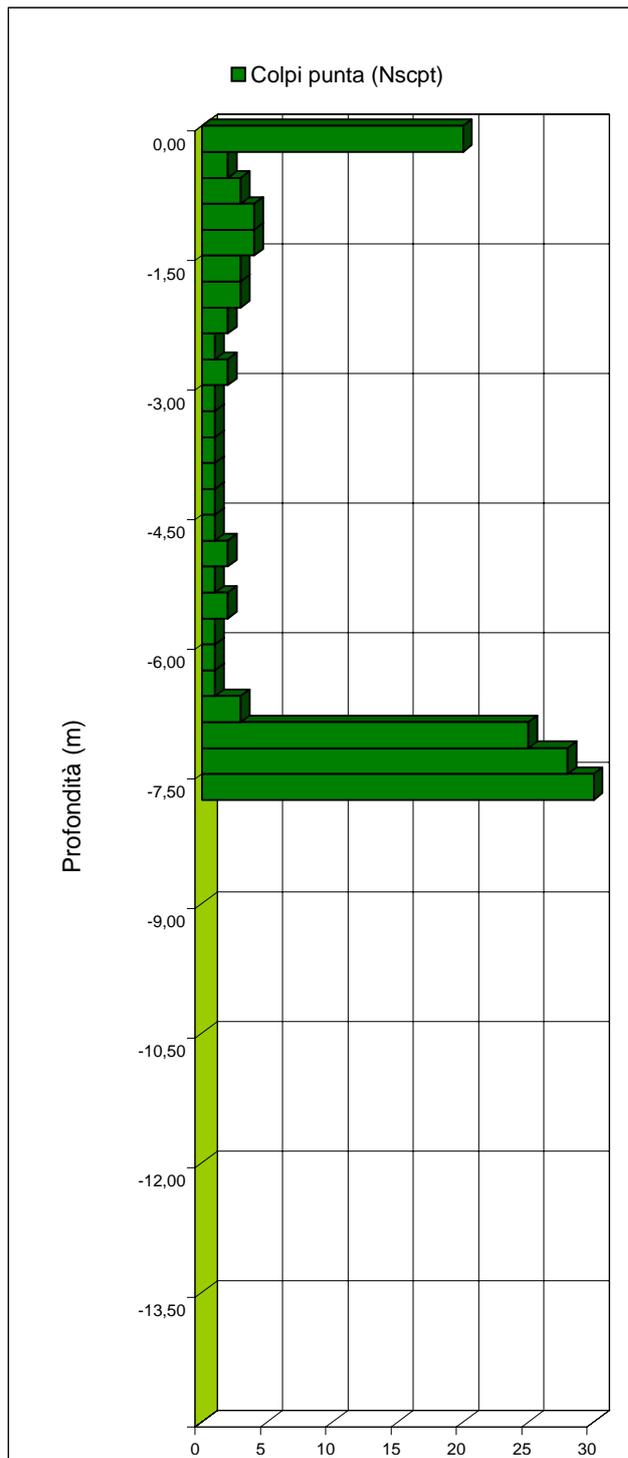
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Ns)
0,00	-0,30	20
-0,30	-0,60	2
-0,60	-0,90	3
-0,90	-1,20	4
-1,20	-1,50	4
-1,50	-1,80	3
-1,80	-2,10	3
-2,10	-2,40	2
-2,40	-2,70	1
-2,70	-3,00	2
-3,00	-3,30	1
-3,30	-3,60	1
-3,60	-3,90	1
-3,90	-4,20	1
-4,20	-4,50	1
-4,50	-4,80	1
-4,80	-5,10	2
-5,10	-5,40	1
-5,40	-5,70	2
-5,70	-6,00	1
-6,00	-6,30	1
-6,30	-6,60	1
-6,60	-6,90	3
-6,90	-7,20	25
-7,20	-7,50	28
-7,50	-7,80	100
-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	

