



# POLITECNICO DI MILANO

## Area Tecnico Edilizia

P.zza Leonardo da Vinci, 32 - 20133 M I L A N O

PHONE: +39 02 2399.1    [www.polimi.it](http://www.polimi.it)

Edificio N°:                      Ed 24 - via Golgi, 40 (MI)  
Ed 3 - p.zza Leonardo da Vinci, 32 - (MI)

Struttura:  
EDIFICIO 24 - DEIB  
EDIFICIO 3 - GINO CASSINIS

Oggetto:  
cod.lav. 02\_2014  
Lavori di realizzazione nuove scale esterne  
di sicurezza e adeguamento normativo VVF  
EDIFICIO 24 - DEIB - I LOTTO  
EDIFICIO 3 - GINO CASSINIS - II LOTTO

### PROGETTO ESECUTIVO ELABORATO GENERALE

Responsabile del Procedimento:

Responsabile del Progetto (Progettista):

Progettista Opere Civili:

Progettista Opere Strutturali:

Progettista Impianti Elettrici:

Coordinatore Sicurezza fase Progettazione:

ing. Gianluca Noto - A.T.E.

arch. Barbara Vai - A.T.E.

arch. Barbara Vai - A.T.E.

ing. Maurizio Colombo -  
Studio Brambilla e Colombo Associati

p.i. Ettore Gallina - A.T.E.

arch. Luca Colacicco - A.T.E.

Titolo Tavola Indagini Geotecniche	Categoria Tavola Elaborato Generale
---------------------------------------	--

Codice Tavola				SCALA:	PLOTTAGGIO: 1=1	FORMATO: A4	
PROGR.				NOME FILE: 02_2014_07_Indagini Geotecniche.pdf			
				NOTE:			
NUM				REV			
07		PED E G		.007.0		01	
3							
2							
1	REVISIONE			27 ott. 14	B.V	B.V.	G.N.
0	EMISSIONE			10 ott. 14	B.V	B.V.	G.N.
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**COMUNE DI MILANO**

POLITECNICO DI MILANO

**NUOVE SCALE DI SICUREZZA****POLO DI MILANO – SEDE DI CITTÀ STUDI – CAMPUS  
LEONARDO EDIFICIO 3 – CAMPUS GOLGI/CLERICETTI  
EDIFICIO 24****RELAZIONE GEOTECNICA**

Luglio 2014

## SOMMARIO

<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....</b>	<b>5</b>
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	5
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	5
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	6
<b>SISMICITÀ.....</b>	<b>7</b>
<b>CAMPAGNA DI INDAGINE .....</b>	<b>12</b>
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE .....	12
<b>EDIFICIO 3 SCALE ALTE .....</b>	<b>14</b>
MODELLO GEOLOGICO TECNICO EDIFICIO 3 – SCALE ALTE .....	16
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI EDIFICIO 3 – SCALE ALTE .....	17
<b>EDIFICIO 3 SCALE BASSE .....</b>	<b>19</b>
MODELLO GEOLOGICO TECNICO EDIFICIO 3 SCALE BASSE.....	23
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI EDIFICIO 3 SCALE BASSE .....	24
<b>EDIFICIO 24 .....</b>	<b>26</b>
MODELLO GEOLOGICO TECNICO EDIFICIO 24 .....	28
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI EDIFICIO 24 .....	29
<b>ANALISI DELLE FONDAZIONI .....</b>	<b>30</b>
SCHEMA DELLA FONDAZIONE E DEI CARICHI TRASMESSI AL TERRENO .....	30
CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI.....	30
EDIFICIO 3 SCALE ALTE.....	31
EDIFICIO 3 SCALE BASSE.....	36
EDIFICIO 24 .....	41
<b>AMBIENTALE.....</b>	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>47</b>

### Indice delle Figure

Figura 1 – Stralcio della tavoletta CTR B6c2.....	5
Figura 2 – Ubicazione indagini in sito .....	13
Figura 3 – Grafico indagini in sito e profilo interpretativo .....	21

### Allegati

- ALLEGATO.1 Layout indagini in sito
- ALLEGATO.2 Prove in sito
- ALLEGATO.3 Documentazione fotografica

## **PREMESSA**

Il presente lavoro è redatto per conto del Politecnico di Milano Area Tecnica Edilizia a supporto della progettazione di nove scale di sicurezza in corrispondenza dell'edificio 3 Campus Leonardo e dell'edificio 24 del Campus Golgi/Clericetti in Milano.

Il presente lavoro ha come scopo principale la caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti nelle aree, attraverso indagini in sito, per la progettazione e il dimensionamento delle fondazioni delle strutture previste. Sono state inoltre eseguite analisi di caratterizzazione ambientale sui campioni di terreno prelevati finalizzati alla verifica dei CSC per quanto riguarda i principali metalli ed idrocarburi.

L'analisi dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica è stata effettuata mediante apposite indagini in sito eseguite nel mese di Luglio del 2014.

L'indagine in sito è stata effettuata mediante l'esecuzione di n° 2 prove penetrometriche DPSH, 3 prove penetrometriche DPM e scavi.

Le osservazioni effettuate nel corso dei sopralluoghi e mediante lo studio delle informazioni raccolte hanno consentito di individuare i tratti litostratigrafici dell'area e di stimare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'opera, allo scopo di verificare l'adeguatezza delle strutture previste alla situazione in essere.

## **PRINCIPALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

### **D. M.14/01/2008**

Norme Tecniche per le Costruzioni

### **D. M. LL.PP: del 11/03/1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

### **D. M. LL.PP: del 14/02/1992**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

### **D. M. 9 Gennaio 1996**

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

### **D. M. 16 Gennaio 1996**

Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

### **D. M. 16 Gennaio 1996**

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

### **Circolare Ministero LL.PP: 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG:/S.T.C.**

Istruzione per l'applicazione delle norme tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

### **Circolare Ministero LL.PP: 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

## INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

### INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area investigata si trova in Milano in zona "Città Studi". Gli interventi sono ubicati in due complessi differenti.

L'edificio 3 si trova all'interno del Campus Leonardo nel complesso principale di Piazza Leonardo da Vinci mentre l'edificio 24 appartiene al Campus Golgi/Clericetti di via Clericetti.

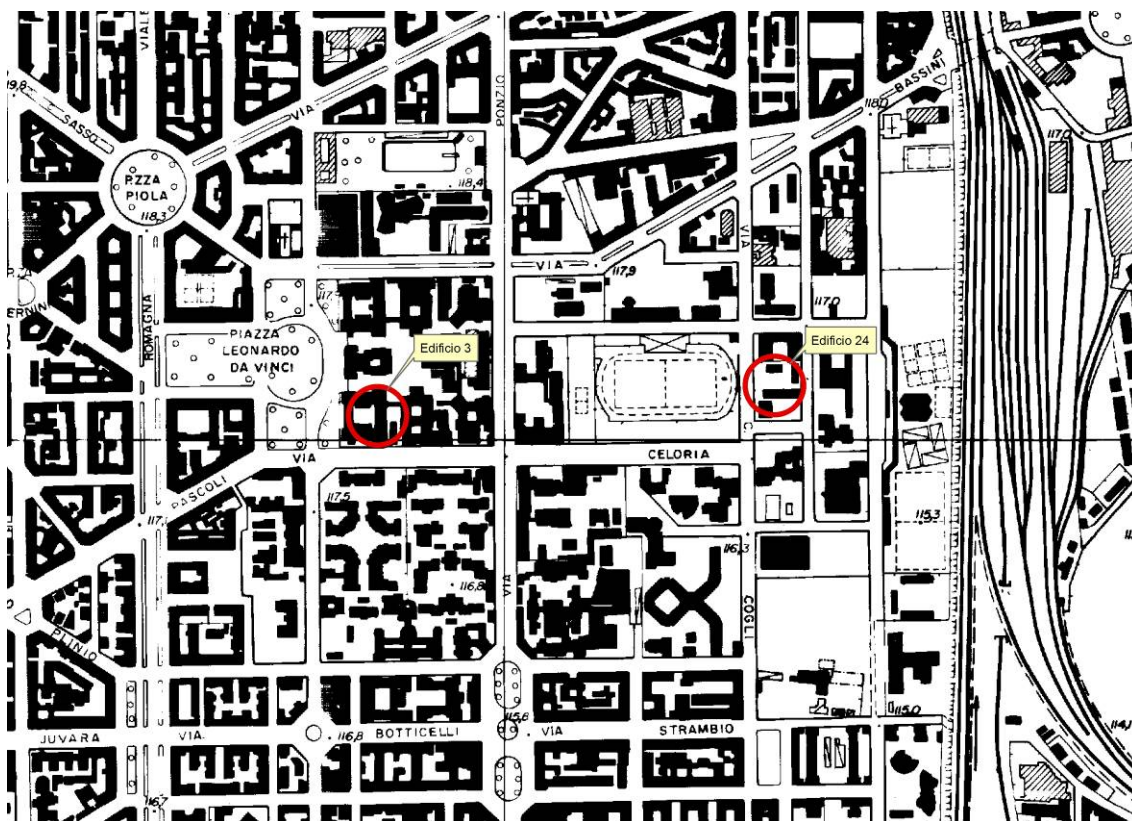


Figura 1 – Stralcio della tavoletta CTR B6c2

### INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Da un punto di vista geologico generale, i depositi della Pianura Padana sono caratterizzati da un potente materasso di materiali alluvionali e fluvioglaciali che hanno colmato le antiche depressioni Padane con materiali provenienti dall'erosione delle catene Alpi. In generale i depositi più grossolani, costituiti da ghiaie e sabbie,



si rinvenivano negli strati più superficiali mentre più in profondità, al di sotto dei 40-50 m, si assiste ad un progressivo aumento delle componenti più fini di tipo limoso-argilloso che raggiungono il loro massimo a profondità superiori ai 100 m in corrispondenza dei depositi deltizi e palustri del Villafranchiano.

I depositi fluvioglaciali sono caratterizzati da ghiaie medie e ciottoli immerse in matrice sabbiosa, in genere scarsamente selezionati. Clasti poligenici subarrotondati di natura prevalentemente metamorfica e cristallina (granitoidi), cui si associano ciottoli calcarei e calcareo-marnosi. Il grado di alterazione, varia da debole a medio nel primo sottosuolo, con locale alterazione più spinta su clasti carbonatici.

#### **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il territorio in oggetto appartiene alla città metropolitana di Milano ed ha subito un importante sviluppo residenziale ed industriale dal dopoguerra. Da un punto di vista geomorfologico, trovandosi all'interno del centro cittadino, non sono presenti elementi di rilievo.

In generale il territorio presenta un blando declivio verso sud e quote di circa 118 m. s.l.m.

Le incisioni e gli avvallamenti creati originariamente dai corsi d'acqua sono oggi in gran parte obliterati dall'azione antropica che ha modificato sostanzialmente l'assetto del territorio.

## SISMICITÀ

Con l'ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n° 3274 si danno i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

In base a tale ordinanza ed a seguito della sua pubblicazione sulla G.U. del 08/05/2003, il Comune di Milano è stato classificato comune sismico in classe 4 (con  $a_g/g = 0,05$ ) per la quale sono previsti i valori di accelerazione orizzontale di cui alla tabella seguente:

<b>Zona</b>	<b>Valore di <math>a_g</math></b>
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni, **la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente"** e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

### **CATEGORIE DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DI SITO**

L'attribuzione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni) secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008 sono riassunte in Tabella 1



Tabella 1 - Classificazione sismica secondo l'OPCM 3274 (&amp; succ. agg.)

