

Committente:

CONDEA Augusta S.p.A.

**PIANO DI CARATTERIZZAZIONE
DELLE AREE CONDEA AUGUSTA SITE
IN PADERNO DUGNANO (MI)
AI SENSI DEL D.M. 471/99**

APRILE 2001

GLOBO SERVICE S.r.l.

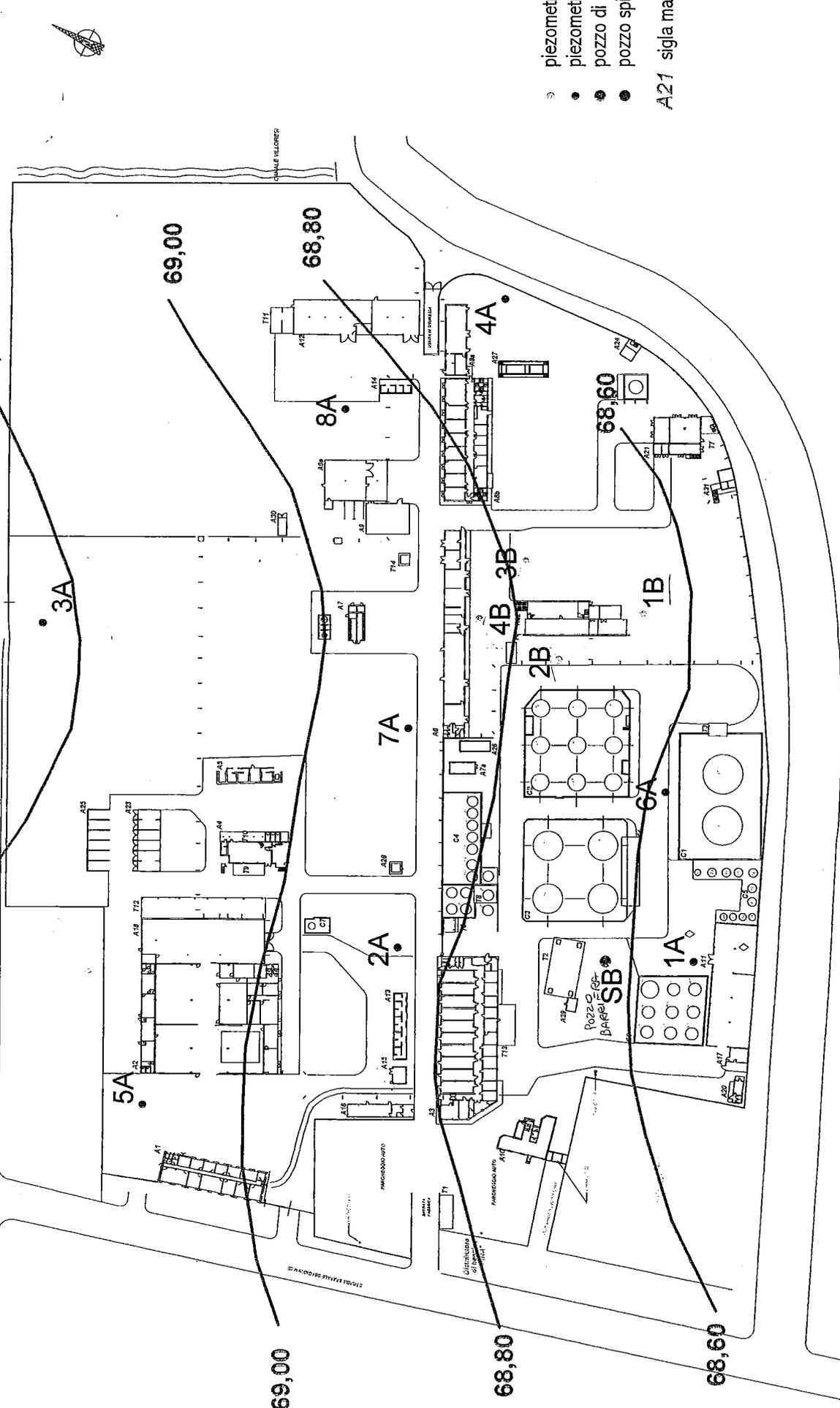
P. le Libia, 19
20135 Milano
tel. (fax): 02-54.12.18.20 (79)
E-mail: globot@tin.it



GLOBO SERVICE srl
L'Amministratore Unico
Ing. Claudio Tadesi

PIEZOMETRIA

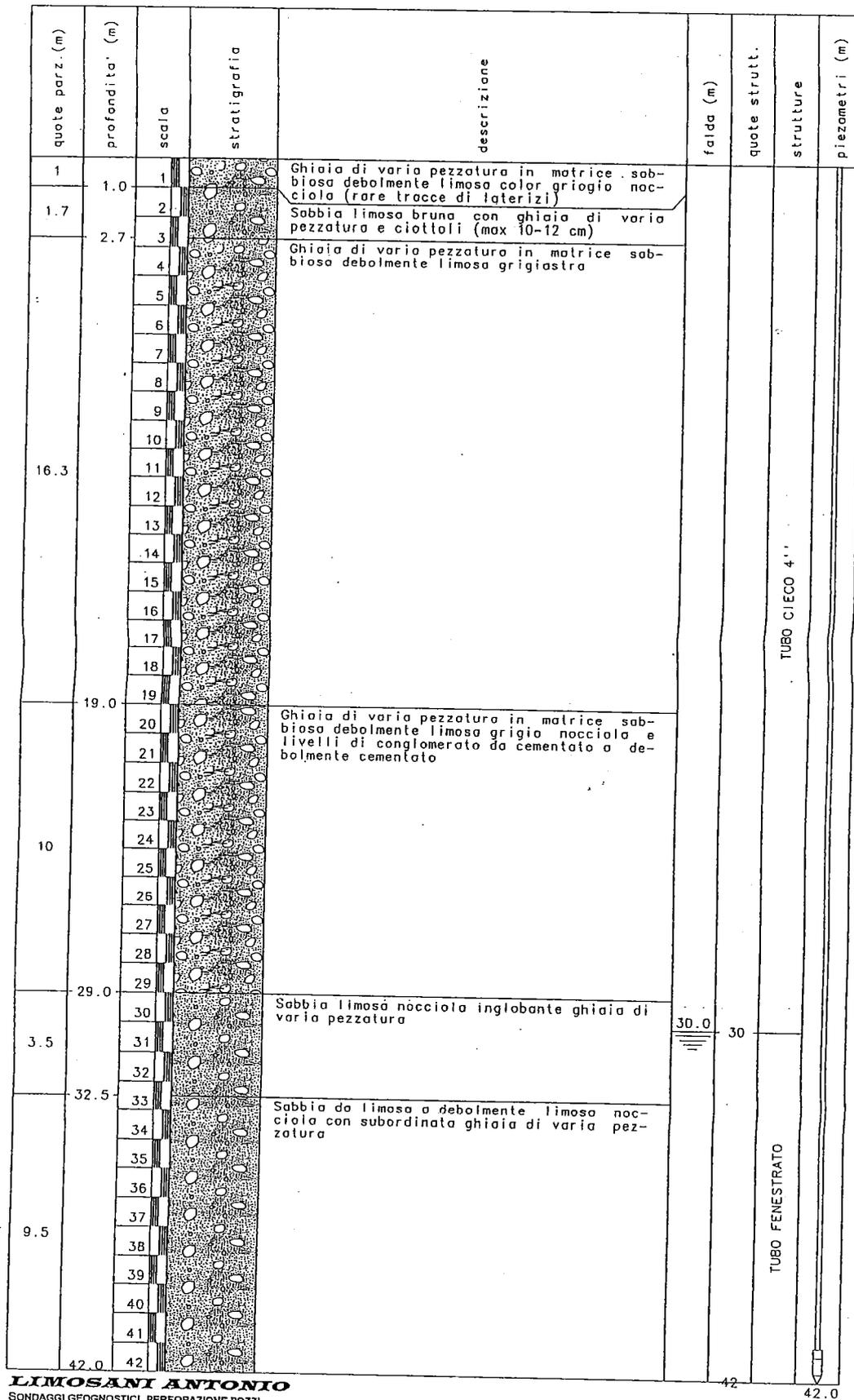
e ubicazione piezometri esistenti



- piezometri 1993 Lettera B
- piezometri 1995/96 Lettera A
- pozzo di barriera
- pozzo spia

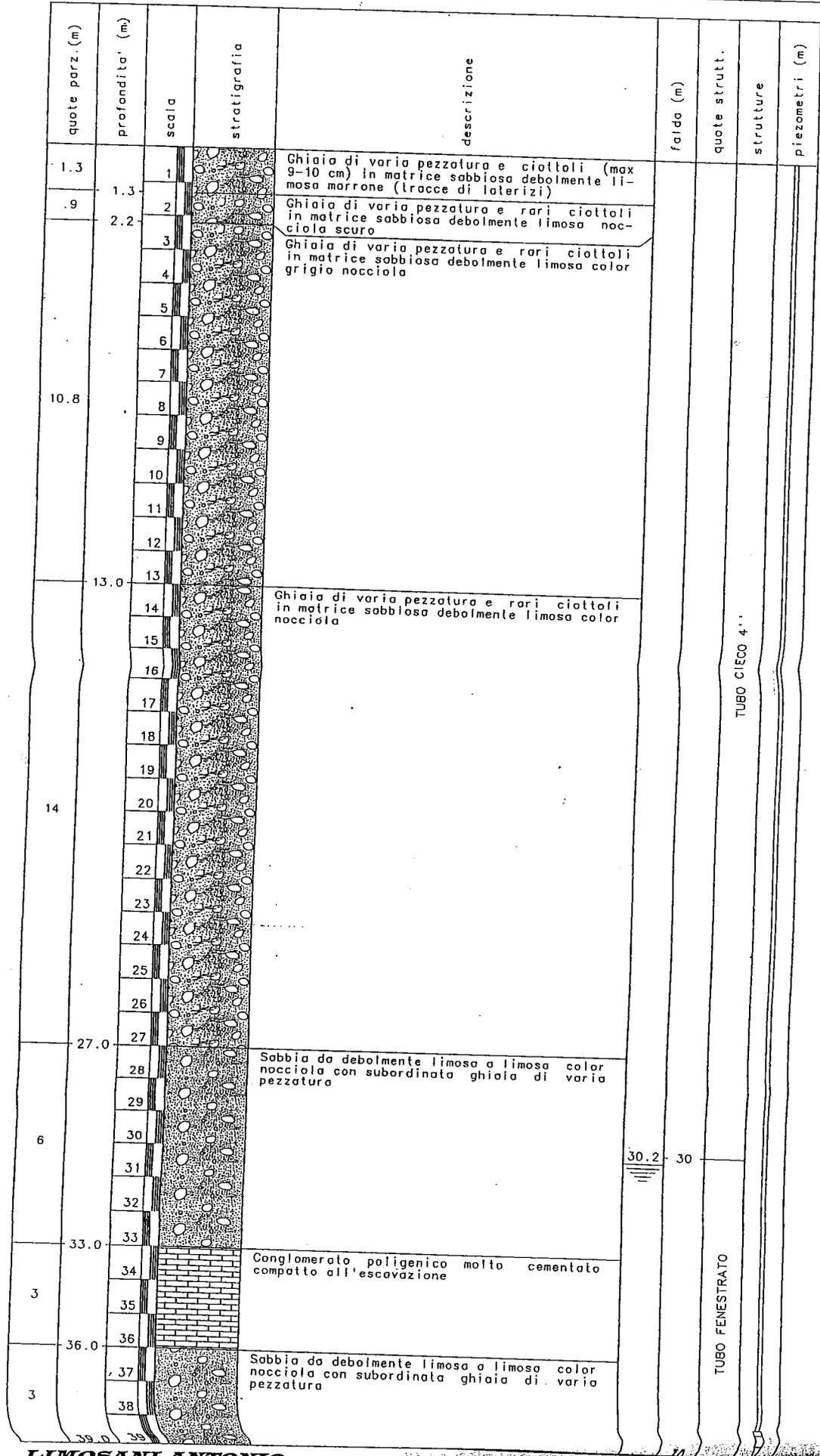
A21 sigla manufatti

COMMITTENTE: ENICHEM CONDEA	SONDAGGIO: 6/A
CANTIERE: PADERNO DUGNANO (MI)	DATA: OTTOBRE 1996
TIPOLOGIA: CAROT. CONT. 152-127	FALDA IDRICA: 30 m

