



C.U.P.: B47B15000050004

OGGETTO:

**Area di laminazione del Torrente Seveso
Sistemazione idraulica del Torrente Seveso**

PROGETTO ESECUTIVO



IL PROGETTISTA
Dott. Geol. Matteo Mattioli

**IL RESPONSABILE DEL
PROCEDIMENTO**
Ing. Fabio Marelli

IL DIRETTORE DI AREA
Arch. Giuseppina Sordi

**RELAZIONE
GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA E SISMICA**

Rev. 13	Apr. 2019	Progetto esecutivo Agg. per validazione			
Rev.	Data	Descrizione	Red.	Rev.	File

PE.17



13	Aprile 2019	Progetto esecutivo – Aggiornam. per validazione		Zampicinini	Ghia	Ghia
12	Gennaio 2019	Progetto esecutivo		Arienti	Ghia	Ghia
10	Luglio 2017	Progetto Definitivo – Aggiornamento post CDS		Arienti	Ghia	Ghia
8	Dicembre 2016	Progetto Definitivo – Aggiornamento per CDS		Arienti	Ghia	Ghia
4	Novembre 2015	Progetto Definitivo per V.I.A.		Antonelli	Ghia	Recalcati
0	19/06/2015	EMISSIONE		Antonelli	Ghia	Recalcati
Aggiorn.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Acquisito	Approvato

COLLABORAZIONE
ALLA PROGETTAZIONE:

CODIFICA DOCUMENTO Commessa Lotto Fase Categoria Opera Progressivo

CT **0** **E** **R** **RT** **1020**

IL DIRETTORE TECNICO DOTT. ING. FRANCESCO VENZA Ordine degli Ingegneri Milano n° 14647	IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE FRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE DOTT. ING. MATTEO GHIA Ordine degli Ingegneri Pavia n° 2100	IL PROGETTISTA RESPONSABILE DOTT. GEOL. MATTEO MATTIOLI Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna n° 1022
--	---	--



Matteo Mattioli

INDICE

1	PREMESSA.....	7
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO.....	8
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	9
3.1	Assetto geologico e geomorfologico generale.....	9
3.2	Idrogeologia e idrografia.....	10
4	INQUADRAMENTO SISMICO.....	13
4.1	Macro sismicità dell'area.....	14
5	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO.....	17
5.1	Il Piano di Governo del Territorio.....	17
5.1.1	Lo studio geologico nel P.G.T.	18
6	INTERVENTI IN PROGETTO.....	29
6.1	Descrizione degli interventi.....	29
6.2	Opere di compensazione.....	31
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	33
7.1	Sondaggi meccanici a carotaggio continuo.....	33
7.1.1	Descrizione dei mezzi utilizzati.....	34
7.1.2	Descrizione delle attività eseguite.....	35
7.2	Prove penetrometriche dinamiche (DPSH).....	39
7.2.1	Descrizione dei mezzi utilizzati.....	39
7.2.2	Descrizione delle attività eseguite.....	40
7.3	Indagini di laboratorio geotecnico.....	40
7.3.1	Descrizione delle prove di laboratorio eseguite.....	41
7.4	Prove sismiche a onde di superficie.....	42
7.4.1	M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	42
7.5	Misure Passive a Stazione Singola (H.V.S.R.).....	43
7.5.1	Risultati.....	43
8	MODELLO GEOLOGICO.....	45
8.1	Facies stratigrafiche.....	45
8.2	Caratterizzazione geotecnica.....	45
8.3	Piezometria.....	46
9	VULNERABILITÀ NATURALE DEGLI ACQUIFERI.....	50
9.1	Analisi dei parametri e calcolo indice Drastic (ID).....	53
10	STUDIO DI AMPLIFICAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (D.G.R. 22 DICEMBRE 2005, N.8/1566).....	54
11	AZIONE SISMICA DI PROGETTO (NTC 2018).....	58
11.1	Opere strategiche.....	60
11.2	Opere ordinarie.....	62
11.3	Opere provvisorie.....	64

12 GIUDIZIO DI FATTIBILITÀ	66
13 ELENCO DEGLI ALLEGATI A FINE TESTO.....	67

1 Premessa

A seguito dell'incarico ricevuto da MM S.p.A., con sede a Milano in via del Vecchio Politecnico n. 8, si trasmette la presente relazione geologica-idrogeologica e sismica, redatta a supporto del progetto di messa in sicurezza del fiume Seveso con la creazione di vasche di laminazione all'interno del parco Nord di Milano-Bruzzano.

I dati geognostici a supporto della presente relazione e la caratterizzazione geotecnica dei terreni, è stata formulata sulla base dei dati acquisiti nel corso di campagne di indagine geognostica pregresse realizzate a supporto del progetto e messe a disposizione dalla Committenza.

Il presente studio è stato attuato sviluppando i punti seguenti:

- Inquadramento generale, dove viene fornito un inquadramento geologico del territorio interessato dal progetto con descrizione dell'area in esame da un punto di vista strutturale, geomorfologico, idrogeologico e sismico.
- Modello geologico di riferimento con descrizione delle opere in progetto, verifica della conformità delle proposte progettuali alle previsioni in materia urbanistica ed ambientale e definizione del modello geologico e sismico di riferimento desunto dalle indagini geognostiche disponibili.
- Conclusioni, con definizione della compatibilità dell'intervento con le limitazioni di carattere geologico riscontrate e giudizio di fattibilità dell'opera.

2 Inquadramento geografico e cartografico

L'area oggetto di intervento ricade all'interno del Parco Nord di Milano-Bruzzano ed è rappresentata nel foglio B6B1 "Bollate" della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10000, con il torrente Seveso a separarla naturalmente a nord e ad est dal comune di Bresso, mentre è delimitata a ovest dal cimitero di Bruzzano e a Sud da Via Aldo Moro.

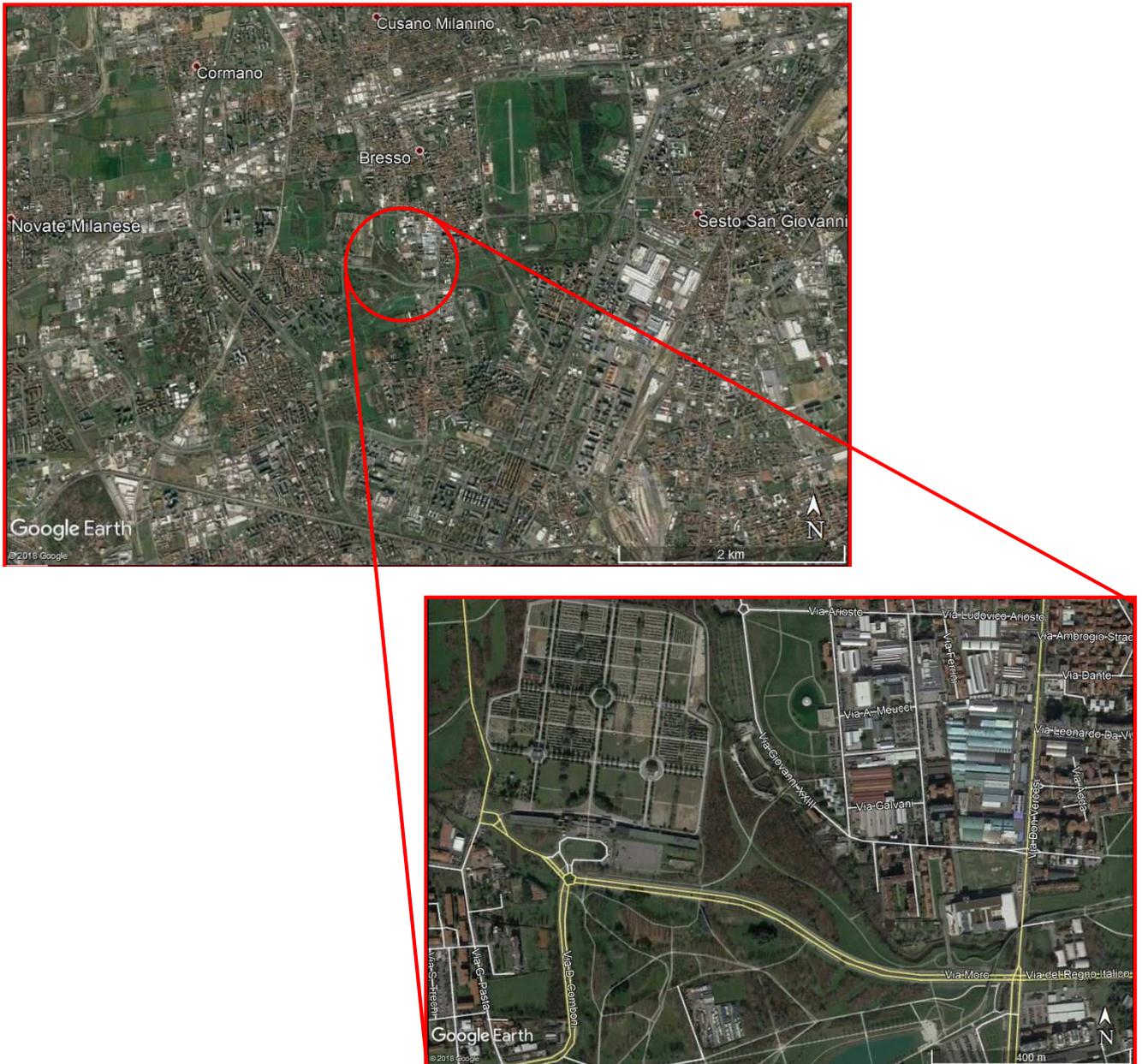


Figura 1: Inquadramento geografico dell'area verde interessata dall'opera situata nella Città Metropolitana di Milano

3 Inquadramento geologico

Nel presente capitolo verrà descritta l'area in esame da un punto di vista geologico-geomorfologico e contestualmente verrà illustrata la componente idrogeologica ed idrologica locale.

3.1 Assetto geologico e geomorfologico generale

Geomorfologicamente l'area in esame si inserisce nella media pianura lombarda e presenta blande pendenze ad una quota variabile tra i circa 140,5 m s.l.m. nei pressi di via Aldo Moro a Sud della zona verde ed i 143,0 m. s.l.m. nel centro abitato di Bresso a Nord del torrente Seveso (Figura 2). L'originaria morfologia è stata completamente obliterata dall'attività antropica, sia urbana sia agricola, che caratterizza principalmente queste aree.

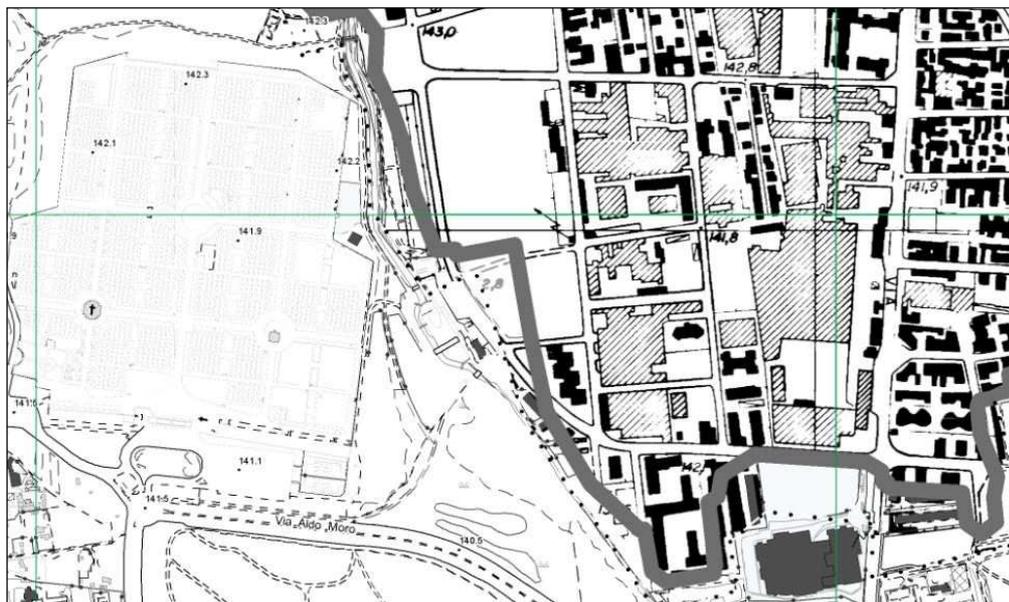


Figura 2- Estratto della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 della zona di intervento

La storia geologica del territorio analizzato è caratterizzata dalla deposizione di sedimenti fluviali e fluvioglaciali risalenti ai cicli glaciali che hanno interessato il Quaternario. Questi depositi alluvionali poggiano su di un substrato basale profondo, prettamente argilloso, di origine marina.

Come si evince dalla cartografia geologica alla scala 1:50.000 relativa al progetto CARG (Foglio 118 - Milano), i depositi affioranti in corrispondenza dell'area oggetto di studio, afferiscono nella porzione occidentale, all'Unità di Cantù, appartenente al Supersistema dei Laghi costituita da depositi fluvioglaciali: ghiaie a prevalente supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso limosa da massive a grossonalmente stratificate e localmente sabbie limose con clasti residuali. I clasti variano da centimetrici a decimetrici e da subarrotondati ad arrotondati.

La porzione centro orientale dell'area d'intervento è caratterizzata invece dalla presenza dei depositi appartenenti all'Unità di Guanzate, facente parte del Supersistema di Besnate.

Il modello deposizionale alluvionale prevede in ogni caso una spiccata variabilità laterale e verticale, con presenza di intervalli più francamente sabbioso-limosi intercalati a sequenze sabbioso-ghiaiose. In generale i termini grossolani sfumano a quelli più fini da N verso S e con l'aumentare della profondità.



SUCCESSIONE CONTINENTALE QUATERNARIA



Figura 3- Stralcio della carta geologica 1:50000 relativa all'area in esame, cerchiata in rosso (Fonte: ISPRA-Progetto CARG)

3.2 Idrogeologia e idrografia

Dal punto di vista idrogeologico, l'area presenta i caratteri fondamentali della pianura milanese ovvero all'aumentare della profondità si evidenzia il progressivo affinamento dei caratteri litologici e una marcata e generale riduzione della granulometria procedendo verso Sud.

Ciononostante, il sottosuolo della conurbazione milanese è contraddistinto da una discreta omogeneità strutturale in quanto le principali caratteristiche litologiche ed idrogeologiche si rinvergono con una buona continuità areale.

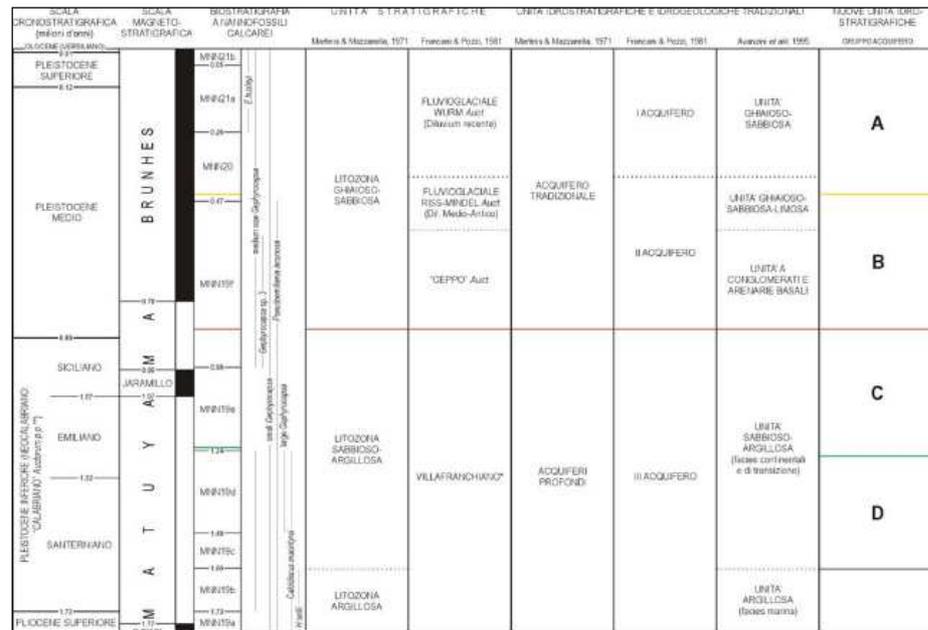


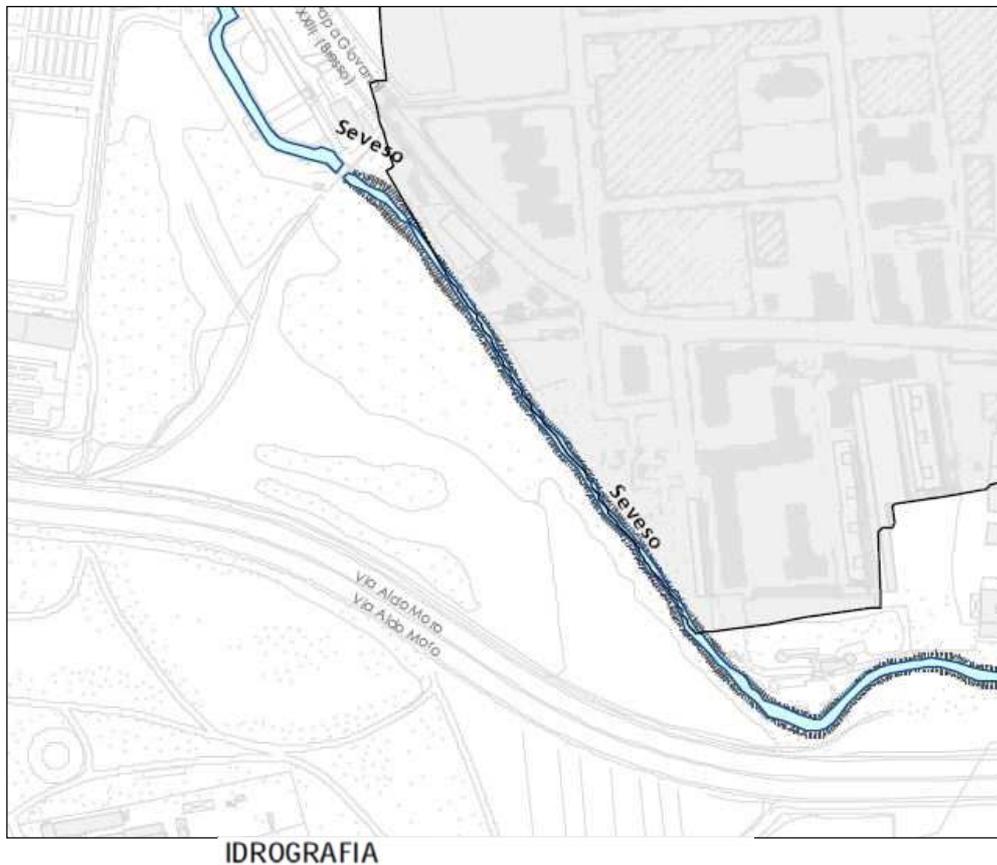
Figura 4- Unità idrogeologiche presenti nel sottosuolo di Milano e hinterland secondo le denominazioni di diversi Autori (Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP, 2002)

Il sottosuolo della Provincia di Milano (nel settore di pianura) è generalmente suddiviso in tre distinte entità idrogeologiche, separate fra loro da strati argillosi e quindi più o meno impermeabili. In tutti i casi, lo strato superiore, corrispondente ai depositi fluvio-glaciali superficiali ("unità ghiaioso-sabbiosa"), è "ricaricabile" anche sul posto dalle acque meteoriche; quelle più profonde sono alimentate prevalentemente dai notevoli flussi idrici provenienti dalle zone pedemontane.

Nell'intera Provincia di Milano si possono quindi distinguere n. 3 litozone caratterizzanti il sottosuolo in esame:

1. *Litozona ghiaioso-sabbiosa*: posta fra il piano campagna e -50,00m/-60,00 m, tale litozona è costituita da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi con ciottoli talora cementati. Si riscontra la presenza di lenti costituite da materiale più fine argilloso; a letto di tale litozona è presente uno strato a bassa permeabilità di notevole continuità laterale potente, mediamente, 15-20 m.
2. *Litozona sabbioso-ghiaiosa*: posta tra i -50,00/-60,00 m ed i -80,00/-85,00 m, è costituita da una alternanza di orizzonti sabbioso-ghiaiosi, talora argilloso-limosi potenti in genere, sino a 8,00-10,00 m, sedi di falde acquifere. A letto di tale litozona si riscontra la presenza di uno strato a bassa permeabilità di notevole continuità laterale potente, mediamente, 10-15m.
3. *Litozona argilloso-sabbiosa*: posta al di sotto di -80,00/-85,00 m, è costituita da una alternanza di orizzonti argillosi, talora limosi potenti in genere, 20,00-25,00 m e depositi sabbiosi, più raramente ghiaiosi, potenti fino a 15 metri, sedi di falde acquifere. In base alle informazioni stratigrafiche esistenti, questa litozona risulta continua sino ad almeno -120,00/-130,00 m dal p.c.

Il torrente Seveso rappresenta il solo elemento idrografico nell'area interessata dal progetto e il suo alveo, sviluppatosi in direzione NNE-SSW, inizialmente assume andamento rettilineo il quale poi assume andamento meandriforme a sud della zona di intervento.



IDROGRAFIA

Acque superficiali

Scoperto Tombinato

— - - - - Reticolo idrico principale

— - - - - Reticolo idrico minore

Figura 5- Carta rete idrografica (PGT Comune di Milano)

4 Inquadramento sismico

La normativa in materia di costruzioni vigente (D.M. 17/01/2018) asserisce che "le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito interessato dalla costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale".

Come stabilisce l'allegato A delle NTC/18 "la pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC/18 e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali"; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti: in termini di valori di accelerazione massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC/18, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopraccitate, in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (distanti non più di 10 Km) per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodo di ritorno dell'azione sismica T_r ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni, estremi esclusi.

L'azione sismica così calcolata (azione sismica di base) è ulteriormente caratterizzata sulla base della risposta sismica locale, individuata dalle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito.

L'INGV, attraverso un reticolo di riferimento con maglia di 10 Km e un periodo di ritorno ricadente in un intervallo di riferimento (30-2475 anni) ha definito la pericolosità di base sull'intero territorio nazionale. Per qualunque punto del territorio nazionale non ricadente nei nodi di riferimento, i valori dei parametri (F_0 , a_g e T_c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici nella maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, secondo quanto riportato nell'Allegato A delle NTC/18. Le azioni di progetto si ricavano in funzione di:

- a_g : accelerazione orizzontale massima del sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali si valuta il rispetto dei vari stati limite considerati, vengono definite a partire dalla pericolosità sismica di base sito-specifica. La pericolosità sismica è figlia di stime probabilistiche che sfruttano un catalogo dei terremoti, una zonazione sismogenetica del territorio e relazioni di attenuazione sismica. La pericolosità sismica rappresenta la probabilità di eccedenza di un determinato parametro descrittivo del moto del terreno (intensità macrosismica, picco di accelerazione, valori spettrali). Questo è generalmente rappresentato in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (o PGA_0) al substrato rigido (>800 m/s) con topografia piana e condizione di free-field, nonché di ordinate dello spettro elastico al bedrock. Questi valori sono riferiti a determinate probabilità di eccedenza P_{vr} nel periodo di riferimento V_R .

La rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica è lo spettro di risposta elastico, che rappresenta la massima accelerazione (o spostamento, o velocità) orizzontale o verticale a cui sarà sottoposto un oscillatore armonico con periodo proprio T ad un grado di libertà nel campo elastico. Il metodo semplificato previsto da normativa permette di ottenere lo spettro di risposta elastico in accelerazione (anche relativo alla superficie) della componente orizzontale tramite le espressioni di seguito riportate, le quali sono risolvibili a partire dai parametri di base (a_g , F_0 , T_C), dalla categoria di suolo (A, B, C, D, E) e dalla categoria topografica (T_1 , T_2 , T_3 e T_4), dalla Vita nominale (V_N) e dalla Classe d'uso dell'Opera (C_U).

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Ne consegue che, per una determinata area, ricostruendo lo spettro di risposta elastico sia in superficie che e al bedrock è possibile ottenere informazioni quantitative riguardanti l'amplificazione sismica del sito (stratigrafica e topografica). Il fenomeno di amplificazione sismica viene parametrizzato tramite i relativi Fattori di Amplificazione Sismica. In alternativa all'approccio semplificato, è possibile un approccio numerico deterministico, come previsto negli studi di Risposta Sismica Locale (RSL) e negli studi di Microzonazione Sismica di III livello. Questa pratica richiede l'utilizzo di una serie di accelerogrammi spettro-compatibili alla sismicità di base del sito, che vengono (nei codici 1D di RSL) ricondotti a un'onda s polarizzata sul piano orizzontale che oscilla in verticale dal bedrock alla superficie e viceversa e che, in caso di monostato su bedrock, va in risonanza alle frequenze che sono i multipli dispari di $f = V_s / 4 \cdot H$.

4.1 Macro sismicità dell'area

La raccolta di dati storici relativi la macrosismicità dell'area consente una prima approssimazione delle caratteristiche tettono-sismiche di sito e consente di ottenere data, intensità macrosismica e magnitudo momento degli eventi indicativi relativi all'area in esame. Questi stessi eventi registrati, combinati con una schematizzazione delle sorgenti sismogenetiche e con leggi di attenuazione del moto sismico, sono la base per il calcolo probabilistico delle PGA_0 relative al bedrock sismico.

Viene di seguito riportato il grafico-istogramma per il Comune di Milano. Gli eventi inclusi nell'archivio storico includono il periodo tra 1065 e il 2011 e hanno Magnitudo comprese tra 3.70 e 7.08.

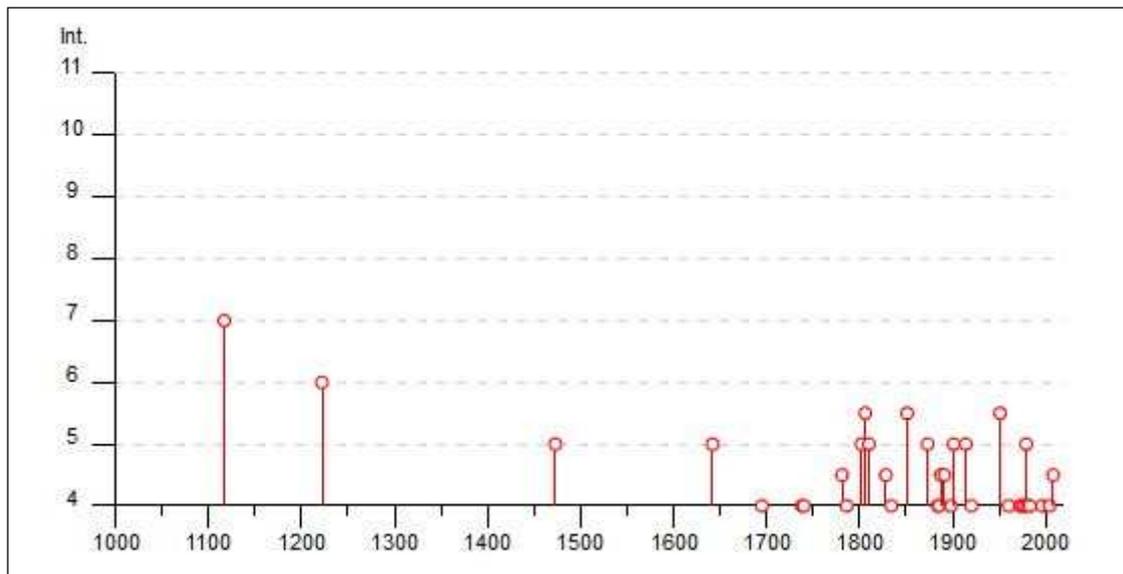


Figura 6: Istogramma di intensità macrosimica di Milano (MI)

Per una successiva schematizzazione della macro-sismicità, il territorio nazionale viene suddiviso in 4 differenti zone sismiche, ognuna contrassegnata da un diverso parametro a_g (PGA_0), espresso come una frazione dell'accelerazione di gravità. Il territorio comunale di Milano (MI) è classificato come Zona sismica 3.

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Per la valutazione della Magnitudo attesa è utilizzato e il processo di disaggregazione della PGA. Questo processo permette di valutare, grazie alla mappatura delle zone sismogenetiche, il contributo di vari scenari Magnitudo-distanza epicentrale (M-R) alla determinazione della PGA_0 di sito. In un certo senso si può considerare come il processo inverso a quello probabilistico per la costruzione della mappa di pericolosità sismica del territorio Italiano. In Figura 7 e 8 sono riportate le carte di disaggregazione delle PGA elaborate da INGV per il Comune di Milano, la quale evidenzia che i terremoti più probabili attesi nell'area hanno una Magnitudo Momento media $Mw_{media}=4.990$ e una Magnitudo Momento massima $Mw_{max}=6.560$

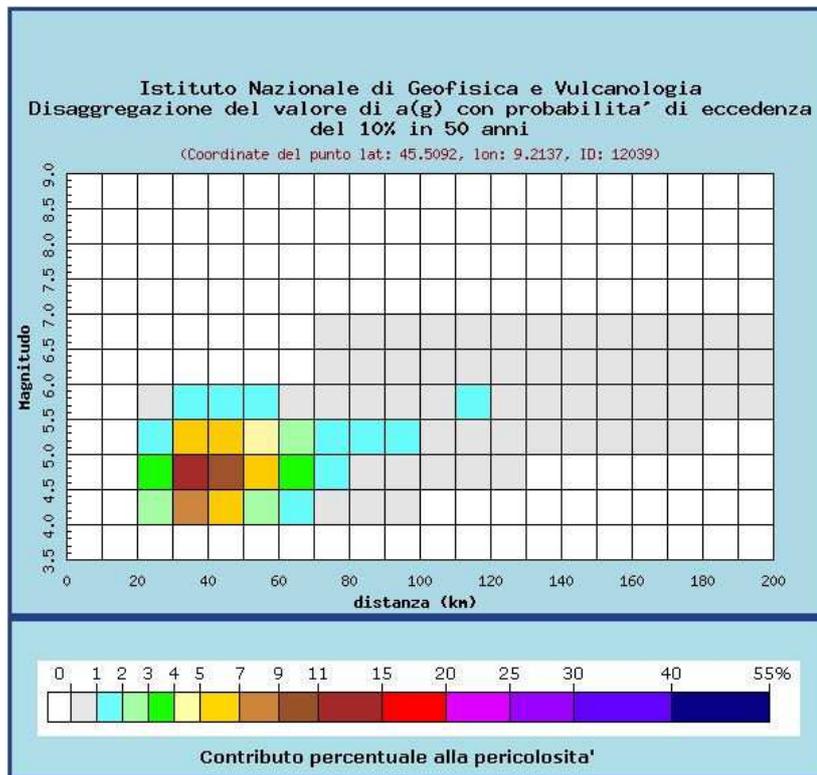


Figura 7: Grafico di disaggregazione delle PGA0 (INGV).

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.5092, lon: 9.2137, ID: 12039)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	2.640	3.880	1.490	0.376	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	7.060	11.800	5.500	1.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	5.280	10.200	5.680	1.580	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	2.780	6.250	4.130	1.270	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	1.130	3.210	2.550	0.844	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.364	1.580	1.610	0.647	0.100	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.056	0.787	1.240	0.767	0.324	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.389	1.170	0.988	0.387	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.126	0.856	0.978	0.483	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.028	0.571	1.000	0.580	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.003	0.346	0.941	0.515	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.161	0.667	0.388	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.069	0.466	0.292	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.022	0.289	0.217	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.006	0.156	0.153	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.001	0.102	0.143	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.142	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.148	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.990	56.500	1.570

Figura 8: Tabella di disaggregazione delle PGA0 (INGV)

5 Quadro di Riferimento Programmatico

Nel presente studio verrà verificata la conformità della proposta progettuale alle previsioni in materia urbanistica ed ambientale che corrisponde a quello che, nella legislazione nazionale, viene definito "Quadro di riferimento Programmatico".

Il Quadro di Riferimento Programmatico fornisce gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra l'opera in progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale. Tali elementi costituiscono parametri di riferimento per la costruzione del giudizio di compatibilità/fattibilità ambientale.

In questa fase, il progetto viene messo in relazione agli stati di attuazione degli strumenti pianificatori territoriali e vengono valutati i rapporti di coerenza del progetto con gli obiettivi perseguiti dagli strumenti pianificatori stessi.

Prima di analizzare le caratteristiche tecniche del progetto e di stimare il potenziale impatto di quest'ultimo sull'ambiente, viene dunque verificata la congruenza con il Piano di Governo del Territorio (PGT) comunale.

5.1 Il Piano di Governo del Territorio

L'entrata in vigore della *L.R. 11 marzo 2005, n.12 "Legge per il governo del territorio"*, ha modificato profondamente l'approccio culturale alla materia urbanistica passando dal concetto di pianificazione a quello di Governo del Territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio - P.G.T.), ha imposto una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici a scala comunale.

Tale ridefinizione è stata attuata con la *Deliberazione n. 8/1566 del 22 dicembre 2005*, in particolare al fine di:

- fornire indirizzi, metodologie e linee guida da seguire per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale, per l'individuazione delle aree a pericolosità geologica e sismica, la definizione delle aree a vulnerabilità idraulica e idrogeologica e l'assegnazione delle relative norme d'uso e prescrizioni; in particolare, vengono in questo atto introdotte nuove linee guida per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basate sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica;
- fornire indicazioni per l'aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche per i comuni che hanno già realizzato uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione;

- rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunale con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTR, PTCP e PAI) e definire, per questi ultimi, le modalità e le possibilità di aggiornamento.

I criteri e indirizzi approvati con la *D.G.R. 8/1566/05* sono successivamente stati aggiornati e integrati dalla *D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374* a seguito dell'approvazione del *D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"*, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n. 30, ed entrato in vigore il 6 marzo 2008, e della *L. 28 febbraio 2008, n. 31 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248"*, recante proroga di termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria, pubblicata sulla G.U. n. 51 del 29 febbraio 2008.

5.1.1 Lo studio geologico nel P.G.T.

Ai sensi dell'*art. 8, comma 1, lettera c) della L.R. 12/05*, nello studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, deve essere definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'*art. 57, comma 1, lettera a)*.

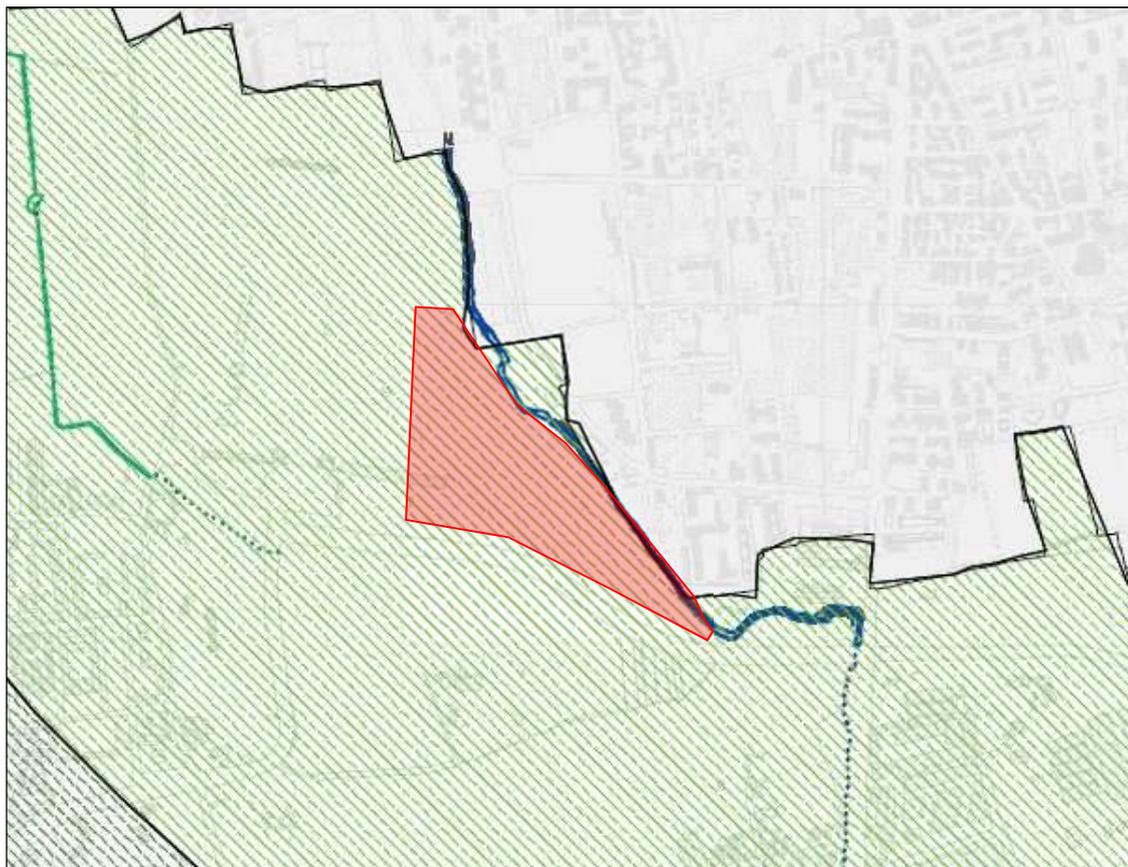
Il Documento di Piano deve quindi contenere lo studio geologico nel suo complesso, anche al fine di consentire alle Province la verifica di compatibilità della componente geologica del P.G.T. con il proprio PTCP.

Per la Componente Geologica, risultano quindi parte integrante del PGT:

- Relazione illustrativa e norme geologiche
- Carta Litologica – Litologia superficiale, idrografia, geomorfologia
- Carta Idrogeologica – Idrologia, piezometria, aree di salvaguardia pozzi pubblici
- Pericolosità Sismica Locale – Aree a pericolosità sismica locale – Primo Livello di approfondimento
- Carta dei Vincoli – Vincoli di difesa del suolo
- Carta di Sintesi – Elementi litologici, idrogeologici, vincoli
- Carta della Fattibilità Geologica – Classificazione del territorio comunale

Carta Litologica – Litologia superficiale, idrografia, geomorfologia

La carta litologica a scala 1:10000, a corredo del Piano di Governo del Territorio relativo al comune di Milano, è stata realizzata secondo i criteri previsti dalla *D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008* vi sono rappresentate le Unità litologiche, scegliendo di uniformare la legenda a quella della Carta della Litologia Superficiale prodotta dall'Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia – Servizio del Suolo. Si precisa come con il termine "Litologia di Superficie" venga descritto il substrato coerente e non, che si trova al di sotto degli orizzonti soggetti a pedogenesi fino a profondità di 3-5 metri dal piano campagna. Viene di seguito riportato uno stralcio della Tavola n. G.01/2 "Carta Litologica. Litologia superficiale, idrografia, geomorfologia".