Classe	Litologia	$V_{s30}$ m/s	$N_{spt}$	$C_u$ kPa
A	Formazioni litoidi e suoli molto rigidi con copertura di spessore inferiore ai 5 m	> 800	-	-
B	Sabbie e ghiaie od argille molto addensate e consistenti, potenti decine di metri	360 – 800	> 50	> 250
C	Sabbie e ghiaie od argille mediamente addensate, potenti decine di metri	180-360	15-50	70-250
D	Depositi da sciolti a mediamente addensati, o coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	> 70
E	Alluvioni superficiali potenti da 5 a 20 metri, su substrato con $V_{s30} > 800$ m/s	< 360	-	-
S1	Depositi con almeno 10 m di limi/argille saturi, a bassa consistenza con $IP > 40$	< 100	-	10-20
S2	Depositi liquefacibili di argille sensitive, od altri diversi da quelli sopra indicati	-	-	-

Nelle definizioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro i primi 30 m di profondità delle onde di taglio. Il sito verrà classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  se disponibile, altrimenti sulla base del valore di  $N_{spt}$  o  $C_u$ .

Per quanto riguarda il presente progetto la categoria di suolo è stata valutata dalle prove eseguite, estrapolate a 30 m di profondità.

La **“categoria di suolo”** per il terreno presente, in riferimento alle specifiche del D.M. 14.01.2008 già O.P.C.M. n.3274/03, assumendo quale quota di riferimento quella del p.c. può essere ascrivibile alla **classe c** con velocità  $V_{s30}$  comprese tra  **$360 < V_{s30} < 800$  m/s sia per il sito relativo all'edificio 3 che per quello dell'edificio 24 di via Golgi..**

La condizione topografica del sito nella zona può essere ascrivibile alla **categoria T1** – superficie pianeggiante.

Per le opere in progetto si è considerata una **Vn di 50 anni** e una classe d'uso CU II.

In queste condizioni il coefficiente d'uso risulta pari a 1,0

### **PARAMETRI SISMICI**

Di seguito si riportano i parametri sismici per le verifica agli SL calcolati secondo le NTC 2008 relativi alla zona in oggetto per quanto riguarda le fondazioni:

Sito in esame.

latitudine: 45,478629  
longitudine: 9,230483  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

## Siti di riferimento

Sito 1	ID: 12261	Lat: 45,4593	Lon: 9,2174	Distanza: 2381,009
Sito 2	ID: 12262	Lat: 45,4618	Lon: 9,2885	Distanza: 4893,948
Sito 3	ID: 12040	Lat: 45,5117	Lon: 9,2848	Distanza: 5612,414
Sito 4	ID: 12039	Lat: 45,5092	Lon: 9,2137	Distanza: 3645,309

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50anni  
Coefficiente cu: 1

### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,020 g  
Fo: 2,555  
Tc\*: 0,168 [s]

### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,025 g  
Fo: 2,556  
Tc\*: 0,193 [s]

### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,053 g

Fo: 2,641  
Tc\*: 0,280 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,064 g  
Fo: 2,672  
Tc\*: 0,298 [s]

#### Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,890  
St: 1,000  
Kh: 0,006  
Kv: 0,003  
Amax: 0,291  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,810  
St: 1,000  
Kh: 0,008  
Kv: 0,004  
Amax: 0,372  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500  
Cc: 1,600  
St: 1,000  
Kh: 0,016  
Kv: 0,008  
Amax: 0,777  
Beta: 0,200

**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it

SLC:

Ss: 1,500  
Cc: 1,570  
St: 1,000  
Kh: 0,019  
Kv: 0,010  
Amax: 0,943  
Beta: 0,200

## **CAMPAGNA DI INDAGINE**

### **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

La campagna di indagine, condotta a metà luglio del 2014, aveva da un lato la finalità di caratterizzare i terreni di imposta delle fondazioni delle scale si sicurezza in progettazione e dall'altra di valutare in via cautelativa la presenza di eventuali sostanze potenzialmente contaminanti nelle matrici di suolo. Per raggiungere questo duplice scopo sono state eseguite indagini in sito consistenti in 5 prove penetrometriche dinamiche, 2 super pesanti (DPSH) e 3 medie (DPM) a punta conica spinte fino a rifiuto.

La prova consiste nel misurare il numero di colpi (N) necessari per infliggere la punta conica (Rp) e il rivestimento (Rr) in 30 cm di terreno. I valori di Rp e Rr che si ottengono vengono generalmente trasformati in prove S.P.T. equivalenti e da queste si ricavano i parametri geotecnici dei terreni attraverso correlazioni empiriche.

Sono stati inoltre realizzati scavi manuali di ispezione e di prelievo dei campioni.

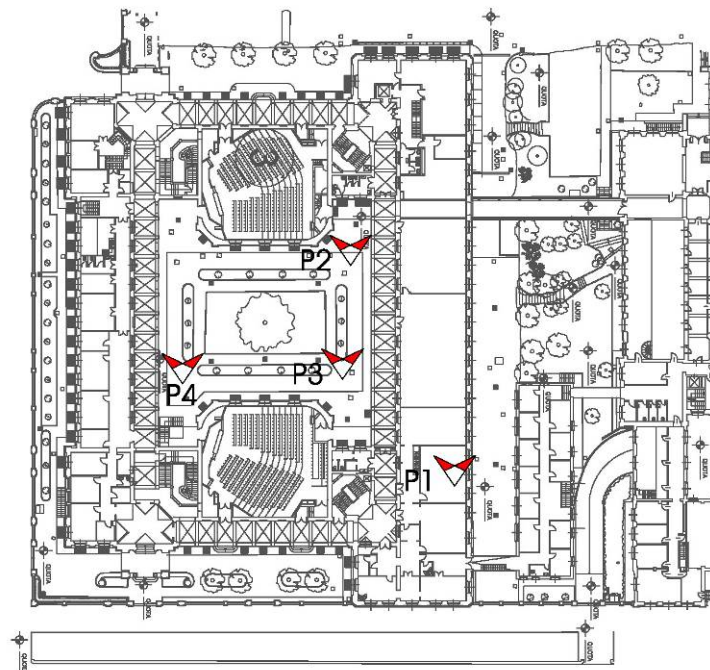
I campioni di terreno prelevati sono stati successivamente portati in laboratorio per essere analizzati chimicamente.

A partire da circa 6.6 m di profondità nella prova n. 1, corrispondente a circa 10 m di profondità rispetto alla quota di p.c. principale, l'umidità delle aste di prova fa ritenere la vicinanza della falda freatica che dalle informazioni in possesso dovrebbe appunto attestarsi a circa 10/11 m di profondità.

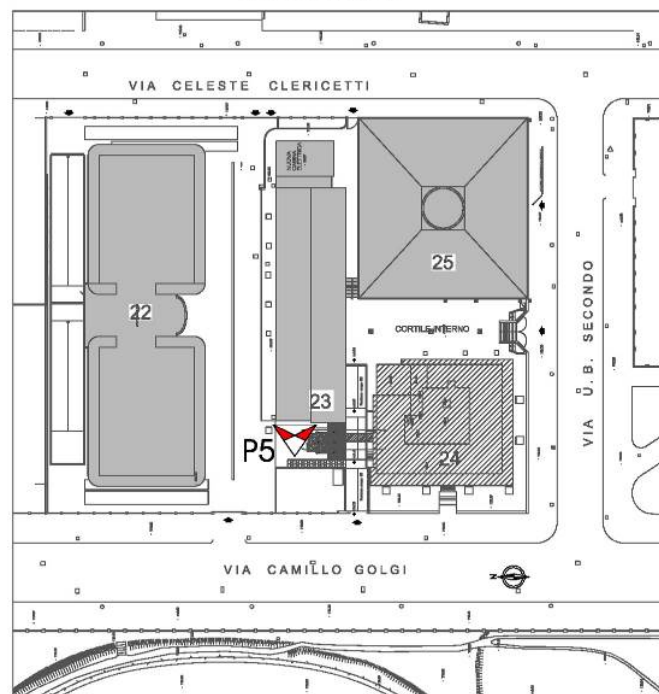
Nelle prove 2,3,4,5 non è stata riscontrata la presenza d'acqua.

Di seguito si analizzano i risultati delle prove nei vari ambiti di intervento.

**EDIFICIO 3**



**EDIFICIO 24**



**Figura 2 – Ubicazione indagini in sito**

## EDIFICIO 3 SCALE ALTE

In corrispondenza della scala esterna dell'edificio 3 lato est è stata effettuata una prova dinamica utilizzando un penetrometro PAGANI TG 73-100 con le seguenti caratteristiche:

- Penetrometro dinamico superpesante tipo Pagani (D.P.S.H.)
- Massa battente di 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Punta conica diametro 51 mm e conicità 60°
- Aste diametro 34 mm, lunghezza di 1 m

Tubi di rivestimento diametro 48 mm, lunghezza di 1 m

Si riportano di seguito i valori delle prove penetrometriche eseguite presso l'accesso esterno dell'edificio 3.

**Tabella 2 – Tabulato prove penetrometriche dinamiche pesanti**

Prof. (m)	N(30) P1
-0,3	20
-0,6	30
-0,9	4
-1,2	3
-1,5	8
-1,8	13
-2,1	10
-2,4	10
-2,7	16
-3	17
-3,3	14
-3,6	18
-3,9	20
-4,2	24
-4,5	15
-4,8	6
-5,1	6
-5,4	9
-5,7	17



-6	16
-6,3	22
-6.6	14
-6.9	14
-7.2	13
-7.5	13
-7.8	22
-8.1	32
-8.4	23
-8.7	48
-9.0	24
-9.3	27
-9.6	22
-9.9	33
-10.2	34

Il punto di prova è ubicato in corrispondenza della quota dei piani interrati a circa 3 m al di sotto del piano campagna principale.

La prova mette in evidenza livelli da medio-basso addensati negli strati più superficiali ad addensati o molto addensati negli strati sottostanti. In particolare si osserva un orizzonte più superficiale a densità media o bassa fino a circa 2.4 m di profondità e terreni a densità medio alta al di sotto.

In generale comunque ci si trova in un contesto caratterizzato da terreni mediamente addensati con discrete caratteristiche geotecniche a partire da circa 2.4 m di profondità. I livelli più superficiali prevalentemente di riporto fino a profondità localmente superiori a 1,5 m presentano invece caratteristiche più eterogenee e globalmente più scadenti. I livelli più superficiali sono anche caratterizzati dalla granulometria più fine.

### **MODELLO GEOLOGICO TECNICO EDIFICIO 3 – SCALE ALTE**

L'analisi critica dei risultati delle indagini in sito ha permesso di caratterizzare i terreni nel sottosuolo e di definirne i principali parametri geotecnici di progetto ( $c'$ ,  $\Phi'$ ).

In particolare, sono state definite 5 unità omogenee dal punto di vista geotecnico individuate in corrispondenza della verticale di prova. Le unità sono state individuate criticamente principalmente in funzione del grado di addensamento ricavato dalle prove. I valori di  $N(30)$  delle prove penetrometriche sono stati trasformati in valori di  $N_{spt}$  equivalenti.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche delle unità litotecniche sopra definite .