## Prova penetrometrica dinamica P5

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

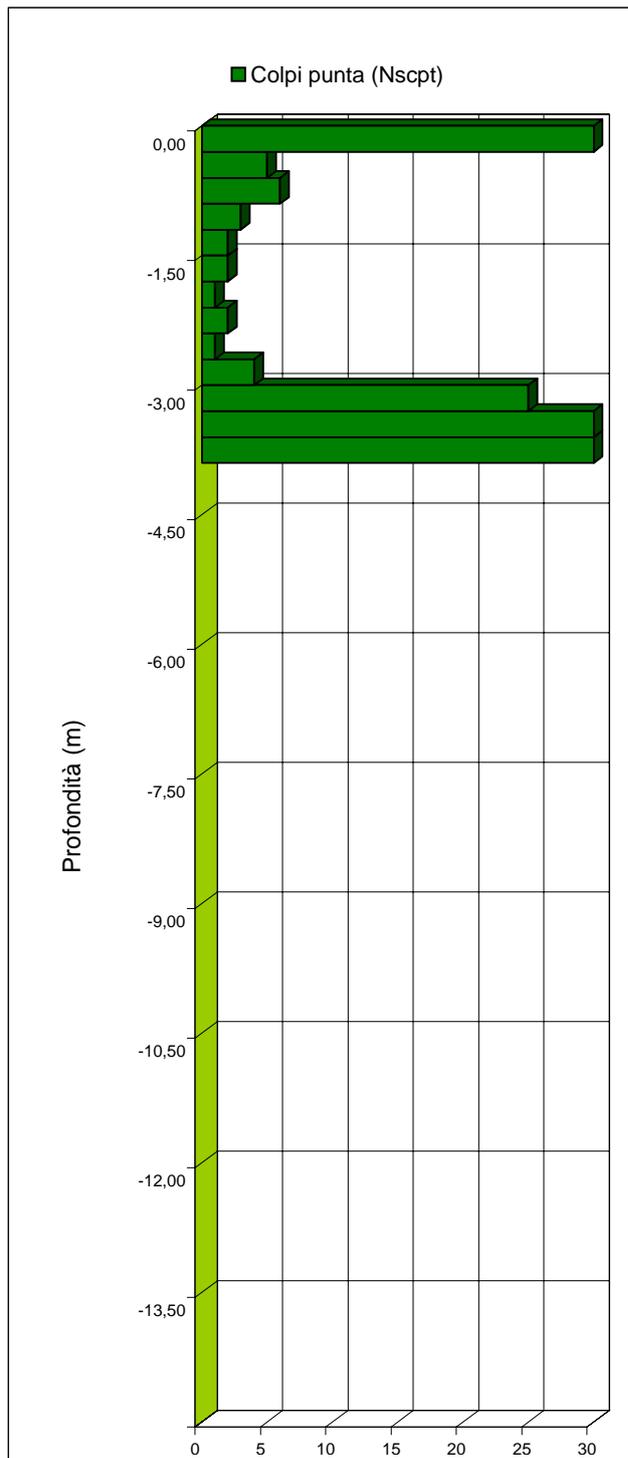
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Ns)
0,00	-0,30	33
-0,30	-0,60	5
-0,60	-0,90	6
-0,90	-1,20	3
-1,20	-1,50	2
-1,50	-1,80	2
-1,80	-2,10	1
-2,10	-2,40	2
-2,40	-2,70	1
-2,70	-3,00	4
-3,00	-3,30	25
-3,30	-3,60	43
-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	