**LITOLOGIA****Litologia superficiale**

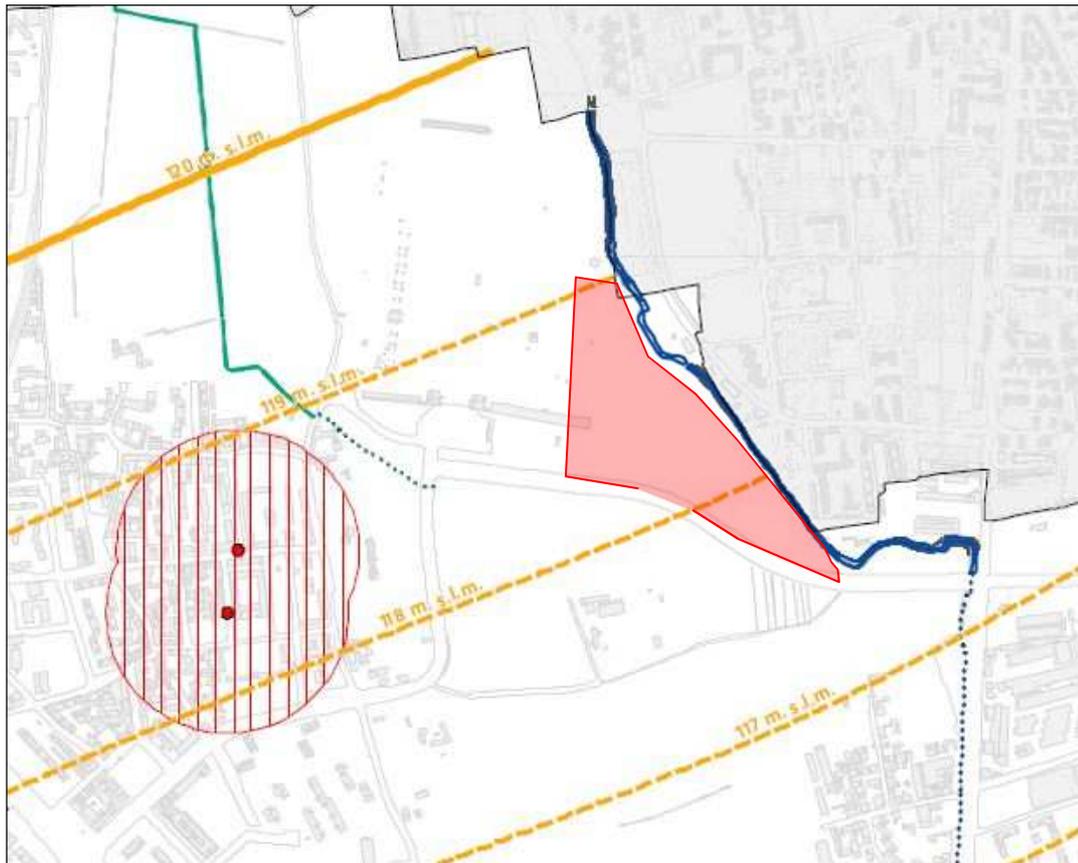
	G1 - Ghiaia con sabbia
	G2 - Ghiaia con sabbia debolmente limosa
	G3 - Ghiaia con sabbia limosa
	L4 - Limo debolmente sabbioso-ghiaioso
	L5 - Limo sabbioso-ghiaioso
	S1 - Sabbia con ghiaia
	S2 - Sabbia con ghiaia debolmente limosa
	S3 - Sabbia con ghiaia limosa

Figura 9- Carta Litologica Superficiale (PGT Comune di Milano). In rosso l'area di intervento.

Stante la cartografia allegata al PGT, nell'area in esame la litologia superficiale afferisce al G2 - Ghiaia con sabbia debolmente limosa.

Carta Idrogeologica – Idrogeologia, piezometria, aree di salvaguardia dei pozzi pubblici

Viene di seguito riportato uno stralcio della Tavola G0/2 NE "Carta Idrogeologica - Idrogeologia, piezometria, aree di salvaguardia dei pozzi pubblici" a scala 1:10.000, relativo all'area in esame.



IDROGEOLOGIA

Pozzi (DLgs 152/2006 e DGR 7/12693)

- Zona di tutela assoluta (10 m.)
- ▤ Fasce di rispetto (200 m.)

Fontanili

- 📍 Testa di fontanile

PIEZOMETRIA

Linee isopiezometriche

- Isopiezometriche principali
- - - Isopiezometriche ausiliarie

Figura 10- Stralcio della carta Idrogeologica fornita entro il PGT di Milano. In rosso l'area di intervento

Il sito in esame, ai sensi del DLgs 152/2006 e del DGR 7/12693, non ricade entro fascia di rispetto (200 m) relativa a pozzi di captazione.

Pericolosità Sismica Locale – Aree a pericolosità sismica locale – Primo Livello di approfondimento

Con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)" la Giunta Regionale ha approvato la nuova classificazione sismica dei comuni lombardi. Al fine di allineare la nuova zonazione con la Legge Regionale 12 ottobre 2015, n. 33 "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche", la Giunta Regionale, con D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, ha differito al 10 aprile 2016 il termine per l'entrata in vigore della stessa.

In particolare, la L.R. n. 33/2015 aggiorna la normativa sulle costruzioni in zona sismica adeguandola al D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 (Testo Unico in materia edilizia) e alla recente giurisprudenza costituzionale, trasferendo ai comuni, singoli o associati, le funzioni in materia sismica, che, in base allo stesso D.P.R., erano di competenza regionale.

La zona sismica del comune di Milano è passata infatti dalla classe Z4 alla classe Z3 a seguito della approvazione della giunta approvazione della D.G.R. n. X/5001 del 30 Marzo 2016 entrata in vigore dal 10 Aprile 2016.

Stante la cartografia allegata al PGT comunale, l'area in esame appartiene quindi alla zona sismica Z3 (OPCM 3274/03) e ad una classificazione del tipo di suolo in funzione della risposta sismica di Classe B - Grado Buono (velocità sismica $360 \text{ m/s} < VS30 < 800 \text{ m/s}$), con la presenza del torrente Seveso a prefigurare lo scenario di pericolosità sismica Z4a (Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi).

In tali ambiti è d'obbligo l'applicazione del 2° livello di approfondimento in fase pianificatoria, così come previsto dall'art. 1.4.3 e dalla tabella dell'art. 1.4.4, oltre che dall'Allegato 5 alla D.G.R. VIII/7374-2008, nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili.

Nel caso in cui nelle aree indagate con il 2° livello il valore del fattore di amplificazione F_a calcolato risultasse maggiore del valore soglia comunale occorrerà procedere all'applicazione del 3° livello in sede progettuale oppure, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, secondo lo schema indicato dalla D.G.R. IX/2616, punto 1.4.3, 2° livello. In tali ambiti è presente lo specifico effetto di amplificazione delle onde sismiche atteso per entrambe le categorie di pericolosità sismica locale, per valutare il quale il professionista incaricato potrà utilizzare in sede pianificatoria qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto ritenuto utile, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica locale e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale. In relazione ai risultati derivanti dall'applicazione delle analisi di approfondimento di 2° livello, su tutto il territorio

comunale viene suggerita una puntuale verifica della Categoria di Sottosuolo, ai sensi del *D.M. 17/01/18*; in caso di definizione di Categoria di Sottosuolo B si richiede altresì che si proceda all'applicazione sito-specifica dell'analisi di 2° livello (*All. 5 della D.G.R. IX/2616/2011*) al fine di verificare che l'utilizzo delle normative vigenti (*D.M. 17/01/18 - OPCM 3519 del 27/04/2006*) e dei relativi parametri sismici, risultino sufficientemente cautelativi rispetto ai fenomeni di amplificazione sismica per edifici con periodo compreso tra 0,5 s e 1,5 sec e con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 s.

Viene di seguito riportato uno stralcio della Tavola G03 "Carta Pericolosità Sismica Locale" a scala 1:20000, relativo al sito di interesse.

**PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE****Zona sismica di appartenenza (OPCM 3274/03)**

Zona 4

Indagini sismiche

Ubicazione indagini MASW

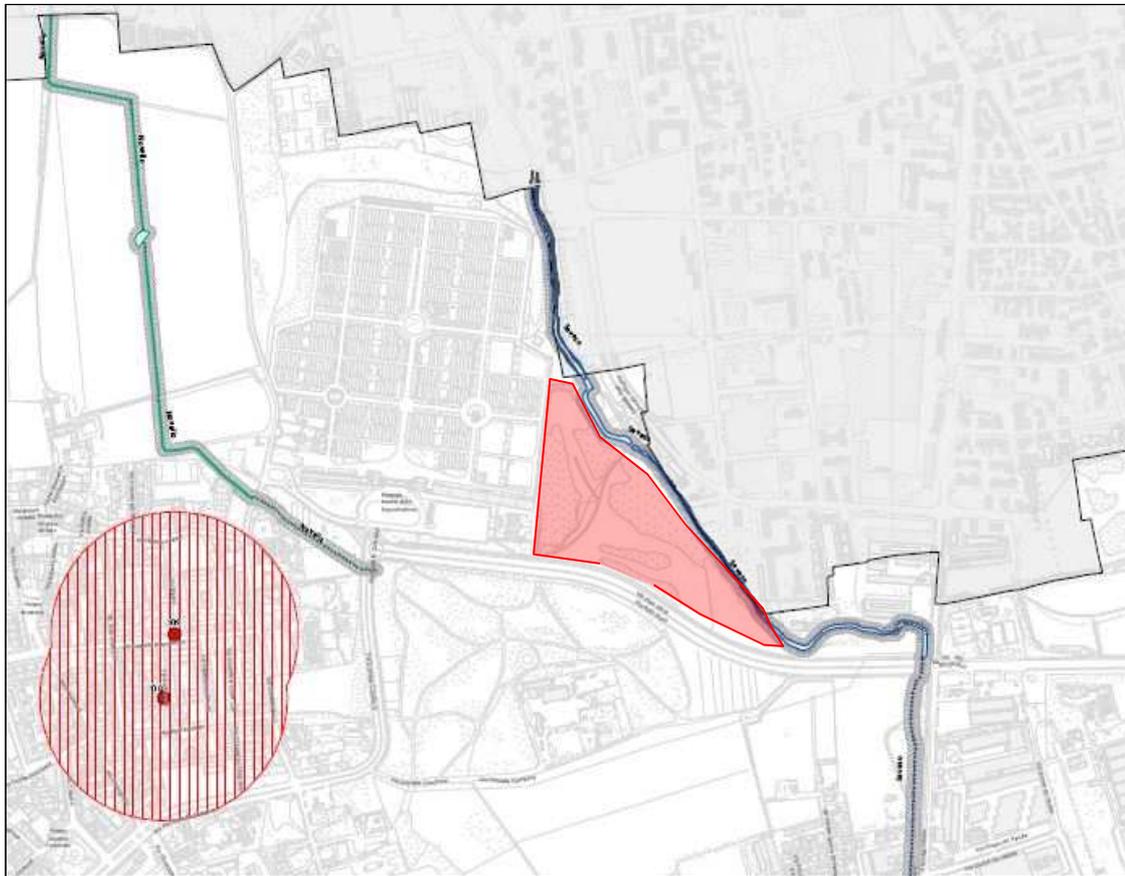
Classificazione del tipo di suolo in funzione della risposta sismicaGrado Buono - Classe B
Velocità sismica 360 m/s < V_{S30} < 800 m/s**GEO MORFOLOGIA****Scenari di pericolosità sismica locale**

Fonne morfologiche (Z4a)

Figura 11- Stralcio della carta delle aree a pericolosità sismica locale fornita entro il PGT di Milano. In rosso l'area di intervento.

Carta dei Vincoli – Vincoli di difesa del suolo

Viene di seguito riportato uno stralcio della Tavola G04/2A "Carta dei Vincoli – Vincoli di difesa del suolo" a scala 1:5000, relativo al sito di interesse.

**IDROGRAFIA****Acque superficiali**

Scoperto Tordinato

- Reticolo idrico principale
- Reticolo idrico minore demaniale
- Reticolo idrico minore gestito da altri soggetti
- Reticolo idrico consortile

- ▨ Fasce di rispetto
- ▨ Specchi d'acqua

IDROGEOLOGIA**Pozzi (DLgs 152/2006 e DGR 7/12693)**

- Pozzi di captazione
- Zona di tutela assoluta (10 m.)
- ▨ Fasce di rispetto (200 m.)

Figura 12- Stralcio della carta dei Vincoli fornita entro il PGT di Milano

Il torrente Seveso, così come definito dalla D.G.R. 01/10/2008 n.8/8127 risulta inserito nel Reticolo Idrico Principale e conserva la fascia di rispetto assegnata dalla regione Lombardia pari a 10 metri (R.D. 523 del 25/07/1904).

All'interno delle fasce di rispetto, in assenza di atto autorizzativo rilasciato dal Comune, sono vietate in generale tutte le attività che possono direttamente o indirettamente influire sul regime del corso d'acqua, e in particolare:

- l'occupazione o la riduzione delle aree di espansione o di divagazione dei corsi d'acqua al fine della moderazione delle piene;
- le nuove edificazioni, sia fuori terra che interrato, di qualsiasi dimensione e natura, che possano alterare il corso naturale delle acque;
- le costruzioni di qualsiasi opera che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni e la resistenza degli argini;
- le variazioni e le alterazioni alle opere di difesa spondale dei corsi d'acqua sia arginati che non arginati e loro accessori;
- l'apertura di cavi, fontanili e simili;

Gli interventi sopra elencati, e in generale quelli che interessano le fasce di rispetto dei corsi d'acqua modificandone l'alveo, le sponde e la capacità di portata, sono soggetti ad autorizzazione.

Dovrà essere infatti redatta una dichiarazione di compatibilità idraulica accompagnata da un apposito studio idraulico che documenti l'effettiva necessità degli interventi, ne attesti la correttezza tecnica in rapporto all'efficienza dell'assetto idrologico del corso d'acqua e del Reticolo Idrico di cui fa parte.

Carta di Sintesi – Elementi litologici, idrogeologici, vincoli

La Carta di Sintesi nasce da un processo che include l'analisi cartografica del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con D.P.C.M. 24 maggio 2001, del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con D.P.C.M. 24 luglio 1998, del Quadro del dissesto PAI, Vincoli di polizia idraulica: ai sensi della D.G.R. n. 7/7868 del 25 gennaio 2002, delle Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile ai sensi del D.L. 258/2000, art. 5, comma 4, dei Vincoli derivanti dal PTR e dei Geositi.*

Viene di seguito riportato uno stralcio della Tavola n. G.05/2A "Carta di sintesi. Elementi litologici, idrogeologici, vincoli".

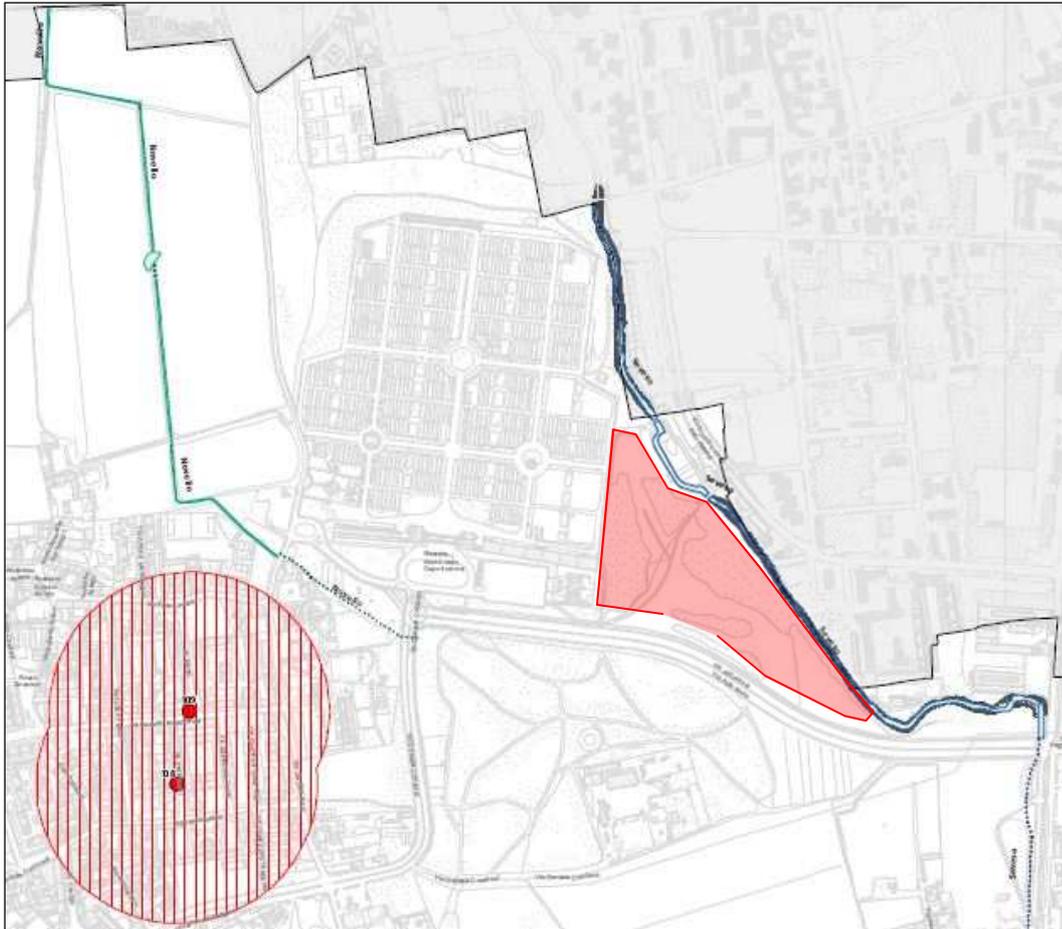


Figura 13- Stralcio della Tavola G.05/2A di Sintesi degli Elementi litologici, Idrogeologici, Vincoli del Comune di Milano.

Come già evidenziato per la carta Idrogeologica il sito in esame, ai sensi del DLgs 152/2006 e del D.G.R. 7/12693, non ricade entro fascia di rispetto (200 m) relativa a pozzi di captazione, mentre il torrente Seveso, così come definito dalla D.G.R. 01/10/2008 n.8/8127 risulta inserito nel Reticolo Idrico Principale e conserva la fascia di rispetto assegnata dalla regione Lombardia pari a 10 metri (R.D. 523 del 25/07/1904) come riportato nella Carta dei Vincoli.

Carta della Fattibilità Geologica – Classificazione del territorio comunale

La Valutazione delle limitazioni di Fattibilità Geologica (Vulnerabilità Idrogeologica, Vulnerabilità Idraulica, Scadenti caratteristiche geotecniche), in ottemperanza al D.G.R. IX 2616/2011 p.to 3.2 e per la compilazione della modulistica allegata alla normativa regionale D.G.R. 30 marzo 2016 n:X/5001, viene valutata sulla base della Carta di Sintesi – Elementi litologici, Idrogeologici, Vincoli presentata entro il PGT del Comune di Milano.

Sulla base dei disposti della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 è proposta una classificazione costituita da differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali

sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli eventuali studi e le indagini di approfondimento.

In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici riconosciuti, il territorio è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità geologica:

- CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni
- CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni
- CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni
- CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

Viene di seguito presentata la Carta di Fattibilità Geologica fornita entro il Piano di Governo del Territorio (PGT) del Comune di Milano. L'area di indagine è inclusa entro la Tavola G.06/1A dello stesso progetto.

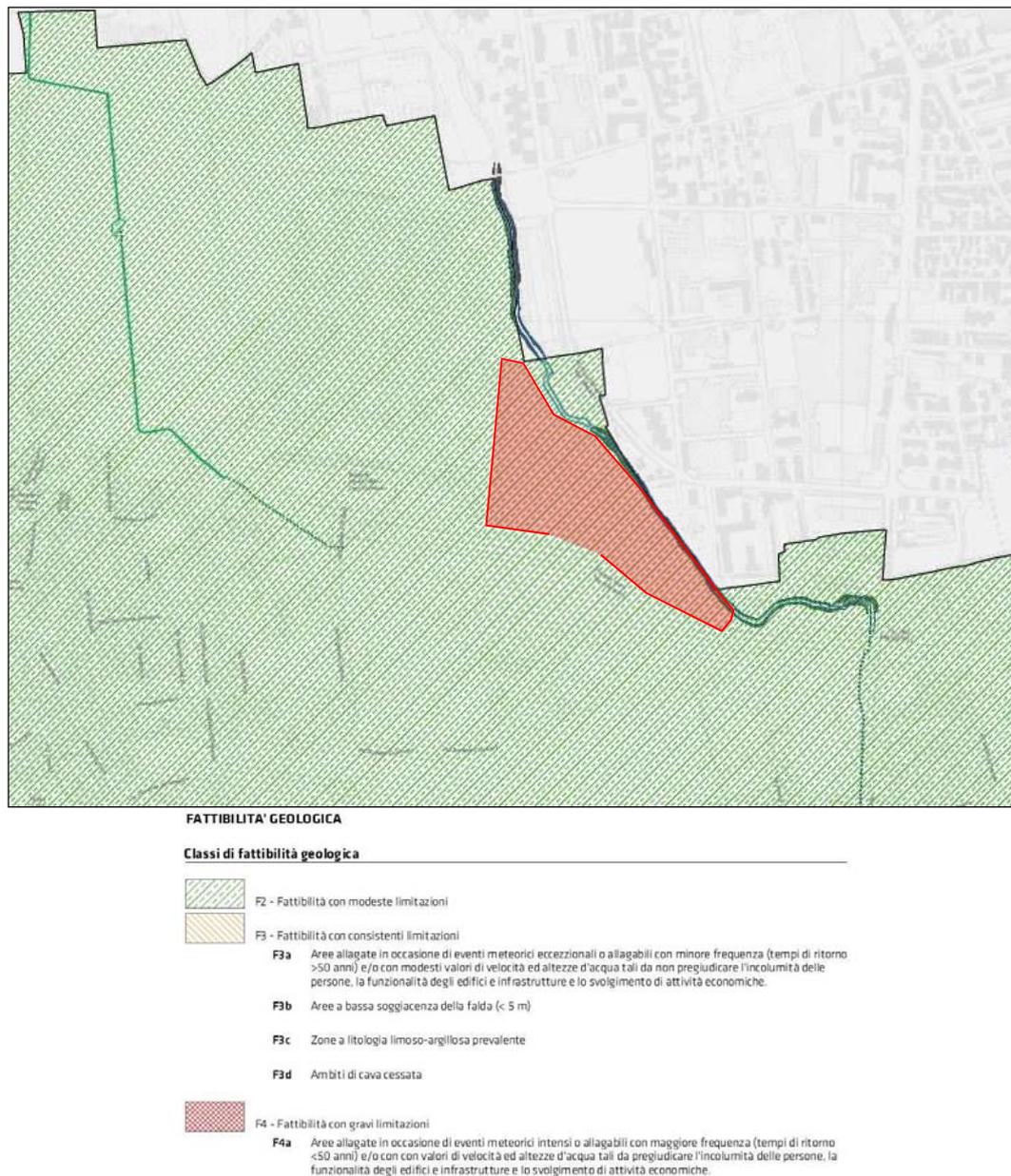


Figura 14- Stralcio della Tavola G06/1A di Fattibilità Geologica del Comune di Milano. In rosso l'area di intervento.

Il sito viene cartografato come appartenente ad area F2 (Fattibilità con modeste limitazioni).

Sulla base dei disposti della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011, la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Si tratta di aree in cui, in linea generale, sono ammissibili tutte le categorie edificatorie, con l'unica prescrizione di verifica della compatibilità geologica e geotecnica. Non si riscontrano, dunque, particolari limitazioni all'edificabilità. Si tratta di aree che devono essere cautate a causa della limitata soggiacenza della falda, della possibilità di escursione della stessa e della possibilità di trovare materiale con scadenti caratteristiche geotecniche.

6 Interventi in progetto

L'obiettivo principale del progetto consiste nella realizzazione di un volume di laminazione delle acque del torrente Seveso al fine di ottenere, in fase transitoria, un miglior grado di sicurezza idraulica delle aree frequentemente interessate dalle esondazioni del Seveso (zona Niguarda del Comune di Milano); a regime, con il completamento del progetto di laminazione lungo il Seveso, il sistema idrico del torrente Seveso dovrà raggiungere un grado di sicurezza tale da poter sopportare, senza esondazioni, eventi con tempo di ritorno centennale, garantendo un franco idraulico pari ad 1 metro lungo tutta la tombinatura cittadina del sistema Seveso, Martesana e Redefossi.

Le opere in progetto sono essenzialmente riconducibili, come tipologia, alle seguenti lavorazioni:

- Opere strutturali;
- Opere impiantistiche;
- Opere di ingegneria naturalistica;
- Opere di inserimento ambientale.

6.1 Descrizione degli interventi

L'opera ricade nel territorio comunale di Milano ed utilizza un'area di Parco Nord ora destinata a prato e bosco. L'area si trova all'estremità nord dell'abitato di Milano, in sponda destra del Seveso, ed a poche decine di metri di distanza da quest'ultimo.

L'opera di presa è sita a valle del manufatto di sgrigliatura delle acque del Seveso in gestione al Comune di Milano, realizzato negli anni '80, a salvaguardia della tombinatura del Seveso - Redefossi, traendone i relativi benefici gestionali.

Il progetto prevede la realizzazione di un lago alimentato con acque di prima falda completato con una pista manutentiva perimetrale, la salvaguardia del circostante bosco che viene perimetrato e reintegrato con nuove alberature sul lato sud del lago lungo la via Aldo Moro.

Il lago manterrà per circa 320 giorni l'anno la funzione ricreativa - paesaggistica per trasformarsi in bacino di laminazione nel corso degli eventi di piena del torrente Seveso come cassa di laminazione controllata a salvaguardia dell'area urbanizzata.

La "vasca di espansione" prevista ha un volume di laminazione di circa 250'000 m³, ricavabile all'interno del bosco di betulle esistente con adeguate opere di sagomatura, regolarizzazione e sistemazione interna dell'area verde comprensive di nuove estese piantumazioni e realizzazione di pista manutentiva di raccordo con i percorsi interni del Parco Nord Milano. Mediante tale volume di laminazione l'idrogramma di piena del Seveso con TR = 100 anni, riduce la sua portata al colmo da circa 50 mc/s a 20 mc/s.

Le acque del Seveso vengono convogliate in questa "vasca di espansione" direttamente dal manufatto di presa costituito da una sezione di controllo realizzata con due paratoie piane di larghezza 5 metri ed altezza 4 metri ciascuna e da una soglia sfiorante lunga 20 metri in destra idraulica. In concomitanza con il verificarsi della massima soglia di allarme in via Valfurva a Milano, si procederà al controllo del deflusso dalle due paratoie con la drastica riduzione delle portate ad un valore compatibile con la massima transitabile in Comune di Milano.

Le acque del Seveso, invasate nella cassa di espansione, verranno successivamente restituite al Seveso tramite una condotta di restituzione a gravità ovvero alimentata da un impianto di pompaggio, per la parte della vasca al di sotto del piano di scorrimento del Seveso (e che quindi non consente di scaricare a gravità nel Seveso le acque invasate).

In caso di eventi meteorici estremi che comportino l'esaurimento del volume di laminazione disponibile all'interno della vasca, le paratoie poste a monte della soglia sfiorante verranno chiuse, escludendo di fatto il bacino dal Seveso, e contemporaneamente saranno aperte le due paratoie di controllo sul Seveso che permetteranno la ripresa del deflusso verso valle delle acque al fine di evitare la tracimazione delle sponde del bacino artificiale.

Le opere principali previste per realizzare questo intervento sono le seguenti:

- Opera di presa dal torrente Seveso, posta a quota 138.00 m s.l.m., costituita da due paratoie di regolazione del Seveso, due paratoie di carico del bacino, una soglia sfiorante fissa in sponda destra del torrente ed una paratoia di svaso del bacino di carico della soglia sfiorante. La limitazione delle portate del Seveso a valle dell'opera di presa, sarà ottenuta tramite la manovra di due paratoie che saranno installate sul Seveso poco a monte della soglia sfiorante. Le paratoie in parola dovranno essere manovrate in maniera tale da creare sulla soglia sfiorante un tirante che consenta lo sfioro verso il bacino di laminazione delle portate in eccesso rispetto al valore limite prefissato per il tronco di Seveso a valle. Il sistema paratoie di regolazione – sfioratore – vasca e relativo sistema di svuotamento sarà controllato da un dispositivo automatico regolato dagli idrometri posti lungo il Seveso, all'interno del bacino e dall'idrometro del Seveso in via Valfurva (Comune di Milano), tale da permettere la maggiore flessibilità possibile di funzionamento nei confronti dei diversi eventi di piena;
- Scavi, riempimenti, profilature di scarpate, impermeabilizzazioni di fondo e pareti, sistemazioni varie all'interno della attuale area del Parco Nord per renderla in grado di invasare in condizioni di sicurezza fino ad un massimo di 250'000 mc di acque di piena del Seveso a scopo di laminazione;
- Impianto di pompaggio e condotta di scarico delle acque invasate per lo svuotamento e la restituzione al Seveso del volume laminato (portata di progetto 2.0 mc/s, prevalenza pompe 8 -10 m, svuotamento della cassa di espansione in circa 30 ore);
- Impianto di svuotamento del lago dalle acque di falda con restituzione in Seveso mediante l'utilizzo della medesima stazione di pompaggio per lo svuotamento dell'intero invaso;

- Pista di servizio e manutenzione del lago/cassa di espansione carrabile;
- Pozzi di alimentazione del lago con acque di prima falda (7 pozzi);
- Percorsi manutentivi di servizio, comprensivi di parapetti in legno, opere di sistemazione esterna, inserimento ambientale, nuove piantumazioni, etc.

Occorre sottolineare che la posizione individuata per l'opera di presa è situata più a monte rispetto agli ultimi due scarichi di acque meteoriche gravanti sul Seveso, ovvero lo scarico del canale Breda e lo scarico del depuratore di Bresso. Ad oggi il funzionamento di tali scarichi in condizioni di piena risulta rigurgitato dai livelli presenti in Seveso mentre, una volta realizzata la laminazione oggetto del presente progetto, questi scarichi dovranno essere regolati in maniera tale che le portate in uscita dal manufatto di presa del bacino sommate a questi ultimi scarichi saranno compatibili con il corso d'acqua recettore di valle.

6.2 Opere di compensazione

Le misure di compensazione dell'opera sono state dirette principalmente alla riqualificazione di ambiti a stretto contatto con l'opera, con la quale entrano in comunicazione e che contribuiranno alla valorizzazione dell'asta del torrente Seveso.

RIQUALIFICAZIONE DELL'ALVEO DEL TORRENTE SEVESO

Per consentire un miglior deflusso delle acque è prevista una riqualificazione dell'alveo del torrente Seveso per un tratto di circa 400 metri a sud dello sgrigliatore. Nella parte inferiore della sponda verrà realizzata una scogliera in massi, mentre la parte superiore sarà a prato. Considerata la portata dell'alveo e la velocità della corrente, soprattutto nei momenti di piena, si è optato per limitare le opere di ingegneria naturalistica ad alcuni interventi molto resistenti, con l'inserimento in alcuni punti di blocchi incatenati alla sponda in massi per creare delle piccole divagazioni dell'alveo. Questa tecnica prevede il posizionamento di massi ciclopici alla base delle sponde, legati tra loro con una fune d'acciaio assicurata ad un plinto infisso nel fondo.

Inoltre in corrispondenza del parco pubblico di quartiere Via Papa Giovanni XXIII viene proposto un allargamento dell'argine est, che creerà una sorta di ansa con sponde con pendenza più dolce. In questo slargo è prevista la realizzazione di fascine vive di salice al di sopra della porzione di sponda in massi.

OPERE IN SPONDA SINISTRA

La realizzazione del bacino di esondazione è occasione per una riqualificazione dei tracciati esistenti, ma frammentati, presenti invece su sponda sinistra del fiume Seveso (Elaborato CT000-013).

Partendo da sud il nuovo percorso, che mediante una passerella attraversa il Seveso, è motivo di riqualificazione anche del parco di quartiere di via Papa Giovanni XXIII, dove è prevista una riorganizzazione dei percorsi, una nuova piazzola di sosta ed un diradamento della vegetazione arborea presente. Inoltre, grazie alla rimozione dell'area oggi adibita a deposito giudiziario è possibile un ampliamento a nord del parco, dove verrà realizzata un'area a prato affacciata verso il Seveso. Qui è previsto anche il mantenimento dell'area con specie nemorali realizzata dal Parco Nord.

L'area del parco verrà posta in continuità con le aree più a nord proprio grazie ad un percorso lungo la sponda del Seveso e che si ricongiunge ad un piccolo parco giochi dove sono previsti interventi di sostituzione del verde lungo la sponda e la riconnessione con il tracciato che segue la via papa Giovanni XXIII. Lungo tutto questo tratto di sponda del Seveso è prevista la realizzazione di una nuova staccionata di protezione, al fine di prevenire eventuali cadute. E' inoltre prevista la riqualificazione delle sponde del torrente con opere di ingegneria naturalistica.

7 Indagini geognostiche

I dati geognostici enucleati all'interno della presente relazione, derivano dalle risultanze delle indagini in sito e di quelle di laboratorio geotecnico commissionate dalla committenza ed eseguite nel periodo compreso tra il 27/07/2015 ed il 05/08/2015 dalla ditta Tecno In S.p.A.

In dettaglio, la campagna di indagini geognostiche è stata articolata come segue:

- Esecuzione di n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino a profondità comprese tra -25,00 e -30,00 m dal p.c.
- Esecuzione di prove penetrometriche SPT in corso di sondaggio
- Esecuzione di prove di permeabilità Lefranc
- Prelievo di campioni rimaneggiati per prove di laboratorio
- Prove di laboratorio
- Esecuzione di n. 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH

L'ubicazione delle indagini è riportata graficamente nella planimetria proposta in Allegato 4.

Ad integrazione delle prove geognostiche pregresse, sono state effettuate in data 15/01/2019 prove sismiche con metodi MASW e HVSR che hanno permesso di ottenere informazioni indirette sulle proprietà fisiche e reologiche del terreno indagato e consentito di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire dal piano delle fondazioni (VS30), in riferimento alla classificazione sismica del territorio (*O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03*, *O.P.C.M. n. 3316 del 02/10/03* e *O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/06*), alle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (*D.M. 14/01/08*) e successivo "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (*D.M. 17/01/18*).

7.1 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo

L'indagine ha previsto la realizzazione di n. 4 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti sino a profondità comprese tra -25,00 e -30,00 m dal piano campagna.

Al termine della perforazione, n. 2 fori di sondaggio sono stati attrezzati con piezometro Norton Ø3" installati sino alla massime profondità indagate.

Nella tabella seguente si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi meccanici realizzati in sito con indicazione della profondità investigata e dell'attrezzatura installata.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ [m da p.c.]	DATA DI ESECUZIONE	ATTREZZATURA INSTALLATA	COORD. GAUSS BOAGA EST [m]	COORD. GAUSS BOAGA NORDEST [m]	QUOTA [m s.l.m.]
CT-P1	-25,00	03-04/08/2015	Piezometro Norton 3" (cieco da 0 a - 12,00 m)	1514823.652	5041478.096	139.540
CT-P4	-25,00	28-30/07/2015	Piezometro Norton 3" (cieco da 0 a - 12,00 m)	1514472.868	5041908.261	140.999
CT-S2	-30,00	30/07/2015 01/08/2015	--	1514588.125	5041799.861	140.650
CT-S3	-25,00	30/07/2015 01/08/2015	--	1514659.232	5041647.338	139.850

7.1.1 Descrizione dei mezzi utilizzati

Utensili di perforazione

Sono stati utilizzati i seguenti strumenti di perforazione:

- carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice:

Diametro nominale $\varnothing_{est}=131$ mm;

Lunghezza utile $l=150\div 300$ cm.

- corone di perforazione in widia adatto ai terreni incontrati;

- aste di perforazione con filettatura tronco-conica:

Diametro esterno $\varnothing_{est}=76$ mm.

Tali utensili di perforazione utilizzati hanno consentito l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio limitando le fratturazioni ed evitando il dilavamento.

Rivestimento provvisorio

In relazione alle caratteristiche dei terreni incontrati al fine di evitare il rischio di franamenti delle pareti del foro è stato utilizzato un rivestimento provvisorio in acciaio avente le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo $s=10$ mm;
- diametro interno $\varnothing_{int}=152$ mm;
- lunghezza spezzoni $l=150\div 200$ cm.

Strumenti di controllo e prova

Fanno parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo foro;
- sondina piezometrica elettrica;
- penetrometro tascabile, fondo scala $\geq 5 \text{ kg/cm}^2$

7.1.2 Descrizione delle attività eseguite

Rilievo stratigrafico

Il tecnico responsabile delle attività di cantiere ha provveduto alla compilazione della scheda stratigrafica relativa a ciascun sondaggio, completandola con i seguenti elementi:

- cantiere;
- numero ed ubicazione del sondaggio;
- date di perforazione (inizio e fine);
- metodo di perforazione;
- attrezzatura impiegata;
- utensile di perforazione;
- diametro di perforazione;
- diametro del rivestimento;
- tipo di terreno;
- consistenza;
- litologia;
- colore o colore prevalente;
- profondità e n. colpi prova SPT;
- quota prelievo e numero progressivo dei campioni;
- eventuali note.

In *Allegato 2* vengono proposte le stratigrafie concernenti i sondaggi effettuati e le relative fotografie delle cassette catalogatrici.

Esecuzione di prove Standard Penetration Test (SPT) in foro di sondaggio

La prova è consistita nell'infiggere nel terreno alla base del sondaggio un campionatore, per 3 tratti consecutivi, ciascuno di 15 cm, rilevando il numero di colpi (N) necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm. Il valore di NSPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto.

Prima di eseguire la prova si è controllato con scandaglio la quota del fondo foro, confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta.

Di seguito vengono riportati in Tabella i risultati delle prove SPT eseguite nel corso dei sondaggi.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ da p.c. [m]	PROVA SPT (n. colpi/15 cm)	Nspt	LITOLOGIA PREVALENTE
CT-P1	1,50	5 - 8 - 10	18	Sabbia
	4,50	7 - 11 - 12	23	Ghiaia
	7,50	15 - 17 - 21	38	Sabbia
	10,50	16 - 16 - 20	36	Sabbia
	13,50	20 - 22 - 28	50	Sabbia
	16,50	24 - 27 - 31	58	Sabbia
	19,50	19 - 24 - 28	52	Sabbia
	22,50	14 - 17 - 21	38	Sabbia
CT-P4	25,00	20 - 20 - 21	41	Sabbia
	1,50	4 - 8 - 9	17	Sabbia
	4,50	20 - 16 - 32	48	Ghiaia
	7,50	17 - 20 - 35	38	Ghiaia
	10,50	17 - 30 - 23	53	Sabbia
	13,50	24 - 34 - 30	64	Sabbia
	16,50	30 - 31 - 28	59	Ghiaia
	19,50	15 - 18 - 21	39	Ghiaia
CT-S2	22,50	16 - 14 - 18	32	Ghiaia
	25,00	18 - 21 - 20	41	Ghiaia
	3,00	16 - 26 - 32	58	Ghiaia
	6,00	18 - 28 - 34	62	Sabbia
	9,00	13 - 24 - 30	54	Sabbia
	12,00	16 - 33 - 42	75	Ghiaia
	15,00	23 - 30 - 32	62	Ghiaia
	18,00	18 - 23 - 22	45	Ghiaia
	21,00	19 - 21 - 23	44	Ghiaia
CT-S3	24,00	16 - 20 - 20	40	Sabbia
	27,00	20 - 19 - 21	40	Sabbia
	30,00	18 - 23 - 22	45	Sabbia
	1,50	4 - 8 - 9	17	Riporto
	4,50	25 - 31 - 33	64	Ghiaia
	7,50	21 - 24 - 28	52	Ghiaia
	10,50	18 - 21 - 23	44	Sabbia
	13,50	19 - 19 - 20	39	Sabbia
	16,50	23 - 25 - 29	54	Ghiaia
CT-S3	19,50	20 - 24 - 27	51	Sabbia
	22,50	12 - 17 - 20	37	Sabbia
	25,00	17 - 20 - 21	41	Ghiaia

Esecuzione di n. 2 prove di permeabilità in foro tipo "Lefranc", in ciascun foro di sondaggio

Le prove sono state destinate alla misura della conducibilità idrica dei depositi attraversati; sono state eseguite all'interno dei fori di sondaggio alle profondità indicate nella seguente tabella, misurando gli assorbimenti di acqua nel terreno.

SONDAGGIO	PROVA LEFRANC	PROFONDITÀ PROVA [m da p.c.]
CT-P1	1	-18,00 / -18,50
	2	-24,50 / -25,00
CT-P1	1	-19,00 / -19,50
	2	-24,50 / -25,00
CT-S2	1	-12,00 / -12,50
	2	-20,00 / -20,50
CT-S	1	-18,00 / -18,50
	2	-24,50 / -25,00

Per quel che riguarda le modalità esecutive, si è optato per l'utilizzo del metodo a carico idraulico costante adatto nel caso di terreni dotati di buona conducibilità idraulica; tale prova prevede l'immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento, fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante e misurata.

A partire dal momento dell'interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

Ciascuna prova comprende una documentazione, proposta in *Allegato 3*, riportante le letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi in forma diagrammatica.

I risultati ottenuti mostrano che la permeabilità varia tra un minimo di circa $4E-04$ cm/sec ed un massimo di circa $6E-03$ cm/sec e che tale intervallo si mantiene circa costante fino a circa 25-30m di profondità da p.c.

Occorre notare che la metodologia di prova adottata fornisce indicazioni in merito a valori di permeabilità di una porzione di terreno di modeste dimensioni confinata nell'intorno del punto di indagine; la reale permeabilità dell'acquifero potrebbe risultare significativamente maggiore (anche un ordine di grandezza) e può essere valutata unicamente con prove in sito su grande scala (prove di pompaggio).

Prelievo di n. 25 campioni rimaneggiati per le determinazioni geotecniche di laboratorio

Durante le operazioni di carotaggio sono stati prelevati, alle profondità indicate nella seguente Tabella, n. 25 campioni di terreno recuperati in fase di carotaggio.