#### *Unità 1: Terreni eterogenei mediamente addensati*

L'unità comprende sia i terreni di riporto o di rimaneggiato antropico nei primi 1.5 m, sia terreni naturali presenti al di sotto del p.c. fino a circa 2,4 m di profondità. L'Unità è costituita da materiali generalmente poco addensati costituiti da limi argillosi variamente sabbiosi

Per questa unità è stata stimata una densità relativa compresa tra 30% e 40% .

L'unità costituisce l'orizzonte più superficiale nell'area

#### *Unità 2: Terreni omogenei mediamente addensati*

L'unità è costituita prevalentemente da limi sabbiosi. Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, presenta una densità relativa media (DR compreso tra 45% e 60%).

#### *Unità 3: Terreni omogenei poco addensati*

L'unità, di spessore ridotto a circa 90 cm, costituisce probabilmente un'intercalazione di un orizzonte più fine materiale fine. Si colloca tra - 4,5 m e -5,4 m da p.c.

Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, presenta una scarsa densità relativa (DR inferiore al 40%).

*Unità 4: Terreni omogenei mediamente addensati*

L'unità è costituita prevalentemente da sabbie e sabbie limose. Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, presenta una densità relativa media (DR compreso tra 45% e 60%).

*Unità 5: Terreni omogenei addensati*

Questa unità si sviluppa a partire da - 7.5 m da p.c. ed è costituita sabbie e sabbie ghiasioso limose. Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, presenta buone caratteristiche geotecniche e una densità relativa superiore al 65%.

**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI EDIFICIO 3 – SCALE ALTE**

Per la caratterizzazione geotecnica delle varie unità si è proceduto analizzando criticamente:

- i risultati delle correlazioni empiriche tra  $N_{SPT}$ , densità relativa (DR) e angolo d'attrito efficace ( $\phi'$ );
- esame delle condizioni geologiche ed idrogeologiche del sito.

I parametri di progetto (densità relativa DR, angolo d'attrito efficace e coesione), ottenuti per correlazione con i risultati delle prove SPT (Gibbs e Holtz; Terzaghi e Peck; Peck, Hanson e Thornburn, Schmertmann, Road Bridge Specification, Japanese National Railway, Sowers, Meyerhoff), sono stati cautelativamente ridotti sulla base dell'incertezza che naturalmente affligge i valori stimati da correlazioni empiriche e su considerazioni inerenti le condizioni di prova. Si è scelto dunque di utilizzare i dati più cautelativi per considerare, inoltre, le possibili variazioni locali dei parametri nelle zone non direttamente interessate dalla campagna geognostica.

Non essendo disponibili informazioni dirette riguardo l'eventuale contributo della coesione, ed essendo i terreni nella zona di interesse a comportamento prevalentemente granulare e non coesivo la coesione efficace è stata considerata nulla ( $c'=0$ ). Tra -0.5 m da p.c. e circa -2.5 m è presente un livello limoso che può presentare comportamento intermedio tra coesivo e granulare. Ai fini del presente

progetto si è scelto un comportamento granulare. Sono stati comunque forniti anche i valori della coesione non drenata.

Nella tabella seguente si riassumono i parametri di progetto assegnati ai terreni desunti, come precedentemente esposto, dall'analisi critica delle prove effettuate.

Tutte le prove eseguite sono riportate integralmente in allegato 1.

**Tabella 3 – Valori caratteristici dei parametri del terreno**

Unità	Nspt equivalente	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Profondità m da p.c.	Coesione C' (kPa)	E Modulo elastico (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo di Attrito Phi' (°)	Coesione non drenata C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
1	9	18	0-2,4	0	83	26	0,5
2	26	19	2,4 – 4,5	0	205	31	
3	10	18	4,5 – 5,4	0	100	26	0,5
4	23	19	5,4 – 7,5	0	190	31	
5	44	19	>7,5	0	300	36	

## EDIFICIO 3 SCALE BASSE

In corrispondenza del cortile interno dell'edificio 3 sono state eseguite 3 prove dinamiche utilizzando un penetrometro tipo TG30-DPM con le seguenti caratteristiche:

- Penetrometro dinamico medio (D.P.M)
- Massa battente di 30 kg
- Altezza di caduta: 20 cm
- Punta conica diametro 35.7 mm e conicità 60°
- Aste lunghezza di 1 m

Si riportano di seguito i valori delle prove penetrometriche eseguite presso 3 angoli del cortile interno dell'edificio 3.

**Tabella 4 – Tabulato prove penetrometriche dinamiche pesanti**

Prof. (m)	P2 (N10)	P3 (N10)	P4 (N10)
-0,1	1	1	2
-0,2	2	2	8
-0,3	1	2	9
-0,4	1	4	1
-0,5	3	1	1
-0,6	6	1	1
-0,7	7	1	1
-0,8	6	1	1
-0,9	5	1	1
-1	2	1	1
-1,1	6	1	1
-1,2	3	1	1
-1,3	2	1	1
-1,4	3	1	1
-1,5	3	1	1
-1,6	2	2	1
-1,7	2	3	1
-1,8	2	1	3
-1,9	3	15	2
-2	4	12	1
-2,1	9	2	1
-2,2	3	1	3
-2,3	7	1	3
-2,4	8	7	2
-2,5	9	5	6
-2,6	7	3	4

**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it

-2,7	7	6	4
-2,8	6	4	4
-2,9	8	5	6
-3	8	11	8
-3,1	9	5	10
-3,2	8	12	14
-3,3	10	12	11
-3,4	4	15	16
-3,5	9	15	12
-3,6	8	10	21
-3,7	8	11	17
-3,8	8	12	13
-3,9	11	12	11
-4	12	11	14
-4,1	11	11	15
-4,2	14	16	15
-4,3	11	18	16
-4,4	12	14	14
-4,5	12	12	21
-4,6	16	14	56
-4,7	38	11	58
-4,8	36	17	55
-4,9	32	20	58
-5	43	52	60

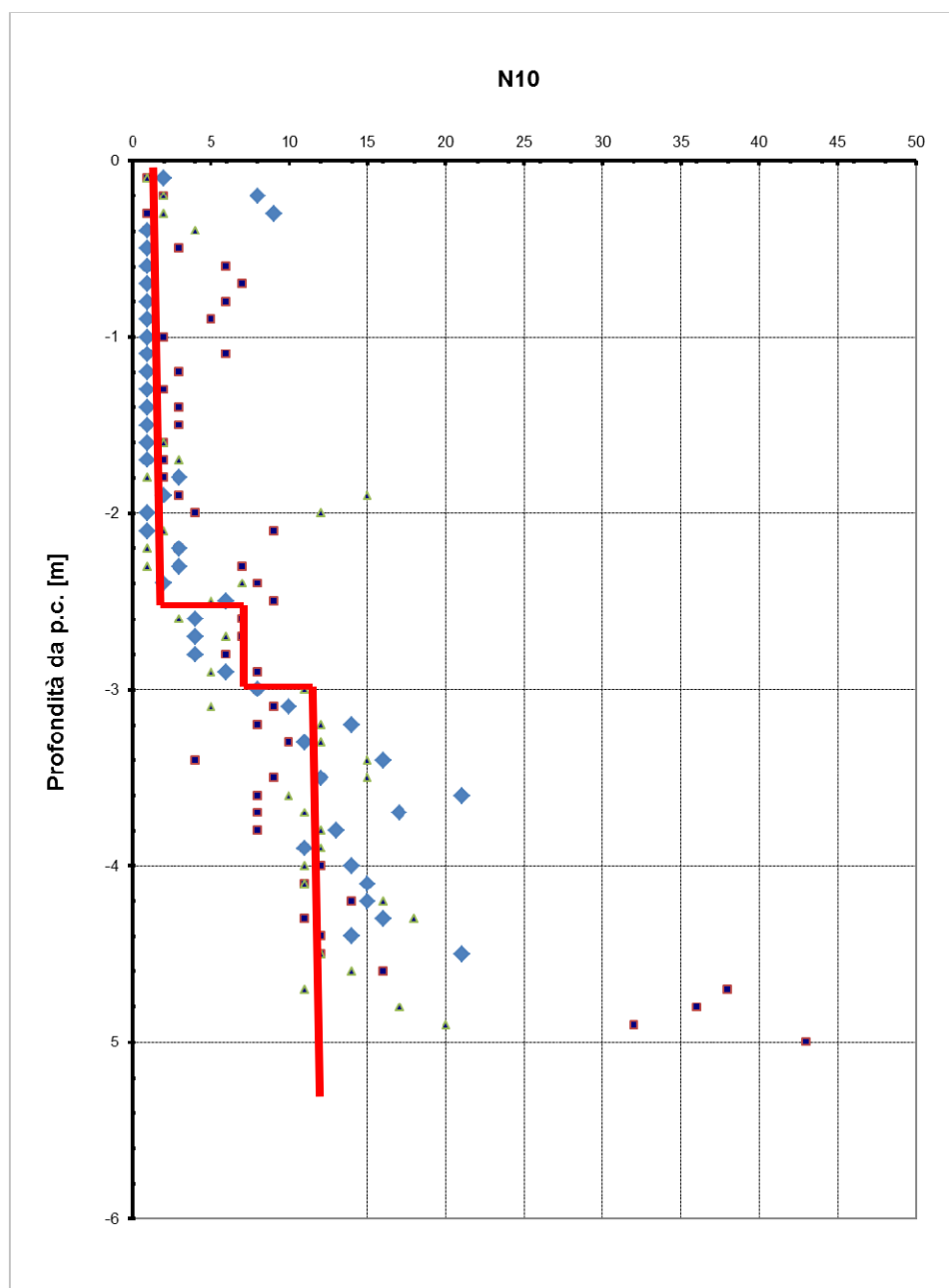


Figura 3 – Grafico indagini in sito e profilo interpretativo

I Punti di prova sono ubicati circa in corrispondenza degli angoli NE-SE-SW del cortile come riportato nella precedente fig. 2.

La prova mette in evidenza livelli sciolti negli strati più superficiali fino a circa 2,5 metri di profondità. Al di sotto le caratteristiche migliorano fino a terreni mediamente addensati.



Siamo in presenza di terreni di riporto evidentemente eterogenei che hanno subito numerosi rimaneggiamenti nel passato durante la realizzazione e modifica delle adiacenti strutture del Politecnico. Le caratteristiche dei terreni sono scadenti con granulometrie fini fino ad almeno i 3 m di profondità.

**MODELLO GEOLOGICO TECNICO EDIFICIO 3 SCALE BASSE**

L'analisi critica dei risultati delle indagini in sito ha permesso di caratterizzare i terreni nel sottosuolo e di definirne i principali parametri geotecnici di progetto ( $c'$ ,  $\Phi'$ ).

In particolare, sono state definite 3 unità omogenee dal punto di vista geotecnico individuate in corrispondenza delle verticali di prova. Le unità sono state individuate criticamente principalmente in funzione del grado di addensamento ricavato dalle prove. I valori di  $N(10)$  delle prove penetrometriche medio pesanti sono stati trasformati in valori di  $N_{sp}$  equivalenti attraverso la formula di "Vanelli e Benassi (1983)".