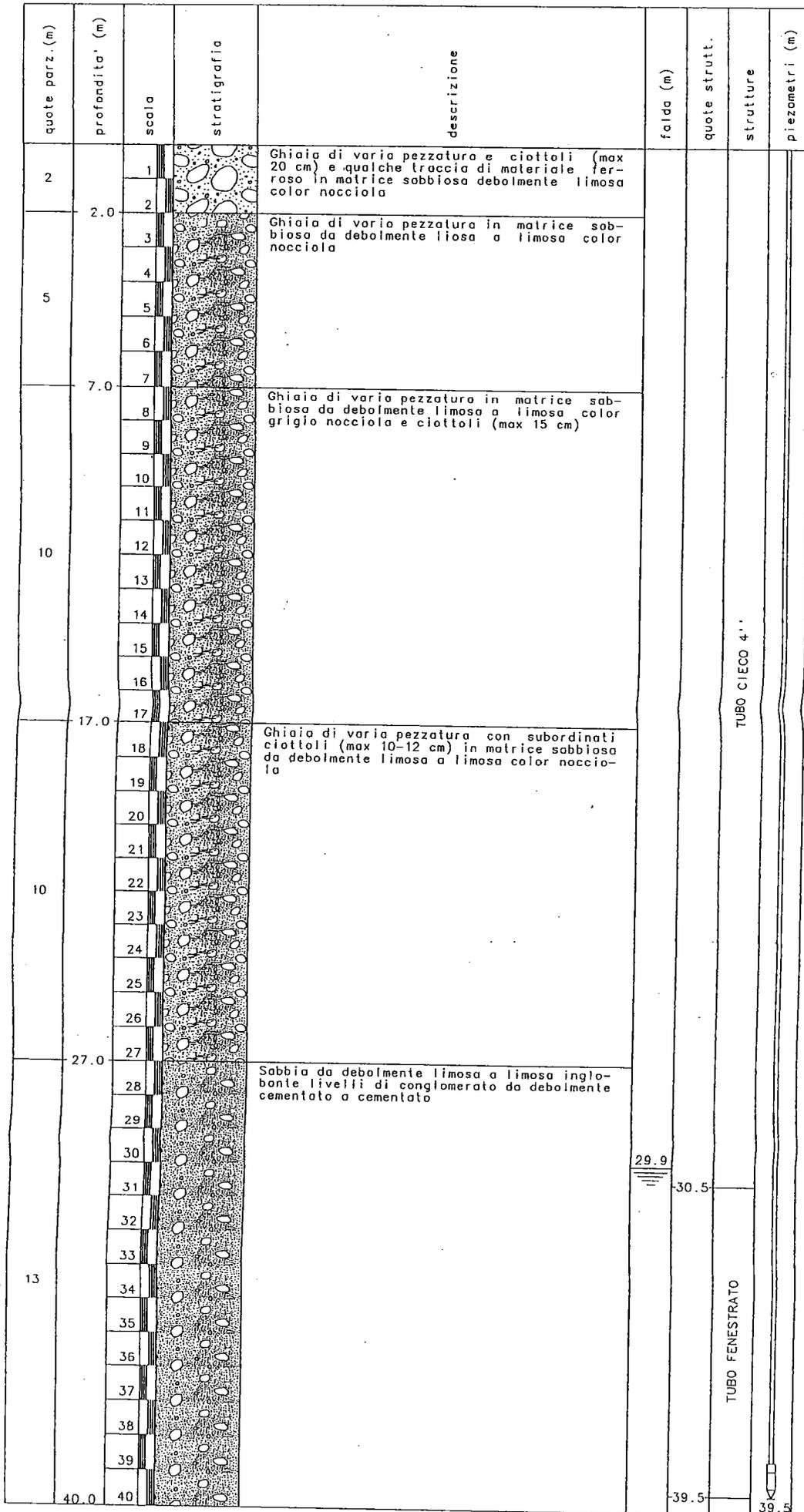


LIMOSANI ANTONIO
SONDAGGI GEONOSTICI, PERFORAZIONE POZZI

COMMITTENTE: ENICHEM CONDEA	SONDAGGIO: 7/A
CANTIERE: PADERNO DUGNANO (MI)	DATA: OTTOBRE 1996
TIPOLOGIA: CAROT. CONT. 152-127	FALDA IDRICA: 30.21



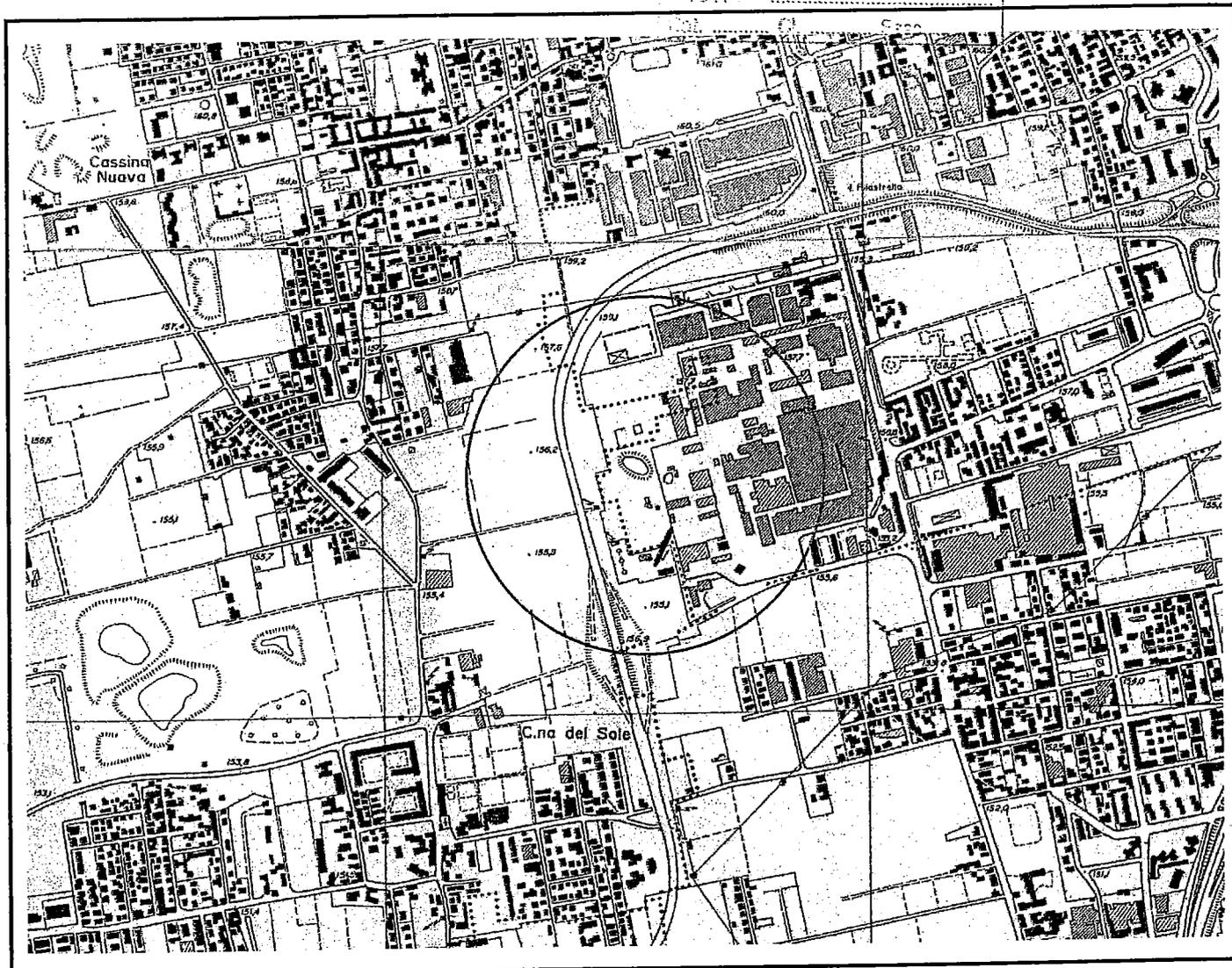
COMMITTENTE: ENICHEM CONDEA	SONDAGGIO: 8/A
CANTIERE: PADERNO DUGNANO (MI)	DATA: OTTOBRE 1996
TIPOLOGIA: CAROT. CONT. 152-127	FALDA IDRICA: 29.97

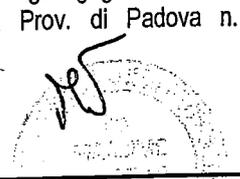




HYDROSOIL S.r.l.

via Panà 56/a - 35027 Noventa Padovana (PD) - tel./fax: 049 8703933 - E-mail: hydrosol@iol.it

Regione
LombardiaComune di
BollateComune di
Paderno Dugnano

Commessa: HS 162-02	Piano di caratterizzazione ambientale del sito ex Enirisorse S.p.A di Paderno Dugnano/Bollate (D.M. 25 ottobre 1999, n. 471)	Dott. Geol. Sergio Citteri Dr. Geol. Ordine dei Geologi della Regione Veneto N° 383  Ing. Massimo Tondello Albo degli Ingegneri della Prov. di Padova n. 2771 
Appendice: 2	RELAZIONE INDAGINE APRILE 2000	
Data: 23/01/2003	Committente: Enichem S.p.A. P.zza Boldrini, 1 – San Donato Milanese	