<i>Sondaggio</i>	<i>Campione</i>	<i>Profondità [m da p.c.]</i>	<i>Profondità [m s.l.m.]</i>
CT-P1	CR1	-2,00	138,99
	CR2	-5,00	135,99
	CR3	-10,00	130,99
	CR4	-16,00	124,99
	CR5	-18,00	122,99
	CR6	-24,70	116,29
CT-P4	CR1	-4,00	135,54
	CR2	-6,00	133,54
	CR3	-10,00	129,54
	CR4	-12,70	126,84
	CR5	-16,40	123,14
	CR6	-22,30	117,24
CT-S2	CR1	-3,50	137,15
	CR2	-6,00	134,65
	CR3	-9,00	131,65
	CR4	-13,60	127,05
	CR5	-17,60	123,05
	CR6	-23,00	117,65
	CR7	-28,00	112,65
CT-S3	CR1	-3,00	136,85
	CR2	-6,00	133,85
	CR3	-10,00	129,85
	CR4	-15,00	124,85
	CR5	-20,00	119,85
	CR6	-24,60	115,25

Il prelievo dei campioni rimaneggiati è avvenuto direttamente all'interno delle cassette catalogatrici, avendo cura di confezionarli in sacchetti a tenuta stagna per consentirne la conservazione e la misura del tenore di umidità (campioni con grado di qualità Q3).

Fornitura e posa in opera di piezometro a tubo aperto in foro di sondaggio

Per poter controllare il livello della falda presente nel terreno, di seguirne nel tempo le variazioni e monitorare la qualità delle acque sotterranee soggiacenti il sito, n. 2 fori di sondaggio (CT-P1 e CT-P4) sono stati attrezzati a piezometro di tipo "Norton" con $\varnothing=3''$.

I piezometri idraulici a tubo aperto installati, constano di una colonna di tubi in PVC rigido, fessurati (open-stand-pipe) rivestiti esternamente di materassino granulare in ghiaietto calibrato per la parte in falda e ciechi per il rimanente tratto.

Una volta eseguita a quota la pulizia del foro, si è inserita la colonna fino a fondo foro; quindi si è proceduto all'immissione, nell'intercapedine colonna-tubazione, di materiale granulare (sabbia-ghiaietto) in modo da realizzare un filtro poroso attorno al tratto di colonna fenestrato.

Tale operazione è stata eseguita ritirando la tubazione provvisoria mano a mano che si procedeva con l'immissione dall'alto del materiale filtrante.

Al termine della formazione del filtro, si è proceduto all'esecuzione di un tappo impermeabile di circa 1 metro di altezza, formato da palline di bentonite, onde separare la zona filtrante dal tratto di foro superficiale, successivamente cementato.

Per il contenimento e la protezione della testa dei piezometri, in superficie si è quindi provveduto alla messa in posa di un chiusino di sicurezza fuori terra con chiusura a lucchetto.

7.2 Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

L'indagine ha previsto la realizzazione di n. 6 prove penetrometriche dinamiche continue pesanti (DPSH) e nella tabella seguente si riporta il quadro riassuntivo delle prove realizzate in sito con indicazione della profondità investigata.

SONDAGGIO	PROFONDITÀ [m da p.c.]	DATA DI ESECUZIONE	COORD. GAUSS BOAGA EST [m]	COORD. GAUSS BOAGA NORDEST [m]	QUOTA [m s.l.m.]
DPSH-P1	-9,00	28/07/2015	1514491.107	5041827.135	140.600
DPSH-P2	-9,00	28/07/2015	1514594.401	5041780.088	140.500
DPSH-P3	-8,70	28/07/2015	1514463.038	5041697.871	140.000
DPSH-P4	-9,60	28/07/2015	1514555.683	5041630.284	139.900
DPSH-P5	-8,70	28/07/2015	1514652.127	5041690.329	140.200
DPSH-P6	-9,00	28/07/2015	1514708.075	5041523.035	139.500

7.2.1 Descrizione dei mezzi utilizzati

Le prove penetrometriche dinamiche sono state realizzate mediante un penetrometro dinamico pesante (DPSH) montato su carro cingolato mod. Pagani TG 63, dalle seguenti caratteristiche tecniche:

- Peso massa battente: $M = 63,50\text{kg}$
- Altezza caduta libera: $H = 0,75\text{m}$
- Peso sistema battuta: $M_s = 0,63\text{kg}$
- Diametro punta conica: $D = 51,00\text{mm}$
- Area base punta conica: $A = 20,43\text{cm}^2$
- Lunghezza delle aste: $L_a = 1,00\text{m}$
- Peso aste per metro: $M_a = 6,31\text{kg}$

- Profondità giunzione I asta: $P1 = 0,40m$
- Avanzamento punta: $\delta = 0,20m$
- Numero di colpi punta: $N = N(20) \Rightarrow$ relativo ad un avanzamento di $20cm$

7.2.2 Descrizione delle attività eseguite

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi di 20 cm) misurando il numero di colpi N necessari.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii e la consistenza in generale del terreno.

In *Allegato 4* sono riportati i certificati relativi alle prove DPSH effettuate

7.3 Indagini di laboratorio geotecnico

Per quanto concerne le determinazioni geotecniche di laboratorio, n. 4 campioni prelevati nel corso dei sondaggi meccanici, sono stati conferiti, presso il laboratorio geotecnico, il quale ha provveduto alla realizzazione delle seguenti analisi e prove:

- *Analisi granulometriche per setacciatura per via umida condotta in accordo alle raccomandazioni AGI-1994 sulla frazione trattenuta al setaccio ASTM n. 200*
- *Analisi granulometrica per sedimentazione condotta in accordo alle raccomandazioni AGI-1994 sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 200*

In *Allegato 5* è presente copia dei certificati di prova relativi alle indagini di laboratorio realizzate, mentre di seguito vengono riportati in forma tabellare i risultati.

SONDAGGIO	CAMPIONE	PROFONDITÀ [m da p.c.]	PROFONDITÀ [m s.l.m.]	GHIAIA	SABBI	LIM	ARGILLA	LIMO +ARGILLA
				[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
CT-P1	CR1	2.00	138.99	50.0	35.0	13.8	1.2	15.0
	CR2	5.00	135.99	79.4	13.6			7.0
	CR3	10.00	130.99	49.9	34.1	14.0	2.0	16.0
	CR4	16.00	124.99	53.1	30.9			16.0
	CR5	18.00	122.99	50.0	44.8			5.2
	CR6	24.70	116.29	7.6	79.3			13.1
CT-S2	CR1	3.50	137.15	71.1	21.9			7.0
	CR2	6.00	134.65	65.8	26.7			7.5
	CR3	9.00	131.65	28.5	61.5			10.0
	CR4	13.60	127.05	43.2	39.8	14.5	2.5	17.0
	CR5	17.60	123.05	51.2	34.8	11.2	2.8	14.0
	CR6	23.00	117.65	51.5	39.0			9.5
	CR7	28.00	112.65	34.0	46.6	16.5	3.0	19.5
CT-S3	CR1	3.00	136.85	79.2	13.7			7.1
	CR2	6.00	133.85	69.5	21.5			9.0
	CR3	10.00	129.85	58.8	24.8	14.4	2.0	16.4
	CR4	15.00	124.85	64.8	22.0			13.2
	CR5	20.00	119.85	66.9	25.9			7.2
	CR6	24.60	115.25	45.0	33.2	18.3	3.5	21.8
CT-P4	CR1	4.00	135.54	45.7	36.8	15.0	2.5	17.5
	CR2	6.00	133.54	42.9	41.7			15.5
	CR3	10.00	129.54	42.6	40.9			16.5
	CR4	12.70	126.84	52.9	36.1			11.0
	CR5	16.40	123.14	21.5	53.0	22.5	3.0	25.5
	CR6	22.30	117.24	52.9	34.1			13.0

7.3.1 Descrizione delle prove di laboratorio eseguite

Analisi granulometrica per vagliatura

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno trattenuto al setaccio ASTM n° 200.

L'analisi granulometrica per vagliatura è stata eseguita per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore ai 300 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 100, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2" e 3". La quantità minima da sottoporre a prova è stata stabilita sulla base delle dimensioni massime dei granuli presenti in quantità significativa (non inferiore al 10%) secondo il seguente schema:

Massa minima da minimizzare	
Dimensione massima granuli	Massa minima campione
2 mm	200 g
10 mm	1000 g
15 mm	2000 g
40 mm	10000 g
60 mm	15000 g
70 mm	25000 g
100 mm	35000 g

Prima dell'esecuzione dell'analisi granulometrica si è proceduto a un controllo dell'integrità dei setacci, sostituendo immediatamente i setacci lesionati. Il campione sottoposto ad analisi, una volta essiccato e pesato, è stato immerso in acqua fino al completo distacco della frazione fine dai granuli e la completa disgregazione dei grumi, favorendo l'operazione mediante agitazione meccanica. Poi, evitando qualsiasi perdita di materiale, si è proceduto alle operazioni di setacciatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello molto morbido. Infine si è proceduto all'essiccazione in forno termostato a 105° e alla determinazione delle masse trattenute a ciascun setaccio.

Analisi granulometrica per sedimentazione

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno. L'analisi granulometrica per sedimentazione è stata condotta effettuando letture della densità e della temperatura di una sospensione, preparata con 50 gr di materiale passante al setaccio ASTM n° 200, 125 ml di soluzione disperdente (esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/L) e acqua distillata fino a ottenere un volume pari a 1000 ml, dopo 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480' e 1440' dal termine dell'agitazione preliminare. Le letture di densità dovranno essere effettuate con densimetro calibrato di tipo ASTM 151H o 152H. Per tutta la durata dell'analisi sono state evitate vibrazioni e movimenti dei cilindri di prova e eccessive variazioni di temperatura (a tale scopo si è utilizzata una vasca termostata a 20°).

7.4 Prove sismiche a onde di superficie

Le prove sismiche a onde di superficie sono prove non invasive, che tramite principi fisici differenti, consentono la ricostruzione del profilo verticale della velocità di propagazione delle Vs. Queste prove sono largamente utilizzate nella pratica professionale per la definizione della categoria di suolo tramite parametro V_{S30} , negli studi di Microzonazione Sismica (MS) e in quelli di Risposta Sismica Locale (RSL).

7.4.1 M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Questa tecnica attiva prevede la stesa di un array sismico le cui caratteristiche di acquisizione dipendono dall'interdistanza geofonica, dalla lunghezza, distanza sorgente - primo geofono e dalla frequenza di campionamento. Questa tecnica utilizza il carattere dispersivo delle onde superficie di Rayleigh, per il quale la velocità di fase non sono uguali a quelle del gruppo d'onda, quindi onde a lunghezze d'onda maggiori assumeranno velocità di propagazione rappresentative di profondità maggiori e viceversa. Infatti un onda di Rayleigh di lunghezza d'onda λ mobilita terreni alla profondità di circa $\lambda/2 - \lambda/3$. Le serie temporali multicanale ottenute sono state elaborate nel dominio frequenza-velocità di fase al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh. Le curve di dispersione sono ottenute dalla modellazione sismica manuale per il Fitting sugli spettri a contour.

7.5 Misure Passive a Stazione Singola (H.V.S.R.)

Questa tecnica è basata sulla misura del rumore sismico ambientale, il quale è principalmente composto da onde di superficie con attenuazione minore e ampiezza di moto maggiore rispetto alle onde di volume. Anche in condizione di quiete (assenza di sisma) le forzanti sismiche naturali e artificiali eccitano i corpi geologici alle proprie frequenze, registrabili tramite sensori a elevata sensibilità. *Nogoshi e Igarashi* per primi si accorsero che in corrispondenza della frequenza di risonanza delle onde s la componente verticale del moto subiva una rilevante diminuzione, determinando nel rapporto spettrale H/V un picco di risonanza. Per la semplice legge di riflessione multipla delle onde s, incidenti verticalmente dal basso verso l'alto in condizione di mono-strato su bedrock: $f=VS/4H$. Quindi la frequenza di risonanza del sito è direttamente proporzionale alla rigidità dei materiali e inversamente proporzionale al spessore del corpo in risonanza. E' intuitivo come vincolando due delle incognite presenti nella formula sia possibile ricavare il terzo parametro.

Per la caratterizzazione sismica del sito sono state eseguite n. 1 misure di rumore sismico ambientale in corrispondenza dei punti di sondaggio con durata di 20 minuti (suddivisi in fase di elaborazione in finestre d'analisi di 20 sec.) e frequenza di campionamento di 256 Hz.

Lo spettro H/V si ottiene a seguito di lisciamento dello spettro secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale e rimozione dei transienti sulla serie temporale H/V.

7.5.1 Risultati

In *Allegato 6* sono riportati gli spettri H/V ottenuti dalle indagini sismiche a stazione singola, con il relativo fitting dello spettro per la costruzione del profilo verticale delle Vs. Il profilo sismostratigrafico verticale è ottenuto tramite fitting congiunto degli spettri ottenuti dalle due differenti prove e permette di ricavare il parametro Vs30.

La combinazione delle tecniche di superficie a quelle di foro fornisce un elevato grado di affidabilità del risultato, integrato e validato tramite prove basate su principi fisici differenti.

Sono di seguito riportati i profili sismostratigrafici ottenuti dal fitting congiunto degli spettri di velocità e H/V ottenuti rispettivamente da prove M.A.S.W. e HVSR.

PROFONDITÀ (m da p.c.)	SPESSORE (m)	VELOCITÀ ONDE S (m/sec)
-1.1	1.1	150
-4.6	3.5	218
-7.5	2.9	332
-26.1	18.6	406
-39.6	13.5	457
-45.0	5.4	680

Sono di seguito riportati i valori di Vs30 ottenuti per i punti d'indagine tramite l'utilizzo di tecniche sismiche a onde di superficie e la categoria di suolo corrispondente, in funzione della quota di imposta delle fondazioni per i diversi interventi in progetto:

<i>PIANO FONDAZIONI (m da p.c.)</i>	<i>V_{S,EO} (m/s)</i>	<i>CAT. SOTTOSUOLO</i>
0	347	C
-5	412	B
-15	463	B

8 Modello geologico

La ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo indagato ed i parametri geotecnici indicati nel seguente capitolo, scaturiscono dall'analisi delle indagini in sito e prove di laboratorio geotecnico effettuate a supporto del progetto.

8.1 Facies stratigrafiche

Sulla base delle osservazioni effettuate sulle carote estratte in fase di indagine, i terreni indagati sono caratterizzati prevalentemente da coltri di origine alluvionale depositatisi a carico del torrente Seveso e caratterizzati da ghiaie con sabbia e da sabbia con ghiaia che risultano essere da mediamente addensati a molto addensati nella parte superiore fino alla profondità di 12/15 m per poi diventare mediamente addensati fino alle massime profondità indagate.

Da un punto di vista stratigrafico, tenendo conto della inevitabile eterogeneità delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti nell'intera area, è possibile distinguere 2 diverse facies che si succedono in modo sequenziale nel sottosuolo.

Le facies individuate sono:

- **RIPORTI SUPERFICIALI**

Da p.c. sino a circa 135.50 m s.l.m.

Si tratta di terreni costituiti da ciottoli di medie-grosse dimensioni depositatisi a carico del torrente Seveso, senza significativi apporti di materiali di origine antropica quali resti di laterizi, asfalto, ecc.

- **SABBIE E GHIAIE**

Rinvenute da circa 135.00m s.l.m. fino alle massime profondità indagate.

Questa unità è rappresentata da materiali variabili tra la ghiaia eterometrica con sabbia in matrice debolmente limosa a sabbia debolmente limosa inglobante ghiaia. A tratti si osserva la presenza di ciottoli.

8.2 Caratterizzazione geotecnica

I parametri geotecnici indicati nel seguente capitolo, scaturiscono dall'analisi delle prove in sito e prove di laboratorio geotecnico effettuate a supporto di tale progetto.

I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati, sono quelli estrapolati da vari abachi di correlazione consigliati da diversi autori (Skempton, 1986; Schmertmann, 1978; Terzaghi e Peck, 1948), dai quali si sono estrapolati i valori caratteristici

terreni assunti in modo moderatamente cautelativo, sulla base dell'intervento in progetto e dell'esperienza professionale maturata su terreni analoghi (Circolare Esplicativa NTC 2018 - C.6.2.2).

La parametrizzazione caratteristica dei terreni è esaminata nel seguito per ciascuna delle unità litologiche individuate.

RIPORTI SUPERFICIALI	
Peso di volume naturale (γ_n)	18-19 kN/m ³
Angolo di attrito mobilizzabile (ϕ')	28°-30°
Coesione mobilizzabile (c')	0 kPa
Modulo Elastico (E)	20-30 MPa
Coefficiente di Poisson (ν')	0,30

SABBIE E GHIAIE	
Densità relativa (D_R)	60-80%
Peso di volume secco (γ_d)	17-18 kN/m ³
Peso di volume saturo (γ_{tot})	20-21 kN/m ³
Peso di volume naturale (γ_n)	19-20 kN/m ³
Angolo di attrito mobilizzabile (ϕ')	36°-38°
Coesione mobilizzabile (c')	0-10 kPa
Modulo Elastico (E)	80-120 MPa
Coefficiente di Poisson (ν')	0,25-0,30

8.3 Piezometria

Per la definizione dei livelli di falda nella zona di progetto sono stati analizzati i dati storici derivanti da misure freaticometriche realizzate all'interno di piezometri rappresentativi selezionati nell'intorno dell'area oggetto di studio, i cui dati sono disponibili nel Sistema Informativo Ambientale della Regione Lombardia ed elencati nella seguente tabella.

ID PIEZOMETRO
0150860002
0150320001
0151462382
0151462383
0151461265

Sono inoltre state considerate le letture eseguite sui piezometri realizzati nei fori di Sondaggio CT-P1 e CT-P4 a partire da Luglio 2015 fino a Gennaio 2019, oltre che misure realizzate al termine dell'esecuzione delle indagini all'interno dei fori di sondaggio, nei punti CT-S3 e CT-S2, relativamente alla campagna di indagine del periodo Luglio-Settembre 2015.

ID SONDAGGIO	LIVELLO FALDA m s.l.m. (LUGLIO 2015)	SOGGIACENZA
CT-S2	130,50	10,15
CT-S3	124,27	15,58
CT-P1	125,50	15,66
CT-P4	123,88	15,50

Dalle misure effettuate, si evidenzia che il valore di soggiacenza rilevato all'interno del foro di sondaggio CT-S2 (-10,15 m da p.c.) possa essere considerato influenzato dagli effetti di infiltrazione dall'alveo del torrente Seveso

Si riporta di seguito il grafico con gli andamenti piezometrici complessivi considerati.

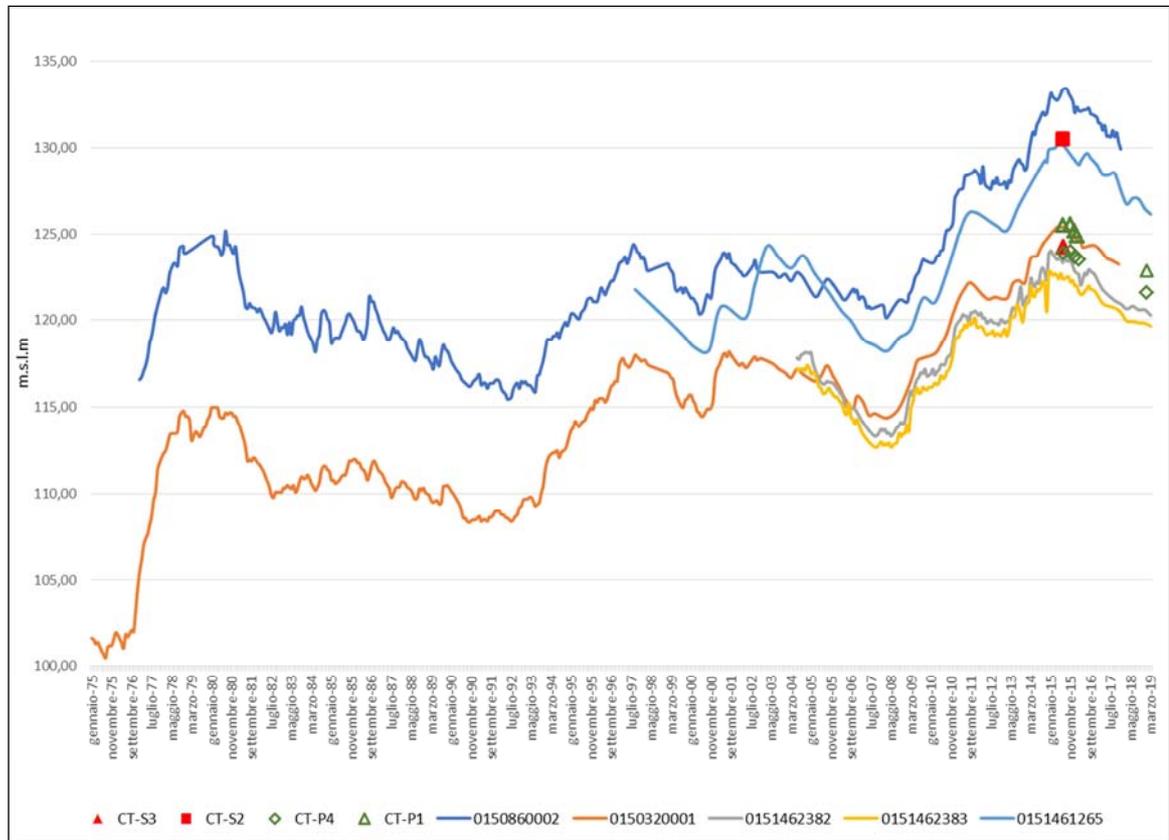


Figura 15: Andamento dei livelli di falda in m.s.l.m. per i piezometri considerati.

Dalla serie temporale Gennaio 1975-Marzo 2019, si osserva come il trend di innalzamento della falda a partire dal 2009 coinvolga tutti i punti di misura, con un picco raggiunto nel Giugno 2015 e a seguire un trend medio di diminuzione del livello piezometrico fin al 2019.

Le misure relative ai piezometri CT-P1 e CT-P4, rispettivamente a monte e a valle dell'area in progetto, risultano in linea con la diminuzione del livello medio registrato a partire da Luglio 2015, con valori di picco registrati nel Novembre 2015 pari a 123,98 m.s.l.m. (CT-P4) e 125,56 m.s.l.m. (CT-P1). Per quanto concerne le misure effettuate a fine sondaggio, quella effettuata nel punto CT-S2, pari a 130,50 m.s.l.m., risulta anomala per l'estrema vicinanza di quest'ultimo all'alveo del torrente Seveso e quindi per gli effetti di infiltrazione, mentre quella relativa al CT-S3 risulta essere in linea con i valori registrati in Luglio 2015 per i 2 piezometri realizzati nell'area in progetto.

L'andamento generale del livello piezometrico trova riscontro nella piezometria elaborata per il Comune di Milano da MM relativa al mese di marzo 2019.

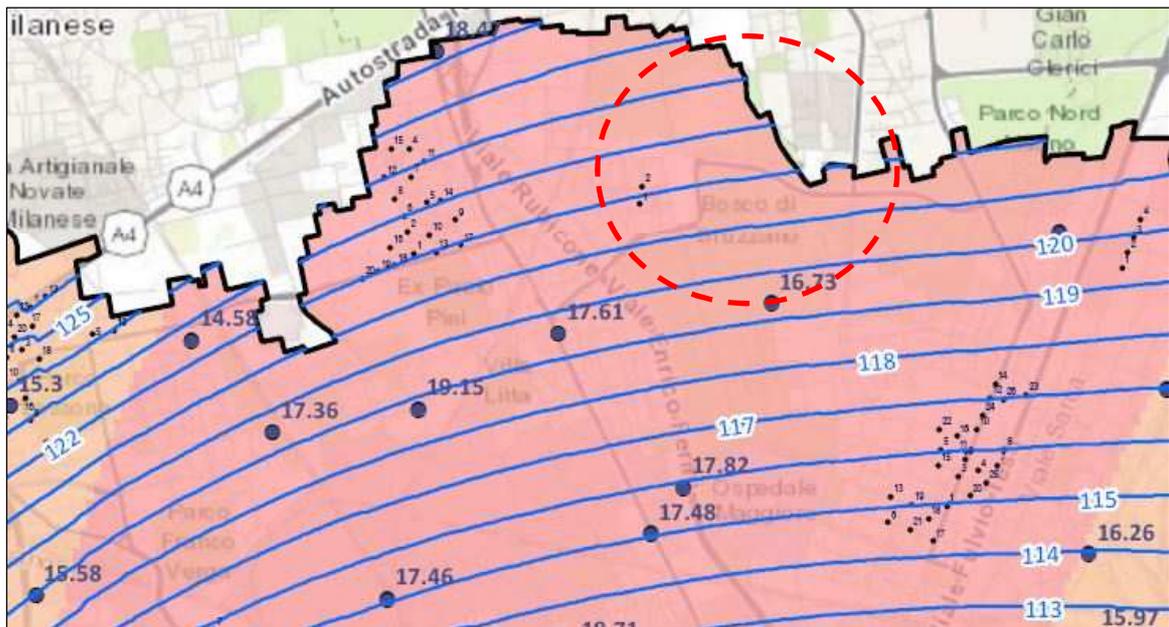


Figura 16: Piezometria media relativa al mese di Marzo 2019 per il comune di Milano. Elaborazione di MM (Metropolitane Milanesi). In rosso l'area di intervento.

Viste le precedenti considerazioni, i livelli di falda da utilizzare nella progettazione delle opere sono stati individuati con i seguenti criteri.

Livello della falda di riferimento:

è la falda a breve termine che si potrebbe registrare in fase di realizzazione dell'opera, in particolare per l'esecuzione di scavi e/o di opere di sostegno terra.

Sulla base dei dati disponibili (misurati in situ) il livello della falda di riferimento viene determinato incrementando a favore di sicurezza di 1.00 m la massima lettura registrata.

Nel caso specifico si assumono in particolare due livelli di falda di riferimento:

- Livello di falda ordinario presente lungo l'area: 126.50 m s.l.m.;
- Livello di falda locale nelle adiacenze dell'alveo del Seveso: 131.50 m s.l.m.;

Livello della falda di progetto:

è la falda a lungo termine che viene adottata per il dimensionamento delle strutture definitive. La falda di progetto viene definita per via indiretta assumendo i valori massimi raggiunti in passato nelle aree oggetto d'intervento.

Nel caso specifico si assumono in particolare due livelli di falda di progetto:

- Livello di falda ordinario presente lungo l'area: 130.50m s.l.m.;

- Livello di falda eccezionale per le verifiche del manufatto di scarico: 134.00m s.l.m.;

Il livello di falda eccezionale è un valore massimo cautelativo che mette al riparo il manufatto di scarico, fondamentale per la regolazione e successiva restituzione delle acque dall'invaso alla sede originaria del Seveso, in caso di possibili infiltrazioni provenienti dall'alveo del Seveso.

FALDA DI RIFERIMENTO [m s.l.m.]	FALDA DI PROGETTO [m s.l.m.]
126.50 - 131.50	130.50

Per la validazione dei livelli di falda indicati come riferimento per il progetto oggetto del presente studio, si ritiene di fondamentale importanza il prosieguo dell'attività di monitoraggio dei livelli idrici all'interno dei piezometri installati.

9 Vulnerabilità naturale degli acquiferi

La vulnerabilità intrinseca di un sito è legata alla componente naturale (funzione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio), mentre la pericolosità di un sito è legata alla componente antropica data dai fattori a rischio (attività inquinanti).

La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi in corrispondenza dell'area oggetto del presente studio, viene effettuata sulla base di quanto suggerito dal metodo DRASTIC (Aller et al.,1985), secondo cui il sito d'interesse viene classificato sulla base di 7 parametri che più significativamente condizionano le possibilità di evoluzione di un fenomeno di contaminazione delle acque sotterranee, mediante un indice di vulnerabilità.

DRASTIC è l'acronimo delle iniziali in lingua inglese dei sette parametri presi in esame:

- D** (depth water), profondità della falda;
- R** (recarge net), ricarica netta della falda;
- A** (acquifera media), tipo di acquifero;
- S** (soil media), tipo di suolo;
- T** (topography), inclinazione della superficie topografica;
- I** (impact of vadose zone media), impatto della zona aerata;
- C** (conductivity hydraulic), conducibilità idraulica.

A ciascuno dei parametri sopra citati viene attribuito un intervallo di punteggio da 1 a 10 (I = intensità), riportati nelle seguenti tabelle:

FATTORE D	
Profondità della falda (m)	Punteggio
0 - 1,5	10
1,5 - 4,5	9
4,5 - 9,0	7
9,0 - 15,0	5
15,0 - 22,5	3
22,5 - 30,0	2
> 30,0	1

FATTORE R	
Ricarica della falda (m)	Punteggio
0 - 50	1
50 - 100	3

100 - 175	6
175 - 250	8
> 250	9

FATTORE A	
Mezzo acquifero	Punteggio
Argilliti compatte	1 - 3
Rocce ignee inalterate	2 - 5
Rocce ignee alterate	3 - 5
Sequenze sottili sedimentarie	5 - 9
Arenarie compatte	4 - 9
Marne compatte	4 - 9
Ghiaie e sabbie	4 - 9
Basalti fratturati	2 - 10
Rocce carbonatiche	9 - 10

FATTORE S	
Tipo di suolo	Punteggio
Sottile o assente	10
Ghiaioso	10
Sabbioso	9
Torboso	8
Argilloso fessurato	7
Franco-sabbioso	6
Franco	5
Franco-limoso	4
Franco-argilloso	3
Franco a muck superficiale	2
Argilloso compatto	1

FATTORE T	
Inclinazione superficie topografica (%)	Punteggio
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
> 18	1

FATTORE I	
Mezzo aerato	Punteggio
Limi e argille	1 - 2
Argilliti	2 - 5
Marne	2 - 7
Arenarie	4 - 8
Stratificazioni sedimentarie	4 - 8
Ghiaie e sabbie miste a limi	4 - 8
Rocce ignee e metamorfiche	2 - 8
Ghiaie e sabbie	6 - 9
Basalti fessurati	2 - 10
Rocce carbonatiche	8 - 10

FATTORE C	
Conducibilità idraulica (cms-1)	Punteggio
$5,0^{-5} - 5,0^{-3}$	1
$5,0^{-5} - 1,5^{-2}$	2
$1,5^{-2} - 3,5^{-2}$	4
$3,5^{-2} - 5,0^{-2}$	6
$5,0^{-2} - 1,0^{-1}$	8
$> 1,0^{-1}$	10

Le intensità di questi sette fattori devono poi essere moltiplicate per un valore di peso (P) che varia in funzione dell'importanza qualitativa e quantitativa attribuita ad ogni fattore.

I pesi attribuiti sono i seguenti:

$$\mathbf{D} = 5$$

$$\mathbf{R} = 4$$

$$\mathbf{A} = 3$$

$$\mathbf{S} = 5$$

$$\mathbf{T} = 3$$

$$\mathbf{I} = 4$$

$$\mathbf{C} = 2$$

La sommatoria dei diversi prodotti di intensità (I) e pesi (P) è uguale ad un indice DRASTIC (ID) secondo la formula:

$$ID = \sum I \cdot P$$

attraverso il quale è possibile attribuire all'area in esame un valore numerico a cui corrispondente un certo grado di vulnerabilità intrinseca, come schematizzato nella tabella che segue:

CLASSE	DEFINIZIONE	RANGE
1	Minima	23 - 43
2	Estremamente bassa	44 - 64
3	Molto bassa	65 - 85
4	Bassa	86 - 106
5	Mediamente bassa	107 - 127
6	Mediamente alta	128 - 147
7	Alta	148 - 168
8	Molto alta	169 - 181
9	Estremamente alta	190 - 210
10	Massima	211 - 230

9.1 Analisi dei parametri e calcolo indice Drastic (ID)

La seguente tabella mostra schematicamente i parametri considerati per l'area d'intervento con l'attribuzione dei singoli valori di intensità (I) e peso (P) utilizzati per il calcolo dell'indice ID.

FATTORE	INTENSITÀ I	PESO P	I·P
D (depth water), profondità della falda	5	5	25
R (recharge net), ricarica netta della falda	4	4	16
A (acquifera media), tipo di acquifero	5	3	15
S (soil media), tipo di suolo	5	5	25
T (topography), inclinazione della superficie topografica	7	3	21
I (impact of vadose zone media), impatto della zona aerata	6	4	24
C (conductivity hydraulic), conducibilità idraulica	7	2	14
		ID	140

Dall'indice Drastic calcolato, è possibile attribuire all'area studio una classe di vulnerabilità definibile **mediamente alta**.

10 Studio di Amplificazione sismica di II livello (D.g.r. 22 Dicembre 2005, n.8/1566)

La procedura di cui al *punto 1.4.4 dell'Allegato B alla D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616 "Sintesi delle procedure"*, prevede l'applicazione di tre livelli di approfondimento sismico con grado di dettaglio crescente in funzione della zona sismica di appartenenza.

Sulla base della preliminare stima della pericolosità sismica locale di base e considerando che l'area in esame è classificata come zona Z4a, *l'Allegato 5 alla D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566* dispone un secondo livello di approfondimento semplificato.

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semi-quantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonizzare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

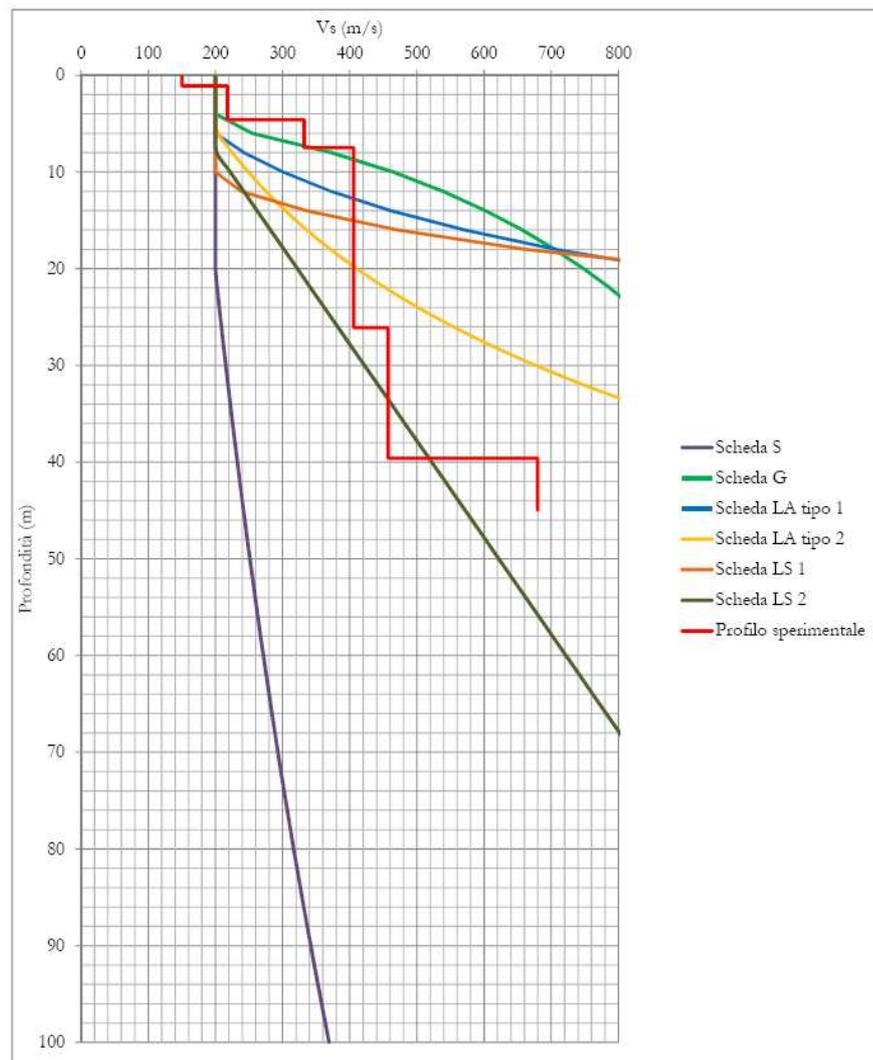
La valutazione degli effetti litologici di amplificazione sismica in ottemperanza *dell'Allegato 5 della D.G.R. n. 9/2616 del 30-11-11*. Il procedimento normato segue i seguenti passaggi:

- In accordo alla procedura regionale sono confrontati i profili verticali delle onde di taglio ottenuti dalle prove sismiche MASW e HVSR con le curve di riferimento stratigrafico fornite entro le schede del suddetto allegato. E' necessario considerare una scheda compatibile con la litologia riscontrata in sito e per la quale la curva Vs-Z è interamente compresa nel campo di validità.
- Successivamente si calcola, sulla base del profilo sismo-stratigrafico dalla quota considerata fino al raggiungimento del bed-rock sismico. Il periodo proprio del sito utilizzando la formula seguente:

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

- Si calcolano i Fattori di amplificazione (Fa) sulla base delle formule connesse alle curve selezionate in funzione dello schema sismo-stratigrafico e del T(s) calcolato.
- Infine si confrontano i valori di Fa con quelli di soglia previsti entro il PGT comunale. In caso di superamento è necessario adempiere le relative prescrizioni.

Sulla base del profilo delle onde s e dei risultati ottenuti dalle indagini geognostiche fornite dalla committenza è possibile considerare per la valutazione degli effetti stratigrafici la scheda della litologia sabbiosa (S), anche in funzione del profilo di velocità proposto, il quale rappresenta l'unica opzione per mantenere l'intero profilo entro il campo di validità.



Per la selezione delle curve di riferimento (1,2 o 3), che ai sensi dell'*Allegato 5 alla D.G.R. 22 dicembre 2005* è effettuata utilizzando la tabella *Profondità di primo strato (m) - Velocità del primo strato (m/s)*, sono necessarie delle considerazioni sismo-stratigrafiche relative al profilo Vs-Z ottenuto.

Infatti la suddetta tabella si basa sulla caratterizzazione del contrasto di impedenza (salto di velocità) che determina la principale amplificazione stratigrafica. I contrasti d'impedenza utili sono riscontrati alla profondità di 4.6 m da p.c. e alla profondità di 39.6 m da p.c., tuttavia considerando una profondità del piano posa minima per le opere in progetto di 5 m da p.c. è possibile considerare il contrasto di impedenza più superficiale, non produttore di effetti di amplificazione sismica sul sistema fondale trovandosi a quote maggiori.

Di seguito è riportata la tabella di selezione della curva per il calcolo dei fattori di amplificazione.

		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3													
	250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
	300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA							
	350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	NA	NA	NA					
	400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Il contrasto d'impedenza profondo determina, considerando una velocità equivalente di 350 m/s e uno spessore di 40 m, la selezione della curva 3 prevista per la scheda della litologia sabbiosa. Il modello sismo-stratigrafico utilizzato per il calcolo del periodo T (s) è il seguente:

.STRATO	SPESSORE	MATERIALE	VELOCITÀ Vs
1	1.1	Sabbie medio-fini limose Sabbie ghiaioso-limose Materiale di riporto	150 m/s
2	3.5	Litotipi prevalentemente sabbioso ghiaiosi	218 m/s
3	2.9	Litotipi prevalentemente sabbioso ghiaiosi	332 m/s
4	18.6	Litotipi prevalentemente ghiaioso sabbiosi	406 m/s
5	13.5	Litotipi prevalentemente ghiaioso sabbiosi	457 m/s
6	5.4	Litotipi prevalentemente ghiaioso sabbiosi	680 m/s

Il valore di periodo proprio risultante è pari a T=0.42 s.

Ai sensi della normativa tecnica NTC 2018 si riportano le categorie di suolo ottenute sulla base del parametro $V_{s,eq}$ (m/s), il quale è calcolato considerando differenti profondità del piano di posa delle fondazioni. Si ottengono dall'applicazione delle formule o dalla lettura del grafico, i valori di Fattore di Amplificazione Sismica per i due intervalli di periodo di interesse ingegneristico (0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s).

CAT. SOTTOSUOLO	SOGLIA (0.1 - 0.5)	SOGLIA (0.5 - 1.5)	Fa (0.1 - 0.5)	Fa (0.5 - 1.5)
B	1.4	1.7	1.15	1.68

Infine i valori dei Fattori di Amplificazione Sismica sono confrontati con i valori soglia fornita entro il PGT comunale (Carta delle aree a pericolosità Sismica Locale).