## Prova penetrometrica dinamica P6

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

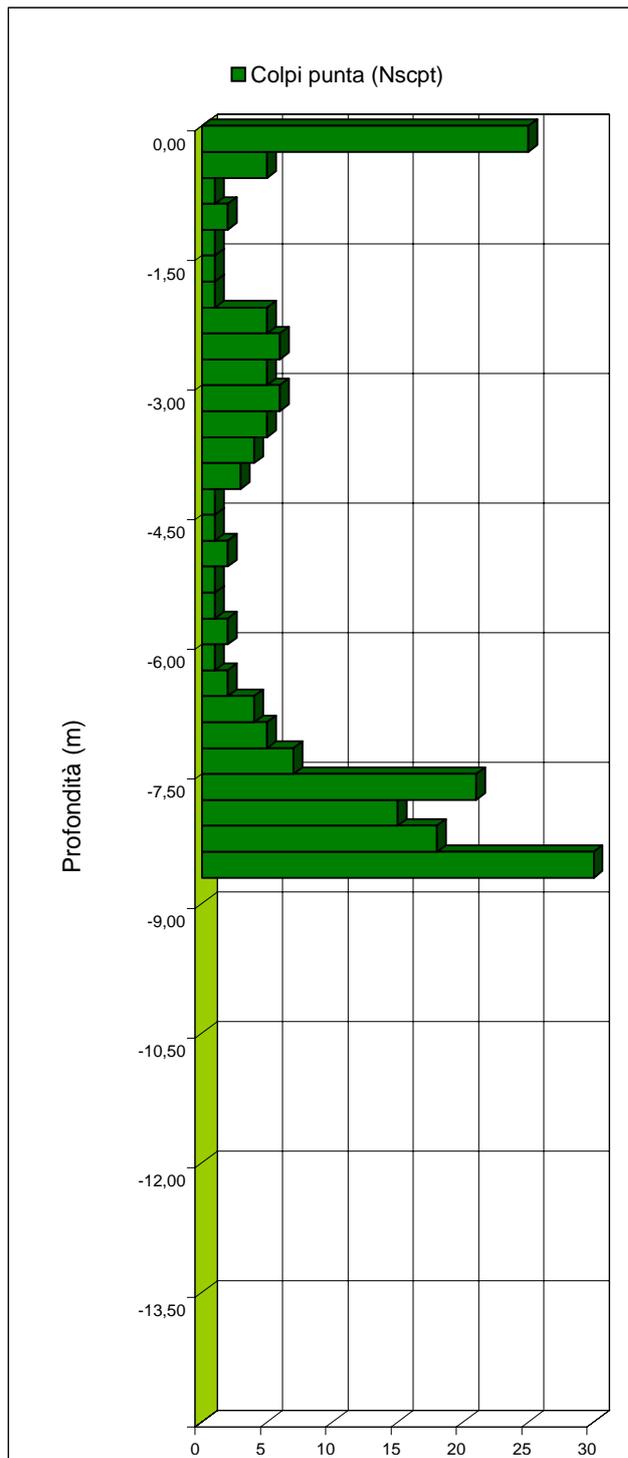
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Ns)
0,00	-0,30	25
-0,30	-0,60	5
-0,60	-0,90	1
-0,90	-1,20	2
-1,20	-1,50	1
-1,50	-1,80	1
-1,80	-2,10	1
-2,10	-2,40	5
-2,40	-2,70	6
-2,70	-3,00	5
-3,00	-3,30	6
-3,30	-3,60	5
-3,60	-3,90	4
-3,90	-4,20	3
-4,20	-4,50	1
-4,50	-4,80	1
-4,80	-5,10	2
-5,10	-5,40	1
-5,40	-5,70	1
-5,70	-6,00	2
-6,00	-6,30	1
-6,30	-6,60	2
-6,60	-6,90	4
-6,90	-7,20	5
-7,20	-7,50	7
-7,50	-7,80	21
-7,80	-8,10	15
-8,10	-8,40	18
-8,40	-8,70	100
-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	