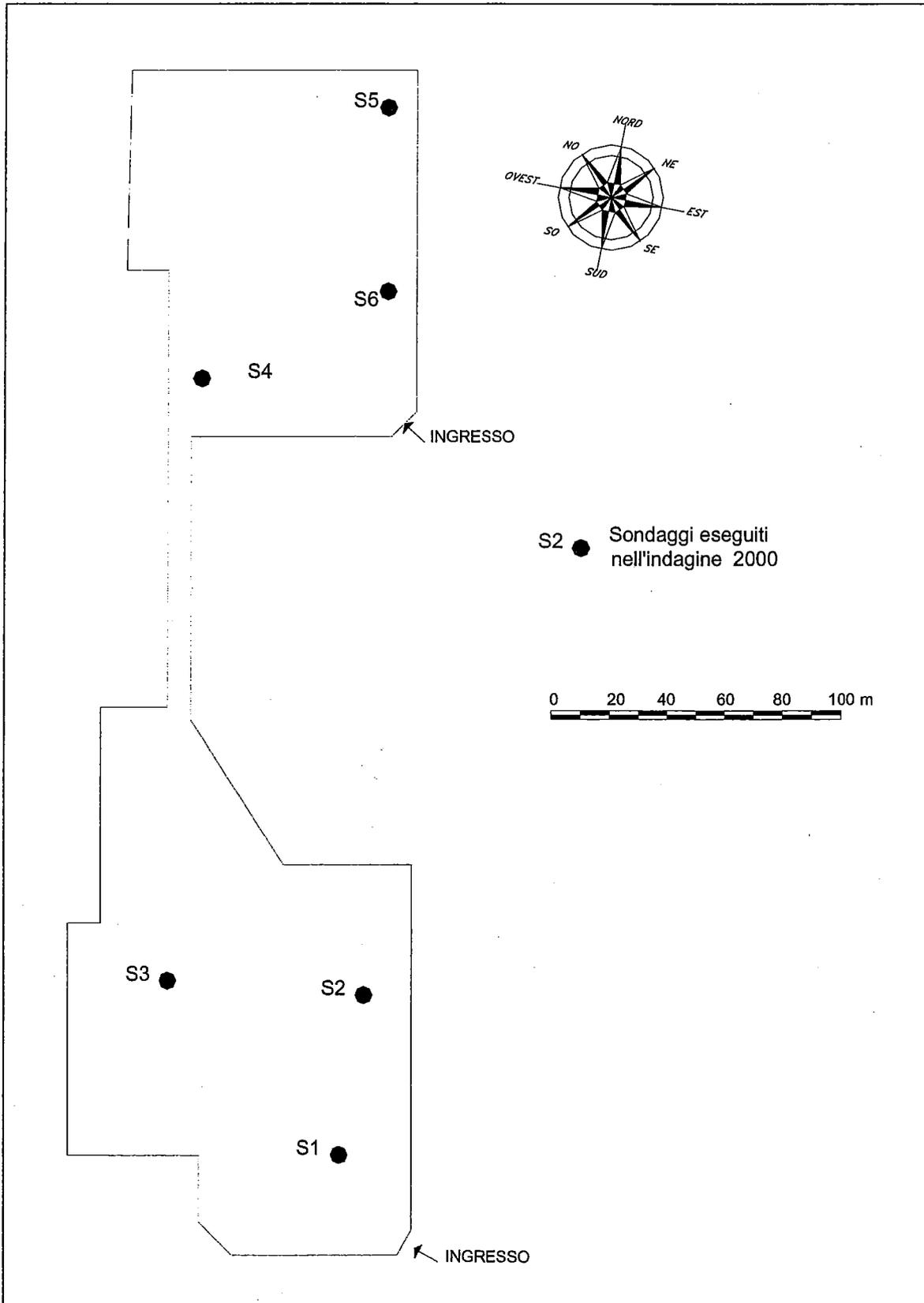


Figura 19 – Ubicazione sondaggi indagine aprile 2000

Hydro Soil S.r.l.



Committente: **ENIRISORSE S.p.A.**
 Cantiere: **Stabilimento ECO-BAT / area Enirisorse**
 Località: **Paderno Dugnano (MI)**
 Assistente: **Dr. Geol. Sergio Citran**

Sondaggio

S1

Metodo di perforazione: carotaggio continuo a secco con sonda a rotazione.
 Attrezzo di perforazione: carotiere semplice, diametro 101 mm - Rivestimento diametro 127 mm.

Data esecuzione
18 aprile 2000

Quota inizio (m s.l.m.): 155.00
 Profondità sondaggio (m): 5.00

■ Campione rimaneggiato per analisi chimica
 ● Campione indisturbato

Livelli falda: data:
 assente -

Profondità da p.c. (m)	Quote m s.l.m.	Spessore Strati (m)	Stratigrafia A.G.I. 1977	Campioni			Descrizione litologica (A.G.I. 1977)	Note	
				tipo	quote	n°			
1	0.70	154.30		■	0.00	1	Pavimentazione in cls armato (0.20 m) seguito da frammenti di laterizi con matrice sabbioso-limoso marrone-nocciola; alla base limo debolmente sabbioso nero con leggero odore di idrocarburi	riporto	
	1.00	154.00		■	1.00		0.70	Limo debolmente sabbioso grigio con presenza di elementi di ghiaia fine	riporto
	1.40	153.60		■	1.00	2	Elementi di ghiaia arrotondata con matrice limoso-sabbiosa grigia; blocco di laterizio alla base	riporto	
	1.80	153.20		■	2.00		1.40	Limo sabbioso grigio	riporto
	3.00	152.00		■	3.00		1.80	Ghiaia eterometrica con matrice limoso-sabbiosa grigio scuro. Presenza di blocchi verso la base; da 2.80 m matrice marrone.	riporto (?)
4	4.00	151.00		■	4.00	4	Ghiaia etrometrica con matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa marrone	terreno naturale	
	5.00	150.00		■	5.00		4.00	Ghiaia con sabbia grossa marrone	terreno naturale
5	5.00	150.00				5.00 m fine sondaggio			



Hydro Soil S.r.l.



Committente: **ENIRISORSE S.p.A.**
 Cantiere: **Stabilimento ECO-BAT / area Enirisorse**
 Località: **Paderno Dugnano (MI)**
 Assistente: **Dr. Geol. Sergio Citran**

Sondaggio

S2

Metodo di perforazione: carotaggio continuo a secco con sonda a rotazione.
 Attrezzo di perforazione: carotiere semplice, diametro 101 mm - Rivestimento diametro 127 mm

Data esecuzione
19 aprile 2000

Quota inizio (m s.l.m.): 155.00
 Profondità sondaggio (m): 5.00

■ Campione rimaneggiato per analisi chimica
 ● Campione indisturbato

Livelli falda: data:
 assente -

Profondità da p.c. (m)	Quote m s.l.m.	Spessore Strati (m)	Stratigrafia A.G.I. 1977	Campioni		Descrizione litologica (A.G.I. 1977)	Note
				tipo	quote n°		
1	0.80	154.20		■	0.00	Sabbia grigio scuro con elementi di ghiaia da fine a grossa	riporto
					1.00		
2	1.60	153.40		■	1.00	Limo argilloso grigio-bruno con elementi di ghiaia e laterizi, seguito da 0.20 m di sabbia con limo grigio scuro ed elementi di ghiaia medio-fine arrotondata	riporto
					2.00		
3	2.60	152.40		■	2.00	Limo sabbioso debolmente argilloso marrone-rossiccio con presenza di rari elementi di ghiaia fine e laterizi più frequenti al tetto dello strato	riporto
					3.00		
4	4.80	150.20		■	3.00	Ghiaia sabbiosa marrone	terreno naturale
					4.00		
5	5.00	150.00		■	4.00	Sabbia fine grigio-marrone	5.00 m fine sondaggio
					5.00		



Hydro Soil S.r.l.		Committente: ENIRISORSE S.p.A.					Sondaggio		
		Cantiere: Stabilimento ECO-BAT / area Enirisorse					S3		
		Località: Paderno Dugnano (MI)							
		Assistente: Dr. Geol. Sergio Citran							
		Metodo di perforazione: carotaggio continuo a secco con sonda a rotazione. Attrezzo di perforazione: carotiere semplice, diametro 101 mm - Rivestimento diametro 127 mm							
Quota inizio (m s.l.m.): 155.00		Spessore Strati (m): 5.00		<input checked="" type="checkbox"/> Campione rimaneggiato per analisi chimica <input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato		Data esecuzione: 19 aprile 2000 Livelli falda: assente data: -			
Profondità da p.c. (m)	Quote m s.l.m.	Spessore Strati (m)	Stratigrafia A.G.I. 1977	Campioni			Descrizione litologica (A.G.I. 1977)	Note	
				tipo	quote	n°			
1	0.60	154.40		■	0.00	1	0.60	Ghiaia fine con matrice limosa nerastra seguita da sabbia debolmente limosa grigio bruno con presenza di elementi di giaia da fine a grossa	riporto
	1.00	154.00			1.00		1.00	Sabbia debolmente limosa grigio scuro con presenza di elementi di ghiaia ed elementi grigio scuro-nero	riporto
2	1.60	153.40		■	1.00	2	1.60	Elementi di ghiaia arrotondata con matrice limoso-sabbiosa grigia; blocco di laterizio alla base	riporto
	2.30	152.70			2.00		2.30	Limo sabbioso grigio scuro passante a marrone scuro, seguito da limo sabbioso marrone scuro con isolati elementi di ghiaia fine	riporto
3	2.90	152.10		■	3.00	3	2.90	Sabbia fine debolmente limosa marrone	terreno naturale
	3.30	151.70			3.00		3.30	Limo sabbioso marrone chiaro passante a marrone scuro	terreno naturale
4	5.00	150.00		■	4.00	4	5.00	5.00	5.00 m fine sondaggio
					4.00				



		Committente: ENIRISORSE S.p.A. Cantiere: Stabilimento ECO-BAT / area Enirisorse Località: Paderno Dugnano (MI) Assistente: Dr. Geol. Sergio Citran			Sondaggio S4			
Metodo di perforazione: carotaggio continuo a secco con sonda a rotazione. Attrezzo di perforazione: carotiere semplice, diametro 101 mm - Rivestimento diametro 127 mm					Data esecuzione 19 aprile 2000			
Quota inizio (m s.l.m.): 155.00 Profondità sondaggio (m): 5.00		■ Campione rimaneggiato per analisi chimica ● Campione indisturbato			Livelli falda: data: assente -			
Profondità da p.c. (m)	Quote m s.l.m.	Spessore Strati (m)	Stratigrafia A.G.I. 1977	Campioni			Descrizione litologica (A.G.I. 1977)	Note
				tipo	quote	n°		
1	0.50	154.50		■	0.00	1	Pavimentazione in cls armato (0.15 m) seguito da ghiaia sabbiosa debolmente limosa marrone	riporto
	1.00	154.00		■	1.00		Ghiaia con abbondante matrice limoso-argillosa debolmente sabbiosa marrone scuro e frammenti di laterizi	riporto
2	2.00	153.00		■	1.00	2	ghiaia sabbiosa con minuscoli granuli metallici dorati submillimetrici tra 1,5 e 2,0 m.	riporto
				■	2.00			
3				■	2.00	3		
				■	3.00			
4				■	3.00	4	Ghiaia sabbiosa con elementi arrotondati	terreno naturale
				■	4.00			
5	5.00	150.00		■	4.00	5	5,00 m fine sondaggio	
				■	5.00			
6								
7								
8								
9								
10								



Hydro Soil S.r.l.



Committente: **ENIRISORSE S.p.A.**
 Cantiere: **Stabilimento ECO-BAT / area Enirisorse**
 Località: **Paderno Dugnano (MI)**
 Assistente: **Dr. Geol. Sergio Citran**

Sondaggio

S5

Metodo di perforazione: carotaggio continuo a secco con sonda a rotazione.
 Attrezzo di perforazione: carotiere semplice, diametro 101 mm - Rivestimento diametro 127 mm

Data esecuzione
19 aprile 2000

Quota inizio (m s.l.m.): 155.00
 Profondità sondaggio (m): 5.00

■ Campione rimaneggiato per analisi chimica
 ● Campione indisturbato

Livelli falda: data:
 assente -

Profondità da p.c. (m)	Quote m s.l.m.	Spessore Strati (m)	Stratigrafia A.G.I. 1977	Campioni			Descrizione litologica (A.G.I. 1977)	Note
				tipo	quote	n°		
1	3.00	3.00		■	0.00	1	Materiale con granulometria sabbiosa di colore grigio; da 0.50 m presenza di livelli cementati; da 1.00 m odore di ammoniacca fino a 3.00 m	riporto
					1.00			
				■	1.00	2		
2	3.00	3.00		■	2.00	3		
					3.00			
3	152.00	2.00		■	3.00	4	Ghiaia etrometrica con matrice limoso-sabbiosa debolmente argillosa marrone	terreno naturale
					4.00			
4	150.00	2.00		■	4.00	5		
					5.00			
5	5.00	5.00					5.00 m fine sondaggio	
6								
7								
8								
9								
10								



Hydro Soil S.r.l.