Nel caso di intervalli di periodo tra 0,1 e 0,5 s, che si riferiscono a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, si registrano valori di F_a inferiori alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia per suoli appartenenti alla categoria B. La normativa nazionale (*D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"*) è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia. Nel caso di intervalli di periodo tra 0,5 e 1,5 s, che si riferiscono a strutture più alte e più flessibili, si registrano valori di F_a inferiori alle soglie calcolate dalla Regione Lombardia, per suoli appartenenti alla categoria B. La normativa nazionale (*D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"*) è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuta alla litologia.

I Fattori di Amplificazione sismica F_a (0.1-0.5s) e F_a (0.5-1.5s) calcolati mediante metodologia fornita dall'Allegato 5 alla *D.G.R. 22 dicembre 2005* risultano inferiori alle soglie comunali previste per la categoria di suolo B. Per questi motivi non sono previste prescrizioni all'utilizzo dell'azione sismica prevista dalle NTC2018 per una categoria di suolo B.

11 Azione sismica di progetto (NTC 2018)

Nel presente paragrafo saranno forniti i parametri sismici necessari alla definizione dell'azione sismica di progetto, espressa in termini di spettri di risposta elastici semplificati relativi alla componente orizzontale e verticale del moto ai sensi delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17/01/18). Le opere relative al presente progetto sono state suddivise sulla base dell'importanza strategica e sono state loro assegnate opportune vite nominali (V_n) e classi d'uso (C_u) per la definizione dei differenti periodi di ritorno (T_r) relativi ai differenti stati limite previsti da normativa. Per la definizione dei parametri descritti la sismicità di base le NTC18 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL), i quali sono individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Gli stati limite di esercizio sono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza 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.

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC18, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando

vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale. Secondo le NTC18 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC18:

- a_g = accelerazione orizzontale massima;
- 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.

Per la definizione degli spettri di superficie, applicabili alla profondità del piano di posa, l'amplificazione stratigrafica e topografica è valutata mediante i relativi coefficienti ai sensi NTC-2018, i quali sono calcolati in funzione della categoria sismica di suolo e topografica assegnata. Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove sismiche a onde di superficie MASW e HVSR fornite dalla committenza, in funzione del parametro $V_{s,eq}$ (m/s) e dell'assetto geomorfologico dell'area, i terreni di fondazione del sito in esame sono classificabili come appartenenti alla categoria di suolo B e categoria topografica T1 definite entro le NTC2018.

Categoria B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"

Categoria T1: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ ".

11.1 Opere strategiche

Nel presente paragrafo sono forniti i parametri sismici per le definizioni degli spettri di risposta semplificati previsti ai sensi delle NTC2018 e i parametri per la definizione delle azioni sismiche pseudo-statiche per tutte le opere strategiche previste entro il presente progetto.

PARAMETRI SISMICI DI BASE

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.033	2.589	0.221
SLD	201	0.038	2.630	0.247
SLV	1898	0.070	2.750	0.311
SLC	2475	0.074	2.774	0.316

SITO IN ESAME	Coordinate WGS84			
	Lat. 45.5288010		Long. 9.1856794	
SITI DI RIFERIMENTO	1	12038	45.506700	9.142559
	2	12039	45.509230	9.213706
	3	11817	45.559170	9.210144
	4	11816	45.556630	9.138990
	1	12038	45.506700	9.142559
VITA NOMINALE VN	≥100			
CLASSE D'USO	IV Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti			
COEFFICIENTE D'USO CU	2			
VITA DI RIFERIMENTO VR= VN·CU	200			

SPETTRO DI RISPOSTA DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE DEL MOTO

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2	0.033	2.589	0.221	1.200	1.490	1.000	1.200	1.000	0.110	0.330	1.730	0.039	0.101
SLD	2	0.038	2.630	0.247	1.200	1.460	1.000	1.200	1.000	0.120	0.360	1.751	0.045	0.120
SLV	2	0.070	2.750	0.311	1.200	1.390	1.000	1.200	1.000	0.144	0.433	1.878	0.083	0.230
SLC	2	0.074	2.774	0.316	1.200	1.380	1.000	1.200	1.000	0.146	0.437	1.898	0.089	0.248

SPETTRO DI RISPOSTA DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE DEL MOTO

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2	0.033	2.589	0.221	1	1.490	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.008	0.021
SLD	2	0.038	2.630	0.247	1	1.460	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.010	0.026
SLV	2	0.070	2.750	0.311	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.025	0.068
SLC	2	0.074	2.774	0.316	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.076

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.039	0.045	0.083	0.089
kv	0.020	0.023	0.042	0.045
Amax [m/s ²]	0.384	0.446	0.819	0.876
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Coefficienti sismici per paratie

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.025	0.030	0.054	0.058
kv	--	--	--	--
Amax [m/s ²]	0.384	0.446	0.819	0.876
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.008	0.009	0.017	0.018
kv	0.004	0.005	0.008	0.009
Amax [m/s ²]	0.384	0.446	0.819	0.876
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Muri di sostegno (NTC 2018)

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.021	0.032	--
kv	--	0.011	0.016	--
Amax [m/s ²]	0.384	0.446	0.819	0.876
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti si scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.021	0.032	--
kv	--	0.011	0.016	--
Amax [m/s ²]	0.384	0.446	0.819	0.876
Beta	--	0.470	0.380	--

11.2 Opere ordinarie

Nel presente paragrafo sono forniti i parametri sismici per le definizioni degli spettri di risposta semplificati previsti ai sensi delle NTC2018 e i parametri per la definizione delle azioni sismiche pseudo-statiche per tutte le opere ordinarie previste entro il presente progetto.

PARAMETRI SISMICI DI BASE

Stato limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.019	2.556	0.160
SLD	50	0.024	2.538	0.188
SLV	475	0.049	2.653	0.279
SLC	975	0.059	2.692	0.299

SITO IN ESAME	Coordinate WGS84			
	Lat. 45.5288010		Long. 9.1856794	
SITI DI RIFERIMENTO	ID	Latitudine °	Longitudine °	
	1	12038	45.506700	9.142559
	2	12039	45.509230	9.213706
	3	11817	45.559170	9.210144
4	11816	45.556630	9.138990	
VITA NOMINALE V_N	≥50			
CLASSE D'USO	II Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti			
COEFFICIENTE D'USO C_U	1			
VITA DI RIFERIMENTO $V_R = V_N \cdot C_U$	50			

SPETTRO DI RISPOSTA DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE DEL MOTO

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0.019	2.556	0.160	1.200	1.590	1.000	1.200	1.000	0.085	0.254	1.674	0.022	0.057
SLD	1	0.024	2.538	0.188	1.200	1.540	1.000	1.200	1.000	0.097	0.290	1.694	0.028	0.072
SLV	1	0.049	2.653	0.279	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.132	0.397	1.795	0.059	0.155
SLC	1	0.059	2.692	0.299	1.200	1.400	1.000	1.200	1.000	0.140	0.419	1.835	0.071	0.190

SPETTRO DI RISPOSTA DELLA COMPONENTE VERTICALE DEL MOTO

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0.019	2.556	0.160	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.009
SLD	1	0.024	2.538	0.188	1	1.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.005	0.012
SLV	1	0.049	2.653	0.279	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.015	0.039
SLC	1	0.059	2.692	0.299	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.052

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.022	0.028	0.059	0.071
kv	0.011	0.014	0.029	0.039
Amax [m/s ²]	0.218	0.277	0.575	0.692
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Coefficienti sismici per paratie

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.018	0.038	0.046
kv	--	--	--	--
Amax [m/s ²]	0.218	0.277	0.575	0.692
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.004	0.006	0.012	0.014
kv	0.002	0.003	0.006	0.007
Amax [m/s ²]	0.218	0.277	0.575	0.692
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Muri di sostegno (NTC 2018)

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.013	0.022	--
kv	--	0.007	0.011	--
Amax [m/s ²]	0.218	0.277	0.575	0.692
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.013	0.022	--
kv	--	0.07	0.0011	--
Amax [m/s ²]	0.218	0.277	0.575	0.692
Beta	--	0.470	0.380	--

11.3 Opere provvisorie

Nel presente paragrafo sono forniti i parametri sismici per le definizioni degli spettri di risposta semplificati previsti ai sensi delle NTC2018 e i parametri per la definizione delle azioni sismiche pseudo-statiche per tutte le opere provvisorie previste entro il presente progetto.

PARAMETRI SISMICI DI BASE

Stato limite	TR [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.019	2.556	0.160
SLD	30	0.019	2.556	0.160
SLV	30	0.019	2.556	0.160
SLC	30	0.019	2.556	0.160

SITO IN ESAME	Coordinate WGS84			
	Lat. 45.5288010		Long. 9.1856794	
SITI DI RIFERIMENTO	ID	Latitudine °	Longitudine °	
	1	12038	45.506700	9.142559
	2	12039	45.509230	9.213706
	3	11817	45.559170	9.210144
4	11816	45.556630	9.138990	
VITA NOMINALE V_N	≥2			
CLASSE D'USO	I Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti			
COEFFICIENTE D'USO C_U	0.7			
VITA DI RIFERIMENTO $V_R = V_N \cdot C_U$	1.4			

SPETTRO DI RISPOSTA DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE DEL MOTO

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0.019	2.556	0.160	1.200	1.590	1.000	1.200	1.000	0.085	0.254	1.674	0.022	0.057
SLD	1	0.019	2.556	0.160	1.200	1.590	1.000	1.200	1.000	0.085	0.254	1.674	0.022	0.057
SLV	1	0.019	2.556	0.160	1.200	1.590	1.000	1.200	1.000	0.085	0.254	1.674	0.022	0.057
SLC	1	0.019	2.556	0.160	1.200	1.590	1.000	1.200	1.000	0.085	0.254	1.674	0.022	0.057

SPETTRO DI RISPOSTA DELLA COMPONENTE VERTICALE DEL MOTO

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0.019	2.556	0.160	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.009
SLD	1	0.019	2.556	0.160	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.009
SLV	1	0.019	2.556	0.160	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.009
SLC	1	0.019	2.556	0.160	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.003	0.009

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.022	0.022	0.022	0.022
kv	0.011	0.011	0.011	0.011
Amax [m/s ²]	0.218	0.218	0.218	0.218
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Coefficienti sismici per paratie

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.014	0.014	0.014
kv	--	--	--	--
Amax [m/s ²]	0.218	0.218	0.218	0.218
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.004	0.004	0.004	0.004
kv	0.002	0.002	0.002	0.002
Amax [m/s ²]	0.218	0.218	0.218	0.218
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Muri di sostegno (NTC 2018)

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.010	0.008	--
kv	--	0.005	0.004	--
Amax [m/s ²]	0.218	0.218	0.218	0.218
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.010	0.008	--
kv	--	0.005	0.004	--
Amax [m/s ²]	0.218	0.218	0.218	0.218
Beta	--	0.470	0.380	--

12 Giudizio di fattibilità

Alla luce delle considerazioni sopra riportate, della natura e delle caratteristiche degli interventi, i lavori in progetto risultano compatibili con la situazione geologica e morfologica dei luoghi e tali da non influire negativamente sulla stabilità delle aree.

Qualora nel corso dei lavori si verificassero condizioni anomale rispetto a quelle indicate nella presente relazione, sarà la Direzione Lavori ad optare per soluzioni diverse da quelle previste

Bologna, 10 Maggio 2019



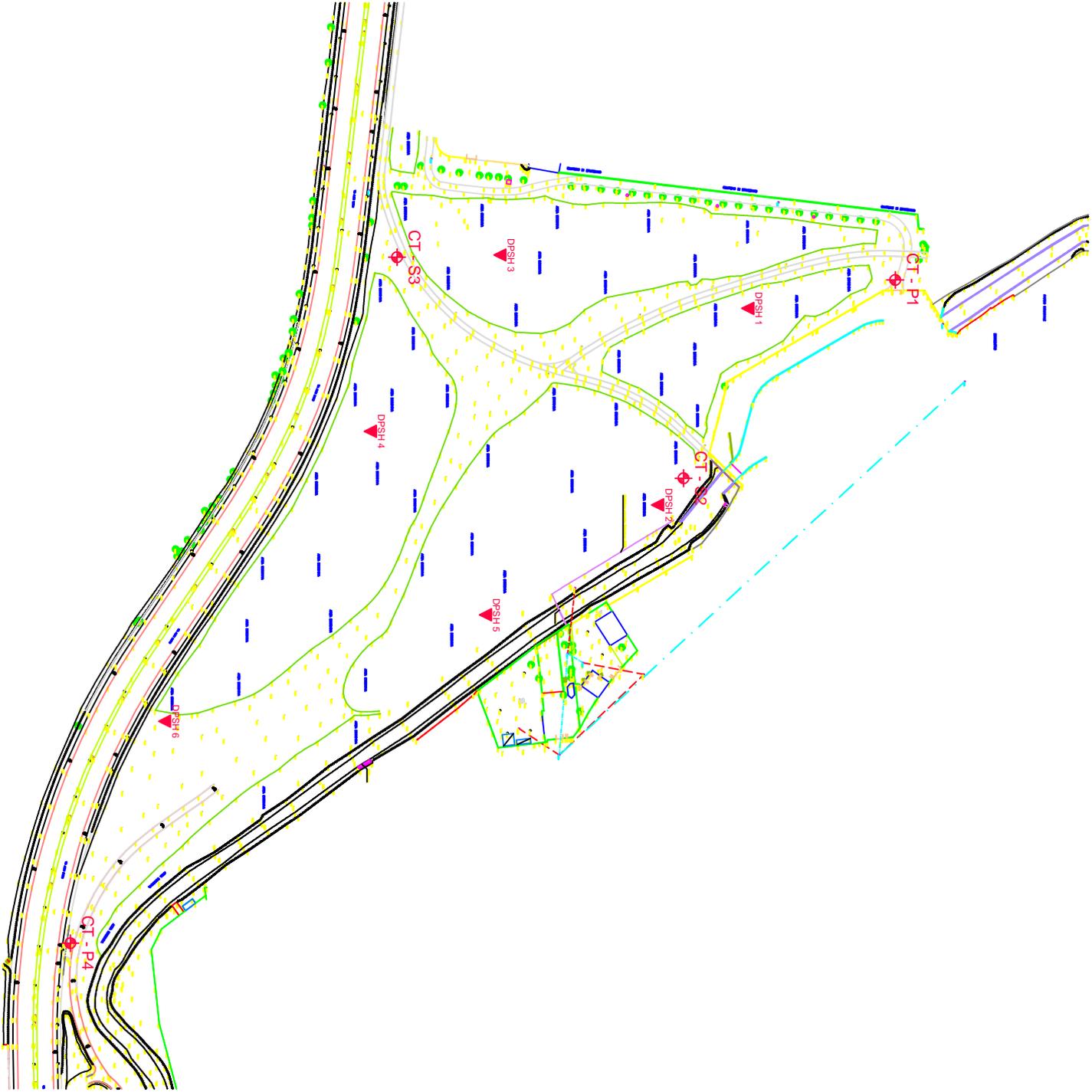
Matteo Mattioli

13 Elenco degli allegati a fine testo

ALLEGATI	68
Allegato 1 - Planimetria ubicazione indagini	69
Allegato 2 - Log stratigrafici	70
Allegato 3 - Prove Lefranc	71
Allegato 4 - Prove DPSH	72
Allegato 5 - Certificati prove di laboratorio geotecnico	73
Allegato 6 - Indagine geofisica	74
Allegato 7 - Sezioni litostratigrafiche	75

ALLEGATI

Allegato 1 - Planimetria ubicazione indagini



Allegato 2 - Log stratigrafici

SONDAGGIO: CT-P1

Committente: METROPOLITANA MILANESE
 Cantiere: Parco nord Milano
 Area: Bruzzano
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
 Data: 03-04/06/2015
 Sezione max. (mm): 152
 Sezione min. (mm): 131
 Profondità max (m): 25.00
 Strumentazione installata:
 Metodo di perforazione: carotaggio continuo
 Scala: 1:50
 Sonda BERETTA GEO T57



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
 tel. 081-5634520 fax. 5633970
 Prove in Sito Conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

LEGENDA

- Riporti
- Suolo agrario
- Ghiaie
- Sabbie
- Limi
- Argille
- Ghiaie sabbiose / Sabbie ghiaiose
- Sabbie limose / Limi sabbiosi
- Limi argillosi / Argille limose

Il Tecnico in Cantiere
 dr. geol. Gabriele Parvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni CR-Rimaneggiati	Lefranc	Piezometro 3"			
m	m	m											
1.00	1.00	1.00	Riporto: Terra bruna e laterizi, ghiaia e trovanti in matrice sabbiosa medio fine.	continuo	semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm							
	2.30	2.00	Sabbia medio-fine debolmente limosa marrone inglobante ghiaia fine poligenica sub-arrotondata.							1.50 5/8/10	2.00 CR1		
	3.30	3.00								1.95	2.40		
	4.00	4.00	Ciottoli (diam >131 mm) e ghiaia eterometrica sub-arrotondata e sub-angolare poligenica in matrice sabbioso media debolmente limosa grigia.							4.50			
	5.00	5.00								7/11/12	5.00 CR2		
	6.00	6.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa grigio-marrone con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata.							4.95	5.40		
	7.00	7.00								7.50			
	8.40	8.00								15/17/21			
	9.00	9.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa marrone con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata e rari ciottoli (diam > 131 mm).							7.95			
	10.00	10.00								10.00	10.00 CR3		
	11.00	11.00								10.50 16/16/20	10.40		
	12.00	12.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa grigia con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata e rari ciottoli (diam > 131 mm).				10.95						
	13.00	13.00					13.50						
	14.80	14.00					20/22/28						
	15.00	15.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa (localmente limosa) marrone-grigiastra con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata.				13.95						
	16.00	16.00					16.00	16.00 CR4					
	17.70	17.00					16.50 24/27/31	16.40					
	18.00	18.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa marrone inglobante rara ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata.				16.95						
	19.30	19.00					18.00	18.00 CR5	18.00 Lefr. 1				
	20.00	20.00					18.40	18.50					
							19.50						
							19/24/28						
							19.95						

Note:

Reg. Commessa: 215-15

SONDAGGIO: CT-P1
Committente: METROPOLITANA MILANESE
Cantiere: Parco nord Milano
Area: Bruzzano
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
Data: 03-04/08/2015
Sezione max. (mm): 152
Sezione min. (mm): 131
Profondità max (m): 25,00
Strumentazione installata:
Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Scala: 1:50
 Sonda Beretta T44

LEGENDA

- Riporti
- Suolo agrario
- Ghiaie
- Sabbie
- Limi
- Argille
- Ghiaie sabbiose /Sabbie ghiaiose
- Sabbie limose/Limi sabbiosi
- Limi argillosi/Argille limose

Il Tecnico in Cantiere
dr. geol. Gabriele Panvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni cfr. Rinnocaggiati	Lefranc	Piezometro 3"
m	m	m								
		21.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa (localmente limosa) marrone-grigiastra con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata e rari ciottoli (<131 mm).	continuo	semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm	22.50			
	4.50	22.00					14/17/21			
		23.00					22.95			
23.80		24.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa marrone inglobante rara ghiaia medio-fine poligenica sub-arrotondata.				25.00	CR6	24.70	25.00
	1.20	25.00					25.00		2	
25.00		25.00					20/20/21			25.00
		26.00					25.95			
		27.00								
		28.00								
		29.00								
		30.00								





ΠΕΤΡΟΠΟΛΙΤΣΑΝΑ ΠΙΛΛΕΣΣΕ ΡΑΡΣΟ ΝΟΑΔ-ΒΡΥΤΣΣΑ ΣΤ-ΡΑ Ο-5.00



TETROPULITAMA HILANESE TARCO NONI CRITIANO

1-11

500 1000



12.00
13.00
14.00
15.00
16.00
17.00
18.00
19.00
20.00
21.00
22.00
23.00
24.00
25.00
26.00
27.00
28.00
29.00
30.00
31.00
32.00
33.00
34.00
35.00
36.00
37.00
38.00
39.00
40.00
41.00
42.00
43.00
44.00
45.00
46.00
47.00
48.00
49.00
50.00
51.00
52.00
53.00
54.00
55.00
56.00
57.00
58.00
59.00
60.00
61.00
62.00
63.00
64.00
65.00
66.00
67.00
68.00
69.00
70.00
71.00
72.00
73.00
74.00
75.00
76.00
77.00
78.00
79.00
80.00
81.00
82.00
83.00
84.00
85.00
86.00
87.00
88.00
89.00
90.00
91.00
92.00
93.00
94.00
95.00
96.00
97.00
98.00
99.00
100.00

12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 20.00 21.00 22.00 23.00 24.00 25.00 26.00 27.00 28.00 29.00 30.00 31.00 32.00 33.00 34.00 35.00 36.00 37.00 38.00 39.00 40.00 41.00 42.00 43.00 44.00 45.00 46.00 47.00 48.00 49.00 50.00 51.00 52.00 53.00 54.00 55.00 56.00 57.00 58.00 59.00 60.00 61.00 62.00 63.00 64.00 65.00 66.00 67.00 68.00 69.00 70.00 71.00 72.00 73.00 74.00 75.00 76.00 77.00 78.00 79.00 80.00 81.00 82.00 83.00 84.00 85.00 86.00 87.00 88.00 89.00 90.00 91.00 92.00 93.00 94.00 95.00 96.00 97.00 98.00 99.00 100.00

CT-21 - 1000-1500





NETAGE JUTAN, ILIANDRE

PARCO MEO BAHANG CT-12

13-26-09



2012 21.02 21.02 21.02 21.02
PZBOMLITA X TILCANO AGO MAR - BRUJAS AGO CT-51 2012

SONDAGGIO: CT-P4
Committente: METROPOLITANA MILANESE
Cantiere: Parco nord Milano
Area: Bruzzano
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
Data: 28-30/07/2015
Sezione max. (mm): 152
Sezione min. (mm): 131
Profondità max (m): 25.00
Strumentazione Installata: carotaggio continuo
Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Scala: 1:50
 Sonda BERETTA GEO T57



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
 tel. 081-5634520 fax. 5633970
 Prove in Sito Conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

LEGENDA

- Riperti
- Suolo agrario
- Ghiaie
- Sabbie
- Limi
- Argille
- Ghiaie sabbiose /Sabbie ghiaiose
- Sabbie limose/Limi sabbiosi
- Limi argillosi/Argille limose

Il Tecnico in Cantiere
 dr. geol. Gabriele Parvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni CR=Runiniegliati	Leifrac	Piezometro 3"	
m	m	m									
1.50	1.50	1.00	Riporto: breccia e ghiaia in matrice sabbioso-limosa nocciola.	continuo	semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm	1.50				
1.50	1.60	2.00	Sabbia medio-fine limosa marrone inglobante ghiaia eterometrica poligenica sub angolare e sub-arrotondata.				4/8/9	1.95			
3.10	3.10	3.00	Ghiaia eterometrica sub-arrotondata poligenica in matrice sabbioso media debolmente limosa grigia.				4.00				
3.10	3.10	4.00					4.50				
6.20	6.20	5.00					20/16/32	4.50			
6.20	6.20	6.00					4.95	6.00			
7.40	7.40	7.00	Sabbia medio-fine debolmente limosa marrone inglobante ghiaia medio-fine poligenica sub-arrotondata.				6.30				
7.40	7.40	8.00	Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa fine-media debolmente limosa grigia.				7.50				
10.20	10.20	9.00					17/20/35	7.95			
10.20	10.20	10.00					10.00				
10.20	10.20	11.00	Sabbia medio-grossolana a debole legante limoso grigia inglobante rara ghiaia medio-fine poligenica arrotondata.				10.20				
13.30	13.30	11.00	Sabbia medio-grossolana a debole legante limoso grigia inglobante rara ghiaia medio-fine poligenica sub-arrotondata (presenza di rari livelli cm di limo sabbioso).	10.50							
13.30	13.30	12.00		17/30/23	10.95						
13.30	13.30	13.00		12.70							
16.20	16.20	14.00	Sabbia medio-grossolana a debole legante limoso marrone-grigiastra inglobante rara ghiaia medio-fine poligenica sub-arrotondata (presenza di rari livelli cm di limo sabbioso).	13.00							
16.20	16.20	15.00	Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa medio-grossolana a debole legante limoso marrone-grigiastra.	13.50							
16.20	16.20	16.00		24/34/30	13.95						
16.20	16.20	17.00		16.50							
19.40	19.40	18.00		30/31/28	16.40						
19.40	19.40	19.00		16.95	16.80						
19.40	19.40	19.00		19.50							
19.40	19.40	20.00		15/18/21	19.50						

Note:

Reg. Commessa: 215-15

SONDAGGIO: CT-P4
 Committente: METROPOLITANA MILANESE
 Cantiere: Parco nord Milano
 Area: Bruzzano
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
 Data: 22-23/06/2015
 Sezione max. (mm): 152
 Sezione min. (mm): 131
 Profondità max (m): 25.00
 Strumentazione installata: carotaggio continuo
 Metodo di perforazione: carotaggio continuo
 Scala: 1:50
 Sonda Baretta T44



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
 tel. 081-5634520 fax. 5633970
 Prove in Sito Conc. Min. LL.PP. N° 53363 dal 06.05.05

LEGENDA

- Riporti
- Argille
- Suolo agrario
- Ghiaie sabbiose /Sabbie ghiaiose
- Ghiaie
- Sabbie limose/Limi sabbiosi
- Sabbie
- Limi argillosi/Argille limose
- Limi

Il Tecnico in Cantiere
 dr. geol. Gabriele Panvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni CR-Rimanegeiati	Lefranc	Piezometro 3"
m	m	m								
25.00	5.60	21.00	Ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata in matrice sabbiosa medio-grossolana a debole legante limoso marrone-grigiastro.	continuo	semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm	22.50	22.30		
		22.00					16/14/18	CR6		
		23.00					22.95			
		24.00								
		25.00					25.00		24.50	
		26.00					18/21/20		2	
		27.00					25.95			
		28.00								
		29.00								
		30.00								
										25.00











10-15

15-20

20-25

25-30

30-35



20.0

21.0

23.0

24.0

25.0

24.0

23.0

21.0

20.0

SONDAGGIO: CT-S2
 Committente: METROPOLITANA MILANESE
 Cantiere: Parco nord Milano
 Area: Bruzzano
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
 Data: 30/07-01/08/2015
 Sezione max. (mm): 152
 Sezione min. (mm): 131
 Profondità max (m): 25.00
 Strumentazione installata:
 Metodo di perforazione: carotaggio continuo
 Scala: 1:50
 Sonda BERETTA GEO T57



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
 tel. 081-5634520 fax. 5633970
 Prove in Sito Conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

LEGGENDA

- Riporti
- Suolo agrario
- Ghiaie
- Sabbie
- Limi
- Argille
- Ghiaie sabbiose /Sabbie ghiaiose
- Sabbie limose/Limi sabbiosi
- Limi argillosi/Argille limose

Il Tecnico in Cantiere
 dr. geol. Gabriele Panvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni CR-Rimaneggiati	Leifrac	Piezometro 3"
m	m	m								
		1.00	Riporto: Terra bruna e laterizi, ghiaia e trovanti in matrice sabbiosa medio fine.							
	2.00	2.00								
		3.00					3.00			
		7.10	Ciottoli (diam >131 mm) e ghiaia eterometrica sub-arrotondata e sub-angolare poligenica in matrice sabbioso medio-grossolana debolmente limosa grigia.				16/26/32	3.50		
		5.00					3.45	CR1		
		7.10	Ghiaia eterometrica sub-arrotondata poligenica in matrice sabbioso medio-grossolana a debole legante limoso marrone-grigiastro.					4.00		
		6.00					6.00	6.00		
		7.00	Sabbia medio-grossolana a debole legante limosa marrone inglobante rara ghiaia medio-fine poligenica sub-arrotondata.				18/28/34	CR2		
		3.10					6.45	6.40		
		9.00					9.00	9.00		
		10.20					13/24/30	CR3		
		11.00	Ciottoli (diam >131 mm) e ghiaia eterometrica sub-arrotondata poligenica in matrice sabbioso medio-grossolana a debole legante limoso marrone-grigia.				9.45	940		
		12.00					12.00			
		3.10					26/33/42		12.50	
		13.00					12.45		Leif.	
		14.00							1	
		14.70							13.60	
		15.00	Ghiaia eterometrica sub-arrotondata poligenica in matrice sabbioso medio-grossolana debolmente limosa marrone-grigiastro.				15.00		CR4	
		16.00					23/30/32		14.00	
		17.00					15.45			
		18.00								
		18.00					18.00	CR5		
		19.00					18/23/22	1800		
		5.60					18.45			
		20.00								

Note:

Reg. Commessa: 215-15

SONDAGGIO: CT-S2
 Committente: METROPOLITANA MILANESE
 Cantiere: Parco Nord
 Area: Bruzzano
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
 Data: 30/07-01/08/2015
 Sezione max. (mm): 152
 Sezione min. (mm): 131
 Profondità max (m): 25.00
 Strumentazione installata:
 Metodo di perforazione: carotaggio continuo
 Scala: 1:50
 Sonda Beretta T44



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
 tel. 081-5634520 fax. 5633970
 Prove in Sito Conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

LEGGENDA

- Riperti
- Suolo agrario
- Ghiaie
- Sabbie
- Limi
- Argille
- Ghiaie sabbiose /Sabbie ghiaiose
- Sabbie limose/Limi sabbiosi
- Limi argillosi/Argille limose

Il Tecnico in Cantiere
 dr. geol. Gabriele Panvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni CR-Rimaneggiati	Lefranc	Piezometro 5"		
m	m	m										
22.00		21.00		continuo	semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm	21.00		20.50			
		22.00	Sabbia medio-grossolana a debole legante limosa grigia con ghiaia medio-fine poligenica sub-arrotondata.					19/21/23		2	21.00	
		23.00						21.45				
		24.00								23.00		
		25.00								CR6		
	1.60	26.00								23.40		
		27.00								24.00		
		28.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa (localmente limosa) grigia con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata.							16/20/20		
		29.00						24.45				
	1.60	30.00								27.00		
27.60		28.00					20/19/2		28.00			
		29.00					27.45		CR7			
		30.00					30.00		28.40			
30.00							18/23/22					
							30.45					

Note:

Reg. Commessa: 215-15





0100 - 50

ORILANSE

TARCO - NOAD - BRUHANES

CT-52

000 - 50



ORILANESE

PARCO NORD - BRUTTANO

CT-52

0.00

0.05

0.20

0.30

0.50

METROPOLITANA

TIRRENESE

PARCO NORD - BRUTTANO

CT-52

5.00 - 10.00



10 cm

11 cm

12 cm

15 cm

18 cm

ТЕΙΧΝΟΛΟΓΙΚΑ © ΠΙΣΤΩΣΗ ΟΡΓΑΝΟ ΛΟΓΟ - ΕΚΘΕΣΗ 2015



NICAPESSE

PARCO NORD - BRUGNANO

2452

19-15-09

0.00

1.00

2.00

3.00

4.00

0.00

1.00

2.00

3.00

4.00

DETINENTANA NICAPESSE

PARCO NORD - BRUGNANO

2452

19-15-09



19.00

21.00

21.90

23.00

23.50

TANA

TILAN SE

PARO ROAD - BUKIT AB

2020.05.25.00



TETRAPOLE MILANESI LAGO NORD - BRUGNANO CT 52



2.6m

2.4m

2.2m

2.0m

1.8m

2.6m

2.4m

2.2m

2.0m

1.8m

LAGO NORD - BRUGNANO CT 52 23.10.2005



SONDAGGIO: CT-S3
Comittente: METROPOLITANA MILANESE
Cantiere: Parco nord Milano
Area: Bruzzano
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
Data: 03-04/08/2015
Sezione max. (mm): 152
Sezione min. (mm): 131
Profondità max (m): 25.00
Strumentazione installata:
Metodo di perforazione: carotaggio continuo
Scala: 1:50
 Sonda BERETTA GEO T57



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
 tel. 081-5634520 fax. 5633970
 Prove in Sito Conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

LEGENDA

- Riporti
- Argille
- Suolo agrario
- Ghiaie sabbiose /Sabbie ghiaiose
- Ghiaie
- Sabbie limose/Limi sabbiosi
- Sabbie
- Limi argillosi/Argille limose
- Limi

Il Tecnico in Cantiere
 dr. geol. Gabriele Panvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni CR=Forme/leggiati	Lefranc	Piezometro 3"		
m	m	m										
2.00	2.00	1.00	Riporto: Terra bruna e laterizi, ghiaia e trovanti in matrice sabbiosa medio fine.	continuo	semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm	1.50					
		2.00					4/8/9					
		3.00	Ciottoli (diam >131 mm) e ghiaia eterometrica sub-arrotondata poligenica in matrice sabbioso-grossolana debolmente limosa grigia.				1.95					
		4.00					3.00					
		5.00					4.50					
7.10	7.10	6.00					25/31/33					
		7.00					4.95					
		8.00										
		9.00										
9.10	9.10	10.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa marrone con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata e rari ciottoli (diam > 131 mm).				6.00					
		11.00					3.10					
		12.00					7.50					
		13.00	Sabbia medio-grossolana a debole legante limoso marrone inglobante ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata.				21/24/28					
		14.00					2.00	7.95				
		15.00										
14.20	14.20	16.00	Sabbia medio-grossolana a debole legante limoso marrone inglobante ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata.				10.00					
		17.00					0.80	10.50				
		18.00					18/21/23					
15.00	15.00	19.00	Ciottoli (diam >131 mm) e ghiaia eterometrica sub-arrotondata poligenica in matrice sabbioso medio-grossolana debolmente limosa grigia.				10.95					
		20.00					2.80					
		21.00		13.50								
		22.00		19/19/20								
		23.00		13.95								
		24.00	Sabbia medio-grossolana debolmente limosa (localmente limosa) marrone con ghiaia eterometrica poligenica sub-arrotondata.									
17.80	17.80	25.00		5.60	15.00							
		26.00		CR4								
		27.00		15.40								
		28.00		16.50								
		29.00		23/25/29								
		30.00		16.95								
		31.00										
		32.00		18.00								
		33.00		Lefr. 1								
		34.00		18.50								
		35.00										
		36.00		19.50								
		37.00		20/24/27								
		38.00		19.95								

Note:

Reg. Commessa: 215-15

SONDAGGIO: CT-S3
 Committente: METROPOLITANA MILANESE
 Cantiere: Parco nord Milano
 Area:
 Coord. Gauss Boaga Est (m):
 Coord. Gauss Boaga Nord (m):
 Quota assoluta (m slm):
 Data: 22-23/06/2015
 Sezione max. (mm): 152
 Sezione min. (mm): 131
 Profondità max (m): 25.00
 Strumentazione installata:
 Metodo di perforazione: carotaggio continuo
 Scala: 1:50
 Sonda Beretta T44



Il Trav. Str. la S Anna alle Paludi 11-80142 Napoli
 tel. 081-5634520 fax. 5633970
 Prove in Sito Conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

LEGENDA

- Riporti
- Suolo agrario
- Ghiaie
- Sabbie
- Limi
- Argille
- Ghiaie sabbiose /Sabbie ghiaiose
- Sabbie limose/Limi sabbiosi
- Limi argillosi/Argille limose

Il Tecnico in Cantiere
 dr. geol. Gabriele Parvini

Profondità dal p.c.	Spessore strato	Scala metrica	Descrizione Litologica	Tipo di carotaggio	Carotiere	Rivestimento	SPT	Campioni CR=litomeglat	Lefranc	Piezometro 3"
m	m	m								
								20.00		
		21.00						20.40		
		22.00								
		23.00								
23.40								22.50		
		24.00					12/17/20			
			Ghiaia eterometrica sub-arrotolata poligenica in matrice sabbioso medio-grossolana da debolmente limosa a limosa grigia.	continuo	semplice Ø 131 mm	Ø 152 mm	22.95			
	1.60	25.00								
25.00								24.60	24.50	
								CR6	Lefr. 2	
		26.00						25.00		
								17/20/21		
		27.00						25.00		
								25.95		
		28.00								
		29.00								
		30.00								

Note:

Reg. Commessa: 215-15





PETA GOLTANA

PILAMBSE



TETRAPOLITANA

MILANESE

MICO LORO ORUTTANE

CT-26

S. 10-16.C



ΠΕΤΡΟΛΙΤΑΝΑ

ΠΙΛΛΗΣ

ΓΑΛΟ ΝΩΡΟ ΒΡΥΣΣΑΝ

CT-53

20-150





15.00

16.00

17.00

18.00

19.00

15.00

16.00

17.00

18.00

19.00

PETROPOLITANA FILIPINESE

PARK ROAD BRUNNEN

CT. 5 2.4 190-200



METROLYTRA

CLANES

TARCO ADP BRUNIA

ET

5.0

10.0

15.0

20.0

25.0

30.0

Allegato 3 - Prove Lefranc

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO VARIABILE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE
Sigla Perforo CT-P4

LOCALITA' Parco Nord Milano
Prova N° 1

Tratto in prova 19,00 19,50 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

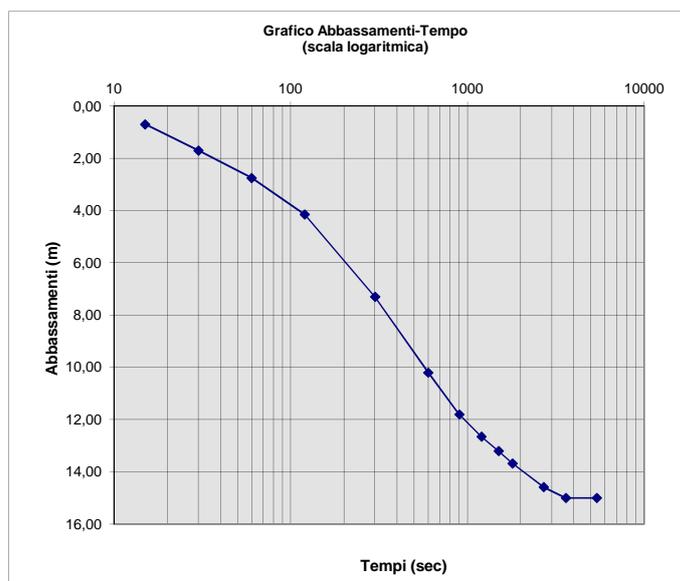
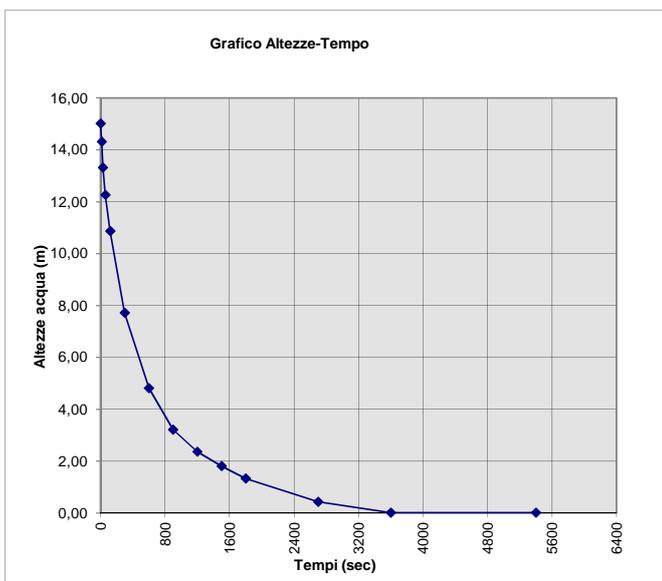
Profondità foro dal piano campagna (metri)	19,50
Livello statico falda dal p.c. (metri)	15,02
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	19,00
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	19,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezze H ₂ O rispetto alla falda(m)	Abbas.(m)	K (m/sec)	intervallo considerato	
					t ₁	t ₂
0	0	15,02	0,00	8,6E-05	0	15
15	0,25	14,32	0,70	1,3E-04	15	30
30	0,5	13,32	1,70	7,4E-05	30	60
60	1	12,27	2,75	5,4E-05	60	120
120	2	10,87	4,15	5,1E-05	120	300
300	5	7,72	7,30	4,2E-05	300	600
600	10	4,82	10,20	3,6E-05	600	900
900	15	3,22	11,80	2,8E-05	900	1200
1200	20	2,37	12,65	2,4E-05	1200	1500
1500	25	1,82	13,20	2,8E-05	1500	1800
1800	30	1,34	13,68	3,3E-05	1800	2700
2700	45	0,44	14,58	9,3E-05	2700	3600
3600	60	0,02	15,00	0,0E+00	3600	5400
5400	90	0,02	15,00		5400	7200