## Prova penetrometrica dinamica P7

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

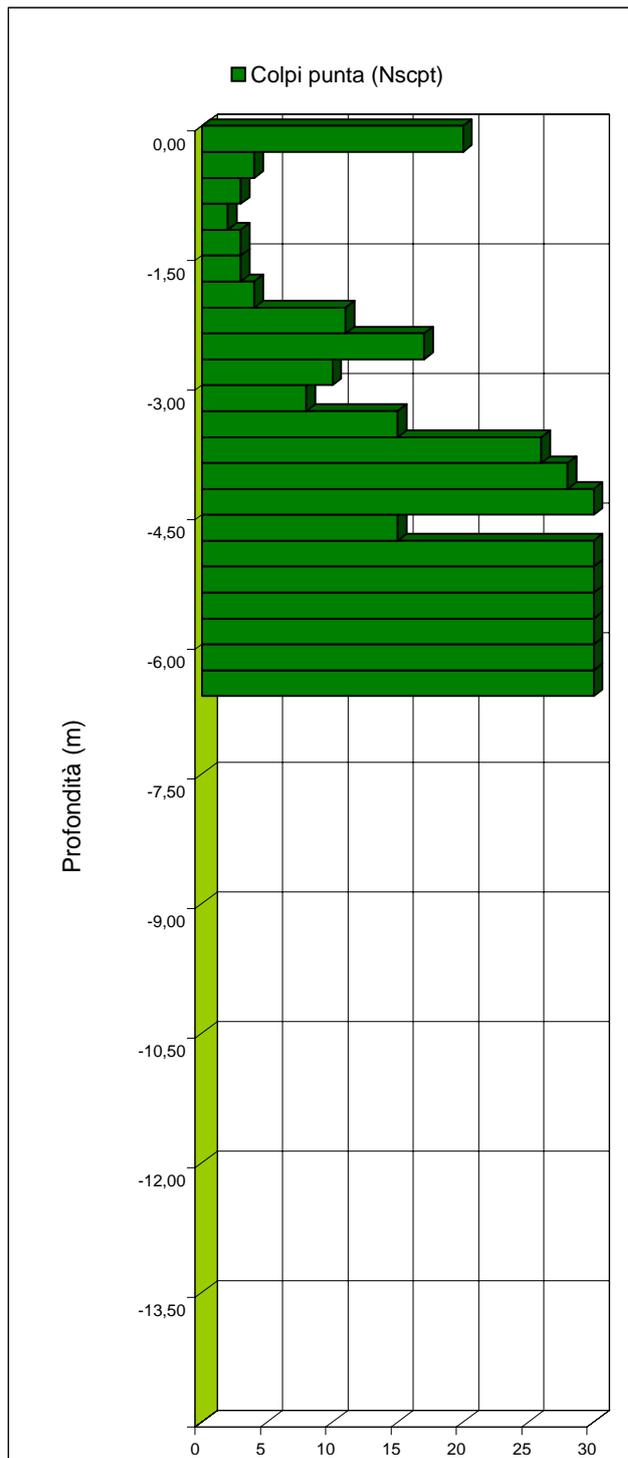
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	20
-0,30	-0,60	4
-0,60	-0,90	3
-0,90	-1,20	2
-1,20	-1,50	3
-1,50	-1,80	3
-1,80	-2,10	4
-2,10	-2,40	11
-2,40	-2,70	17
-2,70	-3,00	10
-3,00	-3,30	8
-3,30	-3,60	15
-3,60	-3,90	26
-3,90	-4,20	28
-4,20	-4,50	63
-4,50	-4,80	15
-4,80	-5,10	35
-5,10	-5,40	51
-5,40	-5,70	44
-5,70	-6,00	51
-6,00	-6,30	48
-6,30	-6,60	100
-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	