Committente: **ENIRISORSE S.p.A.**
 Cantiere: **Stabilimento ECO-BAT / area Enirisorse**
 Località: **Paderno Dugnano (MI)**
 Assistente: **Dr. Geol. Sergio Citran**

Sondaggio

S6

Metodo di perforazione: carotaggio continuo a secco con sonda a rotazione.
 Attrezzo di perforazione: carotiere semplice, diametro 101 mm - Rivestimento diametro 127 mm

Data esecuzione
20 aprile 2000

Quota inizio (m s.l.m.): 155.00
 Profondità sondaggio (m): 5.00

■ Campione rimaneggiato per analisi chimica
 ● Campione indisturbato

Livelli falda: data:
 assente -

Profondità da p.c. (m)	Quote m s.l.m.	Spessore Strati (m)	Stratigrafia A.G.I. 1977	Campioni			Descrizione litologica (A.G.I. 1977)	Note
				tipo	quote	n°		
1 2 3 4 5	0.70 154.30	0.70 4.30		■	0.00	1	Sabbia ghiaiosa debolmente limosa nerastra; tra 0.5 e 0.7 m presenza di pezzi di legno e plastica Limo debolmente sabbioso grigio con presenza di elementi di ghiaia fine 5.00 m fine sondaggio	riporto
				■	1.00	2		
				■	2.00	3		
				■	3.00	4		
				■	4.00	5		
6 7 8 9 10	5.00 150.00							



SONDAGGIO N. Pz.B		COMMITTENTE: Immobiliare Sma s.r.l.		CANTIERE: Paderno Dugnano - Milano		PRATICA N. P/149/99		DOC. N. 149/99-Pz.B	
Quota: 0.00 m.		Riferita a: Piano Campagna		Data ultimazione: 23/02/00		ELABORAT. CONTROL		REV. DATA	
Assistente: Dott. Geol. Zanatta B.		Operatore: Zorzetto F.		Tipo di attrezzatura: CO.ME.TRLA tipo L/CO/1-B		G.F.		D.M.	
DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO		Poderi (torrens)		S.P.T.		Vant. Test		Livello	
		m ² / m ²		m / cm		m / m		Pz.B / m	
		m ² / m ²		m / cm		m / m		Pz.B / m	
1.20	1.20	Ripporto: limo sabbioso nocciola con ghiaia da fine a grossa di origine eruttiva subarrotondata con presenza di qualche ciottolo. (materiale umido)						NOTE: USO IDROFUGITICE	
5.80	5.80	Ghiaia da fine a grossa di origine eruttiva in prevalenza subarrotondata con presenza di ciottoli (Ø 20 cm.) e sabbia da fine a grossa nocciola, grigiastra al tetto. (materiale umido)						<input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato <input checked="" type="checkbox"/> OSTERBERG <input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato <input checked="" type="checkbox"/> SHELBY <input checked="" type="checkbox"/> Campione rotativo <input checked="" type="checkbox"/> DENISON <input checked="" type="checkbox"/> Campione rimangiato <input checked="" type="checkbox"/> S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> Campione rimangiato per analisi chimiche <input checked="" type="checkbox"/> Campione rimangiato <input checked="" type="checkbox"/> Vane-Test	
7.00	7.00	Sabbia fine limosa al tetto con inclusioni di ghiaia fine e media subarrotondata nocciola - giallastra e nocciola grigiastra con poca ghiaia da fine a media subarrotondata parzialmente alterata da m. 8.70 con presente qualche ciottolo di origine eruttiva (Ø 7-10 cm.) (materiale leggermente umido)						PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CAROTIERE: SEMPLICE Ø 152 mm. tra m. 0.00 e m. 18.00 CAROTIERE Ø 152 mm. tra m. 18.00 e m. 33.50 CAROTIERE: Ø 101 mm. tra m. 33.50 e m. 55.50	
10.20	10.20	Sabbia da fine talvolta debolmente limosa nocciola fino a m. 13.60 a grossa nocciola - grigiastra con ghiaia fine e media parzialmente alterata di origine eruttiva in prevalenza subarrotondata, presente qualche ciottolo (Ø 20-7 cm.) fino a m. 12.00 quindi presente livello di sabbia fine debolmente limosa da m. 12.30 a m. 12.90. (materiale leggermente umido)						TUBI DI RIVESTIMENTO Ø 178 mm. tra m. 0.00 e m. 5.00 Ø 152 mm. tra m. 0.00 e m. 33.00 Ø 127 mm. tra m. 0.00 e m. 55.50 ASTE Ø mm. 50	
14.70	14.70	Ghiaia fine media e poca grossa di origine eruttiva in prevalenza subarrotondata con sabbia fine grossa grigiastra debolmente limosa. presente qualche ciottolo angolare e subarrotondato (Ø. 8-10 cm.). (materiale umido)						CASSETTE CATALOGATRICI N°: 5 STRUMENTAZIONE INSTALLATA: - Pizzomatto a tubo aperto; - HDPE Ø 75 mm.; - Prefiltro in ghisano allisce calibrato; - Protetto con chiusura in ferro punzato in c.t.	
17.90	17.90	Conglomerato ad elementi in prevalenza di origine eruttiva fine, grossa e subarrotondata con presenza di ciottoli (Ø 15 cm.) mediamente cementati con sabbia da fine a grossa grigia e grigia nocciola. Presenti rare lenti arenacee. (materiale secco)						H ₂ O in fase di perforazione DATA ORA RIV. H ₂ O	
21.10	21.10	1) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Lefranc" tra m. 20.50 e m. 21.00. Sabbia da fine a grossa grigiastra talvolta debolmente limosa con ghiaia da fine a grossa in prevalenza subarrotondata talvolta parzialmente alterata. Presenti lenti di conglomerato. (materiale asciutto)							
23.40	23.40	Sabbia fine con tacce di ghiaia fine grigiastra. (materiale umido)							
24.00	24.00	Ghiaia media fine subarrotondata con qualche ciottolo (Ø 15 cm.) con sabbia da fine e limosa a grossa e di colore grigiastro (marrone al tetto). (materiale asciutto)							
3.00	3.00								

GEOTECNICA VENEZIA S.R.L.
 Via Cappuccini 71 - 30170 MESTRE (Venezia)
 Tel. 041/98157 - 98895 - Fax. 041/98995
 e-mail: geotecnica@tin.it



Profondità in m.	Stratigrafia	Campioni	%Carot. R.Q.D.
Prog. Parz.		Tipi/Num. Prof.	Reg. ass.
27.00			
28.00			
28.60			
3.10			
31.70			
32.50			
33.00			
33.50			
4.50			
38.00			
5.40			
43.40			
9.90			

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO
 Ghiaia media fine subarrotondata con qualche ciottolo (Ø 15 cm.) con sabbia da fine e limosa a grossa e di colore grigiastro (marrone al tetto). (materiale asciutto)

Conglomerato costituito da ghiaia fine e grossa, ciottoli (Ø 15 cm.) di origine eruttiva e calcarea nerastri ben cementati con sabbia da fine a grossa. (materiale asciutto)
 Ghiaia fine e media eruttiva subarrotondata con sabbia da fine a grossa nocciola e grigiastro. Conglomerato costituito da ghiaia fine e grossa, ciottoli (Ø 6-7 cm.) di origine eruttiva e calcarea nerastri ben cementati con sabbia da fine a grossa con ghiaia fine, media e grossa da m. 30.80 a m. 31.70.

Ghiaia fine e media grossa subarrotondata con sabbia da fine limosa a grossa grigia e nocciola. Limo sabbioso debolmente argilloso nocciola con velli limo argillosi e sabbiosi. Limo sabbioso nocciola con lenti di limo argilloso e livelli di sabbia fine, pressanti lenti centimetriche di arenaria nella parte bassa.
 Conglomerato di ghiaia fine e media arenacea debolmente cementato talvolta disgregato. Presenti noduli limosi nocciola da m. 35.00 e m. 35.30.

2) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Lefranc" tra m. 33.00 e m. 33.50.

3) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Lefranc" tra m. 37.50 e m. 38.00.
 Sabbia da fine a grossa grigia con poca ghiaia fine e media eruttiva in prevalenza subarrotondata talvolta alterata. Presente livello di sabbia media grossa poco fine con ghiaia fine e media da m. 42.90 a m. 43.40.

Sabbia fine limosa nocciola grigiastro con tracce di ghiaia.



- Campione indisturbato
- ▼ OSTERBERG
- ▽ SHELBLY
- ⊗ Campione rotativo DENISON
- ▽ Campione rimaneggiato S.P.I.
- ▲ Campione rimaneggiato per analisi chimiche
- * Campione rimaneggiato Vane-Test

PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO
 CAROTERE: SEMPLICE
 tra m. 0.00 e m. 18.00
 CAROTERE
 Ø 132 mm.
 tra m. 18.00 e m. 33.50
 CAROTERE:
 Ø 101 mm.
 tra m. 33.50 e m. 55.50

TUBI DI RIVESTIMENTO
 Ø 178 mm.
 tra m. 0.00 e m. 5.00
 Ø 152 mm.
 tra m. 0.00 e m. 33.00
 Ø 127 mm.
 tra m. 0.00 e m. 55.50
 ASTE Ø mm. 66

CASSETTE CATALOGATRICI N° 5

STRUMENTAZIONE INSTALLATA:

- Piezometro a tubo aperto;
- HDPE Ø 75 mm.;
- Profilo in ghisa all'ovale calibrato;
- Profilo con chinato in ferro pozzeato in cls.

H ₂ O in fase di perforazione	
DATA	ORA RIV. E/O

Profondità in m. Prog.	Stratigrafia	Campioni Tipo/Num Prof.	%Carot. R.Q.D.	Prof. Torvisione	Prof. Nucleo	S.P.T. Numero	Altezza	Vane Test	Prof. in	Prof. contro	Prof. contro	NOTE: USO IDROFOLITRICE
				kg/cm ² /cm ² /cm ²	metri	Cap.	cm.	mm	metri	PZI	PZI	

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Conglomerato in prevalenza a grana media talvolta grossa con frequenti cavità riempite di materiale limo argilloso sabbioso.

Argilla e sabbia con qualche lente di conglomerato (leggera perdita liquido di circolazione).

Conglomerato in prevalenza a grana media talvolta grossa con frequenti cavità riempite di materiale limo argilloso sabbioso.