Formula per il calcolo della permeabilità

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

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
A=area di base del foro (mq)
h1-h2=altezza dell'acqua ai tempi t1 e t2 rispetto alla falda o al fondo foro
t1-t2=tempi corrispondenti ad h1 e h2
CI=coefficiente di forma
valori suggeriti:
per L>d= L
per L<d=1*3.14*d*L
L= lunghezza tratto di prova
d=diametro tratto di prova



ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE LOCALITA' Parco Nord Milano
 Sigla Perforo CT-P4 Prova N° 1

Tratto in prova 24,50 25,00 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

Profondità foro dal piano campagna (metri)	25,00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	15,03
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	24,50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,50
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	25,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50
Fattore di forma C _f	1,53

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
240	4	15,53	52,00	2,2E-01	2,2E-04	7,0E-05
480	8	15,53	107,00	2,2E-01	2,2E-04	7,2E-05
720	12	15,53	157,00	2,2E-01	2,2E-04	7,0E-05
960	16	15,53	208,00	2,2E-01	2,2E-04	7,0E-05
1200	20	15,53	259,00	2,2E-01	2,2E-04	6,9E-05
1500	25	15,53	309,00	2,1E-01	2,1E-04	6,6E-05
1800	30	15,53	364,00	2,0E-01	2,0E-04	6,5E-05
2100	35	15,53	415,00	2,0E-01	2,0E-04	6,3E-05
2400	40	15,53	465,00	1,9E-01	1,9E-04	6,2E-05
3000	50	15,53	515,00	1,7E-01	1,7E-04	5,5E-05
3600	60	15,53	566,00	1,6E-01	1,6E-04	5,0E-05

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K=Q/C_f * h * d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 Q=portata immessa (mc/s)
 C_f=coefficiente di forma (adimensionale)
 h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)
 d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma C_f "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE LOCALITA' Parco Nord Milano
 Sigla Perforo CT-P1 Prova N° 1

Tratto in prova 18,00 18,50 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

Profondità foro dal piano campagna (metri)	18,50
Livello statico falda dal p.c. (metri)	15,56
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	18,00
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	18,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50
Fattore di forma C_f	1,53

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
240	4	15,56	46,00	1,9E-01	1,9E-04	6,1E-05
480	8	15,56	44,00	9,2E-02	9,2E-05	2,9E-05
720	12	15,56	47,00	6,5E-02	6,5E-05	2,1E-05
960	16	15,56	48,00	5,0E-02	5,0E-05	1,6E-05
1200	20	15,56	49,00	4,1E-02	4,1E-05	1,3E-05
1500	25	15,56	47,00	3,1E-02	3,1E-05	1,0E-05
1800	30	15,56	46,00	2,6E-02	2,6E-05	8,2E-06
2100	35	15,56	45,00	2,1E-02	2,1E-05	6,9E-06
2400	40	15,56	48,00	2,0E-02	2,0E-05	6,4E-06
3000	50	15,56	48,00	1,6E-02	1,6E-05	5,1E-06
3600	60	15,56	47,00	1,3E-02	1,3E-05	4,2E-06

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K = Q / C_f * h * d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 Q=portata immessa (mc/s)
 C_f=coefficiente di forma (adimensionale)
 h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)
 d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma Cf "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE LOCALITA' Parco Nord Milano
 Sigla Perforo CT-P1 Prova N° 2

Tratto in prova 24,50 25,00 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

Profondità foro dal piano campagna (metri)	25,00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	15,56
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	24,50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,50
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	25,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50
Fattore di forma C _f	1,53

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
240	4	16,06	46,00	1,9E-01	1,9E-04	5,9E-05
480	8	16,06	44,00	9,2E-02	9,2E-05	2,8E-05
720	12	16,06	47,00	6,5E-02	6,5E-05	2,0E-05
960	16	16,06	48,00	5,0E-02	5,0E-05	1,6E-05
1200	20	16,06	49,00	4,1E-02	4,1E-05	1,3E-05
1500	25	16,06	47,00	3,1E-02	3,1E-05	9,7E-06
1800	30	16,06	46,00	2,6E-02	2,6E-05	7,9E-06
2100	35	16,06	45,00	2,1E-02	2,1E-05	6,6E-06
2400	40	16,06	48,00	2,0E-02	2,0E-05	6,2E-06
3000	50	16,06	48,00	1,6E-02	1,6E-05	5,0E-06
3600	60	16,06	47,00	1,3E-02	1,3E-05	4,0E-06

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K=Q/C_f * h * d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 Q=portata immessa (mc/s)
 C_f=coefficiente di forma (adimensionale)
 h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)
 d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma C_f "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE LOCALITA' Parco Nord Milano
 Sigla Perforo CT-S2 1 Prova N° 1

Tratto in prova 12,00 12,50 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

Profondità foro dal piano campagna (metri)	12,50
Livello statico falda dal p.c. (metri)	10,15
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	12,00
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	12,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50
Fattore di forma C_f	1,53

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
240	4	10,15	72,00	3,0E-01	3,0E-04	1,5E-04
480	8	10,15	142,00	3,0E-01	3,0E-04	1,5E-04
720	12	10,15	210,00	2,9E-01	2,9E-04	1,4E-04
960	16	10,15	280,00	2,9E-01	2,9E-04	1,4E-04
1200	20	10,15	351,00	2,9E-01	2,9E-04	1,4E-04
1500	25	10,15	420,00	2,8E-01	2,8E-04	1,4E-04
1800	30	10,15	492,00	2,7E-01	2,7E-04	1,3E-04
2100	35	10,15	562,00	2,7E-01	2,7E-04	1,3E-04
2400	40	10,15	632,00	2,6E-01	2,6E-04	1,3E-04
3000	50	10,15	700,00	2,3E-01	2,3E-04	1,1E-04
3600	60	10,15	769,00	2,1E-01	2,1E-04	1,0E-04

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K=Q/C_f * h * d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 Q=portata immessa (mc/s)
 C_f =coefficiente di forma (adimensionale)
 h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)
 d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma C_f "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE LOCALITA' Parco Nord Milano
 Sigla Perforo CT-S2 2 Prova N° 2

Tratto in prova 20,50 21,00 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

Profondità foro dal piano campagna (metri)	21,00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	10,15
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	20,50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,50
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	21,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50
Fattore di forma C _f	1,53

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
240	4	10,65	46,00	1,9E-01	1,9E-04	9,0E-05
480	8	10,65	44,00	9,2E-02	9,2E-05	4,3E-05
720	12	10,65	47,00	6,5E-02	6,5E-05	3,1E-05
960	16	10,65	48,00	5,0E-02	5,0E-05	2,3E-05
1200	20	10,65	49,00	4,1E-02	4,1E-05	1,9E-05
1500	25	10,65	47,00	3,1E-02	3,1E-05	1,5E-05
1800	30	10,65	46,00	2,6E-02	2,6E-05	1,2E-05
2100	35	10,65	45,00	2,1E-02	2,1E-05	1,0E-05
2400	40	10,65	48,00	2,0E-02	2,0E-05	9,4E-06
3000	50	10,65	48,00	1,6E-02	1,6E-05	7,5E-06
3600	60	10,65	47,00	1,3E-02	1,3E-05	6,1E-06

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K=Q/C_f * h * d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 Q=portata immessa (mc/s)
 C_f=coefficiente di forma (adimensionale)
 h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)
 d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma C_f "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE LOCALITA' Parco Nord Milano
 Sigla Perforo CT-S3 Prova N° 1

Tratto in prova 18,00 18,50 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

Profondità foro dal piano campagna (metri)	18,50
Livello statico falda dal p.c. (metri)	15,56
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	18,00
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,00
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	18,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50
Fattore di forma C_f	1,53

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
240	4	15,56	46,00	1,9E-01	1,9E-04	6,1E-05
480	8	15,56	44,00	9,2E-02	9,2E-05	2,9E-05
720	12	15,56	47,00	6,5E-02	6,5E-05	2,1E-05
960	16	15,56	48,00	5,0E-02	5,0E-05	1,6E-05
1200	20	15,56	49,00	4,1E-02	4,1E-05	1,3E-05
1500	25	15,56	47,00	3,1E-02	3,1E-05	1,0E-05
1800	30	15,56	46,00	2,6E-02	2,6E-05	8,2E-06
2100	35	15,56	45,00	2,1E-02	2,1E-05	6,9E-06
2400	40	15,56	48,00	2,0E-02	2,0E-05	6,4E-06
3000	50	15,56	48,00	1,6E-02	1,6E-05	5,1E-06
3600	60	15,56	47,00	1,3E-02	1,3E-05	4,2E-06

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K = Q / C_f * h * d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 Q=portata immessa (mc/s)
 C_f=coefficiente di forma (adimensionale)
 h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)
 d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma Cf "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

ELABORAZIONE
PROVA DI PERMEABILITA' - METODO LEFRANC - A CARICO COSTANTE

COMMITTENTE METROPOLITANA MILANESE LOCALITA' Parco Nord Milano
 Sigla Perforo CT-S3 Prova N° 2

Tratto in prova 24,50 25,00 m dal p.c.

materiale costituente il tratto in prova:
Sabbia ghiaia a deb legante limoso

Profondità foro dal piano campagna (metri)	25,00
Livello statico falda dal p.c. (metri)	15,56
Profondità rivestimento dal p.c. (metri)	24,50
Sporgenza testa tubo di rivestimento dal p.c. (metri)	0,50
Diametro tubo di rivestimento interno (mm)	152
Altezza colonna d'acqua (metri)	25,50
Diametro tratto del foro in prova (mm)	131
Lunghezza tratto in prova (m)	0,50
Fattore di forma C _f	1,53

Tempi (sec)	Tempo (min)	Altezza H ₂ O rispetto alla falda(m)	Acqua immessa (litri)	Portata immessa (l/s)	Portata immessa (mc/s)	K (m/s)
240	4	16,06	46,00	1,9E-01	1,9E-04	5,9E-05
480	8	16,06	44,00	9,2E-02	9,2E-05	2,8E-05
720	12	16,06	47,00	6,5E-02	6,5E-05	2,0E-05
960	16	16,06	48,00	5,0E-02	5,0E-05	1,6E-05
1200	20	16,06	49,00	4,1E-02	4,1E-05	1,3E-05
1500	25	16,06	47,00	3,1E-02	3,1E-05	9,7E-06
1800	30	16,06	46,00	2,6E-02	2,6E-05	7,9E-06
2100	35	16,06	45,00	2,1E-02	2,1E-05	6,6E-06
2400	40	16,06	48,00	2,0E-02	2,0E-05	6,2E-06
3000	50	16,06	48,00	1,6E-02	1,6E-05	5,0E-06
3600	60	16,06	47,00	1,3E-02	1,3E-05	4,0E-06

Formula per il calcolo della permeabilità

$$K=Q/C_f * h * d$$

K=coefficiente di permeabilità (m/sec)
 Q=portata immessa (mc/s)
 C_f=coefficiente di forma (adimensionale)
 h=altezza dell'acqua rispetto alla falda (m) (carico idraulico)
 d=diametro tratto di prova (m)

Fattore di forma C_f "filtro cilindrico terreno omogeneo" Horslev 1951; CIRIA Reports n°113,1986 (da Cestari 2005-Tanzini 2002)

Allegato 4 - Prove DPSH

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA D.P.S.H. (ISSMFE)

Committente: **Metropolitana Milanese**

Località: Parco Nord Milano

Data Prova 28/07/2015

Prova n.: **P 1**

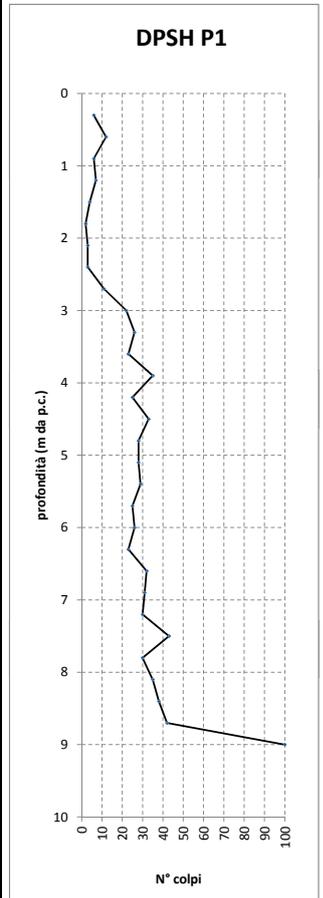
Profondità (m): 12,2

Tipo di penetrometro: TG 63-200

Prof. (m)	Numero colpi								
0,3	6								
0,6	12								
0,9	6								
1,2	7								
1,5	4								
1,8	2								
2,1	3								
2,4	3								
2,7	11								
3	22								
3,3	26								
3,6	23								
3,9	35								
4,2	25								
4,5	33								
4,8	28								
5,1	28								
5,4	29								
5,7	25								
6	26								
6,3	23								
6,6	32								
6,9	31								
7,2	30								
7,5	43								
7,8	30								
8,1	35								
8,4	38								
8,7	42								
9	100								

NOTE

Grafico Colpi / Profondità



TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto N° 54392 per Ingegneria
 e Prove Geotecniche Settori A e C

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA D.P.S.H. (ISSMFE)

Committente: **Metropolitana Milanese**

Località: Parco Nord Milano

Data Prova 28/07/2015

Prova n.: **P 2**

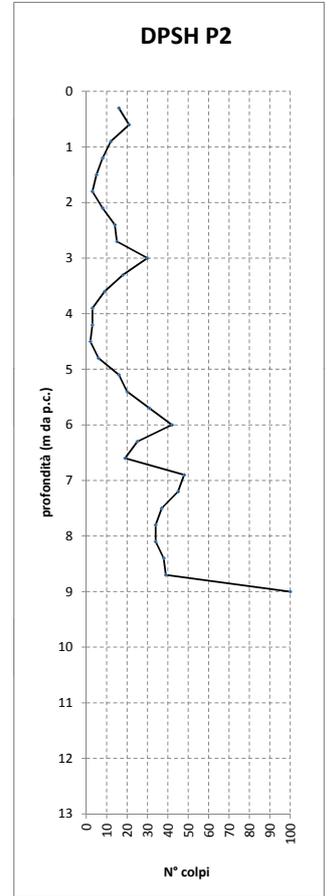
Profondità (m): 9

Tipo di penetrometro: TG 63-200

Prof. (m)	Numero colpi								
0,3	16								
0,6	21								
0,9	12								
1,2	8								
1,5	5								
1,8	3								
2,1	8								
2,4	14								
2,7	15								
3	30								
3,3	18								
3,6	9								
3,9	3								
4,2	3								
4,5	2								
4,8	6								
5,1	16								
5,4	20								
5,7	31								
6	42								
6,3	25								
6,6	19								
6,9	48								
7,2	45								
7,5	37								
7,8	34								
8,1	34								
8,4	38								
8,7	39								
9	100								

NOTE

Grafico Colpi / Profondità



TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art. 19 del D.P.R. 380/2001
con decreto N° 14398 per l'Industria
e Prove Geotecniche, Settori A e C

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA D.P.S.H. (ISSMFE)

Committente: **Metropolitana Milanese**

Località: Parco Nord Milano

Data Prova 28/07/2015

Prova n.: **P 3**

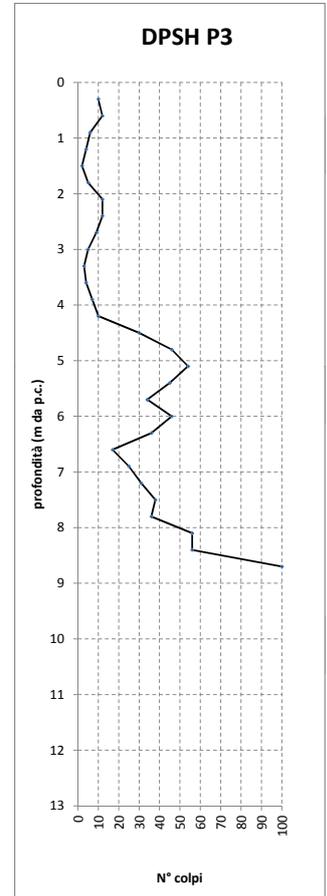
Profondità (m): 8,7

Tipo di penetrometro: TG 63-200

Prof. (m)	Numero colpi								
0,3	10								
0,6	12								
0,9	6								
1,2	4								
1,5	2								
1,8	5								
2,1	12								
2,4	12								
2,7	9								
3	9								
3,3	3								
3,6	4								
3,9	7								
4,2	10								
4,5	30								
4,8	46								
5,1	54								
5,4	45								
5,7	34								
6	46								
6,3	36								
6,6	17								
6,9	25								
7,2	31								
7,5	38								
7,8	36								
8,1	56								
8,4	56								
8,7	100								

NOTE

Grafico Colpi / Profondità



TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 29 del D.P.R. 380/2001
 con decreto N° 53363 per indagini
 e Prove Geotecniche Sottori A e C

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA D.P.S.H. (ISSMFE)

Committente: **Metropolitana Milanese**

Località: Parco Nord Milano

Data Prova 28/07/2015

Prova n.: **P 4**

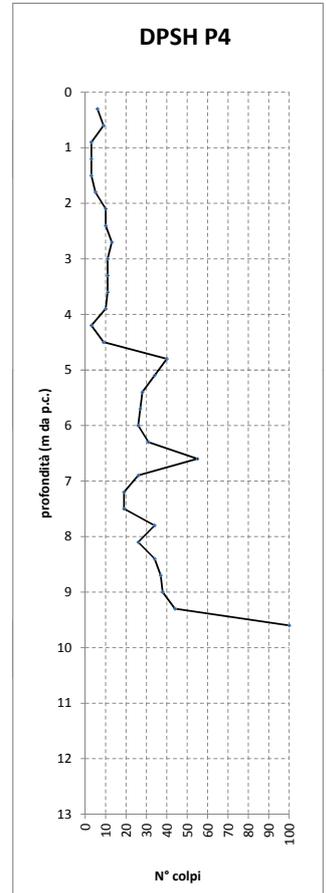
Profondità (m): 9,6

Tipo di penetrometro: TG 63-200

Prof. (m)	Numero colpi								
0,3	6	9,3	44						
0,6	9	9,6	100						
0,9	3								
1,2	3								
1,5	3								
1,8	5								
2,1	10								
2,4	10								
2,7	13								
3	11								
3,3	11								
3,6	11								
3,9	10								
4,2	3								
4,5	9								
4,8	40								
5,1	34								
5,4	28								
5,7	27								
6	26								
6,3	31								
6,6	55								
6,9	26								
7,2	19								
7,5	19								
7,8	34								
8,1	26								
8,4	34								
8,7	37								
9	38								

NOTE

Grafico Colpi / Profondità



TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art. 29 del D.P.R. 350/2001
con decreto N° 1433/04 per indagini
e Prove Geotecniche, Settori A e C

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA D.P.S.H. (ISSMFE)

Committente: **Metropolitana Milanese**

Località: Parco Nord Milano

Data Prova 28/07/2015

Prova n.: **P5**

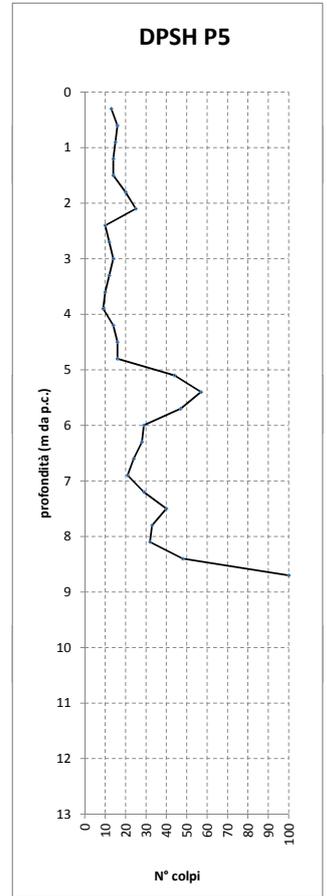
Profondità (m): 8,7

Tipo di penetrometro: TG 63-200

Prof. (m)	Numero colpi								
0,3	13								
0,6	16								
0,9	15								
1,2	14								
1,5	14								
1,8	20								
2,1	25								
2,4	10								
2,7	12								
3	14								
3,3	12								
3,6	10								
3,9	9								
4,2	14								
4,5	16								
4,8	16								
5,1	44								
5,4	57								
5,7	47								
6	29								
6,3	28								
6,6	24								
6,9	21								
7,2	29								
7,5	40								
7,8	33								
8,1	32								
8,4	48								
8,7	100								

NOTE

Grafico Colpi / Profondità



TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 15 del D.Lgs. 350/2001
 con decreto N° 54384 per indagini
 e Prove Geotecniche, Strutturali A e C

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA D.P.S.H. (ISSMFE)

Committente: **Metropolitana Milanese**

Località: Parco Nord Milano

Data Prova 28/07/2015

Prova n.: **P 6**

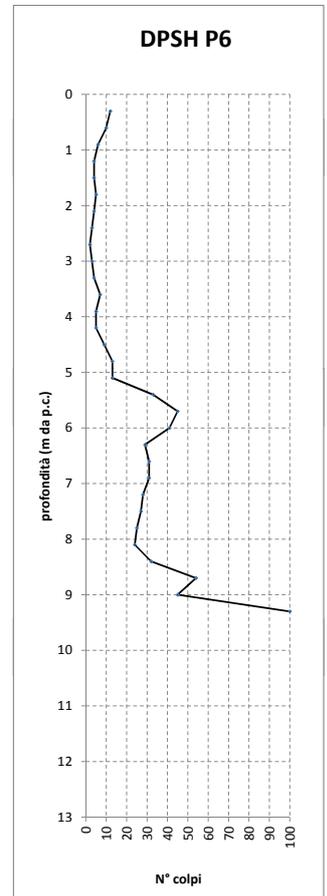
Profondità (m): 9,3

Tipo di penetrometro: TG 63-200

Prof. (m)	Numero colpi								
0,3	12	9,3	100						
0,6	10								
0,9	6								
1,2	4								
1,5	4								
1,8	5								
2,1	4								
2,4	3								
2,7	2								
3	3								
3,3	4								
3,6	7								
3,9	5								
4,2	5								
4,5	9								
4,8	13								
5,1	13								
5,4	33								
5,7	45								
6	41								
6,3	29								
6,6	31								
6,9	31								
7,2	28								
7,5	27								
7,8	25								
8,1	24								
8,4	32								
8,7	54								
9	45								

NOTE

Grafico Colpi / Profondità



TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 19 del D.P.R. 2462/2001
 con Raccom. N° 13353 per Ingegneri
 e Prove Geotecniche, settore A e C

***Allegato 5 - Certificati prove di laboratorio
geotecnico***



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL BINA
 ISO 9001

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 3987/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR1 Profondità (m): 4,00-4,50
 Sigla di laboratorio: T.1523/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

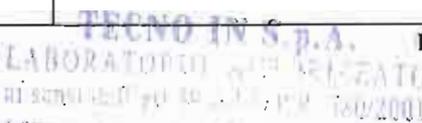
Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone chiaro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Aseccato Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
4,00-4,50		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Piricelli



Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 3988/15
Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15

Cantiere: Parco Nord Milano

Località: MILANO

Campione: CT-P4 CRI

Profondità (m): 4,00-4,50

Sigla di laboratorio T.1523/15

Data di inizio prova 06/08/2015

Data di emissione: 07/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

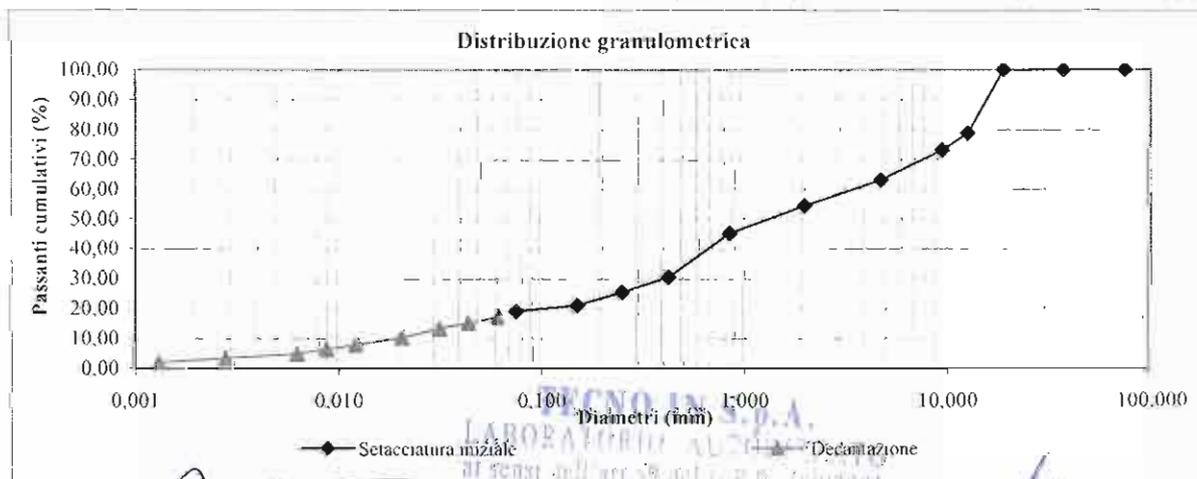
Setaccio	ASTM	mm	Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa - tara (g)	Percentuale passante (%)
			875,80	717,84	8,19		
3"		75,000				8,19	100,00
1 1/2"		37,500				8,19	100,00
3/4"		19,050				8,19	100,00
1/2"		12,700				193,05	78,69
3/8"		9,525				242,14	73,04
N 4		4,750				329,03	63,02
N 10		2,000				404,58	54,31
N 20		0,850				484,95	45,05
N 40		0,425				611,66	30,44
N 60		0,250				655,35	25,41
N 100		0,150				693,28	21,04
N 200		0,075				710,66	19,03

Decantazione

Massa iniziale secca (g) 50,2

Peso specifico dei granuli: 2,60

Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	l (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0190	26	-0,0005	1,0185	17,26	11,40	0,01291	0,062
1	1,0170	26	-0,0005	1,0165	15,28	11,95	0,01291	0,045
2	1,0150	26	-0,0005	1,0145	13,31	12,45	0,01291	0,032
5	1,0120	26	-0,0005	1,0115	10,35	13,25	0,01291	0,021
15	1,0095	26	-0,0005	1,0090	7,89	13,90	0,01291	0,012
30	1,0080	26	-0,0005	1,0075	6,41	14,30	0,01291	0,009
60	1,0065	26	-0,0005	1,0060	4,93	14,70	0,01291	0,006
310	1,0050	26	-0,0005	1,0045	3,45	15,10	0,01291	0,003
1440	1,0035	26	-0,0005	1,0030	1,97	15,50	0,01291	0,001



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giovanni Paolucci

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°:	123/15	del	04/08/2015	Commissa n°:	205/15
Committente:	Metropolitana Milanese				
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-P4 CR1			Profondità (m):	4,00-4,50
Sigla del laboratorio:	T.1523/15			Data di emissione:	07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti c	(-)
Grado di saturazione Sr	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm	(%)	2,50
Limo < 0,06 mm	(%)	15,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	36,81
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	45,69
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)	

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)	
Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e	kPa
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.P.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 11, P.R. 150/2001
 con decreto n. 3363 per Provs
 Geotecniche



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 3989/15
Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-P4 CR2 Profondità (m): 6,00-6,30
Sigla di laboratorio: T.1524/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa.

Forma: -
Lunghezza (cm): -
Colore: marrone

Stato del campione: rimaneggiato
Diametro "Φ" (cm): -
Odore: -

<p align="center">CONSISTENZA (Terreni coesivi)</p> <p>Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente</p>	<p align="center">ADDENSAMENTO (Terreni granulari)</p> <p>Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato</p>	<p align="center">CONDIZIONI DI UMIDITA'</p> <p>Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo</p>
<p align="center">PLASTICITA'</p> <p>Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico</p>	<p align="center">REAZIONE CON HCl</p> <p>Nulla Debole Alta</p>	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
6,00-6,30		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.39 del D.P.R. 30/02/2001
 con decreto n. 3300 per Prove
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

ANALISI GRANULOMETRICA

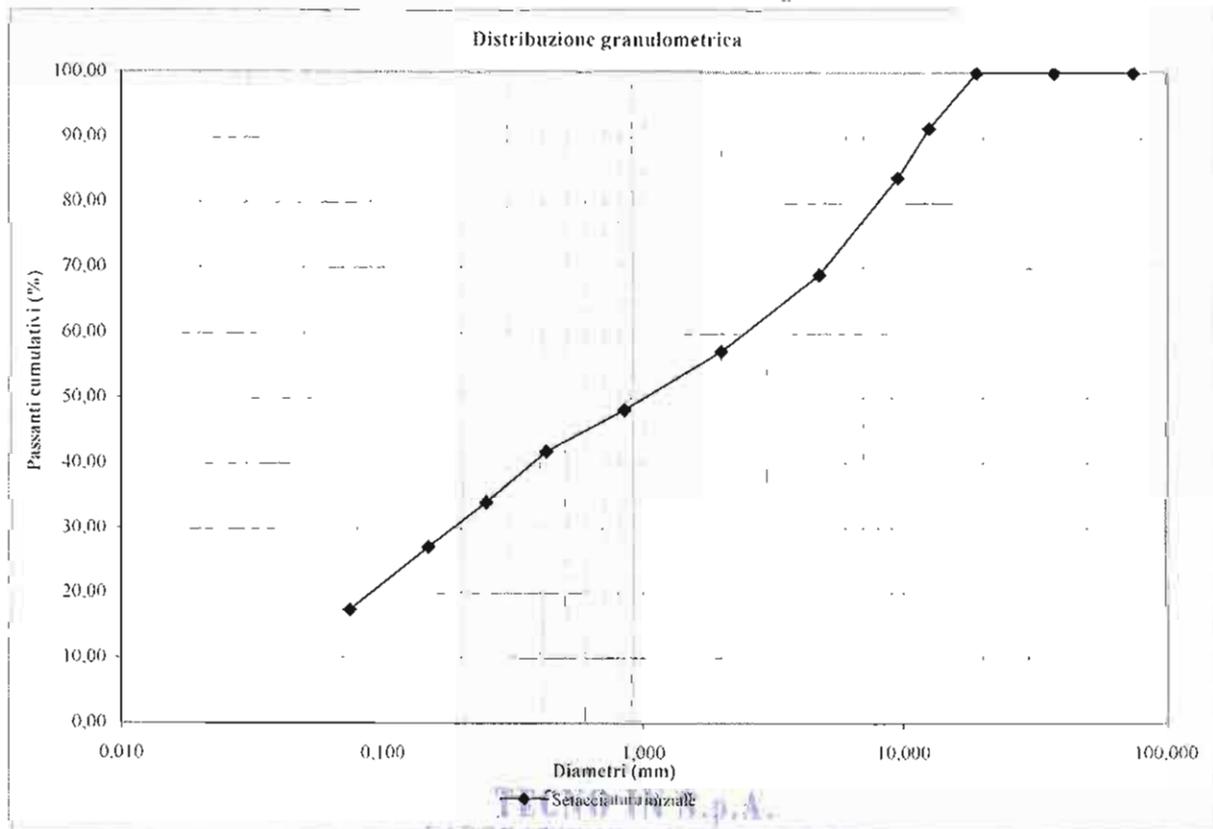
(ASTM D 422-98)

Foglio 1 di 1

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 3990/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR2 Profondità (m): 6,00-6,30
 Sigla di laboratorio T.1524/15 Data di inizio prova 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Massa secca iniziale (g)	759,82	Massa secca dopo lavaggio (g):	638,52
		Massa tara (g):	7,85
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
3"	75,000	7,85	100,00
1 1/2"	37,500	7,85	100,00
3/4"	19,000	7,85	100,00
1/2"	12,500	72,24	91,44
3/8"	9,500	129,72	83,79
N 4	4,750	241,96	68,87
N 10	2,000	330,06	57,15
N 20	0,850	397,30	48,21
N 40	0,425	445,32	41,82
N 60	0,250	504,20	33,99
N 100	0,150	556,04	27,10
N 200	0,075	629,28	17,36



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giovanni Pennelli

TECNODIN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
di prove ex art. 19 del D.P.R. 180/2001
con decreto (L. 513/03) per Prove
Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Lucio Amata

<u>Accettazione n°:</u>	123/15	del	04/08/2015	Commissa n°:	205/15
<u>Committente:</u>	Metropolitana Milanese				
<u>Cantiere:</u>	Parco Nord Milano				
<u>Località:</u>	MILANO				
<u>Campione:</u>	CT-P4 CR2			<u>Profondità (m):</u>	6,00-6,30
<u>Sigla del laboratorio:</u>	T.1524/15			<u>Data di emissione:</u>	07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione S_r	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	15,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	41,65
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	42,85
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)
Gruppo
Sotto gruppo
Indice di gruppo

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT _S 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C'D (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 al sensi dell'art. 5 del D.P.R. 180/2001
 con del. n. 10363 per Prove
 Geotecniche su terra

Acc. n°	123/15	del:	04/08/2015	Certificato n°:	3991/15
Committente:	Metropolitana Milanese			Commessa n°:	205/15
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-P4 CR3			Profondità (m):	10,00-10,20
Sigla di laboratorio:	T.1525/15	Data di prova:	04/08/2015	Data di emissione:	07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa.

Forma: - Stato del campione: rimangiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
10,00-10,20		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Paricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.M. 8/10/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

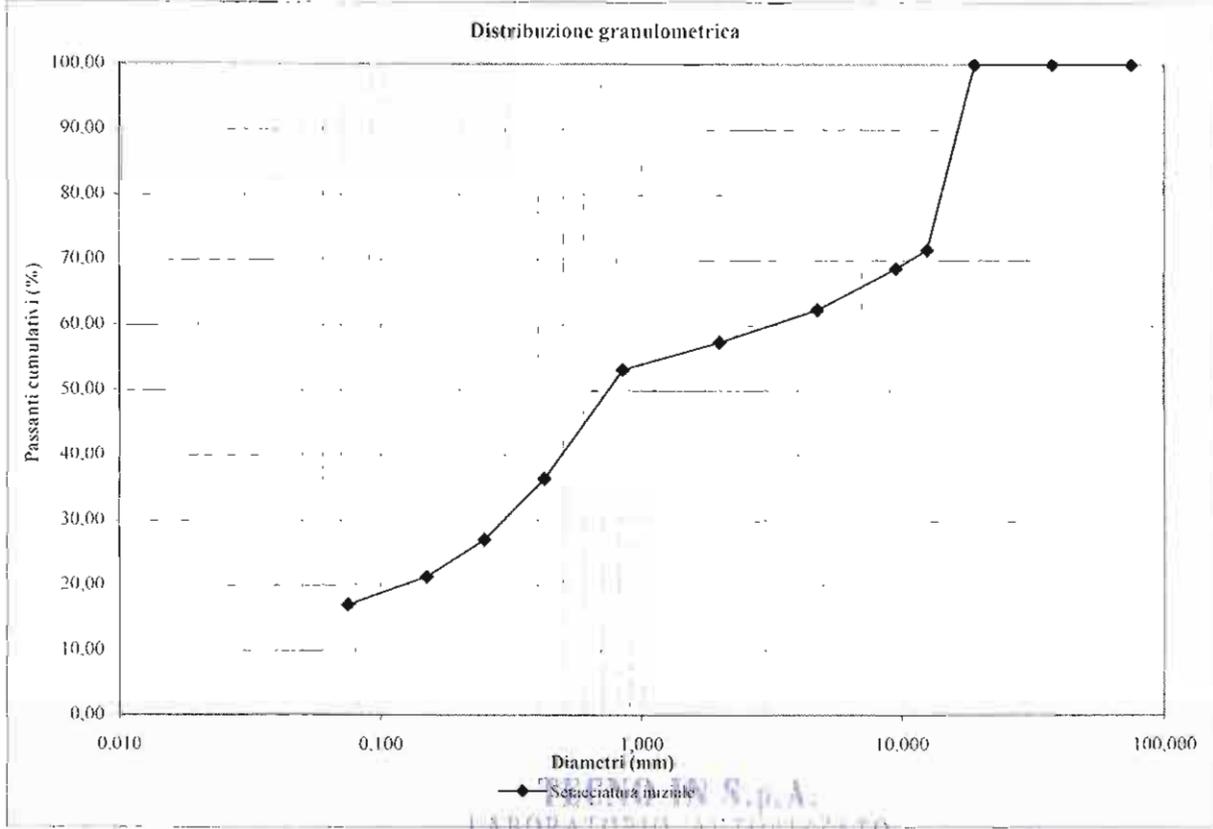
ANALISI GRANULOMETRICA
(ASTM D 422-98)

Foglio 1 di 1

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 3992/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR3 Profondità (m): 10,00-10,20
 Sigla di laboratorio: T.1525/15 Data di inizio prova: 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200
ASTM, 0,075 mm)**

Massa secca iniziale (g)	668,88	Massa secca dopo lavaggio (g)	559,93
		Massa tara (g)	7,78
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
3"	75,000	7,78	100,00
1 1/2"	37,500	7,78	100,00
3/4"	19,000	7,78	100,00
1/2"	12,500	195,89	71,55
3/8"	9,500	215,14	68,63
N. 4	4,750	256,70	62,35
N. 10	2,000	289,69	57,36
N. 20	0,850	317,55	53,14
N. 40	0,425	428,55	36,35
N. 60	0,250	489,97	27,06
N. 100	0,150	528,26	21,27
N. 200	0,075	556,62	16,98



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giovanni Patriaelli

TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art. 59 del D.Lgs. 180/2001
con Acc. 10/01/03 53363 per Prove
Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°:	123/15	del	104/08/2015	Commessa n°:	205/15
Committente:	Metropolitana Milanese				
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-P4 CR3			Profondità (m):	10,00-10,20
Sigla del laboratorio:	T.1525/15			Data di emissione:	07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione Sr	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	16,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	40,86
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	42,64
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità W_L	(%)
Limite di plasticità W_P	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)
Gruppo
Sotto gruppo
Indice di gruppo

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT ₅ 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coazione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coazione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coazione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coazione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 35 del D.P.R. 300/2001
 con decreto n. 3063 per Prove
 Geotecniche su terre



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
 (ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 123/15 del 04/08/2015 Certificato n° : 3993/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR4 Profondità (m): 12,70-13,00
 Sigla di laboratorio: T.1526/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, debolmente limosa.