Considerando le ridotte dimensioni delle strutture in progettazione, la tipologia di prova eseguita e il volume di terreno investigato, nella definizione dei parametri dei terreni e del modello geotecnico si sono utilizzati valori caratteristici più prossimi ai valori minimi rispetto a quelli medi. Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche delle unità litotecniche sopra definite .

*Unità 1: Terreni eterogenei sciolti o molto sciolti*

L'unità comprende i terreni di riporto o di rimaneggiato antropico nei primi 2.5 m, al di sotto del p.c.. L'Unità è costituita da materiali sciolti o molto sciolti a granulometria fine e a comportamento geotecnico scadente o molto scadente. Si ipotizza costituiti da limi argillosi o limi teneri. Il comportamento di questi materiali può essere sia di tipo coesivo che granulare. Le poche informazioni in possesso non permettono una caratterizzazione più precisa.

Per questa unità è stata stimata una densità relativa compresa tra 5% e 25% .

L'unità costituisce l'orizzonte più superficiale nell'area

*Unità 2: Terreni sciolti*

L'unità è costituita prevalentemente da limi o limi sabbiosi sciolti poco differenti da quelli dell'unità soprastante. Costituiscono un piccolo orizzonte di circa 0,5 m al di sotto di quello superficiale. Il numero dei colpi piede aumenta progressivamente con la profondità, la densità relativa compresa tra 20 e 35 %

*Unità 3: Terreni da poco a mediamente addensati*

L'unità si sviluppa a partire da circa 3 m di profondità fino a fine prova (5 m). il terreno presenta un numero di  $N(10)$  generalmente superiore ai 10 colpi fino ad andare a rifiuto.

Il terreno presenta caratteristiche geotecniche medie ma superiori a quelli degli strati soprastanti. Densità relativa compresa tra 35% e 55%

**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI EDIFICIO 3 SCALE BASSE**

Per la caratterizzazione geotecnica delle varie unità si è proceduto analizzando criticamente:

- le correlazioni esistenti tra  $N_{10}$  e  $N_{spt}$
- i risultati delle correlazioni empiriche tra  $N_{spt}$ , densità relativa (DR) e angolo d'attrito efficace ( $\phi'$ );
- esame delle condizioni geologiche ed idrogeologiche del sito.

I parametri di progetto (densità relativa DR, angolo d'attrito efficace e coesione), ottenuti per correlazione con i risultati delle prove SPT (Gibbs e Holtz; Terzaghi e Peck; Peck, Hanson e Thornburn, Schmertmann, Road Bridge Specification, Japanese National Railway, Sowers, Meyerhoff), sono stati cautelativamente ridotti sulla base dell'incertezza che naturalmente affligge i valori stimati da correlazioni empiriche e su considerazioni inerenti le condizioni di prova. Si è scelto dunque di utilizzare i dati più cautelativi per considerare le possibili variazioni locali dei parametri e il limitato volume di terreno su cui insistono i carichi delle opere previste che non permette di mediare i valori caratteristici dei parametri. Non essendo disponibili informazioni dirette riguardo l'eventuale contributo della coesione, ed essendo i terreni nella zona di interesse generalmente a comportamento prevalentemente granulare e non coesivo la coesione efficace è stata considerata nulla ( $c'=0$ ). Tra -0 m da p.c. e circa -3,5 m è presente un livello limoso che può presentare comportamento intermedio tra coesivo e granulare. Ai fini del presente progetto si è scelto un comportamento granulare. Sono stati comunque forniti anche i valori della coesione non drenata.

Nella tabella seguente si riassumono i parametri di progetto assegnati ai terreni desunti, come precedentemente esposto, dall'analisi critica delle prove effettuate.

Tutte le prove eseguite sono riportate integralmente in allegato 1.

**Tabella 5 – Valori caratteristici dei parametri del terreno**

<b>Unità</b>	<b>Nspt equivalente</b>	<b>Gamma (kN/m3)</b>	<b>Profondità m da p.c.</b>	<b>Coesione C' (kPa)</b>	<b>E Modulo elastico (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Angolo di Attrito Phi' (°)</b>	<b>Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	2.5	16.5	0-2.5	0	10	24	0.15
2	4.5	17	2.4 – 3	0	30	26	0.25
3	14	18.5	3 – 5.4	0	150	30	0.5

## EDIFICIO 24

In corrispondenza della scala esterna dell'edificio 24 di via Golgi è stata effettuata una prova dinamica utilizzando un penetrometro PAGANI TG 73-100 con le seguenti caratteristiche:

- Penetrometro dinamico superpesante tipo Pagani (D.P.S.H.)
- Massa battente di 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Punta conica diametro 51 mm e conicità 60°
- Aste diametro 34 mm, lunghezza di 1 m

Tubi di rivestimento diametro 48 mm, lunghezza di 1 m

Si riportano di seguito i valori della prova penetrometrica eseguita presso l'edificio 24.

**Tabella 6 – Tabulato prove penetrometriche dinamiche pesanti**

Prof. (m)	P5 (N30)
-0,3	2
-0,6	3
-0,9	3
-1,2	3
-1,5	3
-1,8	4
-2,1	5
-2,4	6
-2,7	5
-3	5
-3,3	8
-3,6	12
-3,9	17
-4,2	14
-4,5	14
-4,8	11
-5,1	16
-5,4	23
-5,7	20
-6	15
-6,3	17
-6,6	18
-6,9	22

-7,2	12
-7,5	14
-7,8	21
-8,1	15
-8,4	26
-8,7	18
-9	47
-9,3	43
-9,6	30
-9,9	30
-10,2	25

Il punto di prova è ubicato in corrispondenza della quota del piazzale principale.

La prova mette in evidenza livelli da medio addensati negli strati più superficiali ad addensati o molto addensati negli strati sottostanti. In particolare si osserva un orizzonte più superficiale a densità media fino a circa 3 m di profondità e terreni a densità medio alta al di sotto.

In generale ci si trova in un contesto caratterizzato da terreni mediamente addensati con discrete caratteristiche geotecniche a partire da circa 3 m di profondità. I livelli più superficiali fino a 3 m di profondità presentano invece caratteristiche più eterogenee e globalmente più scadenti. I livelli più superficiali sono anche caratterizzati dalla granulometria più fine.

## **MODELLO GEOLOGICO TECNICO EDIFICIO 24**

L'analisi critica dei risultati delle indagini in sito ha permesso di caratterizzare i terreni nel sottosuolo e di definirne i principali parametri geotecnici di progetto ( $c'$ ,  $\Phi'$ ).

In particolare, sono state definite 3 unità omogenee dal punto di vista geotecnico individuate in corrispondenza della verticale di prova. Le unità sono state individuate criticamente principalmente in funzione del grado di addensamento ricavato dalle prove. I valori di  $N(30)$  delle prove penetrometriche sono stati trasformati in valori di  $N_{spt}$  equivalenti.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche delle unità litotecniche sopra definite .

### *Unità 1: Terreni eterogenei sciolti*

L'unità comprende i terreni probabilmente di riporto o di rimaneggiato antropico nei primi 3 m al di sotto del p.c. L'Unità è costituita da materiali generalmente poco addensati o sciolti con  $N_{spt}$  equivalenti medi sullo strato di 5. Si tratta di limi argillosi o argille limose.

Per questa unità è stata stimata una densità relativa compresa tra 20% e 35% .

L'unità costituisce l'orizzonte più superficiale nell'area

### *Unità 2: Terreni omogenei mediamente addensati*

L'unità è costituita prevalentemente da limi sabbiosi o sabbie. Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, si estende da circa 3.4 m a circa 8 m di profondità. Presenta una densità relativa media (DR compreso tra 35% e 65%).

### *Unità 3: Terreni omogenei addensati*

Questa unità si sviluppa a partire da - 8 m da p.c. fino a fondo prova ed è costituita sabbie e sabbie ghiasiose. Il terreno, omogeneo dal punto di vista granulometrico, presenta buone caratteristiche geotecniche e una densità relativa superiore al 65%.



**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI EDIFICIO 24**

Per la caratterizzazione geotecnica delle varie unità si è proceduto analizzando criticamente:

- i risultati delle correlazioni empiriche tra  $N_{SPT}$ , densità relativa (DR) e angolo d'attrito efficace ( $\phi'$ );
- esame delle condizioni geologiche ed idrogeologiche del sito.

I parametri di progetto (densità relativa DR, angolo d'attrito efficace e coesione), ottenuti per correlazione con i risultati delle prove SPT (Gibbs e Holtz; Terzaghi e Peck; Peck, Hanson e Thornburn, Schmertmann, Road Bridge Specification, Japanese National Railway, Sowers, Meyerhoff), sono stati cautelativamente ridotti sulla base dell'incertezza che naturalmente affligge i valori stimati da correlazioni empiriche e su considerazioni inerenti le condizioni di prova. Si è scelto dunque di utilizzare i dati più cautelativi per considerare, inoltre, le possibili variazioni locali dei parametri nelle zone non direttamente interessate dalla campagna geognostica.

Non essendo disponibili informazioni dirette riguardo l'eventuale contributo della coesione, ed essendo i terreni nella zona di interesse a comportamento prevalentemente granulare e non coesivo la coesione efficace è stata considerata nulla ( $c'=0$ ). Nei primi metri di profondità è presente un livello limoso che può presentare comportamento intermedio tra coesivo e granulare. Ai fini del presente progetto si è scelto un comportamento granulare.

Nella tabella seguente si riassumono i parametri di progetto assegnati ai terreni desunti, come precedentemente esposto, dall'analisi critica delle prove effettuate.

Tutte le prove eseguite sono riportate integralmente in allegato 1.

**Tabella 7 – Valori caratteristici dei parametri del terreno**

Unità	Nspt equivalente	Gamma (kN/m <sup>3</sup> )	Profondità m da p.c.	Coesione C' (kPa)	E Modulo elastico (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo di Attrito $\Phi'$ (°)	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )
1	6	17	0-3.3	0	50	25	0.25
2	24	19	3.3 – 8	0	195	31	
3	43	19	8 – 10.2	0	290	35	

## **ANALISI DELLE FONDAZIONI**

### **SCHEMA DELLA FONDAZIONE E DEI CARICHI TRASMESSI AL TERRENO**

Per lo schema e i carichi in fondazione si è fatto riferimento alle tavole e alle relazioni di calcolo elaborate in bozza dal progettista e trasmesse dal Committente per le varie scale di sicurezza in progetto.

Per il calcolo della capacità portante e dei cedimenti si sono considerati i parametri geotecnici caratteristici (in base allo spessore degli strati) desunti dal modello geotecnico proposto nei paragrafi precedenti. Si è fatto riferimento alla zona sismica 4 con valori di accelerazione pari a 0.05 g

Di seguito verranno sviluppate le verifiche geotecniche divise per tipologia di intervento.

In particolare si verificherà la scala alta e bassa dell'edificio 3 del complesso principale e le scale dell'edificio 24 del campus Golgi/Clericetti

### **CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI**

Per il calcolo della capacità portante del terreno di fondazione si è utilizzato sia la formula di Terzaghi secondo la formulazione di Hansen (1970), che tiene conto dell'influenza della forma e della profondità del piano di imposta nel calcolo (normativa previgente metodo delle tensioni ammissibili) sia la formula di Brinch-Hansen utilizzando il nuovo approccio previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 14/01/08 (verifica agli Stati Limite).