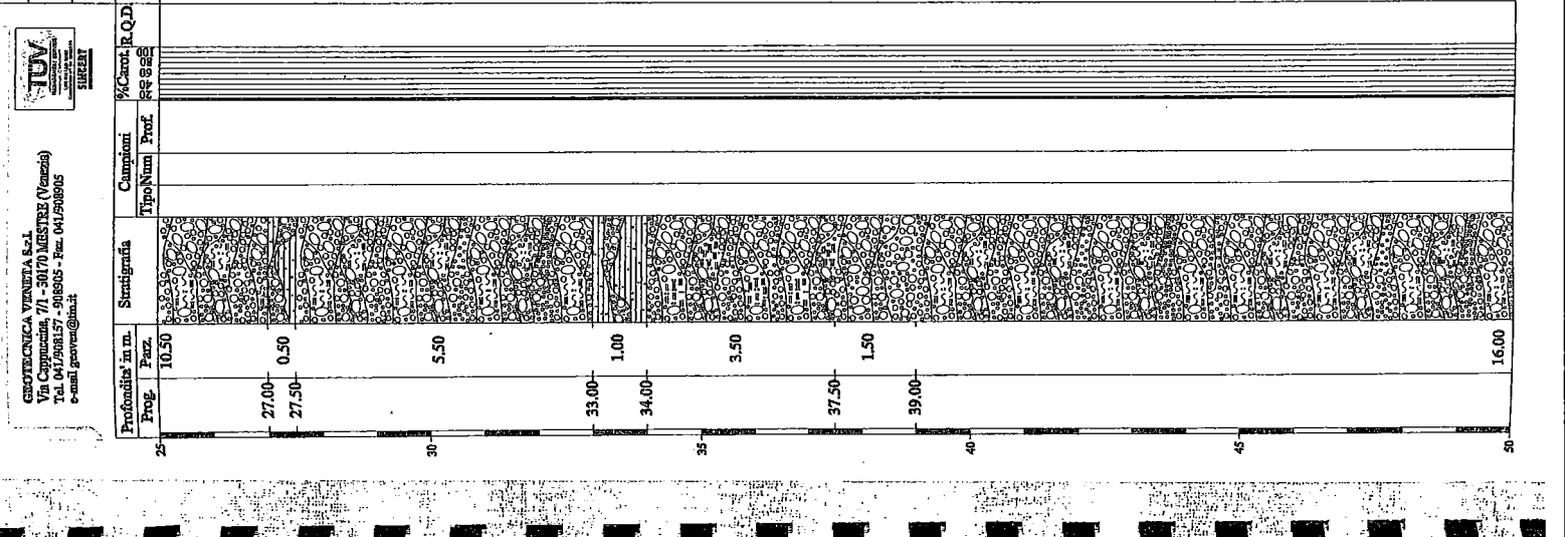
(leggera perdita liquido di circolazione da m. 32.50 a m. 33.00)

Argilla e sabbia con qualche lente di conglomerato.

Conglomerato con cavità riempite di materiale argillo sabbioso.

Conglomerato a grana medio fine.

Conglomerato a grana fine e media con abbondanti cavità riempite di materiale argillo sabbioso.



Profondità in m. Pez.	Stratigrafia	Campioni Tipo/Num.	% Carot. R.Q.D.	Penetr. (curvato) kg/cm ² /cm ³	Prof. in m. metel.	Vane Test	S.P.T.	NOTE			
55.00					56.00						DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO Conglomerato in prevalenza a grana media talvolta grossa con frequenti cavità riempite di materiale limo argilloso sabbioso. (perdita fluido di circolazione da m. 37.15 a m. 39.00 e da m. 48.00 e m. 48.50) Conglomerato ben cementato
56.50					56.50						



ASTE Ø mm. 66	CASSETTE CATALOGATRICI N°:	STRUMENTAZIONE INSTALLATA:
Ø		- Pizzometro a tubo aperto ;
Ø		- HDPE Ø 75 mm. ;
Ø		- Profilo in gesso siliceo calibrato;
Ø		- Profilo con chiusura in ferro preazoto in dia.
Ø		H ₂ O in fase di perforazione
Ø		DATA ORA RIV. H ₂ O

Profondità in m. Prog.	Statigrafia	Campioni Tipo/Num. Prof.	%Carot. R.Q.D. RESS	Powder Penetrat (kg/cm ² /cm)	Prof. in metri	S.P.T. Numero Colpi	Altezza cm.	Velocità Test Max K/cm	Prof. in metri	Perforazione in metri	Perforazione in metri	NOTE: USO IDROFOLTRICE
1.80												
2.40												
3.90												
8.10												
9.00												
15.00												
7.50												
22.50												
19.50												

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Sabbia e limo marrone scuro con inclusioni di ghiaia fine e media.

Sabbia da fine e con limo a grossa nocciola grigiastro con ghiaia fine, media e grossa subarrotondata e qualche ciottolo (Ø 10-12 cm).

Sabbia fine media e grossa subarrotondata e qualche ciottolo (Ø 10-12 cm) in prevalenza subarrotondata di origine eruttiva.

1) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Leframe" tra m. 5.00 e m. 5.50 .

2) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Leframe" tra m. 7.00 e m. 7.50 .

Sabbia fine debolmente limosa nocciola.

Sabbia da fine e limosa a media e poca grossa nocciola con poca ghiaia fine e media in prevalenza subarrotondata parzialmente alterata.

Ghiaia con ciottoli (Ø 10-15 cm.) e sabbia da fine a grossa.

N.B. DA m. 15.00 PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO CON SCALPELLO TRICONO Ø 130 mm.

Conglomerato ben cementato a grana fine.



- ☐ Campione indisturbato
- ☑ OSTERBERG
- ☑ Campione indisturbato
- ☑ SHELBY
- ⊗ Campione rotativo
- ⊗ DENISON
- ☑ Campione rimaneggiato
- ☑ S.P.T.
- ☑ Campione rimaneggiato per analisi chimiche
- * Campione rimaneggiato Vane-Test

PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

CAROTIERE: SEMPLICE

tra m. 0.00 e m. 15.00

CAROTIERE

Ø

tra m. 0.00 e m. 0.00

CAROTIERE:

Ø

tra m. e m.

TUBI DI RIVESTIMENTO

Ø 152 mm.

tra m. 0.00 e m. 14.00

Ø

tra m. e m.

Ø

tra m. e m.

ASTE Ø mm. 66

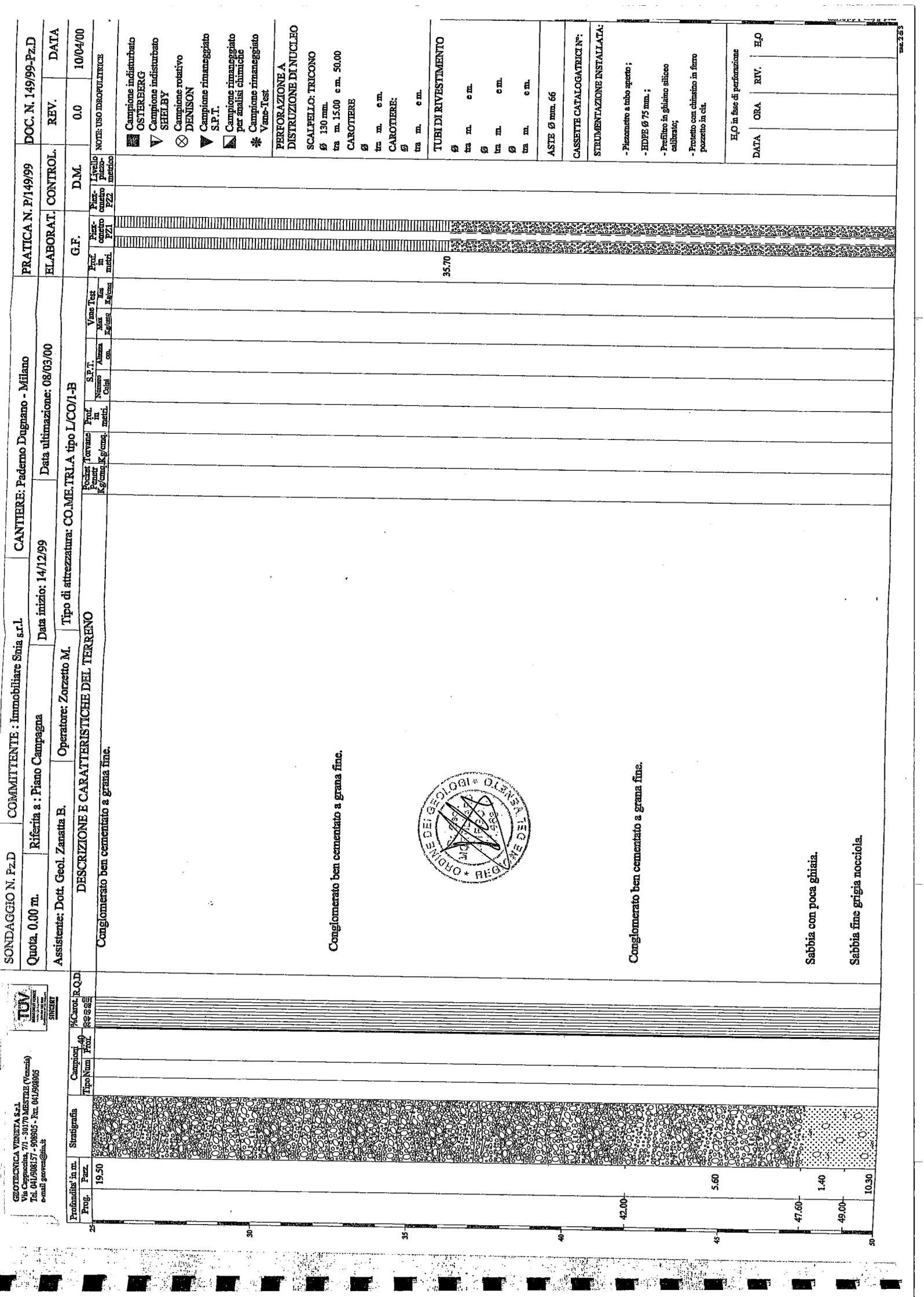
CASSETTE CATALOGATRICI N°: 3

STRUMENTAZIONE INSTALLATA:

- Pinnamento a tubo aperto ;
- HDPE Ø 75 mm. ;
- Prefiltro in ghiaia siliceo calibrato;
- Protetto con chinamo in ferro pozetto in dis.

E/O in fase di perforazione

DATA	ORA	RIV.	E/O



SONDAGGIO N. P.z.D
Quota. 0.00 m.
Assistente: Dott. Geol. Zanatta E.

COMMITTENTE : Immobiliare Sria s.r.l.
Riferita a : Piano Campagna
Operatore: Zorzetto M.

CANTIERE: Paderno Dugnano - Milano
Data ultimazione: 08/03/00
Tipo di attrezzatura: CO.ME.TRI.A tipo L/CO1-B

PRATICA N. P/149/99
ELABORAT. CONTROL.
G.F.

DOC. N. 149/99-P.z.D
REV. 0.0
DATA 10/04/00

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO
Conglomerato ben cementato a grana fine.

Conglomerato ben cementato a grana fine.

Conglomerato ben cementato a grana fine.

Sabbia con poca ghiaia.

Sabbia fine grigia nocciola.

NOTES: USO IDROFUGANTE
Legend:
 Campione indistruttato
 OSTERBERG
 Campione indistruttato
 SHELBY
 Campione rotativo
 DENISON
 Campione rimaneggiato
 S.P.T.
 Campione rimaneggiato per analisi chimiche
 Campione rimaneggiato Vane-Test

PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO
SCALFELLO: TRICONO
Ø 130 mm.
tra m. 15.00 e m. 50.00
CAROTIERE
Ø
tra m. e m.
CAROTIERE:
Ø
tra m. e m.

TUBI DI RIVESTIMENTO
Ø
tra m. e m.
Ø
tra m. e m.
Ø
tra m. e m.
ASTE Ø mm. 66

CASSETTE CATALOGATRICI N°:
STRUMENTAZIONE INSTALLATA:
 - Plezometro a tubo aperto ;
 - HDPE Ø 75 mm. ;
 - Prefiltri in ghiaia siliceo calibrato,
 - Frottoio con chinino in ferro pozetto in elk.

H₂O in fase di perforazione
DATA **ORA** **RIV.** **H₂O**



TUV
CONSTRUCTION
SINCRET

PROFONDITA' IN M.
Prog. 19.50
42.00
47.60
49.00
10.30

STERIGRAFIA
Campioni Tipo/Numi
%Carot. R.O.D.