Forma: - Stato del campione: rmaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
Privo di consistenza	Sciolto	Asciutto
Poco consistente	Poco addensato	Debolmente umido
Moderatamente consistente	Moderatamente addensato	Umido
Consistente	Addensato	Molto umido
Molto consistente	Molto addensato	Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
Non plastico	Nulla	
Poco plastico	Debole	
Mediamente plastico	Alta	
Molto plastico		

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
12,70-13,00		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Paricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO ACCREDITATO
 ai sensi dell'art. 35 del D.Lgs. 458/2001
 con decreto n. 23000 per Prove
 Geotecniche su Terzo

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

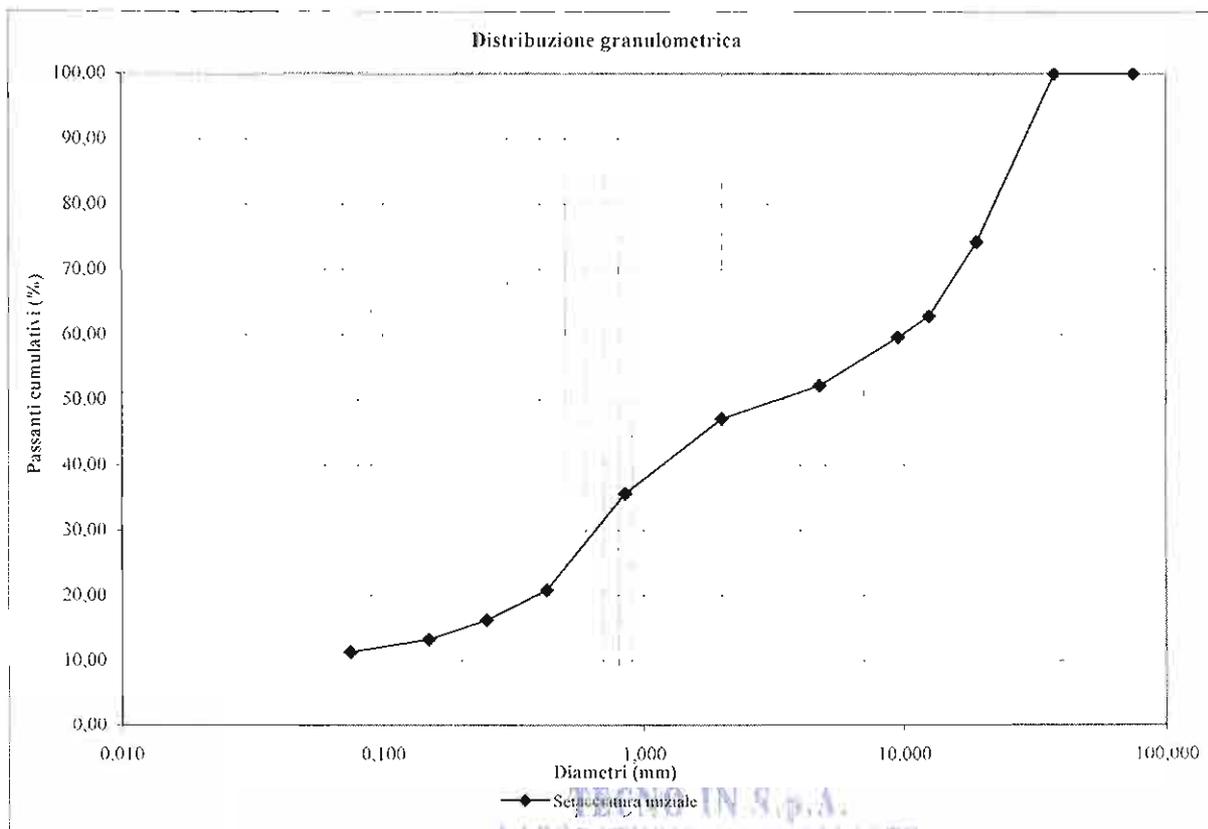
Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 3994/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR4 Profondità (m): 12,70-13,00
 Sigla di laboratorio T.1526/15 Data di inizio prova: 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Massa secca iniziale (g) 787,27 Massa secca dopo lavaggio (g) 703,22

Massa tara (g) 7,50

Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	7,50	100,00
11/2"	37,500	7,50	100,00
3/4"	19,000	208,42	74,23
1/2"	12,500	297,34	62,83
3/8"	9,500	322,53	59,60
N. 4	4,750	380,51	52,16
N. 10	2,000	419,87	47,12
N. 20	0,850	509,23	35,66
N. 40	0,425	624,80	20,84
N. 60	0,250	660,78	16,22
N. 100	0,150	684,03	13,24
N. 200	0,075	699,22	11,29



Il Sperimentatore
Dott. Girolamo Petricelli

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Carlo Lucio Amato

Accettazione n°: **123/15** del **04/08/2015** Commessa n°: **205/15**
 Committente: **Metropolitana Milanese**
 Cantiere: **Parco Nord Milano**
 Località: **MILANO**
 Campione: **CT-P4 CR4** Profondità (m): **12,70-13,00**
 Sigla del laboratorio: **T.1526/15** Data di emissione: **07/08/2015**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	---
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	---
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	---
Peso specifico dei granuli G	(-)	---
Porosità n	(%)	---
Indice dei vuoti e	(-)	---
Grado di saturazione S_r	(%)	---

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	11,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	36,12
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	52,88
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	---
Limite di plasticità WP	(%)	---
Indice di plasticità IP	(%)	---
Indice di consistenza IC	(-)	---

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)
CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo	---
Sotto gruppo	---
Indice di gruppo	---

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	---
Umidità ottimale	(%)	---

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità	(m/s)	---
--------------	-------	-----

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	---
Deformazione a rottura	(%)	---

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media	kPa	---
-------------	-----	-----

PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	---
Coesione efficace	kPa	---

PROVA TRIASSIALE C.L.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	---
Coesione efficace	kPa	---

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	---
Coesione (di picco)	kPa	---
Angolo di attrito interno (residuo)	°	---
Coesione (residuo)	kPa	---

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e e kPa	---	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	---
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	---
Permeabilità k	cm/sec	---
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec	---

TECNODIN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 al sensi del D.Lgs. n° 139/2001
 con decreto n° 1363 per Prove
 Geotecniche su terre

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 3995/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR5 Profondità (m): 16,40-16,80
 Sigla di laboratorio: T.1527/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da sabbia limosa, ghiaiosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

<p style="text-align: center;">CONSISTENZA (Terreni coesivi)</p> <p>Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente</p>	<p style="text-align: center;">ADDENSAMENTO (Terreni granulari)</p> <p>Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato</p>	<p style="text-align: center;">CONDIZIONI DI UMIDITA'</p> <p>Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo</p>
<p style="text-align: center;">PLASTICITA'</p> <p>Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico</p>	<p style="text-align: center;">REAZIONE CON HCl</p> <p>Nulla Debole Alta</p>	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
16,40-16,80		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Caricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO APERTURA E DESCRIZIONE
 APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
 con decreto n. 53363 per prove
 geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 3996/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR5 Profondità (m): 16,40-16,80
 Sigla di laboratorio: T.1527/15 Data di inizio prova: 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

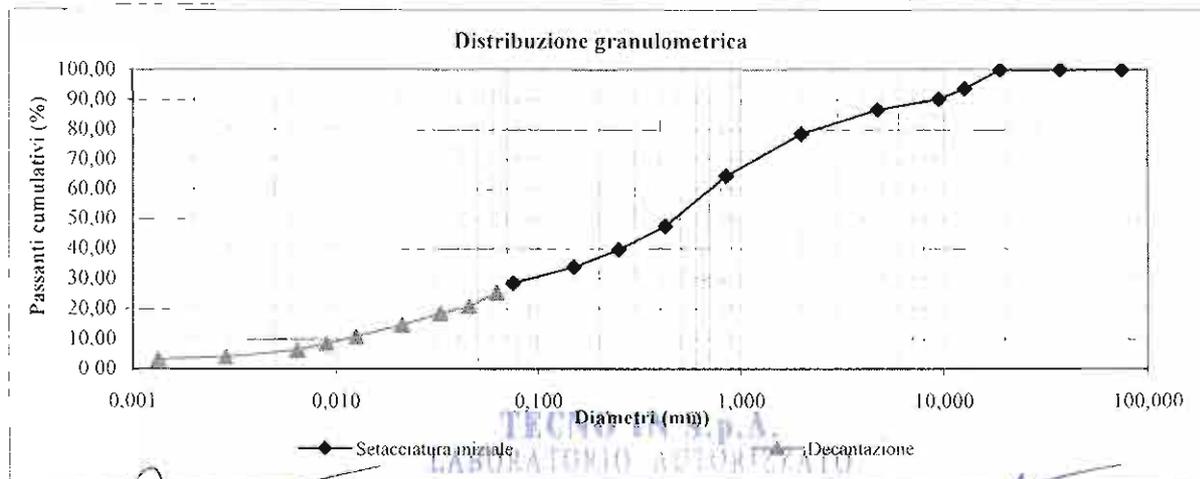
Massa secca iniziale (g):	727,92	Massa secca dopo lavaggio (g):	525,67
Setaccio		Massa tara (g):	7,60
ASTM	mm	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
3"	75,000	7,60	100,00
11/2"	37,500	7,60	100,00
3/4"	19,050	7,60	100,00
1/2"	12,700	52,87	93,72
3/8"	9,525	78,36	90,18
N. 4	4,750	104,10	86,60
N. 10	2,000	162,67	78,47
N. 20	0,850	264,71	64,31
N. 40	0,425	386,32	47,42
N. 60	0,250	442,52	39,62
N. 100	0,150	483,64	33,91
N. 200	0,075	522,67	28,49

Decantazione

Massa iniziale secca (g): 50,2

Peso specifico dei granuli 2,60

Tempo (min)	Letture al densimetro 151 II ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0180	26	-0,0005	1,0175	25,35	11,65	0,01291	0,062
1	1,0150	26	-0,0005	1,0145	20,74	12,45	0,01291	0,046
2	1,0135	26	-0,0005	1,0130	18,43	12,90	0,01291	0,033
5	1,0110	26	-0,0005	1,0105	14,59	13,55	0,01291	0,021
15	1,0085	26	-0,0005	1,0080	10,75	14,20	0,01291	0,013
30	1,0070	26	-0,0005	1,0065	8,45	14,55	0,01291	0,009
60	1,0055	26	-0,0005	1,0050	6,14	15,00	0,01291	0,006
310	1,0040	26	-0,0005	1,0035	3,84	15,35	0,01291	0,003
1440	1,0035	26	-0,0005	1,0030	3,07	15,50	0,01291	0,001



Lo Sperimentatore
Dot. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio
Dot. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°: 123/15 del 04/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR5 Profondità (m): 16,40-16,80
 Sigla del laboratorio: T.1527/15 Data di emissione: 07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm	(%)	3,00
Limo < 0,06 mm	(%)	22,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	52,97
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	21,53
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)
CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo _____
 Sotto gruppo _____
 Indice di gruppo _____

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità (m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

Cr media kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO C'D (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e	kPa
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNODIN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 al n. 111/03 del 08/01/2004 P.R. 180/2004
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI

Conc.Min.L.L.PP. N° 53363

del 06-05-05

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE

(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA ISO 9001

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n° : 3997/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR6 Profondità (m) : 22,30-22,60
 Sigla di laboratorio: T.1528/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, debolmente limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON IICI Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
22,30-22,60		Analisi granulometrica per vaghatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

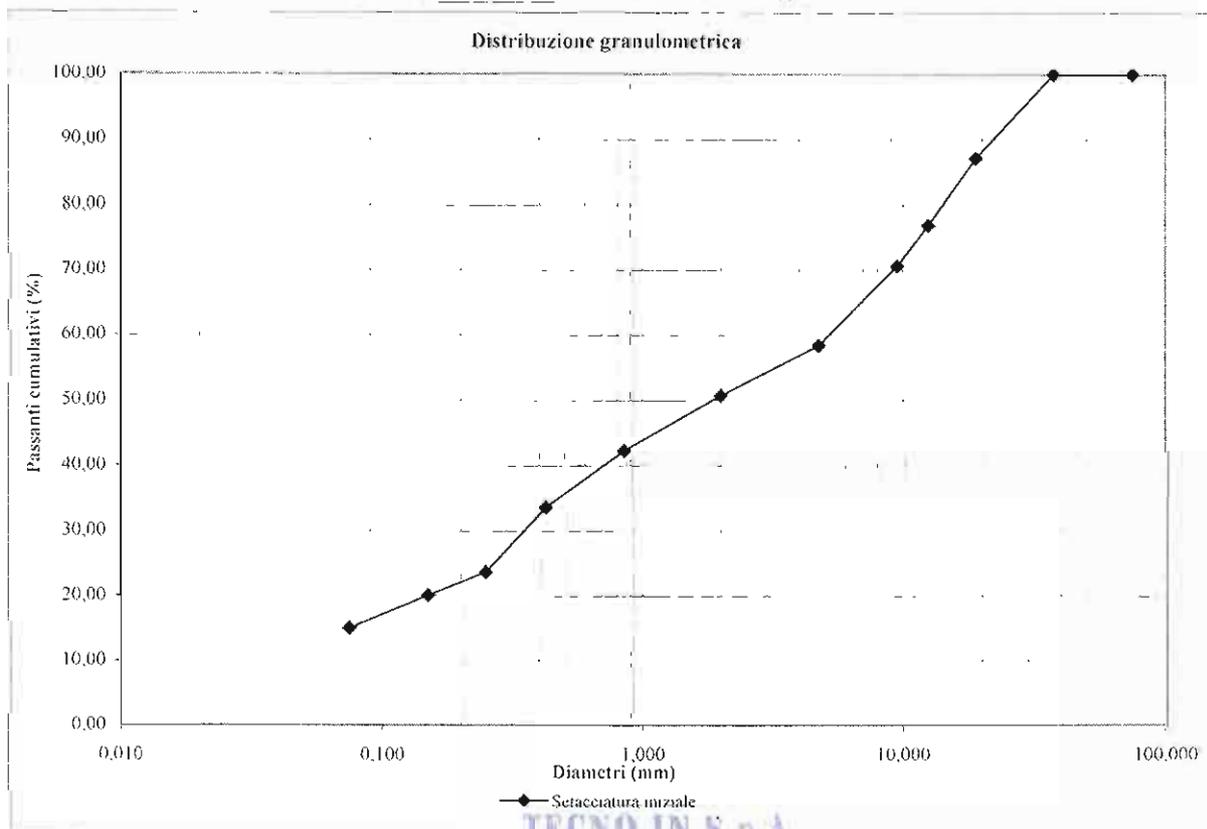
TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.Lgs. n. 46/2001
 con decreto n. 53103 del 11/09/2009
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Uccio Amato

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 3998/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P4 CR6 Profondità (m): 22,30-22,60
 Sigla di laboratorio: T.1528/15 Data di inizio prova: 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Massa secca iniziale (g)	605,57	Massa secca dopo lavaggio (g)	518,18
		Massa tara (g)	7,75
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
3"	75,000	7,75	100,00
1 1/2"	37,500	7,75	100,00
3/4"	19,000	84,81	87,11
1/2"	12,500	145,81	76,91
3/8"	9,500	183,50	70,60
N. 4	4,750	256,53	58,39
N. 10	2,000	302,38	50,72
N. 20	0,850	352,97	42,25
N. 40	0,425	404,81	33,58
N. 60	0,250	464,18	23,65
N. 100	0,150	485,78	20,04
N. 200	0,075	516,11	14,96



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giovanni Petrucci

TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art.59 del D.M. 18/01/2001
con decreto n. 53363 per Prova

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Pietro Amato

Accettazione n°: **123/15** del **04/08/2015** Commessa n°: **205/15**
 Committente: **Metropolitana Milanese**
 Cantiere: **Parco Nord Milano**
 Località: **MILANO**
 Campione: **CT-P4 CR6** Profondità (m): **22,30-22,60**
 Sigla del laboratorio: **T.1528/15** Data di emissione: **07/08/2015**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	---
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	---
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	---
Peso specifico dei granuli G	(-)	---
Porosità n	(%)	---
Indice dei vuoti e	(-)	---
Grado di saturazione Sr	(%)	---

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0.002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	13,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	34,12
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	52,88
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	---
Limite di plasticità WP	(%)	---
Indice di plasticità IP	(%)	---
Indice di consistenza IC	(-)	---

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo	---
Sotto gruppo	---
Indice di gruppo	---

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	---
Umidità ottimale	(%)	---

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità	(m/s)	---
--------------	-------	-----

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	---
Deformazione a rottura	(%)	---

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

Cu media	kPa	---
----------	-----	-----

PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	---
Coesione efficace	kPa	---

PROVA TRIASSIALE C.L.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	---
Coesione efficace	kPa	---

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	---
Coesione (di picco)	kPa	---
Angolo di attrito interno (residuo)	°	---
Coesione (residuo)	kPa	---

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e	kPa	---
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa ⁻¹	---
Modulo edometrico E _{ed}	Mpa	---
Permeabilità k	cm/sec	---
Coefficiente di consolidazione cv	cm ² /sec	---

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO CERTIFICATO
 RINA ISO 9001
 con decreto n. 103 del 03/03/2001
 Generevole su 12/15

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 3999/15
Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-S2 CR1 Profondità (m): 3,50-4,00
Sigla di laboratorio: T.1529/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia sabbiosa, debolmente limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITÀ Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITÀ Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON ICI Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
3,50-4,00		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 10 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prove Geotecniche su terreni

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°: 123/15 del 04/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR1 Profondità (m): 3,50-4,00
 Sigla del laboratorio: T.1529/15 Data di emissione: 07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione S_r	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	7,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	21,87
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	71,13
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)	

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)	
Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 al sensi dell'art. 29 del D.Lgs. n. 180/2001
 con decreto n. 53/08 per Prove
 Geotecniche su terra

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 4001/15
Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-S2 CR2 Profondità (m): 6,00-6,40
Sigla di laboratorio: T.1530/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia sabbiosa, debolmente limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
6,00-6,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

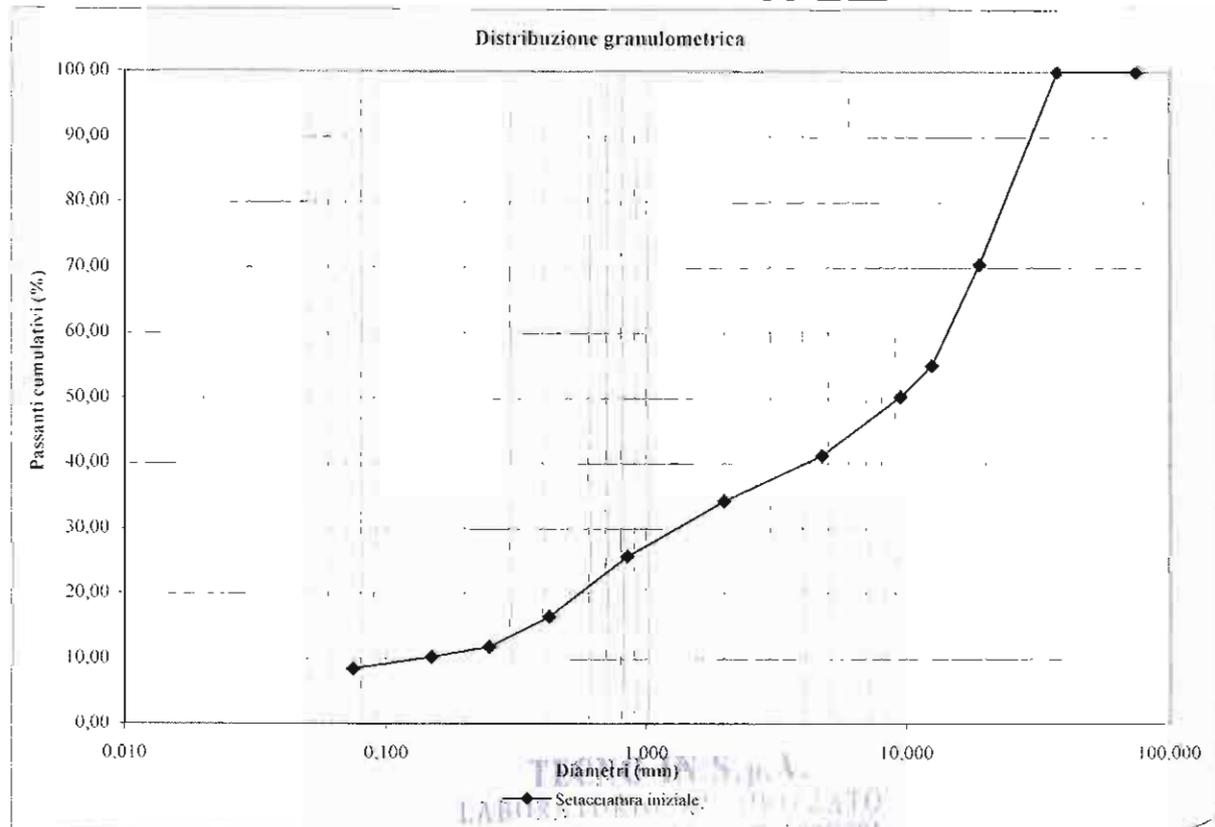
TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO CERTIFICATO
 Via S. Anna alle Paludi, n° 11, 80142 Napoli
 Tel.: 081.5634520 Fax: 081.5633970

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucia Amato

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 4002/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR2 Profondità (m): 6,00-6,40
 Sigla di laboratorio T.1530/15 Data di inizio prova 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200
ASTM, 0,075 mm)**

Setaccio		Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa - tara (g)	Percentuale passante (%)
AS FM	mm					
		845,00	776,79	7,70		
3"	75,000				7,70	100,00
1 1/2"	37,500				7,70	100,00
3/4"	19,000				255,15	70,45
1/2"	12,500				384,70	54,97
3/8"	9,500				424,14	50,26
N 4	4,750				499,99	41,21
N 10	2,000				558,52	34,21
N 20	0,850				629,77	25,71
N 40	0,425				707,96	16,37
N 60	0,250				746,26	11,79
N 100	0,150				759,37	10,23
N 200	0,075				774,54	8,42



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giuseppe Petrucci

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Luigi Amato

Accettazione n°: **123/15** del **04/08/2015** Commessa n°: **205/15**
 Committente: **Metropolitana Milanese**
 Cantiere: **Parco Nord Milano**
 Località: **MILANO**
 Campione: **CT-S2 CR2** Profondità (m): **6,00-6,40**
 Sigla del laboratorio: **T.1530/15** Data di emissione: **07/08/2015**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m^3)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m^3)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Lino < 0,06 mm	(%)	7,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	26,71
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	65,79
Ciotoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)
CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo _____
 Sotto gruppo _____
 Indice di gruppo _____

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT₅ 69)

Densità secca massima	(kN/m^3)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità _____ (m/s)

PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media _____ kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

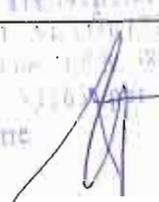
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e	kPa
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa^{-1}
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm^2/sec

LABORATORIO TECNODIN
 Via ... 20130
 Geotecnica su terra


Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 4003/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR3 Profondità (m): 9,00-9,40
 Sigla di laboratorio: T.1531/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da sabbia con ghiaia, debolmente limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturato
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
9,00-9,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. *Giovanni Patricelli*

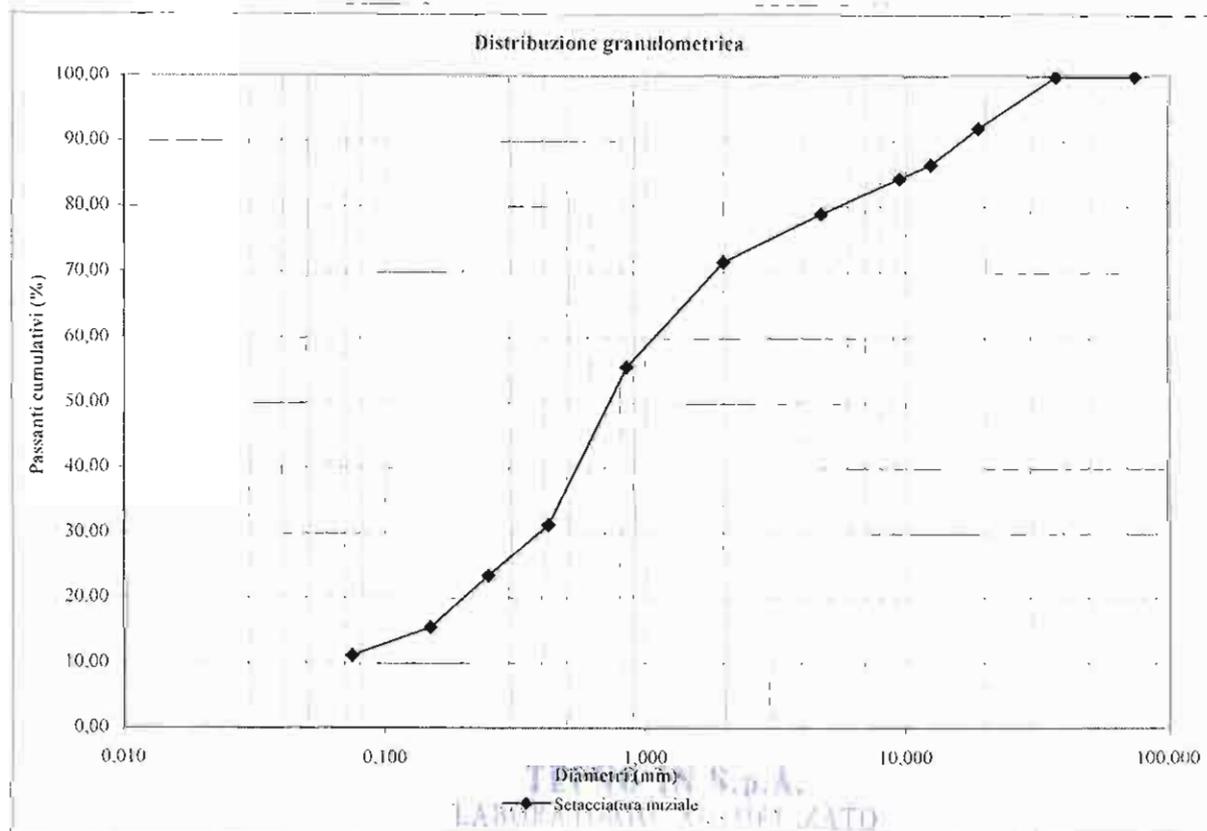
TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 per Prove Sui Terreni
 con riferimento al 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. *Lucio Amato*

Acc. n° **123/15** del **04/08/15** Certificato n°: **4004/15**
 Committente: **Metropolitana Milanese** Commessa n°: **205/15**
 Cantiere: **Parco Nord Milano**
 Località: **MILANO**
 Campione: **CT-S2 CR3** Profondità (m): **9,00-9,40**
 Sigla di laboratorio: **T.1531/15** Data di inizio prova: **06/08/2015** Data di emissione: **07/08/2015**

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Setaccio		Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm					
3"	75,000	633,53	567,01	7,43	7,43	100,00
1 1/2"	37,500				7,43	100,00
3/4"	19,000				57,41	92,02
1/2"	12,500				92,47	86,42
3/8"	9,500				106,05	84,25
N. 4	4,750				139,67	78,88
N. 10	2,000				185,66	71,53
N. 20	0,850				285,89	55,52
N. 40	0,425				437,76	31,27
N. 60	0,250				487,19	23,37
N. 100	0,150				536,88	15,44
N. 200	0,075				563,72	11,15



Lo Sperimentatore
Dott. Cecil Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Cecil Lucio Amato

<u>Accettazione n°:</u>	123/15	<u>del</u>	04/08/2015	<u>Commessa n°:</u>	205/15
<u>Committente:</u>	Metropolitana Milanese				
<u>Cantiere:</u>	Parco Nord Milano				
<u>Località:</u>	MILANO				
<u>Campione:</u>	CT-S2 CR3			<u>Profondità (m):</u>	9,00-9,40
<u>Sigla del laboratorio:</u>	T.1531/15			<u>Data di emissione:</u>	07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione S_r	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	10,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	61,53
Ghiara < 60,0 mm	(%)	28,47
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)
Gruppo
Sotto gruppo
Indice di gruppo

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compresso tra e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec



 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO
 ATTESTATO
 Cnr. al. n. 30/00001/0002001
 Geotecnico su terra



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 4005/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR4 Profondità (m): 13,60-14,00
 Sigla di laboratorio: T.1532/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
13,60-14,00		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 4006/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR4 Profondità (m): 13,60-14,00
 Sigla di laboratorio T.1532/15 Data di inizio prova 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Setaccio	Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm				
3"	75.000	709,26	7,65	7,65	100,00
1 1/2"	37.500			7,65	100,00
3/4"	19.050			7,65	100,00
1/2"	12.700			140,20	81,11
3/8"	9.525			200,56	72,50
N 4	4.750			227,62	68,65
N 10	2.000			310,47	56,84
N 20	0.850			388,45	45,72
N 40	0.425			443,35	37,90
N 60	0.250			506,89	28,84
N 100	0.150			546,56	23,19
N 200	0.075			581,73	18,18

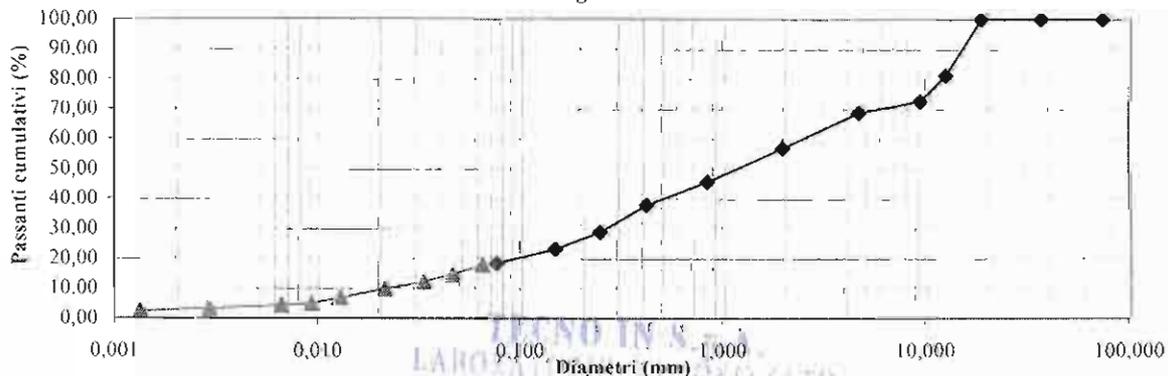
Decantazione

Massa iniziale secca (g) 50,2

Peso specifico dei granuli 2,60

Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0.50	1,0160	26	-0,0005	1,0155	17,80	12,20	0,01291	0,064
1	1,0135	26	-0,0005	1,0130	14,73	12,90	0,01291	0,046
2	1,0115	26	-0,0005	1,0110	12,28	13,40	0,01291	0,033
5	1,0095	26	-0,0005	1,0090	9,82	13,90	0,01291	0,022
15	1,0070	26	-0,0005	1,0065	6,75	14,55	0,01291	0,013
30	1,0055	26	-0,0005	1,0050	4,91	15,00	0,01291	0,009
60	1,0050	26	-0,0005	1,0045	4,30	15,10	0,01291	0,006
310	1,0040	26	-0,0005	1,0035	3,07	15,35	0,01291	0,003
1440	1,0035	26	-0,0005	1,0030	2,46	15,50	0,01291	0,001

Distribuzione granulometrica



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore di Laboratorio
Dott. Geol. Fucio Amato

Accettazione n°:	123/15	del	04/08/2015	Commissa n°:	205/15
Committente:	Metropolitana Milanese				
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-S2 CR4			Profondità (m):	13,60-14,00
Sigla del laboratorio:	T.1532/15			Data di emissione:	07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione Sr	(%)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm	(%)	2,50
Limo < 0,06 mm	(%)	14,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	39,84
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	43,16
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)	
Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT _S 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e	kPa
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)



 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO CERTIFICATO
 RINA ISO 9001
 07/08/2015
 Gen. ...



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 4007/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR5 Profondità (m): 17,60-18,00
 Sigla di laboratorio: T.1533/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

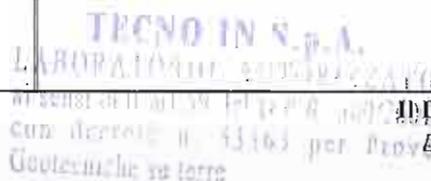
Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
17,60-18,00		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli



Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc.n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°: 4008/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR5 Profondità (m): 17,60-18,00
 Sigla di laboratorio T.1533/15 Data di inizio prova 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Setaccio	Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM					
mm					
3"	777,96	653,32	7,66	7,66	100,00
1 1/2"				7,66	100,00
3/4"				87,47	89,64
1/2"				147,94	81,79
3/8"				198,98	75,16
N 4				308,10	61,00
N 10				402,37	48,76
N 20				469,42	40,05
N 40				558,17	28,53
N 60				583,91	25,19
N.100				612,97	21,42
N 200				649,80	16,64

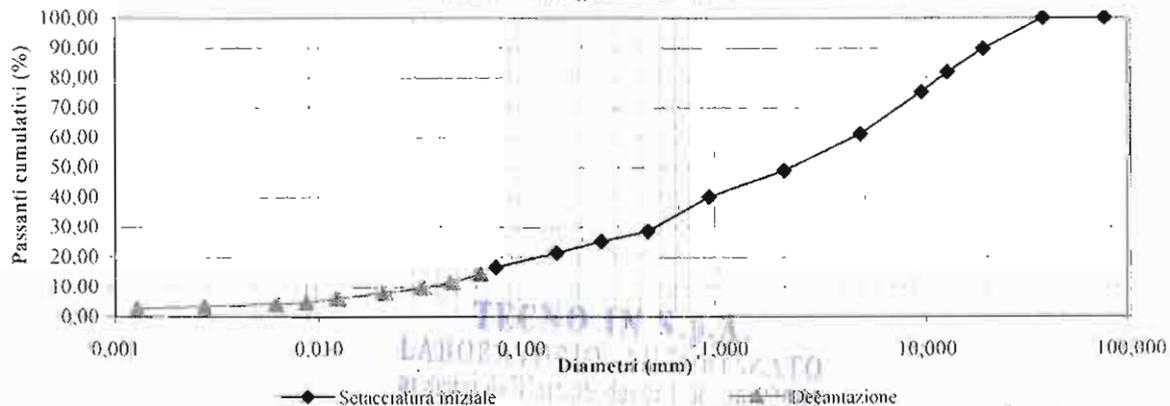
Decantazione

Massa iniziale secca (g) 50,2

Peso specifico dei granuli: 2,60

Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0170	26	-0,0005	1,0165	14,33	11,95	0,01291	0,063
1	1,0140	26	-0,0005	1,0135	11,55	12,75	0,01291	0,046
2	1,0120	26	-0,0005	1,0115	9,70	13,25	0,01291	0,033
5	1,0100	26	-0,0005	1,0095	7,86	13,80	0,01291	0,021
15	1,0080	26	-0,0005	1,0075	6,01	14,30	0,01291	0,013
30	1,0065	26	-0,0005	1,0060	4,62	14,70	0,01291	0,009
60	1,0060	26	-0,0005	1,0055	4,16	14,85	0,01291	0,006
310	1,0050	26	-0,0005	1,0045	3,23	15,10	0,01291	0,003
1440	1,0045	26	-0,0005	1,0040	2,77	15,20	0,01291	0,001

Distribuzione granulometrica



L. o. Sperimentatore
Dot. Geol. *Gravani Policelli*

Il Direttore del Laboratorio
Dot. *Lucio Amato*

Accettazione n°: 123/15 del 04/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR5 Profondità (m): 17,60-18,00
 Sigla del laboratorio: T.1533/15 Data di emissione: 07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm	(%)	2,80
Limo < 0,06 mm	(%)	11,20
Sabbia < 2,00 mm	(%)	34,76
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	51,24
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)
CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo _____
 Sotto gruppo _____
 Indice di gruppo _____

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT_s 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità (m/s)

PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e	kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	
Permeabilità k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec	

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 al sensi dell'art. 10 del D.Lgs. 30/2001
 con decreto del 03/08/2001
 Gestione su terra

Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 4009/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR6 Profondità (m): 23,00-23,40
 Sigla di laboratorio: T.1534/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, debolmente limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: bruno verdastro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Moderatamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
23,00-23,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

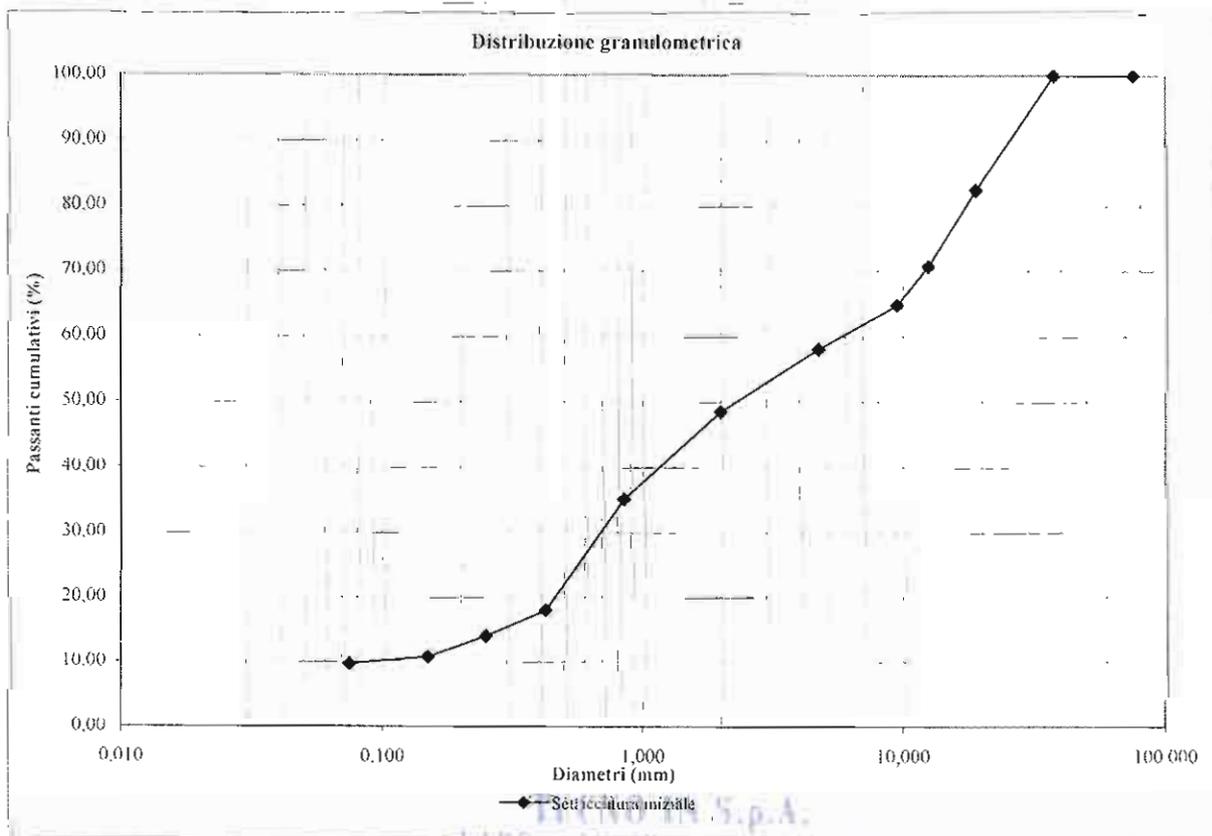
TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO ALTA PRESSIONE
 Via J. F. Kennedy, 11 - 80142 Napoli
 Tel. 081.5633970 - Fax 081.5633970

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 123/15 del 04/08/15 Certificato n°
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR6 Profondità (m): 23,00-23,40
 Sigla di laboratorio T.1534/15 Data di inizio prova 06/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200
ASTM, 0,075 mm)**

Massa secca iniziale (g)	776,47	Massa secca dopo lavaggio (g):	704,59
		Massa tara (g):	7,63
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
3"	75,000	7,63	100,00
1 1/2"	37,500	7,63	100,00
3/4"	19,000	142,93	82,40
1/2"	12,500	232,99	70,69
3/8"	9,500	278,75	64,74
N 4	4,750	330,53	58,00
N 10	2,000	403,72	48,48
N 20	0,850	506,48	35,12
N 40	0,425	638,45	17,95
N 60	0,250	669,12	13,96
N 100	0,150	694,03	10,72
N 200	0,075	702,46	9,63



Lo Sperimentatore
Dott. Nicol. Covatta Petrucci

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Guido Lucio Amato

Accettazione n°: 123/15 **del** 04/08/2015 **Commessa n°:** 205/15
Committente: Metropolitana Milanese
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-S2 CR6 **Profondità (m):** 23,00-23,40
Sigla del laboratorio: T.1534/15 **Data di emissione:** 07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	9,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	38,98
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	51,52
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità W_L	(%)	
Limite di plasticità W_P	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo _____
 Sotto gruppo _____
 Indice di gruppo _____

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità _____ (m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media _____ kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

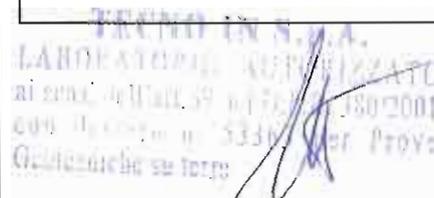
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e	kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	
Permeabilità k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec	



Acc. n° 123/15 del: 04/08/2015 Certificato n°: 4011/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR7 Profondità (m): 28,00-28,40
 Sigla di laboratorio: T.1535/15 Data di prova: 04/08/2015 Data di emissione: 07/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da **sabbia con ghiaia, limosa.**

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi)	ADDENSAMENTO (Terreni granulari)	CONDIZIONI DI UMIDITA'
<input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	<input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	<input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA'	REAZIONE CON HCl	
<input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	<input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
28,00-28,40		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Parricelli

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° **123/15** del **04/08/15** Certificato n° **4012/15**

Committente: **Metropolitana Milanese** Commessa n° **205/15**

Cantiere: **Parco Nord Milano**

Località: **MILANO**

Campione: **CT-S2 CR7** Profondità (m): **28,00-28,40**

Sigla di laboratorio **T.1535/15** Data di inizio prova **06/08/2015** Data di emissione: **07/08/2015**

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Setaccio	ASTM	mm	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa secca iniziale (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
	3"	75,000	586,93	736,49	8,12	8,12	100,00
	11/2"	37,500			8,12	8,12	100,00
	3/4"	19,050			70,84	70,84	91,39
	1/2"	12,700			123,99	123,99	84,09
	3/8"	9,525			150,81	150,81	80,41
	N. 4	4,750			211,19	211,19	72,12
	N. 10	2,000			255,43	255,43	66,05
	N. 20	0,850			342,25	342,25	54,13
	N. 40	0,425			452,17	452,17	39,04
	N. 60	0,250			506,33	506,33	31,60
	N. 100	0,150			545,97	545,97	26,16
	N. 200	0,075			580,41	580,41	21,43

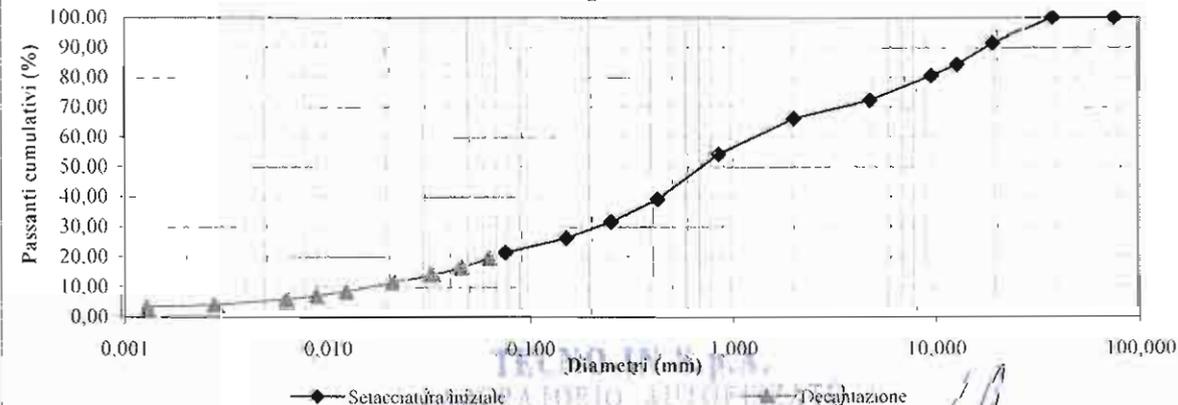
Decantazione

Massa iniziale secca (g) **50,2**

Peso specifico dei granuli **2,60**

Tempo (mm)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0170	26	-0,0005	1,0165	19,60	11,95	0,01291	0,063
1	1,0145	26	-0,0005	1,0140	16,44	12,60	0,01291	0,046
2	1,0125	26	-0,0005	1,0120	13,91	13,10	0,01291	0,033
5	1,0105	26	-0,0005	1,0100	11,38	13,70	0,01291	0,021
15	1,0080	26	-0,0005	1,0075	8,22	14,30	0,01291	0,013
30	1,0070	26	-0,0005	1,0065	6,95	14,55	0,01291	0,009
60	1,0060	26	-0,0005	1,0055	5,69	14,85	0,01291	0,006
310	1,0045	26	-0,0005	1,0040	3,79	15,20	0,01291	0,003
1440	1,0040	26	-0,0005	1,0035	3,16	15,35	0,01291	0,001

Distribuzione granulometrica



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giovanni Celli

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°: 123/15 del 04/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S2 CR7 Profondità (m): 28,00-28,40
 Sigla del laboratorio: T.1535/15 Data di emissione: 07/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm	(%)	3,00
Limo < 0,06 mm	(%)	16,50
Sabbia < 2,00 mm	(%)	46,55
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	33,95
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo _____
 Sotto gruppo _____
 Indice di gruppo _____

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT_s 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO

Permeabilità (m/s) _____

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_{tr} media kPa _____

PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e	kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	
Permeabilità k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec	


 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO DI INGEGNERIA
 al servizio del cliente
 con decennale esperienza
 Geotecnica s.p.a.