## Prova penetrometrica dinamica P8

Località: Monza (MB) - Via Manara/Via Milazzo

Data: 26/04/2018

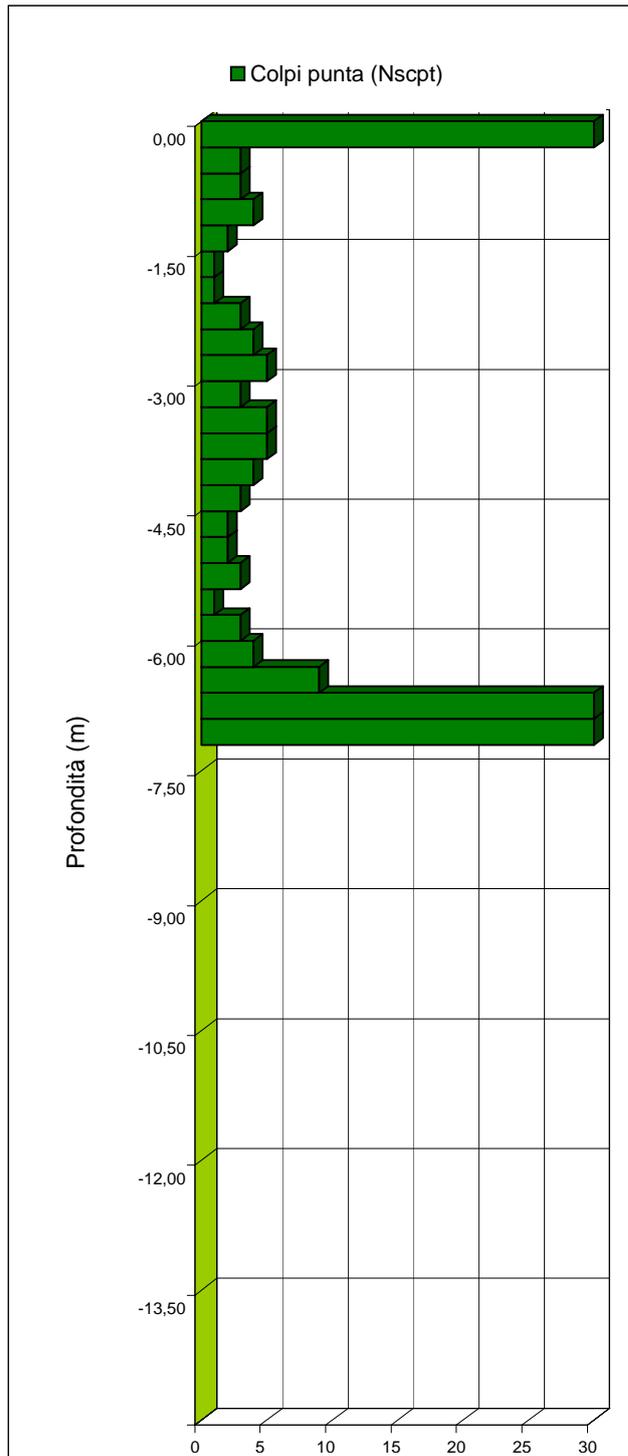
Ditta esecutrice: GeoArborStudio

Attrezzatura: Pagani TG 63/100

Committente: Immobiliare Santina S.r.l.

Sigla cantiere: L2201

Falda: n.r.



Profondità (m)		Colpi Punta (Nscpt)
0,00	-0,30	31
-0,30	-0,60	3
-0,60	-0,90	3
-0,90	-1,20	4
-1,20	-1,50	2
-1,50	-1,80	1
-1,80	-2,10	1
-2,10	-2,40	3
-2,40	-2,70	4
-2,70	-3,00	5
-3,00	-3,30	3
-3,30	-3,60	5
-3,60	-3,90	5
-3,90	-4,20	4
-4,20	-4,50	3
-4,50	-4,80	2
-4,80	-5,10	2
-5,10	-5,40	3
-5,40	-5,70	1
-5,70	-6,00	3
-6,00	-6,30	4
-6,30	-6,60	9
-6,60	-6,90	48
-6,90	-7,20	100
-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	

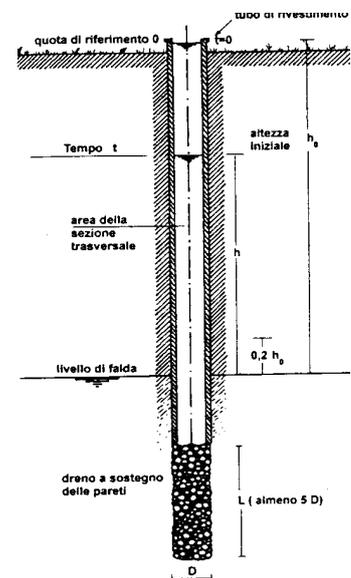
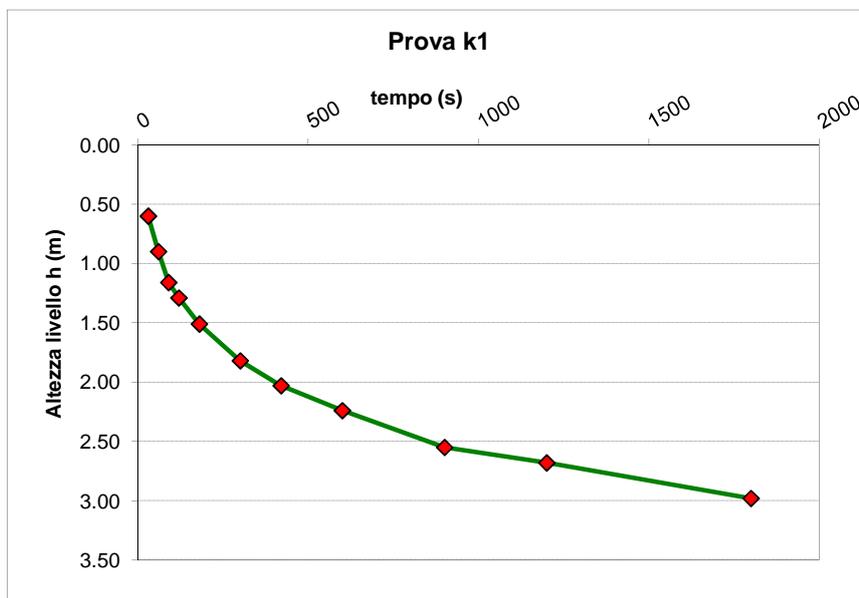
## PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

**Località:** Monza (MB), AT02 Via Manara  
**Data:** 26/04/2018  
**Ditta esecutrice:** GeoArbor Studio  
**Committente:** ASSOSTUDIO Srl  
**PROVA:** K1 (in S2)