Geotecnica Veneta S.p.A.
Via Cappuccina, 71 - 30170 MESTRE (Venezia)
TEL. 041/908157 - 908005 - Fax 041/908005
e-mail: geovet@geovet.it

SONDAGGIO N. Pz.E **COMMITTENTE: Immobiliare Saia s.r.l.** **CANTIERE: Paderno Dugnano - Milano**

Quota. 0.00 m. **Riferita a: Piano Campagna** **Data inizio: 15/12/99** **Data ultimazione: 08/03/00**

Assistente: Dott. Geol. Zanatta B. **Operatore: Zorzetto M.** **Tipo di attrezzatura: CO.ME.TRI.A tipo L/CO/1-B**

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Limo sabbioso e sabbia fine nocciola e marrone con inclusioni di ciottoli al fondo e qualche inclusione di ghiaia.

Sabbia da fine a con limo a grossa nocciola con abbondante ghiaia fine e media in prevalenza subarrotondata con qualche ciottolo (Ø 10 cm.). (materiale umido)
 1) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Lefranc" tra m. 5.00 e m. 5.50 .

Ghiaia da fine a grossa di origine eruttiva in prevalenza subarrotondata con sabbia da fine e debolmente limosa a grossa con qualche ciottolo (Ø 10-12 cm.). (materiale umido)

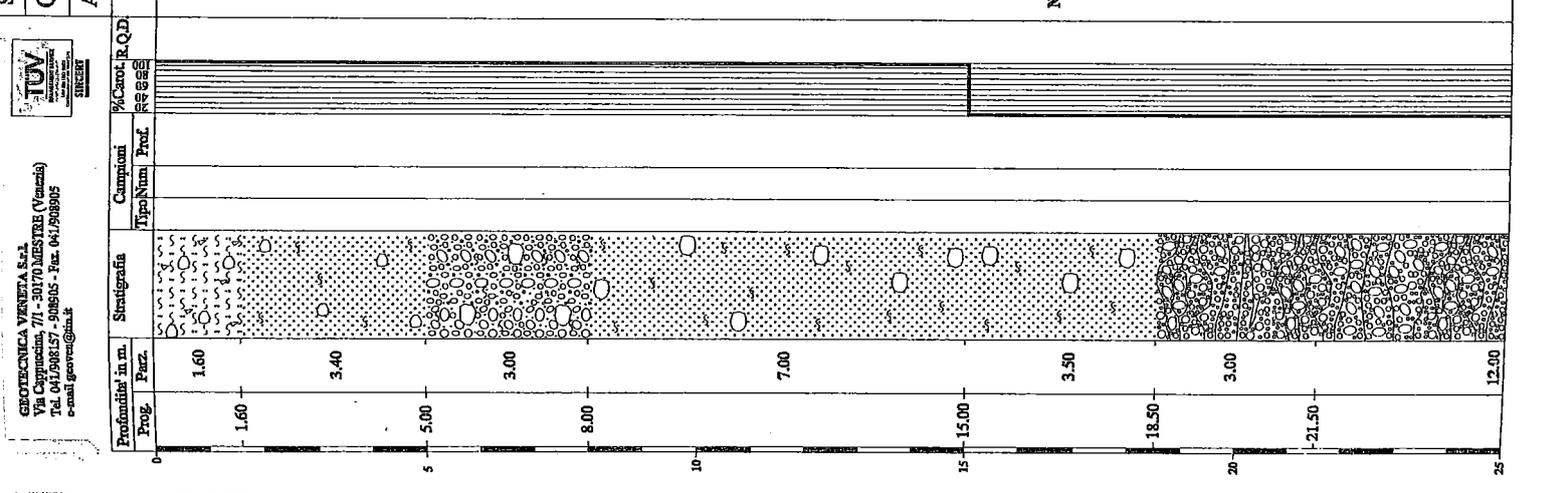
1) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Lefranc" tra m. 8.00 e m. 8.50 .
 Sabbia da fine a grossa nocciola con ghiaia fine e media parzialmente alterata in prevalenza subarrotondata con qualche piccolo ciottolo nella parte alta (Ø 10 cm.). (materiale umido)

2) Prova di permeabilità a carico variabile tipo "Lefranc" tra m. 14.50 e m. 15.00 .
 Idem come sopra con ghiaia sabbia e qualche ciottolo.

N.B. DA m. 15.00 PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO CON SCALFELLO TRICONO Ø 130 mm.

Conglomerato con lenti di ghiaia e sabbia.

Conglomerato ben cementato a grana generalmente fine variabile da m. 27.50 a 29.50 .



TUV
 TÜV SÜD
 Via Capriccioli, 71 - 30170 MESTRE (Venezia)
 Tel. 041/998157 - 998915 - Fax. 041/998905
 e-mail: geovis@tuv.it

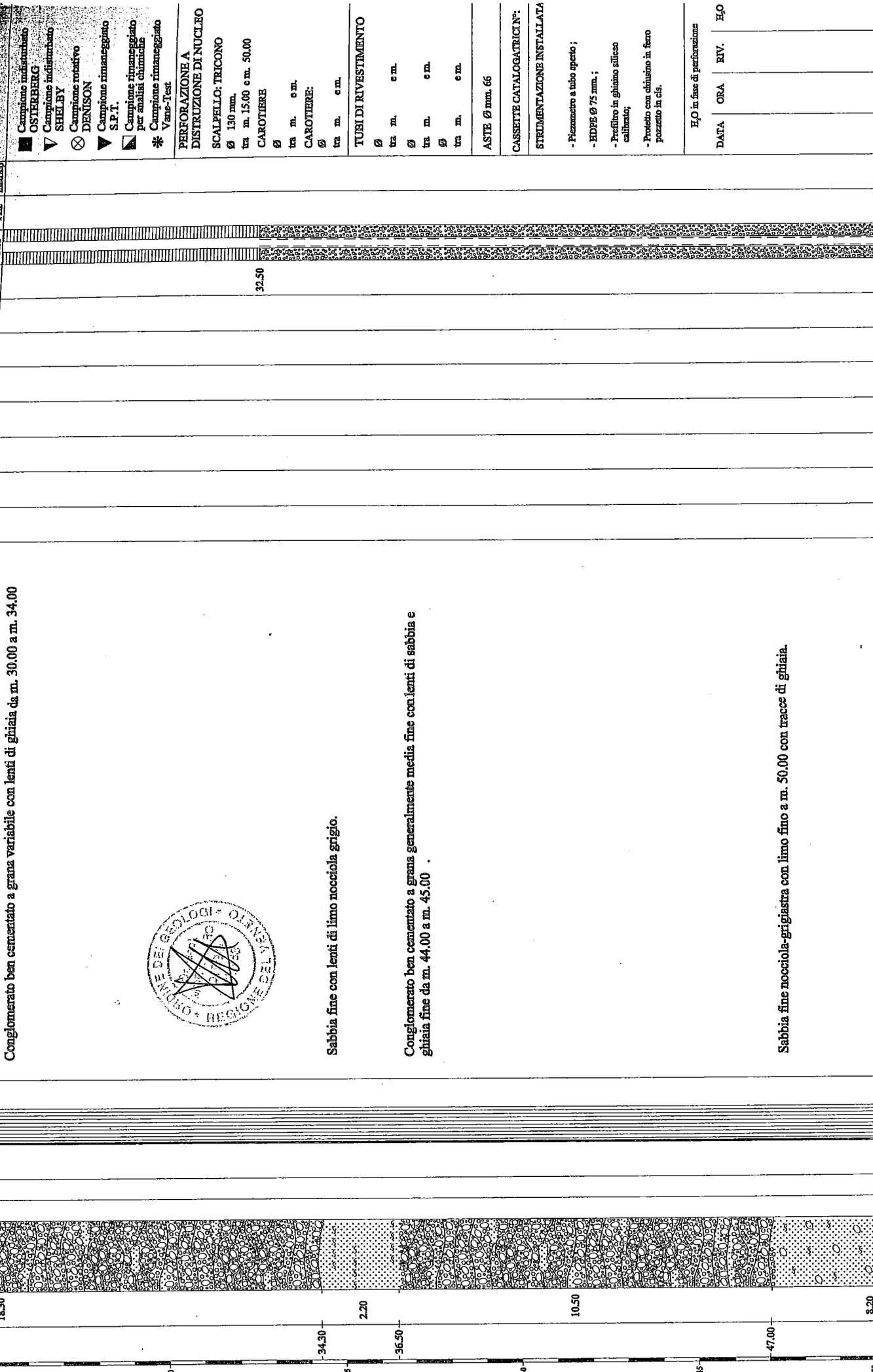
Profondità in m. Prog. Parz.	Stratigrafia	Campioni Tipo/Num. Prof.	%Carot. h.Q.D. Resaz	Ponderazione unitaria Kg/cm ³	Prof. in metri	Prof. in metri	Vano Test Max Esp. S.P.T. Alvea Cchi	Prof. in metri	Pier. cuneo PZL	Pier. cuneo PZL	Livello piezometrico PZL	NOTE USODIPULVICI
12.00												<input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato <input checked="" type="checkbox"/> OSTERBERG <input checked="" type="checkbox"/> Campione indisturbato <input checked="" type="checkbox"/> SHELBY <input checked="" type="checkbox"/> Campione rotativo <input checked="" type="checkbox"/> DENISON <input checked="" type="checkbox"/> Campione rimaneggiato <input checked="" type="checkbox"/> S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> Campione rimaneggiato per analisi chimiche <input checked="" type="checkbox"/> Campione rimaneggiato <input checked="" type="checkbox"/> Vane-Test
33.50												PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO SCALPELLO: TRICONO Ø 130 mm. tra m. 15.00 e m. 50.00 CAROTIERE Ø tra m. 0.00 e m. 0.00 CAROTIERE: Ø tra m. e m.
35												
38.50												
40												
40.80												
45												
46.50												
50												

Conglomerato ben cementato a grana generalmente fine variabile da m. 27.50 a 29.50 .
 Sabbia con poca ghiaia fine e media. (Perdita fluido di perforazione).
 Sabbia con limo e tracce di ghiaia alla base.
 Conglomerato ben cementato a grana variabile.
 Sabbia fine grigiastra con limo e poca ghiaia fino a m. 48.00



Profondità in m. Prog. Parz.	Stratigrafia	Campioni Tipo/Num. Prof.	%Carot. h.Q.D. Resaz	Ponderazione unitaria Kg/cm ³	Prof. in metri	Prof. in metri	Vano Test Max Esp. S.P.T. Alvea Cchi	Prof. in metri	Pier. cuneo PZL	Pier. cuneo PZL	Livello piezometrico PZL	NOTE USODIPULVICI
5.00												
2.30												
5.70												
46.50												
7.20												

Profondità in m.	Stratigrafia	Campioni	% Carb. R.Q.D.
Prog. Prof.		Tip. Num. Prof.	Res. Sg.
18.30			
34.30			
2.20			
36.50			
10.50			
47.00			
8.20			



Conglomerato ben cementato a grana variabile con lenti di ghiaia da m. 30.00 a m. 34.00



Sabbia fine con lenti di limo nocciola grigio.

Conglomerato ben cementato a grana generalmente media fine con lenti di sabbia e ghiaia fine da m. 44.00 a m. 45.00

Sabbia fine nocciola-grigiastro con limo fino a m. 50.00 con tracce di ghiaia.

- Campanone indurito
- OSTERBERG
- Campanone indurito
- SHELBY
- Campanone rotativo
- DENISON
- Campanone rimanteggiato
- S.P.T.
- Campanone rimanteggiato per analisi chimiche
- Campanone rimanteggiato
- Vane-Test

PERFORAZIONE A
DISTRUZIONE DI NUCLEO
SCALPELLO: TRICONO
Ø 130 mm.
tra m. 15.00 e m. 50.00
CAROTIERE
Ø
tra m. e m.
CAROTIERE:
Ø
tra m. e m.