**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**Conc.Min.LL.PP. N° 53363
del 06-05-05AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
CERTIFICATO DAL RINA
ISO 9001**APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE**
(ASTM D 2488-00)

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 : Certificato n°: 4037/15
 Committente: Metropolitana Milanese : Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P1 CRI : Profondità (m): 2,00-2,40
 Sigla di laboratorio: T.1546/15 : Data di prova: 24/08/2015 : Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa.

Forma: -
 Lunghezza (cm): -
 Colore: marrone

Stato del campione: rimaneggiato
 Diametro "Φ" (cm): -
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (kPa)
2,00-2,40		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Parricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 368/2001
 con decreto n. 53363 per Prove

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 **del** 24/08/15 **Certificato n°:** 4038/15
Committente: Metropolitana Milanese **Commessa n°** 205/15
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-P1 CR1 **Profondità (m):** 2,00-2,40
Sigla di laboratorio T.1546/15 **Data di inizio prova** 25/08/2015 **Data di emissione:** 26/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

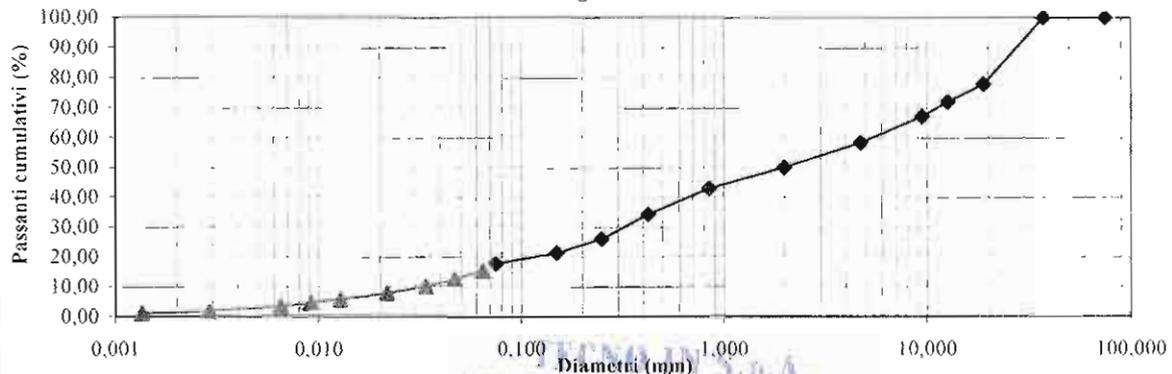
Setaccio	Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	574,70	478,04	7,71		
mm					
3"	75,000	7,71		7,71	100,00
1 1/2"	37,500	7,71		7,71	100,00
3/4"	19,050	133,77		133,77	77,77
1/2"	12,700	166,98		166,98	71,91
3/8"	9,525	194,72		194,72	67,02
N 4	4,750	244,41		244,41	58,25
N 10	2,000	291,13		291,13	50,01
N 20	0,850	330,80		330,80	43,02
N 40	0,425	380,14		380,14	34,31
N 60	0,250	427,23		427,23	26,01
N 100	0,150	453,82		453,82	21,32
N 200	0,075	475,12		475,12	17,56

Decantazione

Massa iniziale secca (g) 50,2

Peso specifico dei granuli 2,60

Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0.50	1,0150	26	-0,0005	1,0145	15,00	12,45	0,01291	0,064
1	1,0125	26	-0,0005	1,0120	12,23	13,10	0,01291	0,047
2	1,0105	26	-0,0005	1,0100	10,00	13,70	0,01291	0,034
5	1,0085	26	-0,0005	1,0080	7,78	14,20	0,01291	0,022
15	1,0065	26	-0,0005	1,0060	5,56	14,70	0,01291	0,013
30	1,0055	26	-0,0005	1,0050	4,45	15,00	0,01291	0,009
60	1,0045	26	-0,0005	1,0040	3,33	15,20	0,01291	0,006
310	1,0030	26	-0,0005	1,0025	1,67	15,65	0,01291	0,003
1440	1,0025	26	-0,0005	1,0020	1,11	15,80	0,01291	0,001

Distribuzione granulometrica

 Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°:	127/15	del	24/08/2015	Commissa n°:	205/15
Committente:	Metropolitana Milanese				
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-PI CR1		Profondità (m):	2,00-2,40	
Sigla del laboratorio:	T.1546/15		Data di emissione:	26/08/2015	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione S_r	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)	
Argilla < 0,002 mm	1,20
Limo < 0,06 mm	13,80
Sabbia < 2,00 mm	35,01
Ghiaia < 60,0 mm	49,99
Ciottoli > 60,0 mm	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)	

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)	
Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 1063 per Prove
 Geotecniche su terre

Acc. n°	127/15	del:	24/08/2015	Certificato n°:	4039/15
Committente:	Metropolitana Milanese			Commessa n°:	205/15
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-P1 CR2			Profondità (m):	5,00-5,40
Sigla di laboratorio:	T.1547/15	Data di prova:	24/08/2015	Data di emissione:	26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia sabbiosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: grigio Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
5,00-5,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

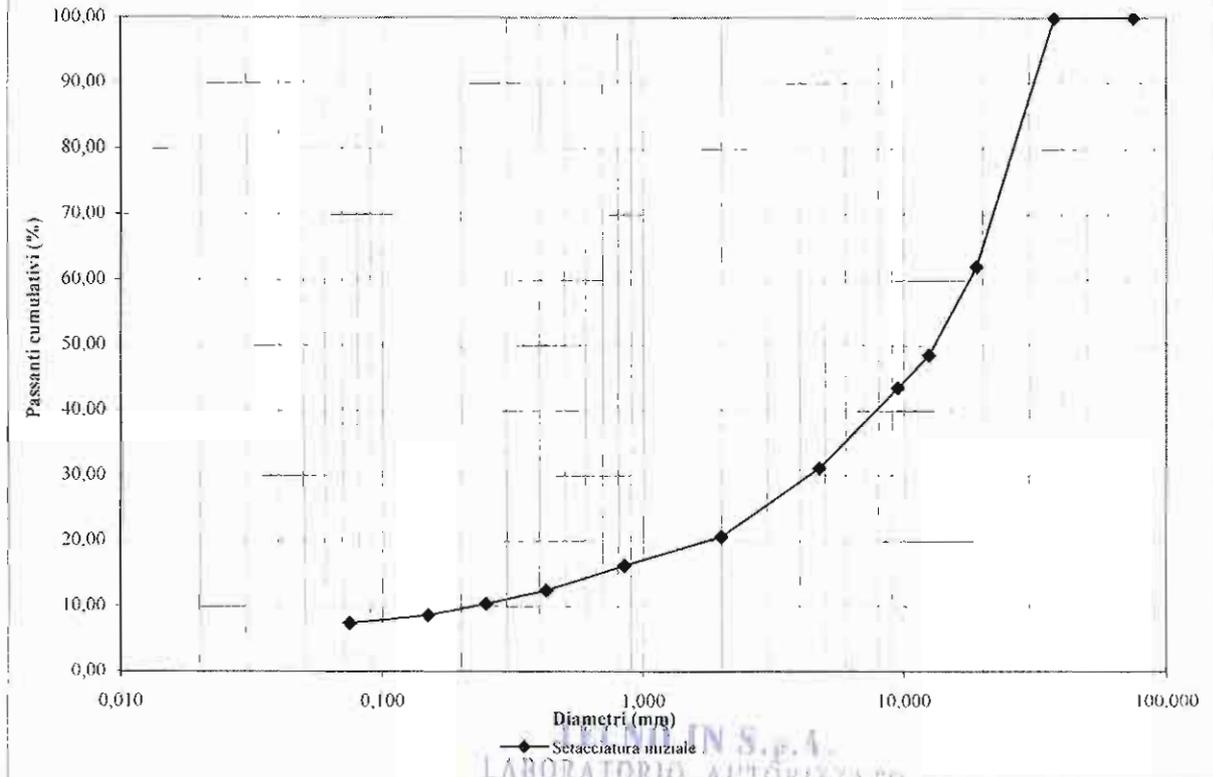
LABORATORIO ALTORREZZA
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/78
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terreno

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n° 4040/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P1 CR2 Profondità (m): 5,00-5,40
 Sigla di laboratorio: T.1547/15 Data di inizio prova: 25/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200
 ASTM, 0,075 mm)**

Massa secca iniziale (g)	814,00	Massa secca dopo lavaggio (g)	756
		Massa tara (g)	7,55
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75,000	7,55	100,00
1 1/2"	37,500	7,55	100,00
3/4"	19,000	314,20	61,98
1/2"	12,500	423,13	48,47
3/8"	9,500	463,31	43,49
N 4	4,750	563,01	31,12
N 10	2,000	647,68	20,62
N 20	0,850	683,56	16,17
N 40	0,425	714,09	12,39
N 60	0,250	730,63	10,34
N 100	0,150	744,86	8,57
N 200	0,075	755,01	7,31

Distribuzione granulometrica


Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. *M. Paricelli*

TECNICO S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 180/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. *F. Amato*

Accettazione n°: 127/15 del 24/08/2015 **Commessa n°:** 205/15
Committente: Metropolitana Milanese
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-P1 CR2 | **Profondità (m):** 5,00-5,40
Sigla del laboratorio: T.1547/15 | **Data di emissione:** 26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione S_r	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	7,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	13,62
Ghiara < 60,0 mm	(%)	79,38
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità W_L	(%)
Limite di plasticità W_P	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USC'S (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo
 Sotto gruppo
 Indice di gruppo

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT₅ 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO

Permeabilità (m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media kPa

PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.L.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco) ¹	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e kPa

Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec


 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 3363 per Prove
 Geotecniche su



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 Certificato n°: 4041/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-PI CR3 Profondità (m): 10.00-10.40
 Sigla di laboratorio: T.1548/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da **ghiaia con sabbia, limosa.**

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: grigio Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
10,00-10,40		Analisi granulometrica per vaghiatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTONOMO
 ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n°: 4042/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-PI CR3 Profondità (m): 10,00-10,40
 Sigla di laboratorio T.1548/15 Data di inizio prova 25/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

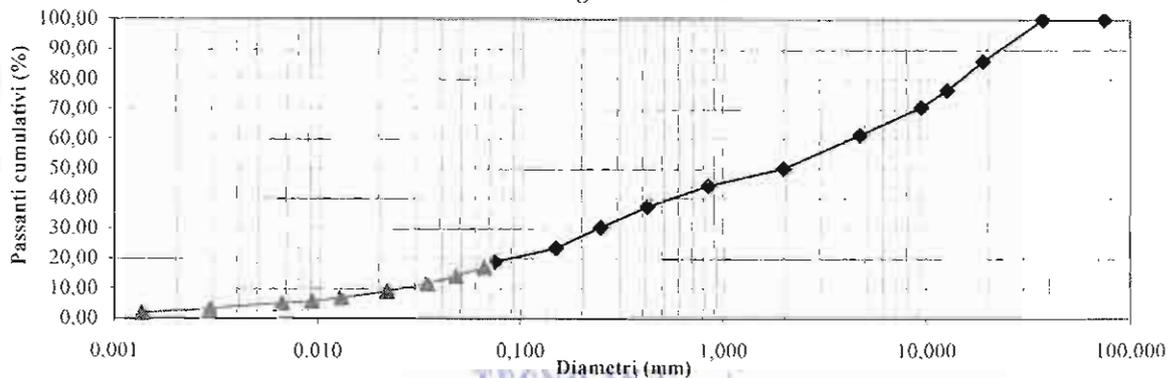
Setaccio	Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	586,16	479,13	7,82		
ASTM	mm				
3"	75,000	7,82		7,82	100,00
1 1/2"	37,500	7,82		7,82	100,00
3/4"	19,050	88,42		88,42	86,06
1/2"	12,700	144,34		144,34	76,39
3/8"	9,525	177,50		177,50	70,66
N. 4	4,750	231,45		231,45	61,33
N 10	2,000	296,58		296,58	50,07
N 20	0,850	329,94		329,94	44,30
N 40	0,425	370,86		370,86	37,23
N 60	0,250	409,90		409,90	30,48
N 100	0,150	449,93		449,93	23,56
N 200	0,075	476,88		476,88	18,90

Decantazione

Massa iniziale secca (g): 50,27

Peso specifico dei granuli: 2,60

Tempo (mm)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0.50	1,0155	25	-0,0005	1,0150	16,86	12,30	0,01306	0,065
1	1,0130	25	-0,0005	1,0125	13,85	13,00	0,01306	0,047
2	1,0110	25	-0,0005	1,0105	11,44	13,55	0,01306	0,034
5	1,0090	25	-0,0005	1,0085	9,03	14,05	0,01306	0,022
15	1,0070	25	-0,0005	1,0065	6,62	14,55	0,01306	0,013
30	1,0060	25	-0,0005	1,0055	5,42	14,85	0,01306	0,009
60	1,0055	25	-0,0005	1,0050	4,82	15,00	0,01306	0,007
310	1,0040	25	-0,0005	1,0035	3,01	15,35	0,01306	0,003
1440	1,0030	25	-0,0005	1,0025	1,81	15,65	0,01306	0,001

Distribuzione granulometrica

 I.o Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Caricelli

 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°: **127/15** del **24/08/2015** Commessa n°: **205/15**
 Committente: **Metropolitana Milanese**
 Cantiere: **Parco Nord Milano**
 Località: **MILANO**
 Campione: **CT-P1 CR3** Profondità (m): **10,00-10,40**
 Sigla del laboratorio: **T.1548/15** Data di emissione: **26/08/2015**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm	(%)	2,00
Limo < 0,06 mm	(%)	14,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	34,07
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	49,93
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo
Sotto gruppo
Indice di gruppo

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT_S 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO

Permeabilità (m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e kPa

Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001
con decreto (5236) per Prov.
Geotecniche su terre



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc.n° 127/15 del: 24/08/2015 Certificato n°: 4043/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P1 CR4 Profondità (m): 16,00-16,40
 Sigla di laboratorio: T.1549/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa, debolmente ciottolosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone scuro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Moderatamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
16,00-16,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Parricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTONOMO
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Provi
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

ANALISI GRANULOMETRICA

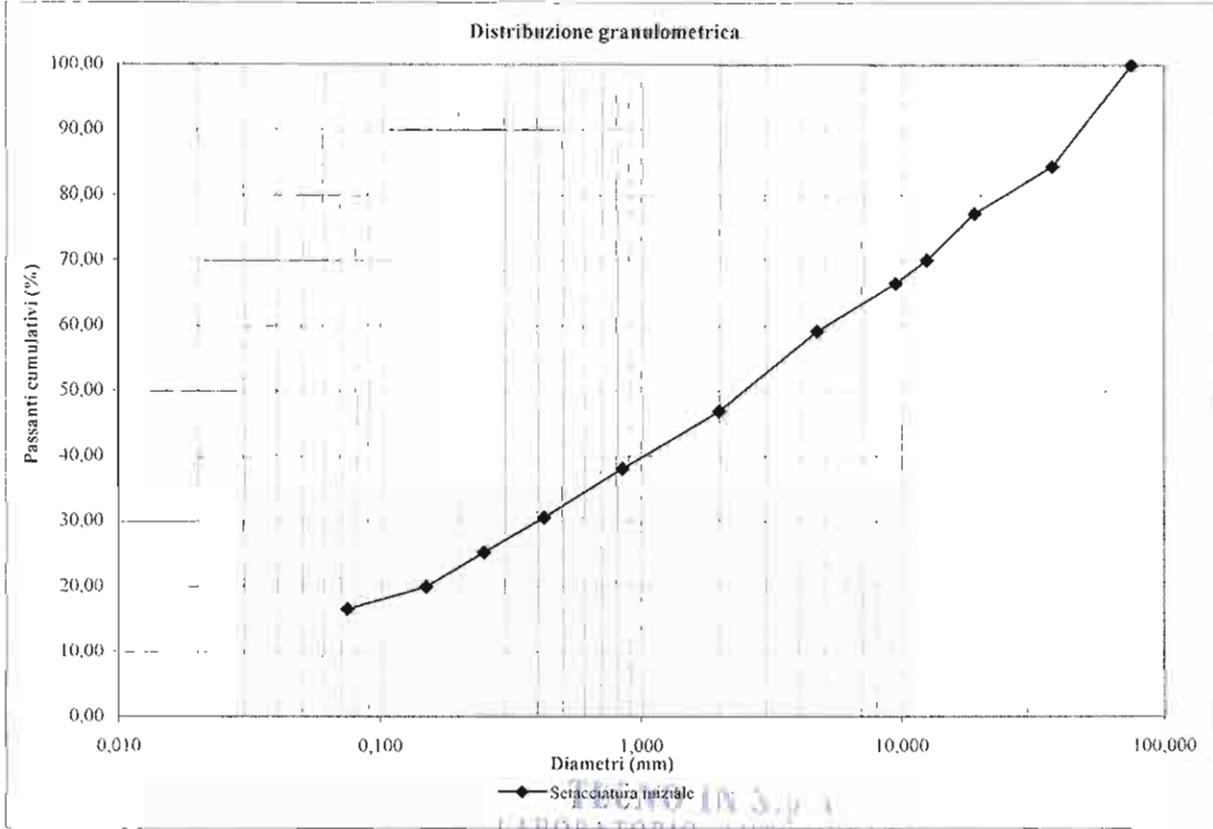
(ASTM D 422-98)

Foglio 1 di 1

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n° 4044/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-PI CR4 Profondità (m): 16,00-16,40
 Sigla di laboratorio T.1549/15 Data di inizio prova 25/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Setaccio		Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm					
		981,20	821,7	7,77		
3"	75,000				7,77	100,00
1 1/2"	37,500				159,93	84,37
3/4"	19,000				229,79	77,19
1/2"	12,500				299,10	70,07
3/8"	9,500				333,91	66,50
N. 4	4,750				405,23	59,17
N. 10	2,000				524,71	46,90
N. 20	0,850				610,52	38,08
N. 40	0,425				683,50	30,58
N. 60	0,250				735,46	25,24
N. 100	0,150				786,70	19,98
N. 200	0,075				820,30	16,53



Lo Sperimentatore
Dott. Geo. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art.59 del D.L.P.P. 187/2001
C.C. n. 53363 per prove
SISTEMATE DI TERRENI

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Nicola Lucio Amato

Accettazione n°: 127/15 del 24/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-PI CR4 Profondità (m): 16,00-16,40
 Sigla del laboratorio: T.1549/15 Data di emissione: 26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	16,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	30,90
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	48,10
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	5,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo _____
 Sotto gruppo _____
 Indice di gruppo _____

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO

Permeabilità _____ (m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media _____ kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e kPa _____

Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 18 del D.P.R. 480/2001
 con decreto n. 3363 per Prov. _____
 Geotecniche settore _____

**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**

Conc.Min.LL.PP. N° 53363

del 06-05-05

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE

(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
CERTIFICATO DAL RINA
ISO 9001

Acc. n° 127/15 del 24/08/2015 Certificato n° 4045/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P1 CR5 Profondità (m): 18,00-18,40
 Sigla di laboratorio: T.1550/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone scuro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON IICI <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
18,00-18,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

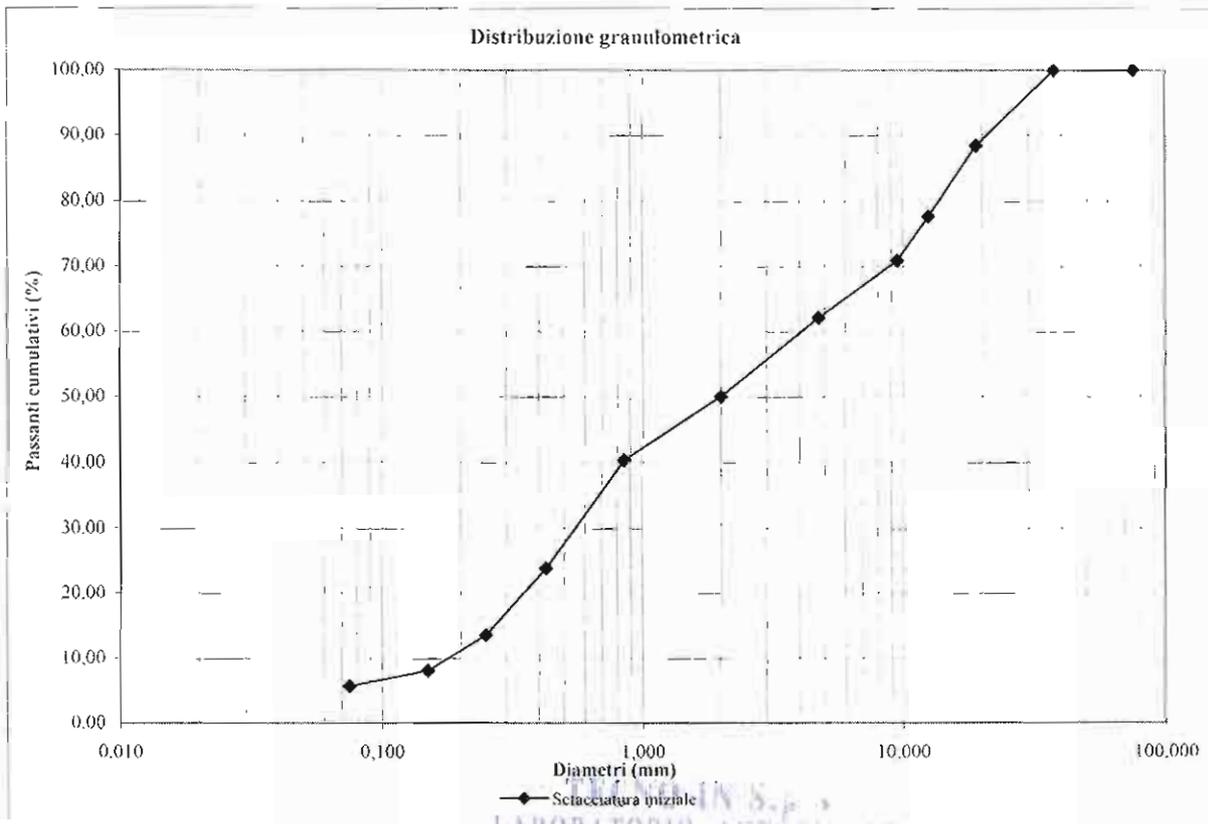
TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 30 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 33363 per Prov.

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n° 4046/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P1 CR5 Profondità (m): 18,00-18,40
 Sigla di laboratorio: T.1550/15 Data di inizio prova: 25/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200
ASTM, 0,075 mm)**

Massa secca iniziale (g)	635,66	Massa secca dopo lavaggio (g)	600,93
		Massa tara (g)	7,65
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
3"	75,000	7,65	100,00
1 1/2"	37,500	7,65	100,00
3/4"	19,000	80,58	88,39
1/2"	12,500	148,08	77,64
3/8"	9,500	190,36	70,91
N. 4	4,750	245,69	62,10
N. 10	2,000	321,67	50,00
N. 20	0,850	382,16	40,37
N. 40	0,425	486,12	23,81
N. 60	0,250	550,67	13,53
N. 100	0,150	585,11	8,05
N. 200	0,075	599,99	5,68



Lo Sperimentatore
Dott. Girol. Giovanni Maricelli
[Signature]

TECNO IN S.p.A.
LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art.59 del D.P.R. 380/2001
con decreto n. 53363 per Prove
Geotecniche in terre

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Ugo Amato
[Signature]

Accettazione n°: 127/15 del 24/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-PI CR5 Profondità (m): 18,00-18,40
 Sigla del laboratorio: T.1550/15 Data di emissione: 26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	:-
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	:-
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	:-
Peso specifico dei granuli G	(-)	:-
Porosità n	(%)	:-
Indice dei vuoti e	(-)	:-
Grado di saturazione S_r	(%)	:-

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	:-
Deformazione a rottura	(%)	:-

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media	kPa	:-
-------------	-----	----

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	:-
Coesione efficace	kPa	:-

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	:-
Coesione efficace	kPa	:-

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	:-
Coesione (di picco)	kPa	:-
Angolo di attrito interno (residuo)	°	:-
Coesione (residuo)	kPa	:-

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	5,20
Sabbia < 2,00 mm	(%)	44,80
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	50,00
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	:-
Limite di plasticità WP	(%)	:-
Indice di plasticità IP	(%)	:-
Indice di consistenza IC	(-)	:-

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)
CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo	:-
Sotto gruppo	:-
Indice di gruppo	:-

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT_s 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	:-
Umidità ottimale	(%)	:-

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO

Permeabilità	(m/s)	:-
--------------	-------	----

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e e kPa	:-	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	:-
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	:-
Permeabilità k	cm/sec	:-
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec	:-

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTONOMO
 ai sensi dell'art. 10 del D.M. 1360/99
 con decreto n. 53363 del 17/08/2011
 Geotecniche

**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**

Conc.Min.LL.PP. N° 53363

del 06-05-05

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE*(ASTM D 2488-00)*AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
CERTIFICATO DAL RINA
ISO 9001

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 Certificato n°: 4047/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P1 CR6 Profondità (m): 24,70-25,00
 Sigla di laboratorio: T.1551/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da sabbia debolmente ghiaiosa, debolmente limosa.

Forma: -
 Lunghezza (cm): -
 Colore: marrone scuro

Stato del campione: rimaneggiato
 Diametro "Φ" (cm): -
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
24,70-25,00		Analisi granulometrica per vagliatura	

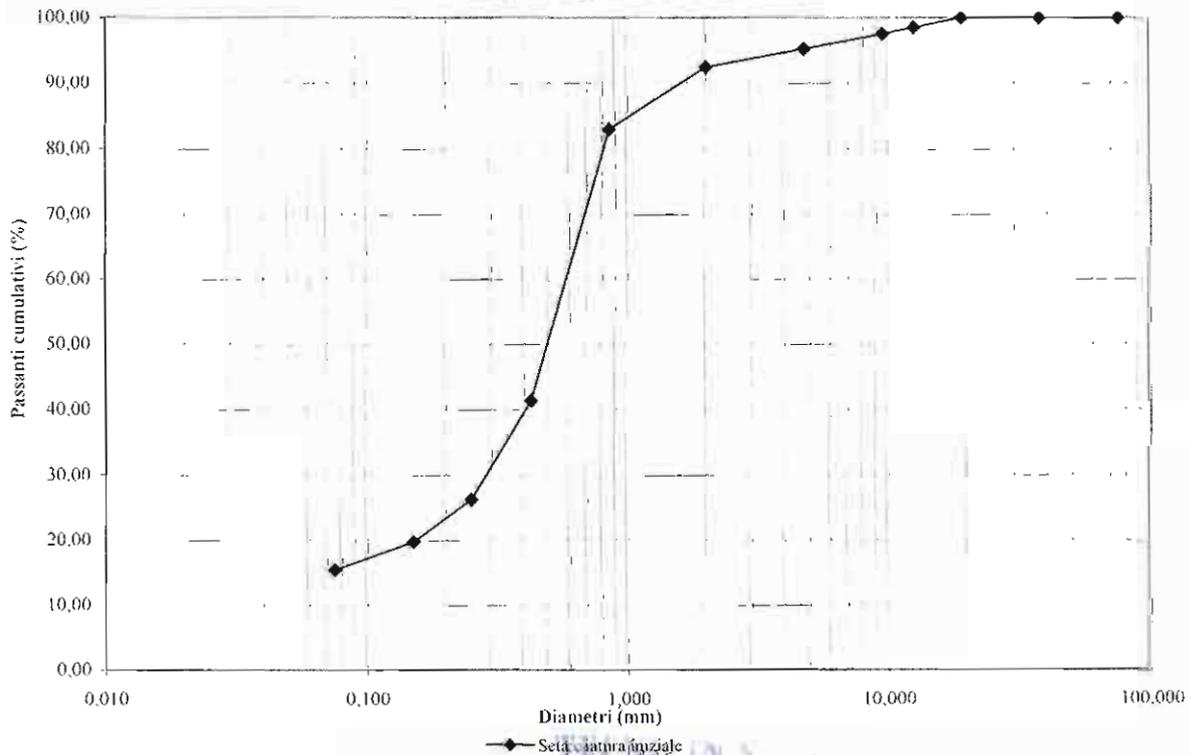
Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n° 4048/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-P1 CR6 Profondità (m): 24,70-25,00
 Sigla di laboratorio: T.1551/15 Data di inizio prova: 25/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Setaccio	Massa secca iniziale (g.)	Massa secca dopo lavaggio (g.)	Massa tara (g.)	Percentuale passante (%)
	634,09	538,98	7,74	
ASTM	mm	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)		
3"	75,000	7,74		100,00
1 1/2"	37,500	7,74		100,00
3/4"	19,000	7,74		100,00
1/2"	12,500	17,33		98,47
3/8"	9,500	23,50		97,48
N 4	4,750	37,85		95,19
N 10	2,000	55,27		92,41
N 20	0,850	114,94		82,88
N 40	0,425	375,03		41,36
N 60	0,250	469,83		26,22
N 100	0,150	511,02		19,65
N 200	0,075	537,96		15,35

Distribuzione granulometrica

 Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Amato

 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Gaetano Amato

Accettazione n°: **127/15** del **24/08/2015** Commessa n°: **205/15**
 Committente: **Metropolitana Milanese**
 Cantiere: **Parco Nord Milano**
 Località: **MILANO**
 Campione: **CT-PI CR6** Profondità (m): **24,70-25,00**
 Sigla del laboratorio: **T.1551/15** Data di emissione: **26/08/2015**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	13,10
Sabbia < 2,00 mm	(%)	79,31
Ghiara < 60,0 mm	(%)	7,59
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità W_L	(%)	
Limite di plasticità W_P	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo _____
 Sotto gruppo _____
 Indice di gruppo _____

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT₅ 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO

Permeabilità _____ (m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media _____ kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

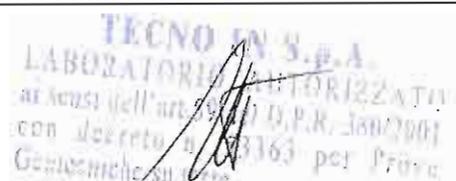
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra _____ e _____	kPa
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec


 TECNICO S.p.A.
 LABORATORI AUTORIZZATI
 ai sensi dell'art. 10 D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 3163 per Prova
 Geomechanica



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 Certificato n°: 4049/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR1 Profondità (m): 3,00-3,40
 Sigla di laboratorio: T.1552/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da **ghiaia sabbiosa**.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone scuro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
3,00-3,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. *Giovanni Patricelli*

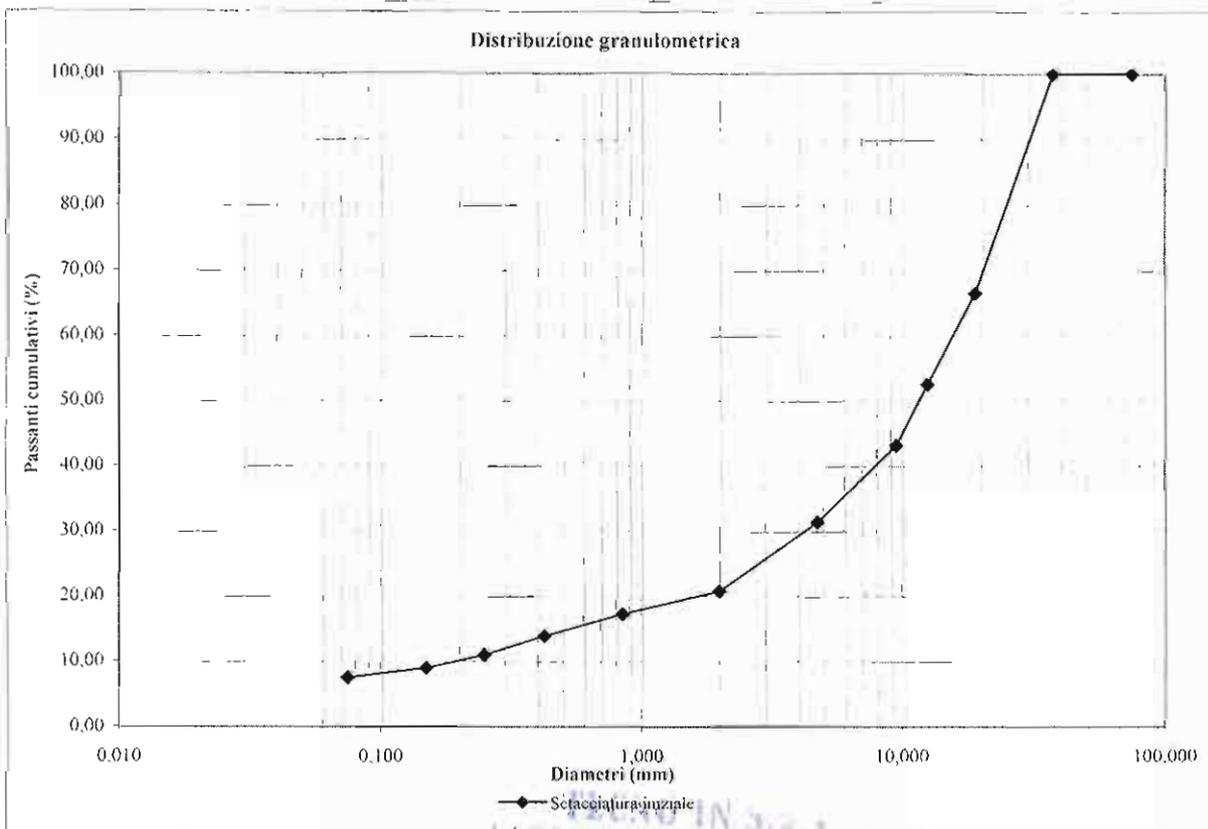
TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche su terre.

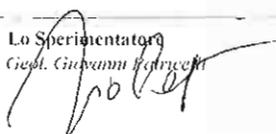
Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. *Luigi Amato*

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n° 4050/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CRI Profondità (m): 3,00-3,40
 Sigla di laboratorio T.1552/15 Data di inizio prova 25/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

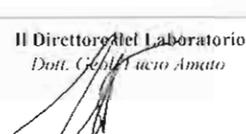
Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Massa secca iniziale (g)	757,80	Massa secca dopo lavaggio (g)	703,18
		Massa tara (g)	7,72
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm	(g)	(%)
3"	75,000	7,72	100,00
1 1/2"	37,500	7,72	100,00
3/4"	19,000	258,71	66,54
1/2"	12,500	363,75	52,53
3/8"	9,500	434,14	43,15
N 4	4,750	522,15	31,42
N 10	2,000	601,66	20,82
N 20	0,850	628,33	17,26
N 40	0,425	654,04	13,83
N 60	0,250	675,64	10,95
N 100	0,150	690,52	8,97
N 200	0,075	701,82	7,46


 Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Ferrucci



 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato



Accettazione n°:	127/15	del	24/08/2015	Commissa n°:	205/15
Committente:	Metropolitana Milanese				
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-S3 CR1			Profondità (m):	3,00-3,40
Sigla del laboratorio:	T.1552/15			Data di emissione:	26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione Sr	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	7,10
Sabbia < 2,00 mm	(%)	13,72
Ghiara < 60,0 mm	(%)	79,18
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)
Gruppo
Sotto gruppo
Indice di gruppo

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

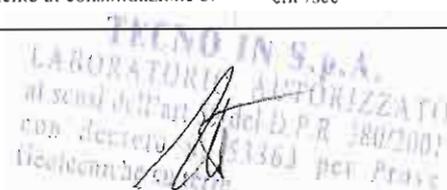
PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
Cu media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.L.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e kPa	
Coefficiente di compressibilità mv	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E _{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione cv	cm ² /sec



 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 al sensi dell'art. 1 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 153363 per Prov.



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 127/15 del 24/08/2015 Certificato n°: 4051/15
Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-S3 CR2 Profondità (m): 6,00-6,40
Sigla di laboratorio: T.1553/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia sabbiosa, debolmente limosa.