### Prova k1

Tempo (s)	livello da bocca foro (m)	livello da fondo foro (m)	Permeabilità K (m/s)
0	0.00	3.60	
30	0.60	3.00	8.12E-05
60	0.90	2.70	4.69E-05
90	1.16	2.44	4.51E-05
120	1.29	2.31	2.44E-05
180	1.51	2.09	2.23E-05
300	1.82	1.78	1.79E-05
420	2.03	1.57	1.40E-05
600	2.24	1.36	1.07E-05
900	2.55	1.05	1.15E-05
1200	2.68	0.92	5.88E-06
1800	2.98	0.62	8.78E-06
<b>Permeabilità media:</b>			<b>2.62E-05</b>

Diametro del foro (m)	<b>0.101</b>
Area del foro (mq)	<b>0.008</b>
Lunghezza del tratto filtrante (m)	<b>0.6</b>
Profondità del foro (m)	<b>3.6</b>
Sporgenza testa tubo rivestimento (m)	<b>0.00</b>



## PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

**Località:** Monza (MB), AT02 Via Manara  
**Data:** 26/04/2018  
**Ditta esecutrice:** GeoArbor Studio  
**Committente:** ASSOSTUDIO Srl  
**PROVA:** K2 (in S2)

Prova k2			
Tempo (s)	livello da bocca foro (m)	livello da fondo foro (m)	Permeabilità K (m/s)
0	0.00	6.80	
30	5.51	1.29	8.88E-04
60	6.10	0.70	3.27E-04
90	6.17	0.63	5.63E-05
120	6.19	0.61	1.72E-05
180	6.19	0.61	0.00E+00
<b>Permeabilità media:</b>			<b>1.00E-04</b>

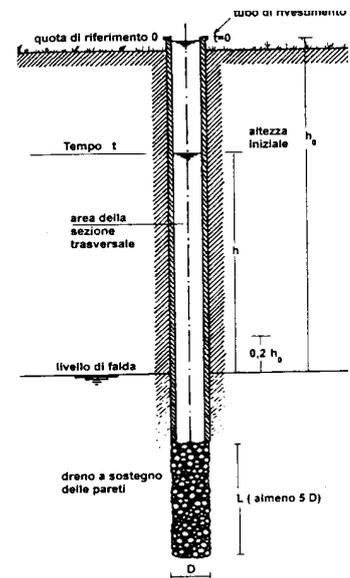
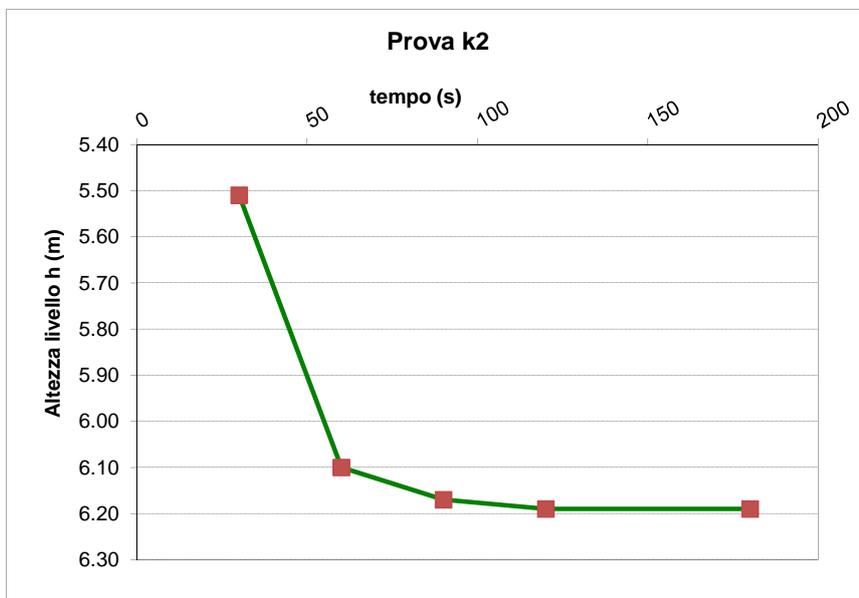
Diametro del foro (m) **0.101**