Nella nuova normativa, affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:  $V_d < R_d$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Per le verifiche agli stati limite si è utilizzato l'approccio I e la combinazione 2

Di seguito si riportano le verifiche effettuate suddivise per intervento;

**EDIFICIO 3 SCALE ALTE****DATI GENERALI**

=====	
=====	
Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	2,4 m
Lunghezza fondazione	2,4 m
Profondità piano di posa	1,3 m
Altezza di incastro	0,9 m
Sottofondazione...Sporgenza, Altezza	0,1/0,1 m
=====	
=====	

**STRATIGRAFIA TERRENO**

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
2,4	17,65	18,63	26,0	26	0,0	0,0	0,5	8300,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,1	19,0	19,5	31,0	31	0,0	0,0	0,0	20500,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,9	17,65	18,63	26,0	26	0,0	0,0	0,5	10000,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,1	19,0	19,5	31,0	31	0,0	0,0	0,0	19000,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,5	19,12	20,59	36,0	36	0,0	0,0	0,0	30000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A2+M2+R2	103,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	S.L.E.	71,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
2	No	1	1	1	1	1	1	1

**CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2**

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	237,39 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	131,88 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	103,0 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	2,3
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

**COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)**Costante di Winkler 9495,62 kN/m<sup>3</sup>**A2+M2+R2**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====	
=====	
Fattore [Nq]	7,3
Fattore [Nc]	16,14
Fattore [Ng]	3,69
Fattore forma [Sc]	1,45
Fattore profondità [Dc]	1,2
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,39
Fattore profondità [Dq]	1,16
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,6
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
=====	
=====	
Carico limite	237,39 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	131,88 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

=====	
=====	
Fattore [Nq]	8,54
Fattore [Nc]	19,34
Fattore [Ng]	6,02

Fattore forma [Sc]	1,3
Fattore forma [Sg]	0,8
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

===

Carico limite	246,16 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	136,76 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd]                      Verificata

=====

===

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

=====

===

Fattore [Nq]	7,3
Fattore [Nc]	16,14
Fattore [Ng]	3,61
Fattore forma [Sc]	1,43
Fattore profondità [Dc]	1,15
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,21
Fattore profondità [Dq]	1,07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,21
Fattore profondità [Dg]	1,07
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

===

Carico limite	259,09 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	143,94 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd]                      Verificata

=====

===

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

=====

===

Fattore [Nq]	7,3
Fattore [Nc]	16,14
Fattore [Ng]	6,48
Fattore forma [Sc]	1,45
Fattore profondità [Dc]	1,2
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,39

Fattore profondità [Dq]	1,16
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,6
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	275,79 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	153,22 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata  
=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	7,3
Fattore [Nc]	16,14
Fattore [Ng]	3,69
Fattore forma [Sc]	1,42
Fattore profondità [Dc]	1,2
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,36
Fattore profondità [Dq]	1,16
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,7
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	242,27 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	134,59 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata  
=====

**CEDIMENTI ELASTICI**

=====	
===	
Pressione normale di progetto	71,0 kN/m <sup>2</sup>
Spessore dello strato	2,4 m
Profondità substrato roccioso	50,0 m
Modulo Elastico	8300,0 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0,3
=====	
===	
Coefficiente di influenza I1	0,27
Coefficiente di influenza I2	0,07
Coefficiente di influenza Is	0,31
=====	
===	
Cedimento al centro della fondazione	6,52 mm
=====	
===	
Coefficiente di influenza I1	0,13
Coefficiente di influenza I2	0,08
Coefficiente di influenza Is	0,18
Cedimento al bordo	1,87 mm
=====	
===	



**EDIFICIO 3 SCALE BASSE****DATI GENERALI**

=====

=====

Azione sismica NTC 2008

Larghezza fondazione 1,5 m

Lunghezza fondazione 1,5 m

Profondità piano di posa 1,2 m

Altezza di incastro 0,9 m

Profondità falda 10,0

Sottofondazione...Sporgenza, Altezza 0,1/0,1 m

=====

=====

**STRATIGRAFIA TERRENO**

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
2,5	16,5	17,5	24,0	24	0,0	0,0	15,0	1000,0	0,0	0,0	0,003	0,04
0,6	17,0	18,63	26,0	26	0,0	0,0	25,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,4	18,5	18,63	30,0	30	0,0	0,0	50,0	15000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A2+M2+R2	69,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	S.L.E.	51,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
2	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	159,15 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	88,42 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	69,0 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	2,31
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)  
Costante di Winkler 6365,93 kN/m<sup>3</sup>

**A2+M2+R2**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	6,15
Fattore [Nc]	14,47
Fattore [Ng]	2,75
Fattore forma [Sc]	1,43
Fattore profondità [Dc]	1,28
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,36
Fattore profondità [Dq]	1,22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,6
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	174,62 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	97,01 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	7,14
Fattore [Nc]	17,23
Fattore [Ng]	4,74
Fattore forma [Sc]	1,3
Fattore forma [Sg]	0,8
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0

=====

Carico limite 159,15 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 88,42 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 6,15  
Fattore [Nc] 14,47  
Fattore [Ng] 2,68  
Fattore forma [Sc] 1,4  
Fattore profondità [Dc] 1,2  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1,0  
Fattore forma [Sq] 1,2  
Fattore profondità [Dq] 1,1  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1,0  
Fattore forma [Sg] 1,2  
Fattore profondità [Dg] 1,1  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1,0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1,0

=====

Carico limite 170,34 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 94,63 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq] 6,15  
Fattore [Nc] 14,47  
Fattore [Ng] 5,1  
Fattore forma [Sc] 1,43  
Fattore profondità [Dc] 1,28  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1,0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1,0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1,0  
Fattore forma [Sq] 1,36  
Fattore profondità [Dq] 1,22  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1,0  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1,0

Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,6
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	194,34 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	107,96 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	6,15
Fattore [Nc]	14,47
Fattore [Ng]	2,75
Fattore forma [Sc]	1,4
Fattore profondità [Dc]	1,28
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,34
Fattore profondità [Dq]	1,22
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,7
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	176,18 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	97,88 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

=====

**CEDIMENTI ELASTICI**

=====

=====

Pressione normale di progetto	51,0 kN/m <sup>2</sup>
Spessore dello strato	5,0 m
Profondità substrato roccioso	20,0 m
Modulo Elastico	1000,0 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0,0

=====

=====

Coefficiente di influenza I1	0,45
Coefficiente di influenza I2	0,03
Coefficiente di influenza Is	0,47

=====

=====

Cedimento al centro della fondazione	31,25 mm
--------------------------------------	----------

=====

=====

Coefficiente di influenza I1	0,36
Coefficiente di influenza I2	0,05
Coefficiente di influenza Is	0,39
Cedimento al bordo	12,88 mm

=====

=====

**CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE**

=====

=====

Pressione normale di progetto	51,0 kN/m <sup>2</sup>
Tempo	10,0
Profondità significativa Zi (m)	1,666
Media dei valori di N <sub>spt</sub> all'interno di Zi	3
Fattore di forma fs	1
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1,405
Indice di compressibilità	0,366
Cedimento	25,841 mm

=====

=====

**EDIFICIO 24****DATI GENERALI**

=====

=====

Azione sismica NTC 2008

Larghezza fondazione 4,32 m

Lunghezza fondazione 4,59 m

Profondità piano di posa 1,2 m

Altezza di incastro 0,9 m

Sottofondazione...Sporgenza, Altezza 0,1/0,1 m

=====

=====

**STRATIGRAFIA TERRENO**

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
3,3	17,0	19,0	25,0	25	0,0	0,0	25,0	5000,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4,7	19,0	19,5	31,0	31	0,0	0,0	0,0	19500,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,2	19,0	19,5	35,0	35	0,0	0,0	0,0	29000,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A2+M2+R2	65,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	S.L.E.	46,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
2	No	1	1	1	1	1	1	1

**CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2**  
Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	226,41 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	125,79 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	65,0 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3,48
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

**COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)**  
Costante di Winkler 9056,54 kN/m<sup>3</sup>**A2+M2+R2**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	6,7
Fattore [Nc]	15,27
Fattore [Ng]	3,19
Fattore forma [Sc]	1,41
Fattore profondità [Dc]	1,11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,35
Fattore profondità [Dq]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,62
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	226,41 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	125,79 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed&lt;=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	7,81
Fattore [Nc]	18,24
Fattore [Ng]	5,32

Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

===

Carico limite	323,81 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	179,9 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd]                      Verificata

=====

===

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

=====

===

Fattore [Nq]	6,7
Fattore [Nc]	15,27
Fattore [Ng]	3,11
Fattore forma [Sc]	1,39
Fattore profondità [Dc]	1,08
Fattore inclinazione carichi [lc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,2
Fattore profondità [Dq]	1,04
Fattore inclinazione carichi [lq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,2
Fattore profondità [Dg]	1,04
Fattore inclinazione carichi [lg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

===

Carico limite	275,64 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	153,14 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed ≤ Rd]                      Verificata

=====

===

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

=====

===

Fattore [Nq]	6,7
Fattore [Nc]	15,27
Fattore [Ng]	5,74
Fattore forma [Sc]	1,41
Fattore profondità [Dc]	1,11
Fattore inclinazione carichi [lc]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,35



Fattore profondità [Dq]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,62
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	287,52 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	159,73 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

Fattore [Nq]	6,7
Fattore [Nc]	15,27
Fattore [Ng]	3,19
Fattore forma [Sc]	1,39
Fattore profondità [Dc]	1,11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,33
Fattore profondità [Dq]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,72
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

=====

Carico limite	235,51 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	130,84 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed <= Rd] Verificata

=====

**CEDIMENTI ELASTIC I**

Pressione normale di progetto	46,0 kN/m <sup>2</sup>
Spessore dello strato	5,0 m
Profondità substrato roccioso	20,0 m
Modulo Elastico	5000,0 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0,3

Coefficiente di influenza I1	0,31
Coefficiente di influenza I2	0,06
Coefficiente di influenza Is	0,34

Cedimento al centro della fondazione	11,28 mm
--------------------------------------	----------

Coefficiente di influenza I1	0,16
Coefficiente di influenza I2	0,08
Coefficiente di influenza Is	0,21
Cedimento al bordo	3,41 mm

**CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE**

Pressione normale di progetto	46,0 kN/m <sup>2</sup>
Tempo	10,0
Profondità significativa Zi (m)	1,666
Media dei valori di Nspt all'interno di Zi	6
Fattore di forma fs	1,024
Fattore strato compressibile fh	1
Fattore tempo ft	1,405
Indice di compressibilità	0,139
Cedimento	18,021 mm

## **AMBIENTALE**

Durante le prove in sito sono stati prelevati campioni di terreno per verificare l'eventuale superamento delle soglie previste dal D.lgs 152/06 per sostanze inquinanti. Gli scavi necessari al prelievo dei campioni sono stati eseguiti a mano. Il materiale prelevato alla quote di circa 0,5 m da p.c. per ogni scavo, è stato immesso in barattoli a chiusura ermetica, siglato e portato al laboratorio per le analisi.

Non essendo note attività pregresse sul sito che utilizzassero sostanze potenzialmente dannose, si è deciso di condurre l'analisi preliminare analizzando gli idrocarburi leggeri e pesanti (C<12 e C>12) e i principali metalli (Ar, Cu, Zn, Pb, Cr VI, Cr tot, Cd).