TUSI DI RIVESTIMENTO
Ø
tra m. e m.
Ø
tra m. e m.
Ø
tra m. e m.
Ø
tra m. e m.

ASTE Ø mm. 66

CASSETTE CATALOGATICI N°
STRUMENTAZIONE INSTALLATA

- Pizzometro a tubo aperto ;
- HDPE Ø 75 mm. ;
- Prefiltri in ghiumo siliceo calibrato;
- Protetto con chiusura in ferro pozzezzo in cis.

H₂O in fase di perforazione

DATA	ORA	RIV.	H ₂ O

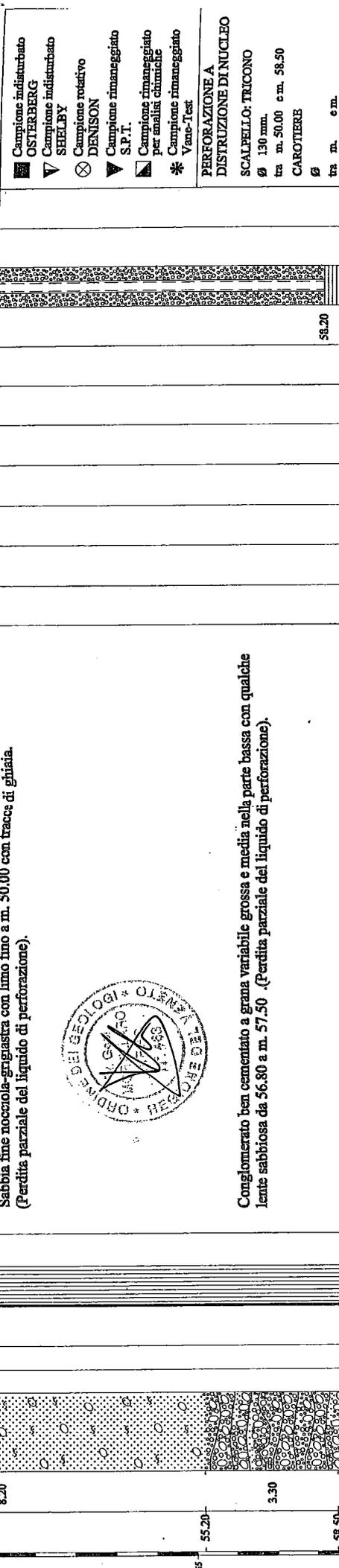
GEOTECNICA VENETA S.p.A.
Via Campanini, 71 - 30170 MESTRE (Venezia)
Tel. 041/4818157 - 049/8905 - Fax. 041/209905
e-mail: geovet@tin.it

SONDAGGIO N. Pz.F **COMMITTENTE : Immobiliare Suisa s.r.l.**
QUOTA 0,00 m. **Riferita a : Piano Campagna**
Assistente: Dott. Geol. Zanatta B. **Operatore: Zorzetto M.**

CANTIERE: Paderno Dugnano - Milano
Data ultimazione: 08/03/00

PRATICA N. P/149/99 **DOC. N. 149/99-Pz.F**
ELABORAT. CONTROL. **REV.** **DATA**
G.F. **D.M.** **0,0** **10/04/00**

DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL TERRENO
Sabbia fine nocciola-grigiastra con limo fino a m. 50.00 con tracce di ghiaia.
(Perdita parziale del liquido di perforazione).



Campione indisturbato OSTERBERG
▼ Campione indisturbato SHELBY
⊗ Campione rotativo DENISON
▼ Campione rimaneggiato S.P.I.
▲ Campione rimaneggiato per analisi chimiche
*** Campione rimaneggiato Vane-Test**

PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO SCALFELLO-TRICONO
Ø 130 mm.
tra m. 50.00 e m. 58.50
CAROTIERE
tra m. e m.
CAROTIERE:
Ø
tra m. e m.

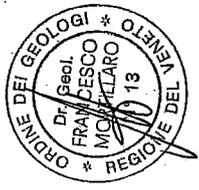
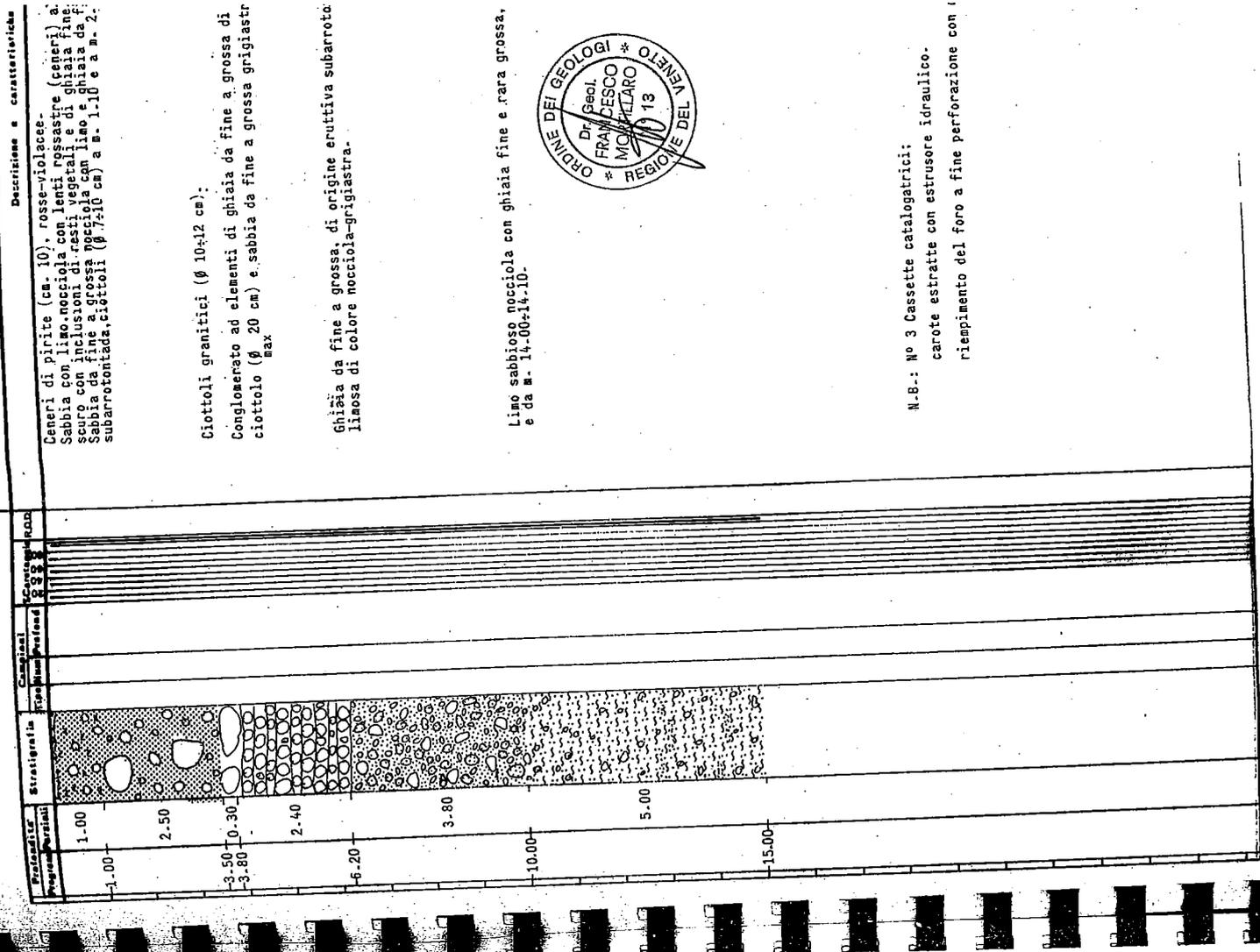
TUBI DI RIVESTIMENTO
Ø
tra m. e m.
Ø
tra m. e m.
Ø
tra m. e m.

ASTE Ø mm. 66
CASSETTE CATALOGATELEP:
STRUMENTAZIONE INSTALL. EP

- Pizzometro a tubo aperto ;
- EDPE Ø 75 mm. ;
- Filtro in ghisa con Ø 10 mm. ;
- Filtro in ghisa con Ø 10 mm. ;
- Filtro in ghisa con Ø 10 mm. ;
- Filtro in ghisa con Ø 10 mm. ;

NOTE: USO IDROFUGHERE

ED
DAT



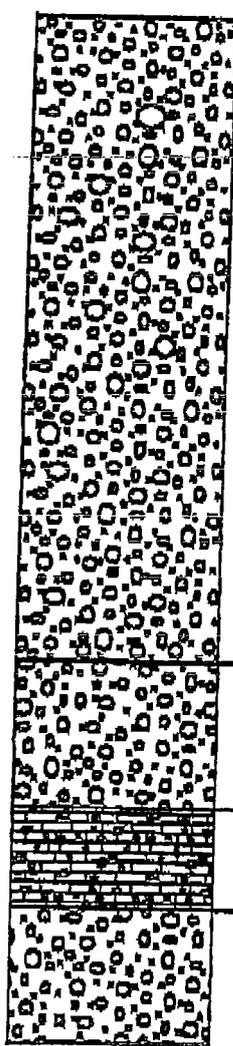
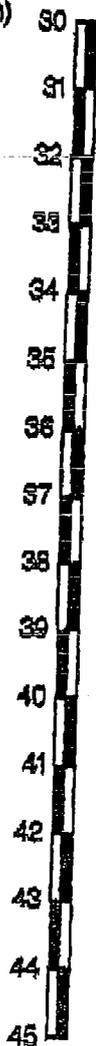
N.B.: No 3 Cassette catalogatrici: carote estratte con estrusore idraulico. riempimento del foro a fine perforazione con

Arethusa S.r.l. - Geologia ambiente territorio

LOCALITÀ Loc. Inorano - Via Valassina Paderno D. (MI)		DATA 09 dicembre 2002
PROFONDITÀ N. 2	TIPO DI PERFORAZIONE distruzione di nucleo fino a -30m; rotazione a carotaggio continuo	DIAMETRO RIVESTIMENTO (cm) 127 mm
CONFERMA DI SAMPERAZIONE	PROFONDITÀ da -30.00 m a -45.00 m	DIAMETRO MINORAZIONE (cm) 101
SETTA PERFORATRICE GEODRILL - Bergamo		

0151660097

prof.
rispetto
al p.c. (m)



Ghiaia e sabbia
con ciottoli di 8-10 cm

37.50

39.50

Ghiaia e sabbia

41.50

Conglomerato fessurato

43.00

Ghiaia e sabbia
con ciottoli di 3-4 cm

Sez. 2

5/7

0151660093

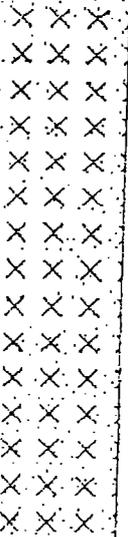
DA : 15/11/00 15:35 FAX 39 382 473836

N. TEL.

15 NOV. 2000 15:53

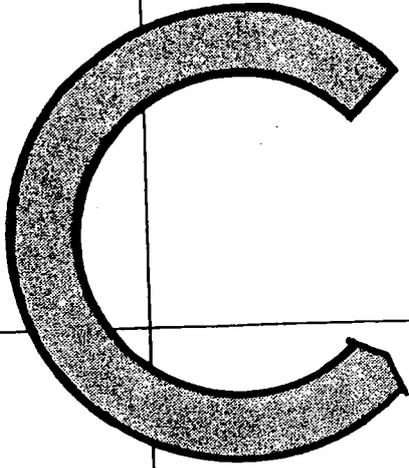
P2

Cantiere Paderno Dugnano	N. sondaggio S1 codice 0151660093
Committente AXSE	Scala sondaggio 1 : 300
Perforatore	Geologo Battaglini
Coord.	Quota (p.c.)
Metodo perf. Distruzione	Data ultimazione

Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Tubo aperto	Falda
3.00	3.00		Sabbia grigia con ghiaia		
	22.00		Sabbia grigia con ghiaia e ciottoli		
25.00	25.00		Sabbia grigia cementata o parzialmente cementata con livelli di conglomerato tenace		
50.00					32.80

Posizionato un piezometro a 50 m. da 0 a 29 cieco e poi fino a fondo foro fessurato. 50.00

FAX  C.A. DOT. NUCIOTTI
 GEOSER SRL
 05 1511100 



STUDIO TECNICO Geom UGO CELOTT

VIA MINCIO 22 - 20139 MILANO
TEL. 02/57.30.37.89 - 53.93.977 - 53.92.262 FAX

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTICHE

Comune: PADERNO DUGNANO		
C.A.P.: 20139		
PROV.: MI		
Cat.:	Cl.:	Fasc.:

FLASH COLOR S.r.l. - Via Turati n. 29 - MILANO

Indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel terreno di fondazione di un centro commerciale e di un cinema multisala di prossima costruzione in comune di Paderno Dugnano (Milano) - Via Brasile.