Area del foro (mq) **0.008**

Lunghezza del tratto filtrante (m) **0.5**

Profondità del foro (m) **6.5**

Sporgenza testa tubo rivestimento (m) **0.30**

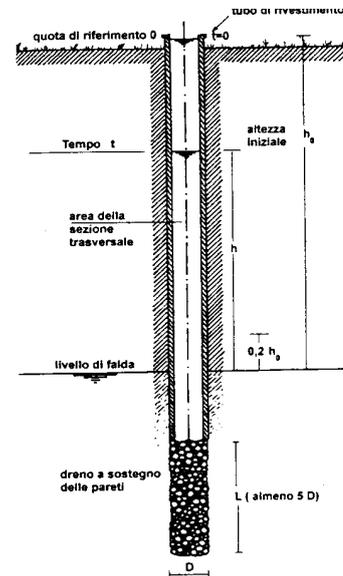
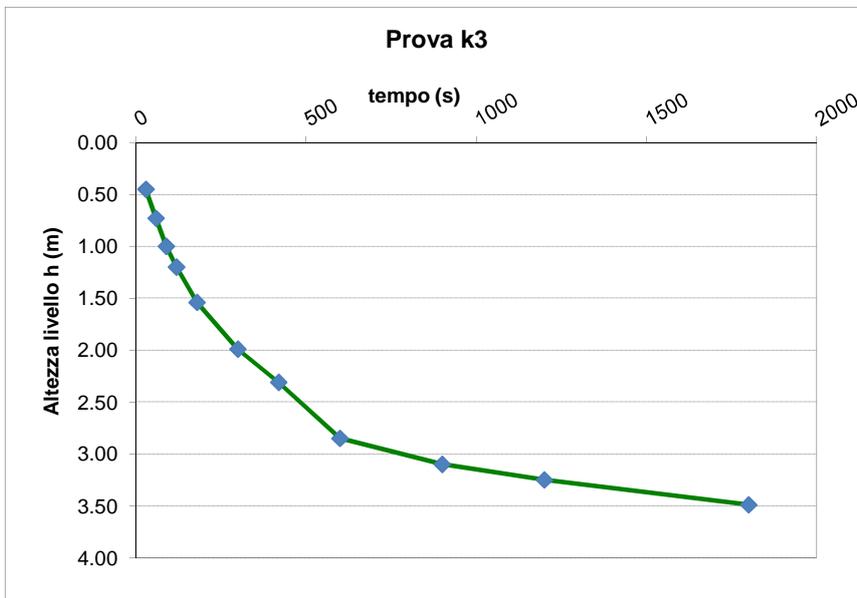


## PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

**Località:** Monza (MB), AT02 Via Manara  
**Data:** 26/04/2018  
**Ditta esecutrice:** GeoArbor Studio  
**Committente:** ASSOSTUDIO Srl  
**PROVA:** K3 (in S1)

Prova k3			
Tempo (s)	livello da bocca foro (m)	livello da fondo foro (m)	Permeabilità K (m/s)
0	0.00	3.50	
30	0.45	3.05	7.35E-05
60	0.73	2.77	5.14E-05
90	1.00	2.50	5.48E-05
120	1.20	2.30	4.45E-05
180	1.54	1.96	4.27E-05
300	1.99	1.51	3.48E-05
420	2.31	1.19	3.18E-05
600	2.85	0.65	5.38E-05
900	3.10	0.40	2.59E-05
1200	3.25	0.25	2.51E-05
1800	3.49	0.01	8.60E-05
<b>Permeabilità media:</b>			<b>4.77E-05</b>

Diametro del foro (m)	<b>0.101</b>
Area del foro (mq)	<b>0.008</b>
Lunghezza del tratto filtrante (m)	<b>0.5</b>
Profondità del foro (m)	<b>3.5</b>
Sporgenza testa tubo rivestimento (m)	<b>0.00</b>



## PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

**Località:** Monza (MB), AT02 Via Manara  
**Data:** 26/04/2018  
**Ditta esecutrice:** GeoArbor Studio  
**Committente:** ASSOSTUDIO Srl  
**PROVA:** K4 (in S1)

Prova k4		
Stima approssimativa di K (in mancanza dei dati di abbassamento del livello)		
Q versata [l/s]	Tempo misurato [s]	K [m/s]
Q media assorbita durante la prova	Tempo necessario a smaltire la portata	$K=Q/\text{Area del foro}$
300	128	2.34E-03

Diametro del foro (m) **0.101**

Area del foro (mq) **0.008**

Lunghezza del tratto filtrante (m) **0.5**

Profondità del foro (m) **6.5**

Sporgenza testa tubo rivestimento (m) **0.00**