Le analisi hanno evidenziato in tutti i campioni un'assenza di superamento dei limiti imposti dal D.lgs 152/06 sia per quanto riguarda la destinazione residenziale e verde pubblico sia per quanto riguarda la destinazione industriale. I certificati originali sono integralmente riportati in allegato.

## CONCLUSIONI

Sono state studiate le caratteristiche dei terreni su cui sorgeranno le nuove scale di sicurezza per l'edificio 3 nel Campus Leonardo e per l'edificio 24 nel Campus Golgi/Clericetti. L'analisi condotta ha evidenziato la presenza di un terreno dalle discrete caratteristiche geotecniche a partire da circa 3 m di profondità. In superficie il materiale limoso sabbioso e di riporto, presenta caratteristiche più scadenti.

Le prove in sito eseguite nel luglio 2014 (prove penetrometriche dinamiche) hanno messo in evidenza valori di colpi/piedi (S.P.T. equivalenti) medi di circa 4 fino a 3 m da p.c., indicando un materiale con densità relativa bassa (tra il 25% e il 35%). Al di sotto del primo livello più scadente si passa ad un terreno sabbioso limoso con miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno.

Solo la prova n. 1 che si colloca ad una quota inferiore rispetto al p.c. principale di circa 3 m, ha evidenziato la possibile presenza di acqua a circa 7 m di profondità.

Sono state condotte inoltre le verifiche sulla capacità portante delle fondazioni utilizzando quanto previsto dalle nuove Norme Tecniche del 14/01/08 con verifiche agli stati limite.

Le analisi condotte hanno verificato la sicurezza nei confronti della rottura globale del terreno di fondazione.

A livello generale però le caratteristiche dei terreni alla quota di imposta delle fondazioni prevista in progetto sono piuttosto scadenti e non omogenei data la loro natura di riporto antropico. Per questa ragione sarebbe comunque opportuno, se non fosse possibile aumentare ulteriormente la quota di imposta, prevedere una bonifica del piano di fondazione che dovrà essere preventivamente uniformato e preparato mediante la posa di uno strato di terreno drenante (ghiaia ben lavata) di almeno 40 cm di spessore, accuratamente costipato.

Le analisi ambientali condotte ricercando i principali metalli e gli idrocarburi leggeri e pesanti ( $C < 12$  e  $C > 12$ , Ar, Cu, Zn, Pb, Cr VI, Cr tot, Cd) hanno evidenziato

**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

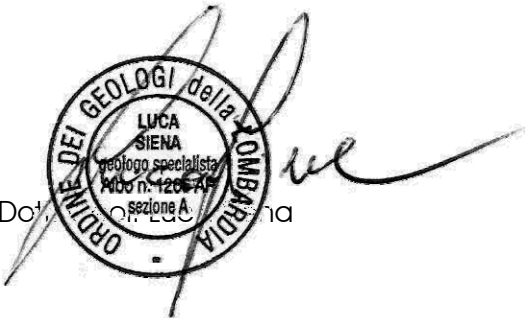
Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it

un'assenza di superamenti rispetto ai limiti imposti dal D.lgs. 152/06 sia per quanto riguarda le destinazioni d'uso residenziale e verde pubblico sia industriale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il terreno presente fino alla profondità investigata può essere assimilabile ad un suolo di categoria "C" in condizioni topografiche "T1".

Essendo parte delle aree di intervento ribassate rispetto al livello del piano campagna si raccomanda di prevedere un adeguato sistema di drenaggio e raccolta delle acque.

Milano, 18-07-2014

  
Dott. **Luca Siena** geologo specialista  
Pubb. n. 1266/45  
Sezione A

**ALLEGATI:**

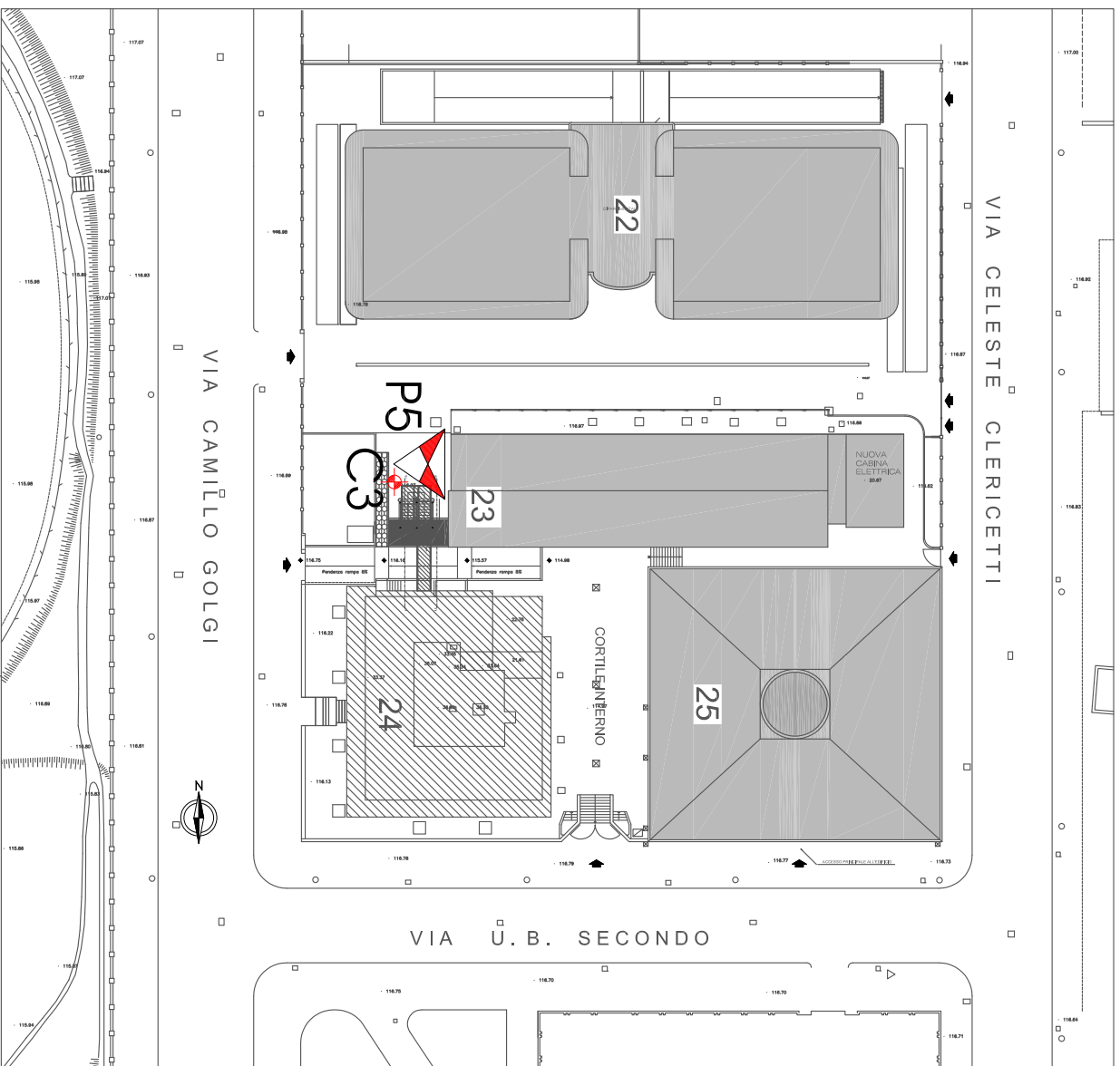
ALLEGATO 1: LAYOUT UBICAZIONE INDAGINI  
ALLEGATO 2: PROVE DINAMICHE  
ALLEGATO 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

---

ALLEGATO 1:

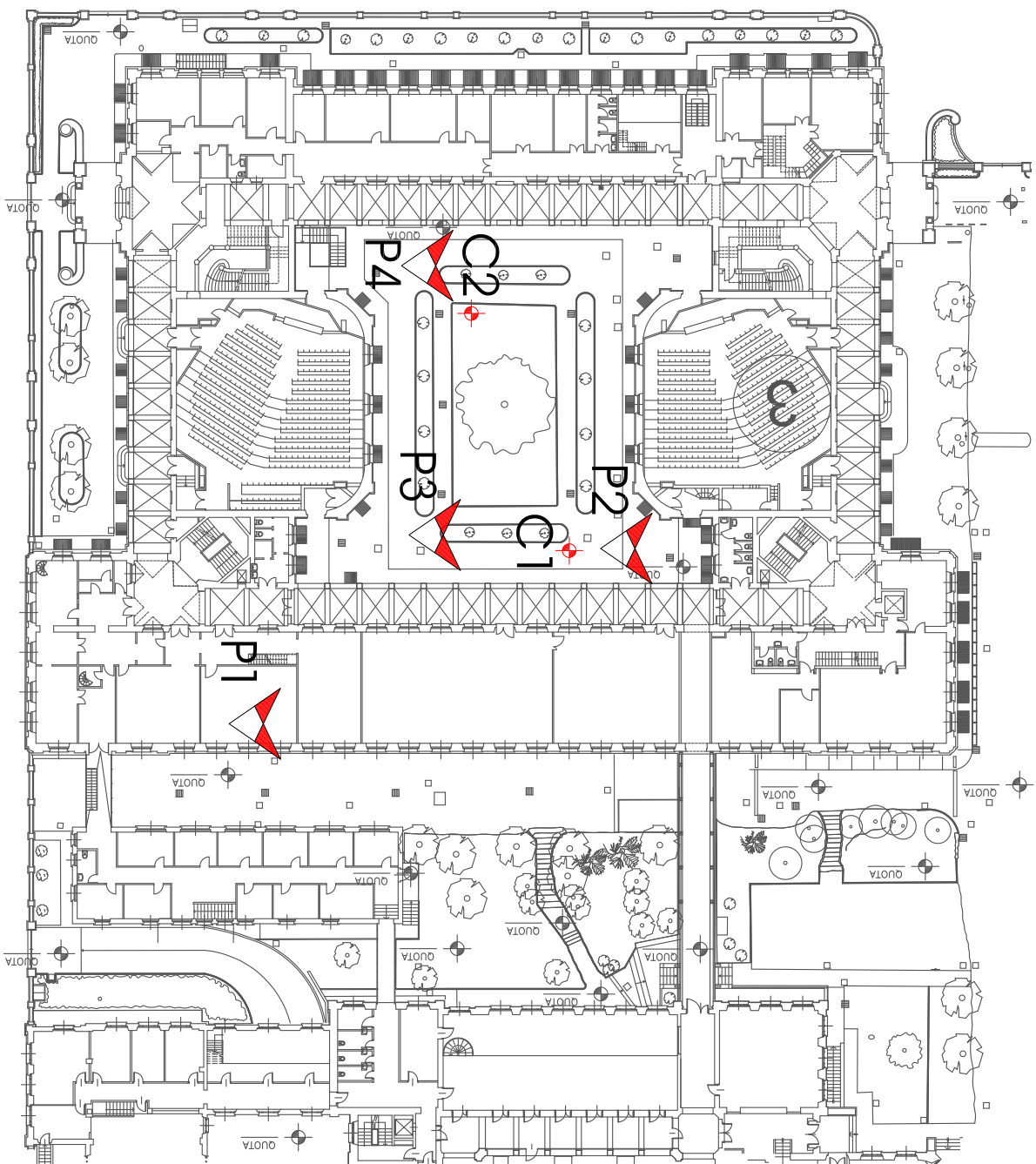
## **LAYOUT UBICAZIONE INDAGINI**

## EDIFICIO 24





# EDIFICIO 3



## ALLEGATO 2:

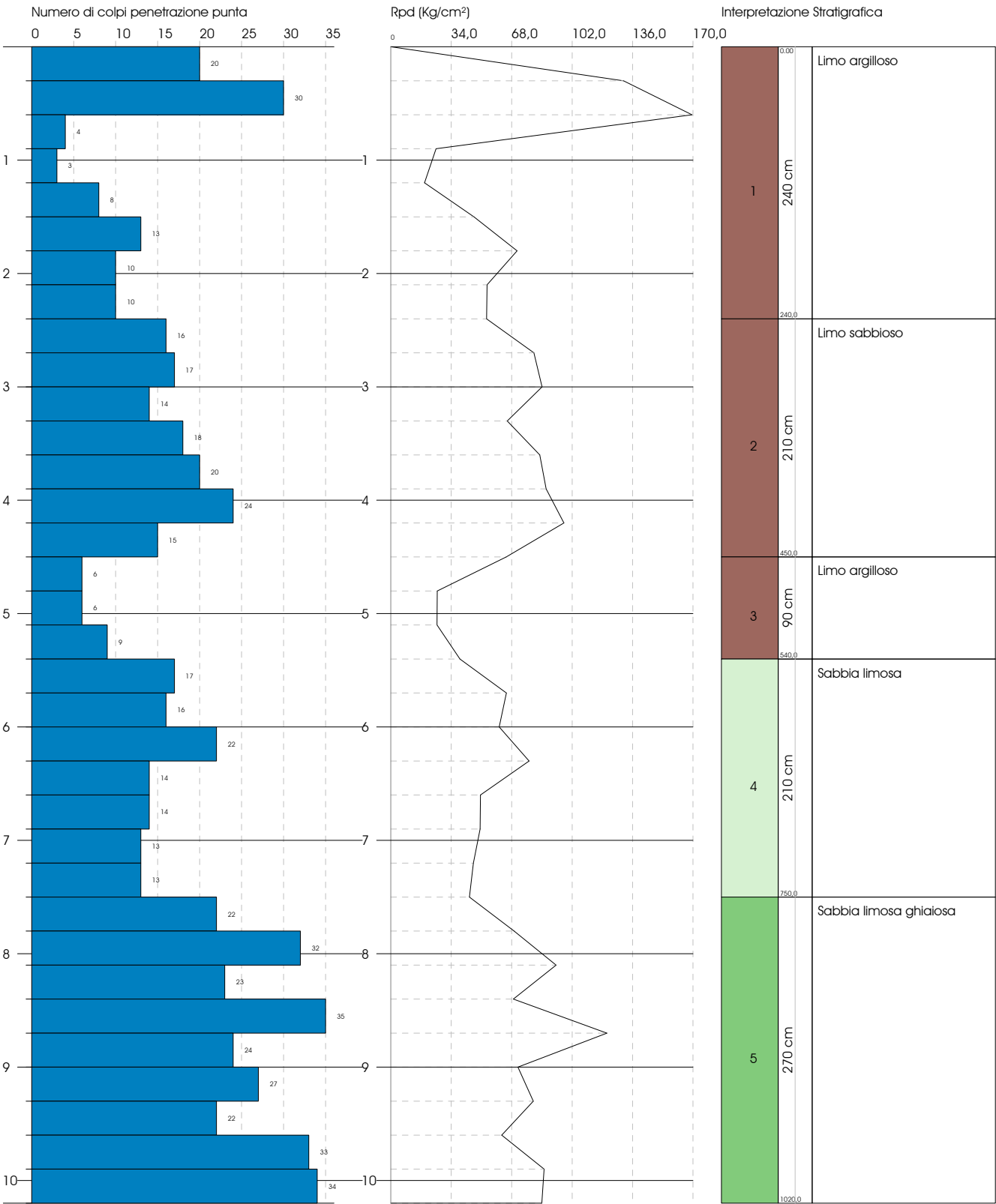
### **ELABORATI DELLE INDAGINI IN SITO E IN LABORATORIO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... Meardi- SCPT TG 63-100 m-a.c PAGANI

Committente: Politecnico di Milano  
Cantiere: Edificio 3  
Località: Milano

Data: 10/07/2014

Scala 1:50

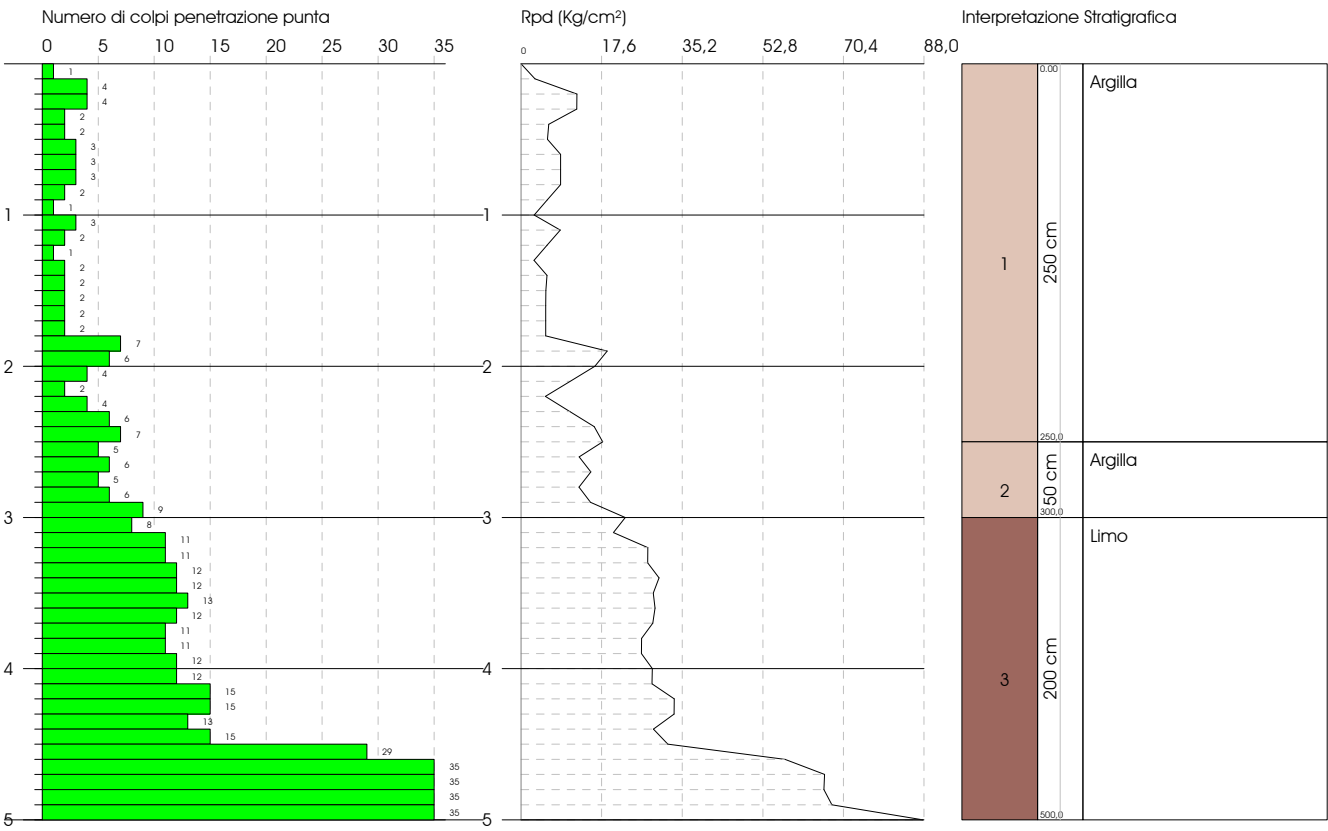


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.prova media  
Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)

Data: 10/07/2014

Committente: Politecnico di Milano  
Cantiere: Edificio 3 - scale basse  
Località: Milano

Scala 1:50

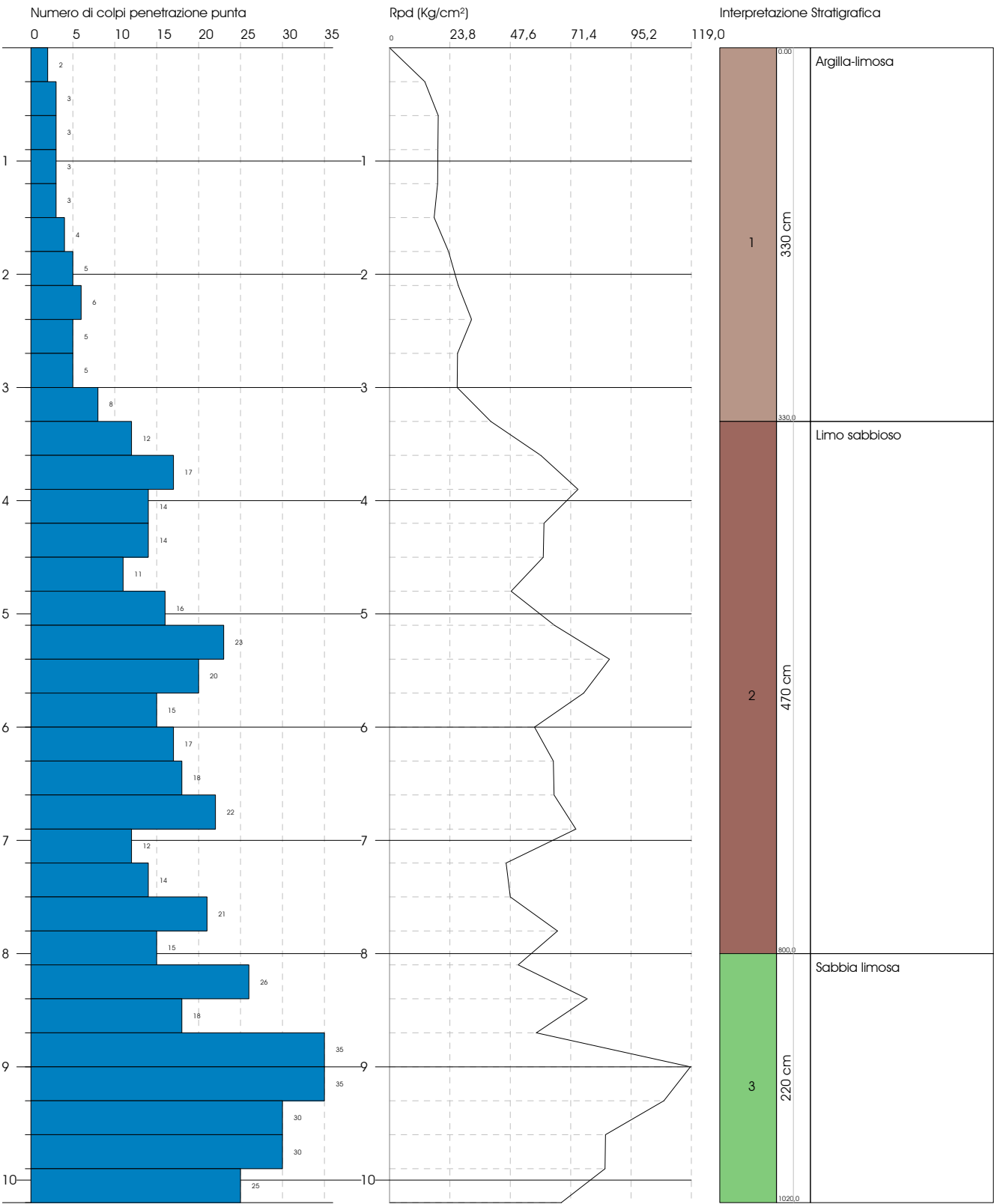


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5  
Strumento utilizzato... Meardi- SCPT TG 63-100 m-a.c PAGANI