Forma: -
 Lunghezza (cm): -
 Colore: grigio

Stato del campione: rimaneggiato
 Diametro "Φ" (cm): -
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMBIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
6,00-6,40		Analisi granulometrica per vagatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO

ai sensi dell'art. 17 del D.P.R. 380/2001 Il Direttore del Laboratorio
 con decreto n. 53363 per Prove Geotecniche su terre
 Dott. Geol. Guido Amato

Accettazione n°:	127/15	del	24/08/2015	Commissa n°:	205/15
Committente:	Metropolitana Milanese				
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-S3 CR2			Profondità (m):	6,00-6,40
Sigla del laboratorio:	T.1553/15			Data di emissione:	26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI		
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	9,00
Sabbia < 2,00 mm	(%)	21,47
Ghiata < 60,0 mm	(%)	69,53
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)		
Limite di liquidità W_L	(%)	
Limite di plasticità W_P	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)		

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)		
Gruppo		
Sotto gruppo		
Indice di gruppo		

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT _S 69)		
Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
Permeabilità	(m/s)	

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

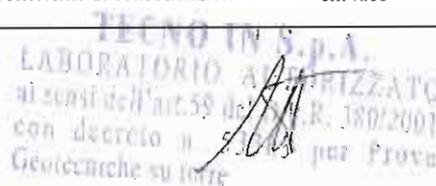
PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.L.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e	kPa
Coefficiente di compressibilità m_{v1}	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec





LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 Certificato n°: 4053/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR3 Profondità (m): 10,00-10,40
 Sigla di laboratorio: T.1554/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia sabbiosa, limosa, debolmente ciottolosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: grigio Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
10,00-10,40		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Pitaricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 50 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 53363 per Prove
 Geotecniche ai Terrec

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n°: 4054/15

 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15

 Cantiere: Parco Nord Milano

 Località: MILANO

 Campione: CT-S3 CR3

 Profondità (m): 10,00-10,40

 Sigla di laboratorio T.1554/15

 Data di inizio prova 25/08/2015

 Data di emissione: 26/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

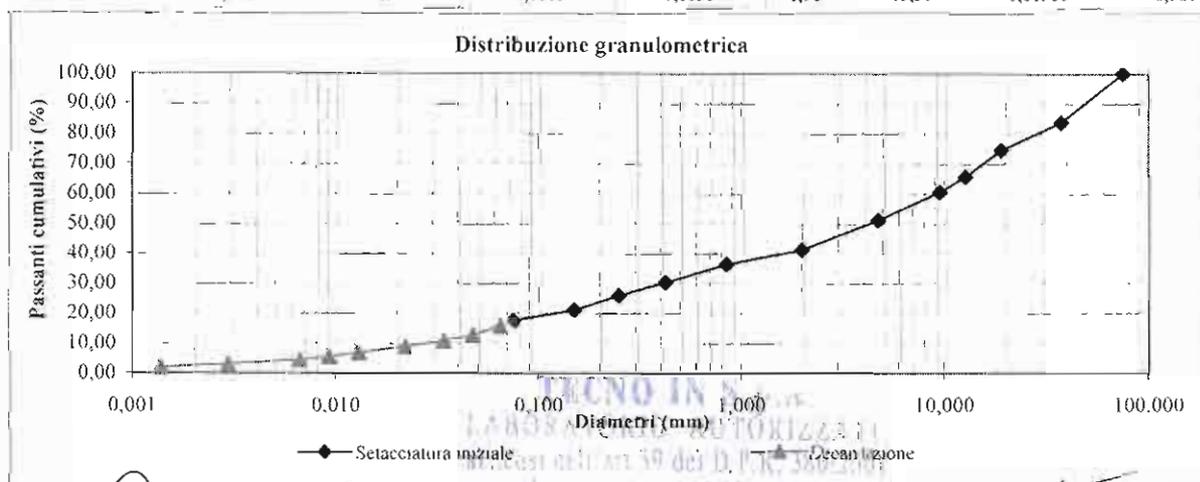
Setaccio	ASTM	mm	Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
			821,00	680,38	7,70		
	3"	75,000			7,70		100,00
	11/2"	37,500			140,99		83,61
	3/4"	19,050			215,35		74,47
	1/2"	12,700			287,68		65,57
	3/8"	9,525			328,87		60,51
	N. 4	4,750			405,55		51,08
	N. 10	2,000			485,64		41,23
	N. 20	0,850			526,08		36,26
	N. 40	0,425			574,92		30,26
	N. 60	0,250			610,63		25,87
	N. 100	0,150			650,17		21,00
	N. 200	0,075			679,05		17,45

Decantazione

Massa iniziale secca (g). 50,27

Peso specifico dei granuli 2,60

Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0175	25	-0,0005	1,0170	15,66	11,80	0,01306	0,063
1	1,0145	25	-0,0005	1,0140	12,72	12,60	0,01306	0,046
2	1,0125	25	-0,0005	1,0120	10,77	13,10	0,01306	0,033
5	1,0105	25	-0,0005	1,0100	8,81	13,70	0,01306	0,022
15	1,0085	25	-0,0005	1,0080	6,85	14,20	0,01306	0,013
30	1,0070	25	-0,0005	1,0065	5,38	14,55	0,01306	0,009
60	1,0060	25	-0,0005	1,0055	4,40	14,85	0,01306	0,006
310	1,0045	25	-0,0005	1,0040	2,94	15,20	0,01306	0,003
1440	1,0035	25	-0,0005	1,0030	1,96	15,50	0,01306	0,001


 Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Paolo Amato

Accettazione n°:	127/15	del	24/08/2015	Commissa n°:	205/15
Committente:	Metropolitana Milanese				
Cantiere:	Parco Nord Milano				
Località:	MILANO				
Campione:	CT-S3 CR3		Profondità (m):	10,00-10,40	
Sigla del laboratorio:	T.1554/15		Data di emissione:	26/08/2015	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)
Contenuto d'acqua naturale w	(%)
Peso specifico dei granuli G	(-)
Porosità n	(%)
Indice dei vuoti e	(-)
Grado di saturazione S_r	(%)

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm	(%)	2,00
Limo < 0,06 mm	(%)	14,40
Sabbia < 2,00 mm	(%)	24,83
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	53,77
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	5,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)	
Limite di liquidità WL	(%)
Limite di plasticità WP	(%)
Indice di plasticità IP	(%)
Indice di consistenza IC	(-)

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)	

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)	
Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT _S 69)	
Densità secca massima	(kN/m ³)
Umidità ottimale	(%)

PROVA DI PERMEABILITÀ IN PERMEAMETRO	
Permeabilità	(m/s)

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)	
Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)	
C_u media	kPa

PROVA TRIASSIALE C.L.U. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)	
Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)	
Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)	
Intervallo di carico compreso tra e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO CERTIFICATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.Lgs. n. 380/2001
 con decreto n. 2783 del 28/08/2003
 Geotecniche su incarico per prova



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI
 Conc.Min.LL.PP. N° 53363
 del 06-05-05
APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE
(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
 CERTIFICATO DAL RINA
 ISO 9001

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 Certificato n°: 4055/15
Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
Cantiere: Parco Nord Milano
Località: MILANO
Campione: CT-S3 CR4 Profondità (m): 15,00-15,40
Sigla di laboratorio: T.1555/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia sabbiosa, limosa.

Forma: - Stato del campione: rimaneggiato
 Lunghezza (cm): - Diametro "Φ" (cm): -
 Colore: marrone scuro Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
15,00-15,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 al stato di P. n. 59 del D.P.R. 31/03/2001
 con decreto n. 23283 per Prove
 Geotecniche su terre

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n° 4056/15

Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15

Cantiere: Parco Nord Milano

Località: MILANO

Campione: CT-S3 CR4

Profondità (m): 15,00-15,40

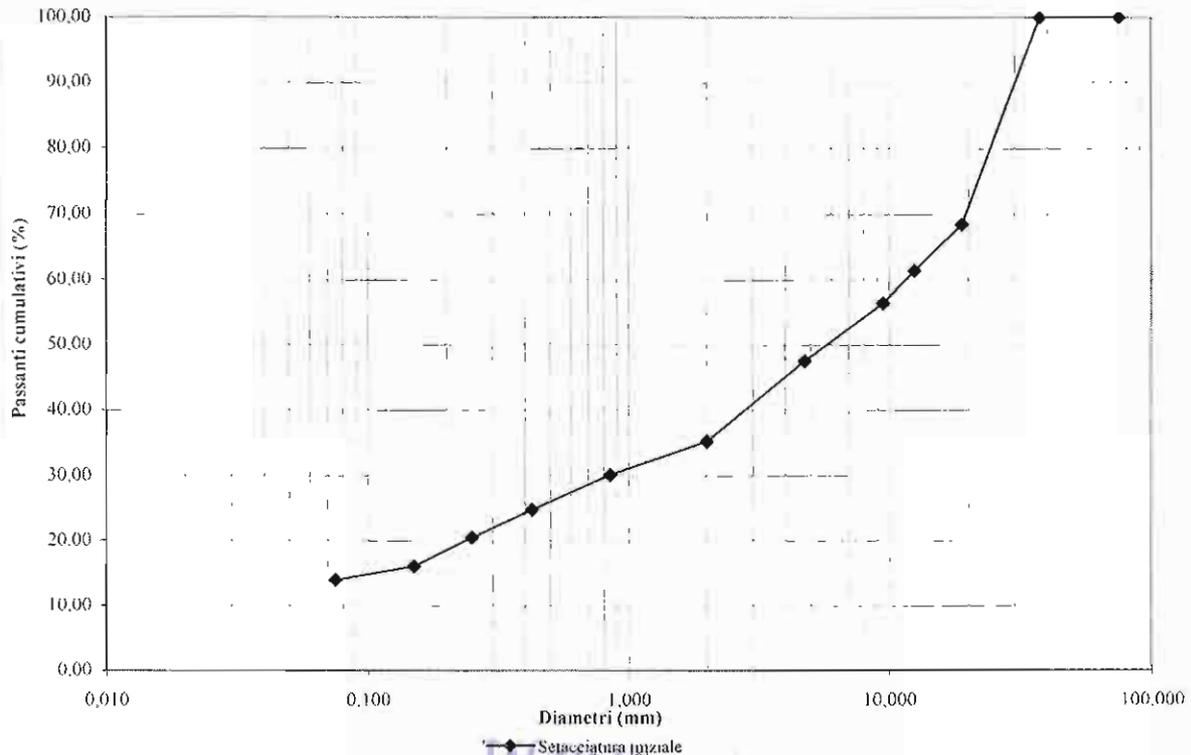
Sigla di laboratorio T.1555/15

Data di inizio prova 25/08/2015

Data di emissione: 26/08/2015

**Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200
 ASTM, 0,075 mm)**

Setaccio		Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm					
		888,30	766,29	7,55		
3"	75,000			7,55	7,55	100,00
1 1/2"	37,500			7,55	7,55	100,00
3/4"	19,000			285,29	285,29	68,47
1/2"	12,500			347,87	347,87	61,36
3/8"	9,500			391,99	391,99	56,35
N 4	4,750			470,39	470,39	47,45
N 10	2,000			578,67	578,67	35,16
N 20	0,850			623,20	623,20	30,10
N 40	0,425			670,33	670,33	24,75
N 60	0,250			708,31	708,31	20,44
N 100	0,150			747,19	747,19	16,02
N 200	0,075			765,87	765,87	13,90

Distribuzione granulometrica

 Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTOREGOLATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.L.R. 388/2001
 con decreto n. 53363 per Prov. di
 Geotecnica

 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°: 127/15 del 24/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR4 Profondità (m): 15,00-15,40
 Sigla del laboratorio: T.1555/15 Data di emissione: 26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media	kPa
-------------	-----

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coesione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coesione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coesione (residuo)	kPa

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	13,20
Sabbia < 2,00 mm	(%)	21,96
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	64,84
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT_s 69)

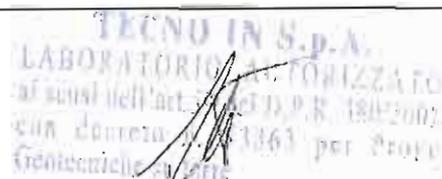
Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec


 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 1865 del D.P.R. 180/2002
 con Decreto n. 3363 per prova
 Geotecniche e altre



LABORATORIO PROVE SUI TERRENI

Conc.Min.LL.PP. N° 53363

del 06-05-05

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE

(ASTM D 2488-00)

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA ISO 9001

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 ; Certificato n° : 4057/15
 Committente: Metropolitana Milanese ; Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR5 ; Profondità (m) : 20,00-20,40
 Sigla di laboratorio: T.1556/15 ; Data di prova: 24/08/2015 ; Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia.

Forma: -
 Lunghezza (cm): -
 Colore: marrone scuro

Stato del campione: rimaneggiato
 Diametro "Φ" (cm): -
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) Privo di consistenza Poco consistente Moderatamente consistente Consistente Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) Sciolto Poco addensato Moderatamente addensato Addensato Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' Asciutto Debolmente umido Umido Molto umido Saturo
PLASTICITA' Non plastico Poco plastico Mediamente plastico Molto plastico	REAZIONE CON HCl Nulla Debole Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
20,00-20,40		Analisi granulometrica per vagliatura	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

TECNO IN
 LABORATORIO AUTOREGOLANTE
 in via ... del D.P.R. ...
 con decreto ... per Prov. Dott. Geol. Lucio Amato
 Geotecniche su terra

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15

del 24/08/15

Certificato n°: 4058/15

Committente: Metropolitana Milanese

Commessa n° 205/15

Cantiere: Parco Nord Milano

Località: MILANO

Campione: CT-S3 CR5

Profondità (m): 20,00-20,40

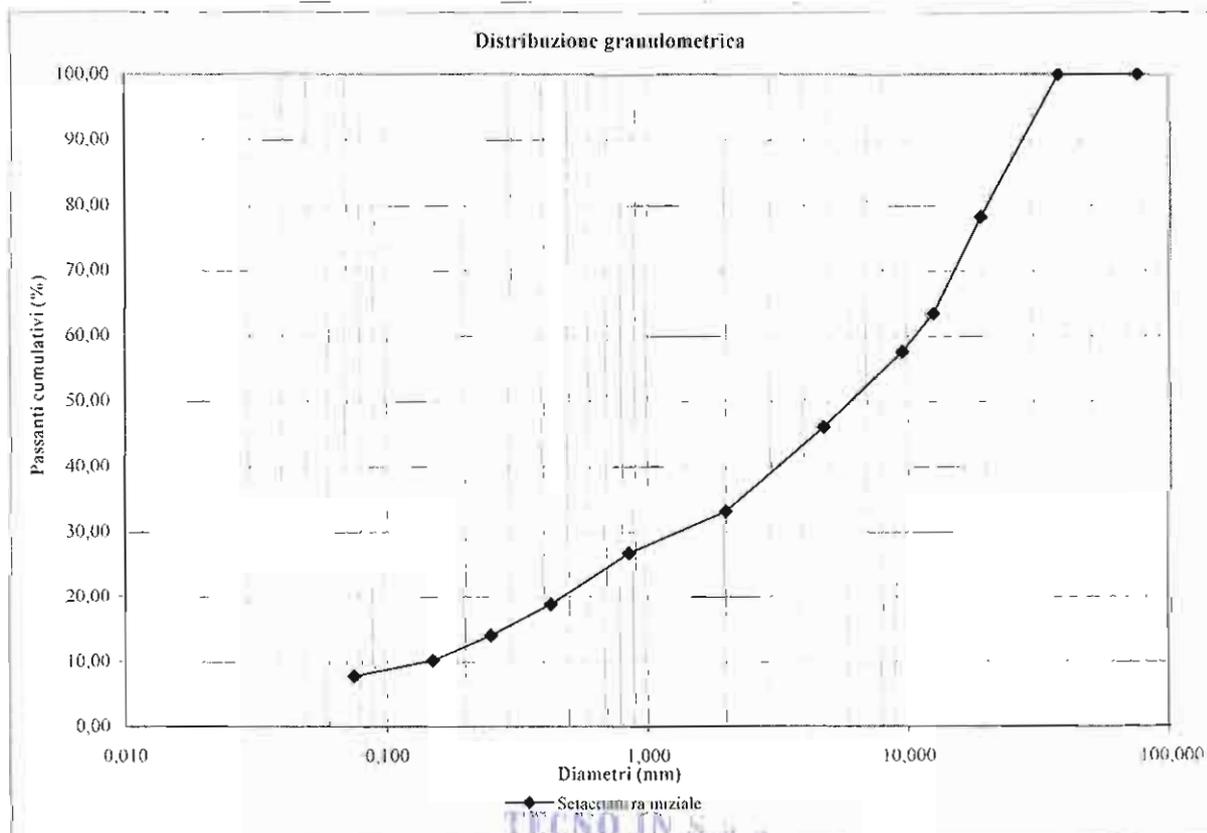
Sigla di laboratorio T.1556/15

Data di inizio prova 25/08/2015

Data di emissione: 26/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200 ASTM, 0,075 mm)

Massa secca iniziale (g)	708,31	Massa secca dopo lavaggio (g):	654,84
		Massa tara (g)	7,49
Setaccio		Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	
ASTM	mm		Percentuale passante (%)
3"	75,000	7,49	100,00
1 1/2"	37,500	7,49	100,00
3/4"	19,000	160,20	78,21
1/2"	12,500	264,25	63,36
3/8"	9,500	305,45	57,48
N 4	4,750	385,55	46,05
N 10	2,000	476,05	33,14
N 20	0,850	521,20	26,70
N 40	0,425	576,74	18,77
N 60	0,250	610,10	14,01
N 100	0,150	637,49	10,11
N 200	0,075	653,99	7,75



Lo Sperimentatore
Dott. Geol. Giovanni Panfili

LABORATORIO AUTORIZZATO
ai sensi dell'art. 50 del D.P.R. 380/2001
con decreto n. 1163 per Prove

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°: 127/15 del 24/08/2015 Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR5 Profondità (m): 20,00-20,40
 Sigla del laboratorio: T.1556/15 Data di emissione: 26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione S_r	(%)	

PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa
Deformazione a rottura	(%)

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media	kPa
-------------	-----

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coestione efficace	kPa

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°
Coestione efficace	kPa

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°
Coestione (di picco)	kPa
Angolo di attrito interno (residuo)	°
Coestione (residuo)	kPa

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm + Limo < 0,06 mm	(%)	7,20
Sabbia < 2,00 mm	(%)	25,94
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	66,86
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	0,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo
 Sotto gruppo
 Indice di gruppo

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT₅ 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità (m/s)

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e e kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa
Permeabilità k	cm/sec
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec


 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 50 del D.L. R. 380/2001
 con decreto 13/03/03 del Prov.
 Geotecniche su incarico

**LABORATORIO PROVE SUI TERRENI**

Conc.Min.LL.PP. N° 53363

del 06-05-05

APERTURA E DESCRIZIONE GENERALE DEL CAMPIONE*(ASTM D 2488-00)*AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'
CERTIFICATO DAL RINA
ISO 9001

Acc. n° 127/15 del: 24/08/2015 Certificato n°: 4059/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n°: 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR6 Profondità (m): 24,60-25,00
 Sigla di laboratorio: T.1557/15 Data di prova: 24/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Descrizione: il campione è costituito da ghiaia con sabbia, limosa, debolmente ciottolosa.

Forma: -
 Lunghezza (cm): -
 Colore: marrone

Stato del campione: rimaneggiato
 Diametro "Φ" (cm): -
 Odore: -

CONSISTENZA (Terreni coesivi) <input type="checkbox"/> Privo di consistenza <input type="checkbox"/> Poco consistente <input type="checkbox"/> Moderatamente consistente <input type="checkbox"/> Consistente <input type="checkbox"/> Molto consistente	ADDENSAMENTO (Terreni granulari) <input type="checkbox"/> Sciolto <input type="checkbox"/> Poco addensato <input type="checkbox"/> Moderatamente addensato <input type="checkbox"/> Addensato <input type="checkbox"/> Molto addensato	CONDIZIONI DI UMIDITA' <input type="checkbox"/> Asciutto <input type="checkbox"/> Debolmente umido <input type="checkbox"/> Umido <input type="checkbox"/> Molto umido <input type="checkbox"/> Saturo
PLASTICITA' <input type="checkbox"/> Non plastico <input type="checkbox"/> Poco plastico <input type="checkbox"/> Mediamente plastico <input type="checkbox"/> Molto plastico	REAZIONE CON HCl <input type="checkbox"/> Nulla <input type="checkbox"/> Debole <input type="checkbox"/> Alta	

Profondità (m)	LITOLOGIA	PROVE ESEGUITE	Pocket Penetrometer (KPa)
24,60-25,00		Analisi granulometrica per vagliatura e sedimentazione	

Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Pafficelli

Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Amato

Acc. n° 127/15 del 24/08/15 Certificato n°: 4060/15
 Committente: Metropolitana Milanese Commessa n° 205/15
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR6 Profondità (m): 24,60-25,00
 Sigla di laboratorio: T.1557/15 Data di inizio prova: 25/08/2015 Data di emissione: 26/08/2015

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 200
 ASTM, 0,075 mm)

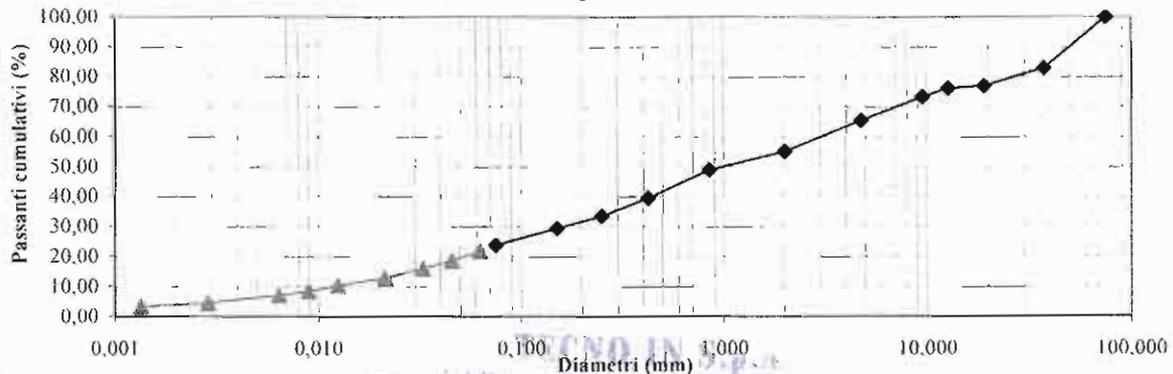
Setaccio	mm	Massa secca iniziale (g)	Massa secca dopo lavaggio (g)	Massa tara (g)	Massa ritenuta cumulativa + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm	787,61	603,5	7,93		
3"	75,000			7,93		100,00
11,2"	37,500			141,48		82,87
3/4"	19,050			189,16		76,76
1/2"	12,700			194,68		76,05
3/8"	9,525			217,18		73,16
N 4	4,750			278,89		65,25
N 10	2,000			358,96		54,98
N 20	0,850			406,67		48,86
N 40	0,425			480,41		39,40
N 60	0,250			527,75		33,33
N 100	0,150			559,03		29,32
N 200	0,075			602,71		23,71

Decantazione

Massa iniziale secca (g): 50,1

Peso specifico dei granuli: 2,60

Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H1 ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale passante (%)	L (cm)	K	Diametro (mm)
0,50	1,0185	25	-0,0005	1,0180	21,74	11,50	0,01306	0,063
1	1,0160	25	-0,0005	1,0155	18,54	12,20	0,01306	0,046
2	1,0140	25	-0,0005	1,0135	15,98	12,75	0,01306	0,033
5	1,0115	25	-0,0005	1,0110	12,79	13,40	0,01306	0,021
15	1,0095	25	-0,0005	1,0090	10,23	13,90	0,01306	0,013
30	1,0080	25	-0,0005	1,0075	8,31	14,30	0,01306	0,009
60	1,0070	25	-0,0005	1,0065	7,03	14,55	0,01306	0,006
310	1,0050	25	-0,0005	1,0045	4,48	15,10	0,01306	0,003
1440	1,0040	25	-0,0005	1,0035	3,20	15,35	0,01306	0,001

Distribuzione granulometrica

 Lo Sperimentatore
 Dott. Geol. Giovanni Parricelli

 Il Direttore del Laboratorio
 Dott. Geol. Lucio Imato

Accettazione n°: 127/15 | del | 24/08/2015 | Commessa n°: 205/15
 Committente: Metropolitana Milanese
 Cantiere: Parco Nord Milano
 Località: MILANO
 Campione: CT-S3 CR6 | Profondità (m): 124,60-25,00
 Sigla del laboratorio: T.1557/15 | Data di emissione: 26/08/2015

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Peso di volume naturale γ_n	(kN/m ³)	
Peso di volume secco γ_d	(kN/m ³)	
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	
Peso specifico dei granuli G	(-)	
Porosità n	(%)	
Indice dei vuoti e	(-)	
Grado di saturazione Sr	(%)	

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)

Argilla < 0,002 mm	(%)	3,50
Limo < 0,06 mm	(%)	18,30
Sabbia < 2,00 mm	(%)	33,18
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	40,02
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	5,00

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)

Limite di liquidità W_L	(%)	
Limite di plasticità W_P	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)

Gruppo	
Sotto gruppo	
Indice di gruppo	

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT5 69)

Densità secca massima	(kN/m ³)	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO

Permeabilità	(m/s)	
--------------	-------	--

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)

Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)

C_u media	kPa	
-------------	-----	--

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)

Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)

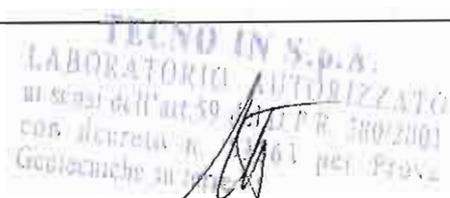
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)

Angolo di attrito interno (di picco)	°	
Coesione (di picco)	kPa	
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)

Intervallo di carico compreso tra e	kPa	
Coefficiente di compressibilità m_v	Mpa ⁻¹	
Modulo edometrico E_{ed}	Mpa	
Permeabilità k	cm/sec	
Coefficiente di consolidazione c_v	cm ² /sec	


 TECNO IN S.p.A.
 LABORATORIO AUTORIZZATO
 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001
 con decreto n. 1061 del 12/08/2001
 Geotecnico in carica

Allegato 6 - Indagine geofisica

REGIONE LOMBARDIA

-Provincia di Milano-

COMUNE DI

MILANO

CT000: Sistemazione idraulica del Torrente Seveso

*Indagine geofisica con metodo
MASW e HVSR*

RELAZIONE TECNICA

Febbraio 2018

In data 15 gennaio 2019, nei pressi di via Moro in località Bruzzano nel Comune di Milano (MI), è stata realizzata una campagna sismica con metodi MASW, REMI e HVSR. L'indagine ha l'obiettivo di valutare la frequenza propria di sito e determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire dal piano delle fondazioni (VS30), in riferimento alla classificazione sismica del territorio (O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03, O.P.C.M. n. 3316 del 02/10/03 e O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/06), alle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/08) e successivo "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17/01/18).

A tal scopo è stata realizzata uno stendimento sismico per acquisizione con metodologia sismica attiva MASW e passiva REMI; inoltre è stata realizzata una misurazione geofono triassiale (HVSR) della durata di 20 minuti.



- Ubicazione dell'area di indagine (tratto da Google Maps) -

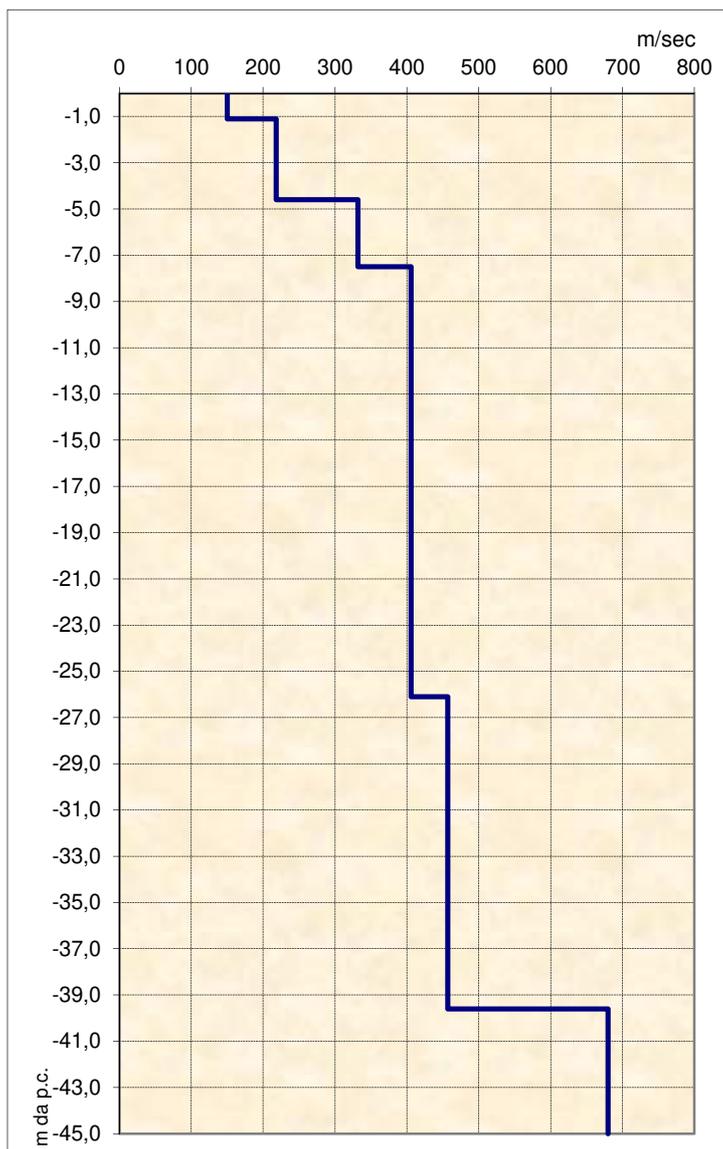
MASW



- Stesa sismica MASW -

TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-1.1	1.1	150
-4.6	3.5	218
-7.5	2.9	332
-26.1	18.6	406
-39.6	13.5	457
-45.0	5.4	680



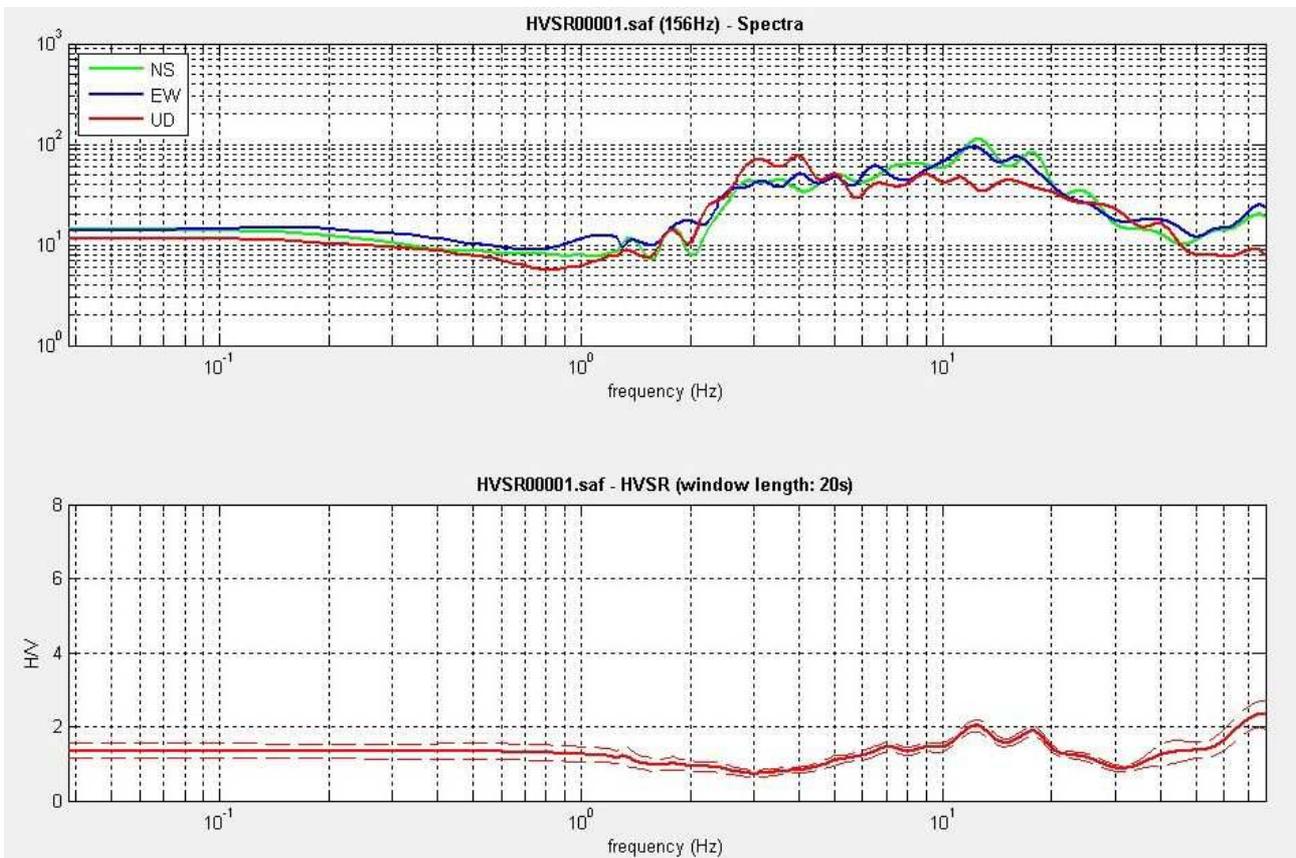
- Grafico velocità Vs/profondità -

Piano fondazioni (m da p.c.)	$V_{S,eq}$ (m/s)	Cat. Sottosuolo
0	347	C
-5	412	B
-15	463	B

HVSR



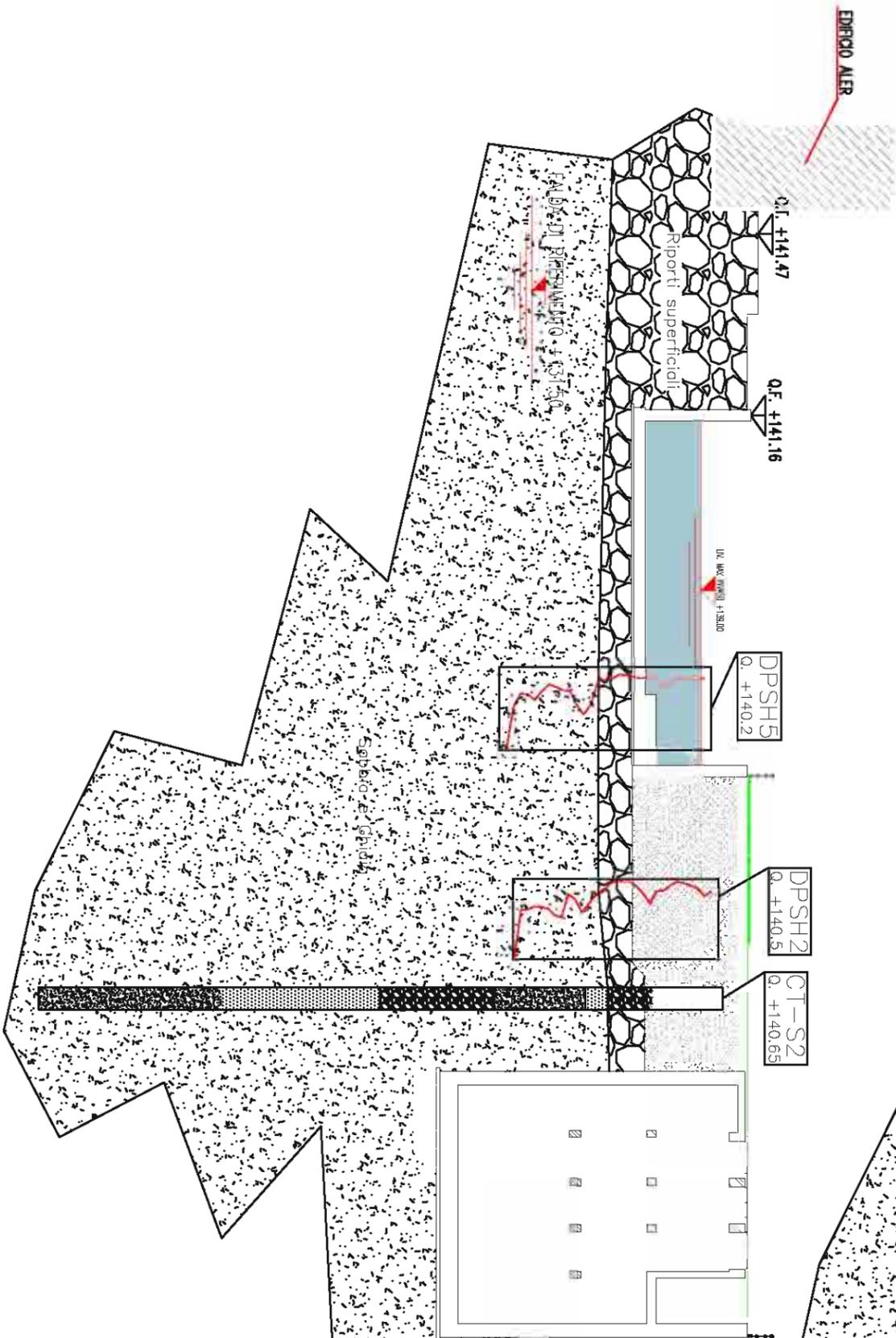
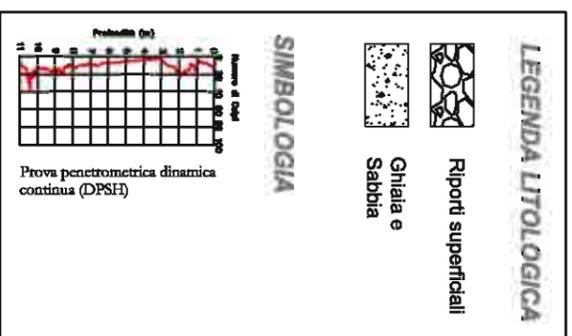
- Strumentazione installata in sito -



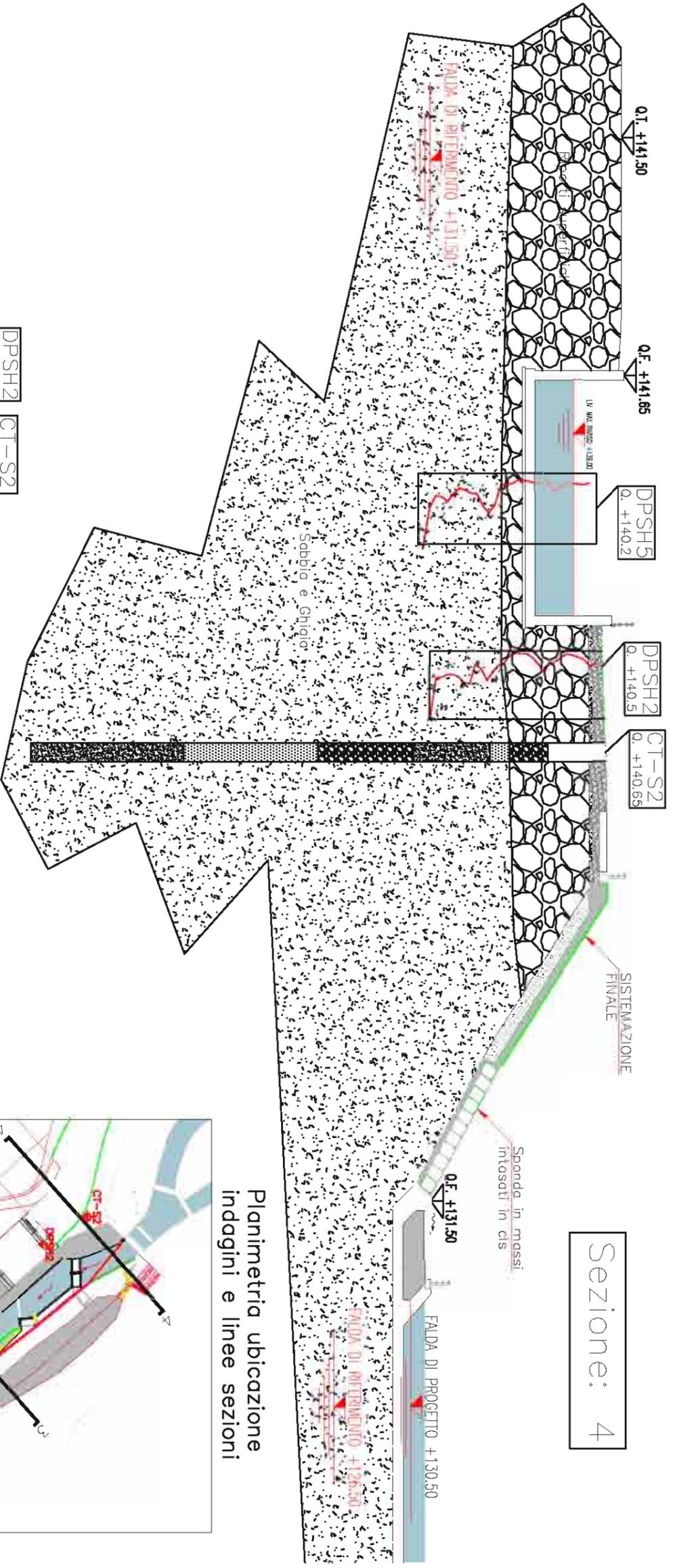
- Spettri medi e rapporto spettrale H/V con intervallo di fiducia -

Nell'analisi spettrale è stato evidenziato un picco principale alla frequenza di 12,4 Hz con periodo di 0,08 s; di ampiezza leggermente inferiore è il picco a 17,5 Hz con periodo di 0.06 s.

Allegato 7 - Sezioni litostratigrafiche



Sezione: 3



Sezione: 4

Planimetria ubicazione indagini e linee sezioni