Committente: Politecnico di Milano  
Cantiere: Edificio 24  
Località: Milano

Data: 10/07/2014

Scala 1:50



ALLEGATO 3:

## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it





**dott. geol. Luca Siena**  
via Paolo Sarpi, 42  
20154 Milano  
P.I. 03804230963

Tel. +390291531178  
Cell. +393939013333  
Fax: +3902313238  
email: l.siena@basin.it





**Rapporto di Prova N. 4444/14**


Milano 16/07/2014

BASIN  
Via P. Sarpi 42  
20154 Milano (MI)  
c.a. Dott. L. Siena

Data ricevimento: 10/07/14  
Data inizio prove: 10/07/14  
Data termine prove: 16/07/14  
Data campionamento: 10/07/14

Tipologia campione: Terreno proveniente da siti ad uso verde pubblico privato e residenziale  
Descrizione Campione: Terreno C1  
Procedura Campionamento: Campione consegnato dal cliente

Parametro	UM	Valore	Incertezza	Limite	Metodo Analitico
Arsenico*	mg/kg s.s.	4,6		20	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Cadmio	mg/kg s.s.	<0,5		2	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Cromo VI*	mg/kg s.s.	<1,0		2	CNR IRSA 16 Met Q64 Vol.3 1986
Cromo totale	mg/kg s.s.	67,2	± 10	150	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Nichel	mg/kg s.s.	36,6	± 6	120	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Piombo	mg/kg s.s.	27,7	± 4	100	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Rame	mg/kg s.s.	19,6	± 2,7	120	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Zinco	mg/kg s.s.	68,6	± 20	150	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Idrocarburi leggeri C < 12	mg/kg s.s.	<1,0		10	ISO 22155:11
Idrocarburi (frazione C12-C40)	mg/kg s.s.	<20,0		50	ISO 16703:2004

**Rapporto di Prova N. 4444/14**

Parametro	UM	Valore	Incertezza	Limite	Metodo Analitico
Umidità	%	4,9	± 0,2		ISO 11465:1993/ cor1:1994
Scheletro (riferito alla setacciatura < 2 mm)	%	40	± 2		D.M. 13/09/99 GU 248 21/10/1999 - Met.II parte 1
Frazione <2mm percentuale*	%	60			D.M. 13/09/99 GU 248 21/10/1999 - Met.II parte 1

\* Prova non accreditata da ACCREDIA

Per il parametro Idrocarburi C>12 (frazione C12-C40) si applica una fattore di correzione 2 poiché il recupero è del 50 %.

I valori di incertezza estesa sono stati calcolati utilizzando un fattore di copertura pari alla t di Student al 95% di probabilità e a 7 gradi di libertà (2,36).

Limiti previsti per siti ad uso residenziale secondo DLgs 152/06.

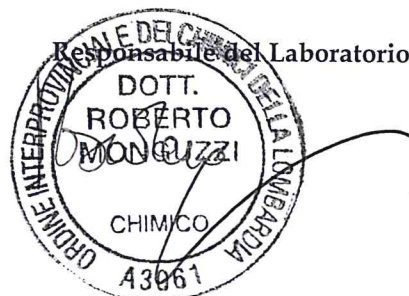
Le analisi condotte sul campione in esame, sono state eseguite con idonea strumentazione che viene periodicamente sottoposta a taratura e manutenzione. La documentazione relativa a detti controlli è a disposizione presso il nostro laboratorio.

I risultati di analisi si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova; Le analisi sono state effettuate sul sottovaglio del setaccio a 2mm e i dati sono riferiti alla frazione.

Il Rapporto di Prova è valido solamente se riprodotto per intero; la sua riproduzione parziale deve essere approvata per iscritto dal Laboratorio.

ACCREDIA non è responsabile dei risultati analitici e delle dichiarazioni di conformità prodotti dal laboratorio.

Responsabile Tecnico  
Dr. Francesco Passoni



## Rapporto di Prova N. 4445/14



Milano 16/07/2014

BASIN  
Via P. Sarpi 42  
20154 Milano (MI)  
c.a. Dott. L. Siena

*Data ricevimento:* 10/07/14  
*Data inizio prove:* 10/07/14  
*Data termine prove:* 16/07/14  
*Data campionamento:* 10/07/14

*Tipologia campione:* Terreno proveniente da siti ad uso verde pubblico privato e residenziale  
*Descrizione Campione:* Terreno C2  
*Procedura Campionamento:* Campione consegnato dal cliente

Parametro	UM	Valore	Incertezza	Limite	Metodo Analitico
Arsenico*	mg/kg s.s.	2,5		20	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Cadmio	mg/kg s.s.	<0,5		2	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Cromo VI*	mg/kg s.s.	<1,0		2	CNR IRSA 16 Met Q64 Vol.3 1986
Cromo totale	mg/kg s.s.	70,4	± 10	150	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Nichel	mg/kg s.s.	50,7	± 8	120	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Piombo	mg/kg s.s.	62,9	± 9	100	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Rame	mg/kg s.s.	25,3	± 3,5	120	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Zinco	mg/kg s.s.	69,7	± 20	150	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Idrocarburi leggeri C < 12	mg/kg s.s.	<1,0		10	ISO 22155:11
Idrocarburi (frazione C12-C40)	mg/kg s.s.	<20,0		50	ISO 16703:2004



**Rapporto di Prova N. 4445/14**

Parametro	UM	Valore	Incertezza	Limite	Metodo Analitico
Umidità	%	5,3	± 0,2		ISO 11465:1993/ cor1:1994
Scheletro (riferito alla setacciatura < 2 mm)	%	37	± 1		D.M. 13/09/99 GU 248 21/10/1999 - Met.II parte 1
Frazione <2mm percentuale*	%	63			D.M. 13/09/99 GU 248 21/10/1999 - Met.II parte 1

\* Prova non accreditata da ACCREDIA

Per il parametro Idrocarburi C>12 (frazione C12-C40) si applica una fattore di correzione 2 poiché il recupero è del 50 %.

I valori di incertezza estesa sono stati calcolati utilizzando un fattore di copertura pari alla t di Student al 95% di probabilità e a 7 gradi di libertà (2,36).

Limiti previsti per siti ad uso residenziale secondo DLgs 152/06.

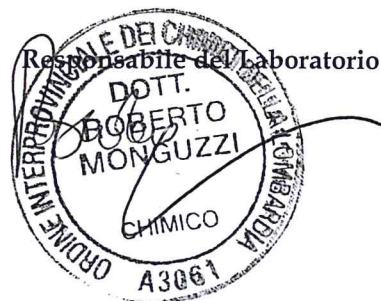
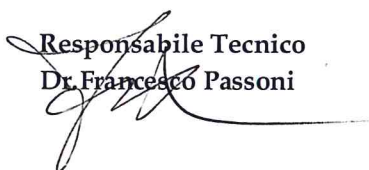
Le analisi condotte sul campione in esame, sono state eseguite con idonea strumentazione che viene periodicamente sottoposta a taratura e manutenzione. La documentazione relativa a detti controlli è a disposizione presso il nostro laboratorio.

I risultati di analisi si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova; Le analisi sono state effettuate sul sottovaglio del setaccio a 2mm e i dati sono riferiti alla frazione.

Il Rapporto di Prova è valido solamente se riprodotto per intero; la sua riproduzione parziale deve essere approvata per iscritto dal Laboratorio.

ACCREDIA non è responsabile dei risultati analitici e delle dichiarazioni di conformità prodotti dal laboratorio.

Responsabile Tecnico  
Dr. Francesco Passoni



## Rapporto di Prova N. 4446/14



Milano 16/07/2014

BASIN  
Via P. Sarpi 42  
20154 Milano (MI)  
c.a. Dott. L. Siena

*Data ricevimento:* 10/07/14  
*Data inizio prove:* 10/07/14  
*Data termine prove:* 16/07/14  
*Data campionamento:* 10/07/14

*Tipologia campione:* Terreno proveniente da siti ad uso verde pubblico privato e residenziale  
*Descrizione Campione:* Terreno C3  
*Procedura Campionamento:* Campione consegnato dal cliente

Parametro	UM	Valore	Incertezza	Limite	Metodo Analitico
Arsenico*	mg/kg s.s.	<0,5		20	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Cadmio	mg/kg s.s.	<0,5		2	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Cromo VI*	mg/kg s.s.	<1,0		2	CNR IRSA 16 Met Q64 Vol.3 1986
Cromo totale	mg/kg s.s.	33,3	± 6	150	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Nichel	mg/kg s.s.	21,6	± 3	120	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Piombo	mg/kg s.s.	36,5	± 5	100	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Rame	mg/kg s.s.	18,6	± 2,6	120	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Zinco	mg/kg s.s.	34,8	± 8	150	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met XI1 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Idrocarburi leggeri C < 12	mg/kg s.s.	<1,0		10	ISO 22155:11
Idrocarburi (frazione C12-C40)	mg/kg s.s.	<20,0		50	ISO 16703:2004

**Rapporto di Prova N. 4446/14**

Parametro	UM	Valore	Incertezza	Limite	Metodo Analitico
Umidità	%	5,0	± 0,2		ISO 11465:1993/ cor1:1994
Scheletro (riferito alla setacciatura < 2 mm)	%	53	± 2		D.M. 13/09/99 GU 248 21/10/1999 - Met.II parte 1
Frazione <2mm percentuale*	%	47			D.M. 13/09/99 GU 248 21/10/1999 - Met.II parte 1

\* Prova non accreditata da ACCREDIA

Per il parametro Idrocarburi C>12 (frazione C12-C40) si applica una fattore di correzione 2 poiché il recupero è del 50 %.

I valori di incertezza estesa sono stati calcolati utilizzando un fattore di copertura pari alla t di Student al 95% di probabilità e a 7 gradi di libertà (2,36).

Limiti previsti per siti ad uso residenziale secondo DLgs 152/06.

Le analisi condotte sul campione in esame, sono state eseguite con idonea strumentazione che viene periodicamente sottoposta a taratura e manutenzione. La documentazione relativa a detti controlli è a disposizione presso il nostro laboratorio.

I risultati di analisi si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova; Le analisi sono state effettuate sul sottovaglio del setaccio a 2mm e i dati sono riferiti alla frazione.

Il Rapporto di Prova è valido solamente se riprodotto per intero; la sua riproduzione parziale deve essere approvata per iscritto dal Laboratorio.

ACCREDIA non è responsabile dei risultati analitici e delle dichiarazioni di conformità prodotti dal laboratorio.

**Responsabile Tecnico**  
**Dr. Francesco Passoni**