DISEGNO N: 4514/1

DATA: 13-10-98

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano strada in asse a Via Brasile in corrispondenza al civico numero 5 (v. dis.).

IGT 1

Allegato 4



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI

VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO - TEL. 02/ 57303789 - 5393977 - 5392262 FAX

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE - RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI
STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTICHE

C.C.I.A.A. N. 802.603 - A.N.C. 19/B N. 4021405 - COD. FISC. CLT GMR 34P18 H501V - PART. IVA 00064240153

19/10/1998
Milano.....
4514/168/98
Prot. N.....

Spett.le
FLASH COLOR S.R.L.
Via Turati n° 29
20100 MILANO

Oggetto: Indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel terreno di fondazione di un CENTRO COMMERCIALE e di un CINEMA MULTISALA di prossima costruzione nel Comune di PADERNO DUGNANO (MI) - Via Brasile.
RELAZIONE GEOTECNICA

Comune di PADERNO DUGNANO	
19/10/1998	
PROT. N°	Cl. Fasc.

1. PREMESSA

Nel presente rapporto sono presi in esame i risultati dell'indagine geotecnica eseguita nel terreno di fondazione di un CENTRO COMMERCIALE e di un CINEMA MULTISALA di prossima costruzione da parte della FLASH COLOR S.r.l. di Milano.

L'area è ubicata nel Comune di PADERNO DUGNANO (MI), in via Brasile.

Allo scopo di caratterizzare i terreni interessati dall'insediamento in progetto, sono stati eseguiti un sondaggio geotecnico con prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. in foro e prove penetrometriche dinamiche continue.

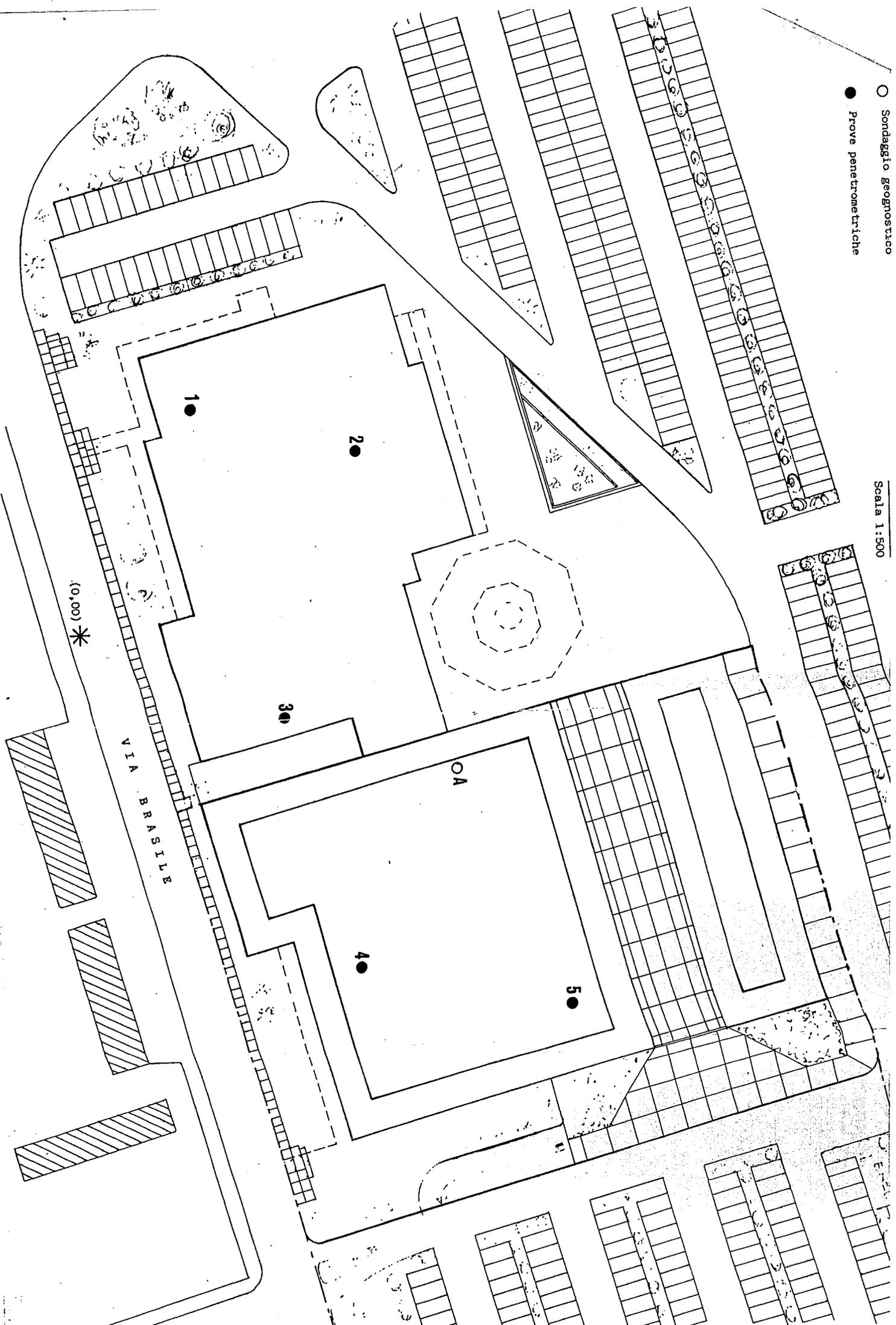
L'indagine ha permesso la definizione della successione litostratigrafica dei terreni e la caratterizzazione meccanica degli stessi in vista della scelta della tipologia di fondazione delle strutture in progetto e del relativo dimensionamento.

Sulla base dei risultati della campagna d'indagine geotecnica, nei capitoli seguenti sono esposti:

- la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sottosuolo del-

○ Sondaggio geognostico
● Prove penetrometriche

Scala 1:500



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:1

DATA: 2-10-1998

Disegno n°:45141H

Località : PADERNO DUGNANO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

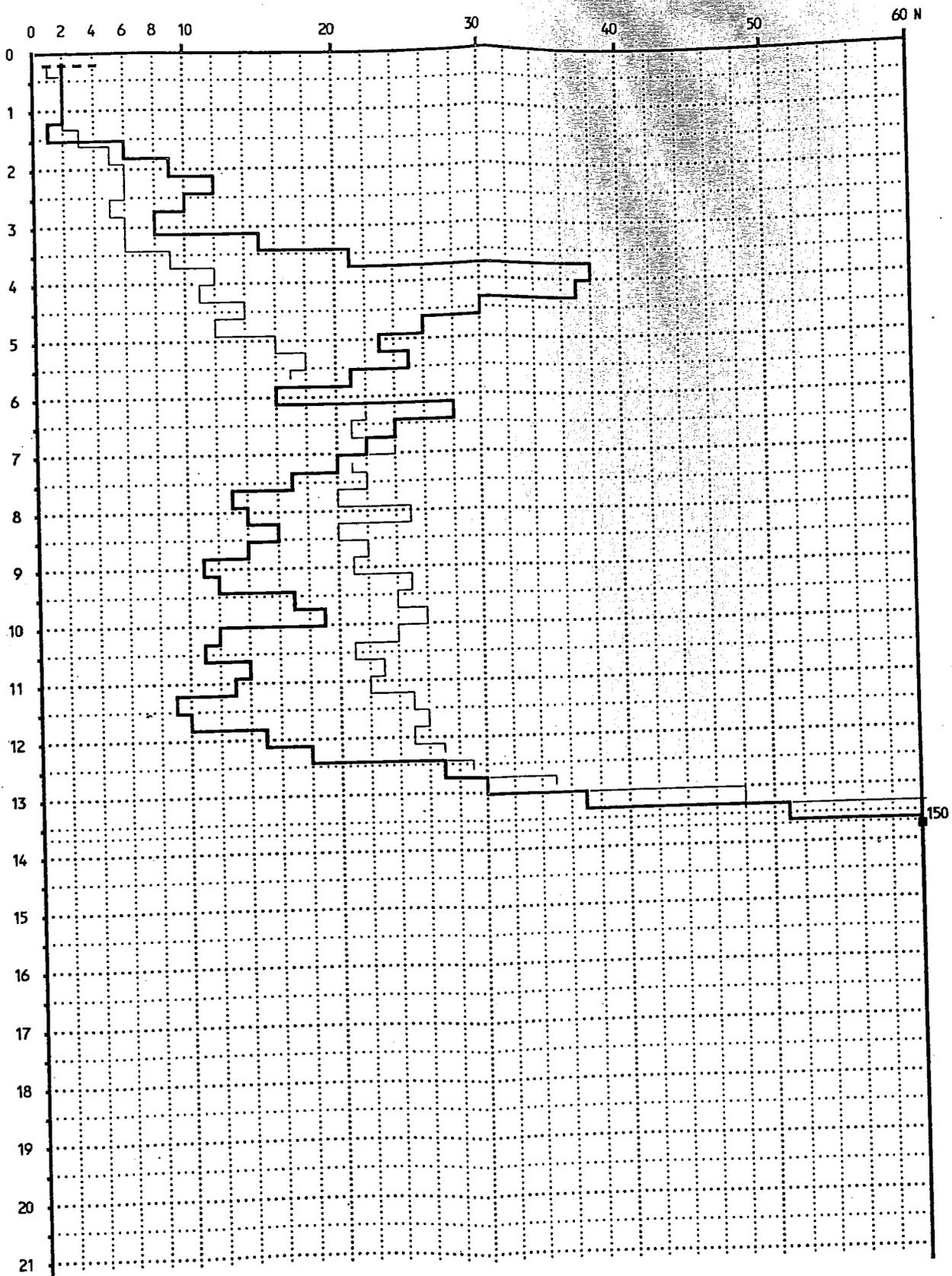
— Punta 60° $\phi = 2''$

— Tubazione di rivestimento $\phi = 1''1/2$

--- Inizio prova m. 0.20

Assenza acqua fino a m.1.80 poi foro ostruito

■ Fine prova m.13.80



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:2

DATA: 2-10-1998

Disegno n°:45142H

Località : PADERNO DUGNANO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

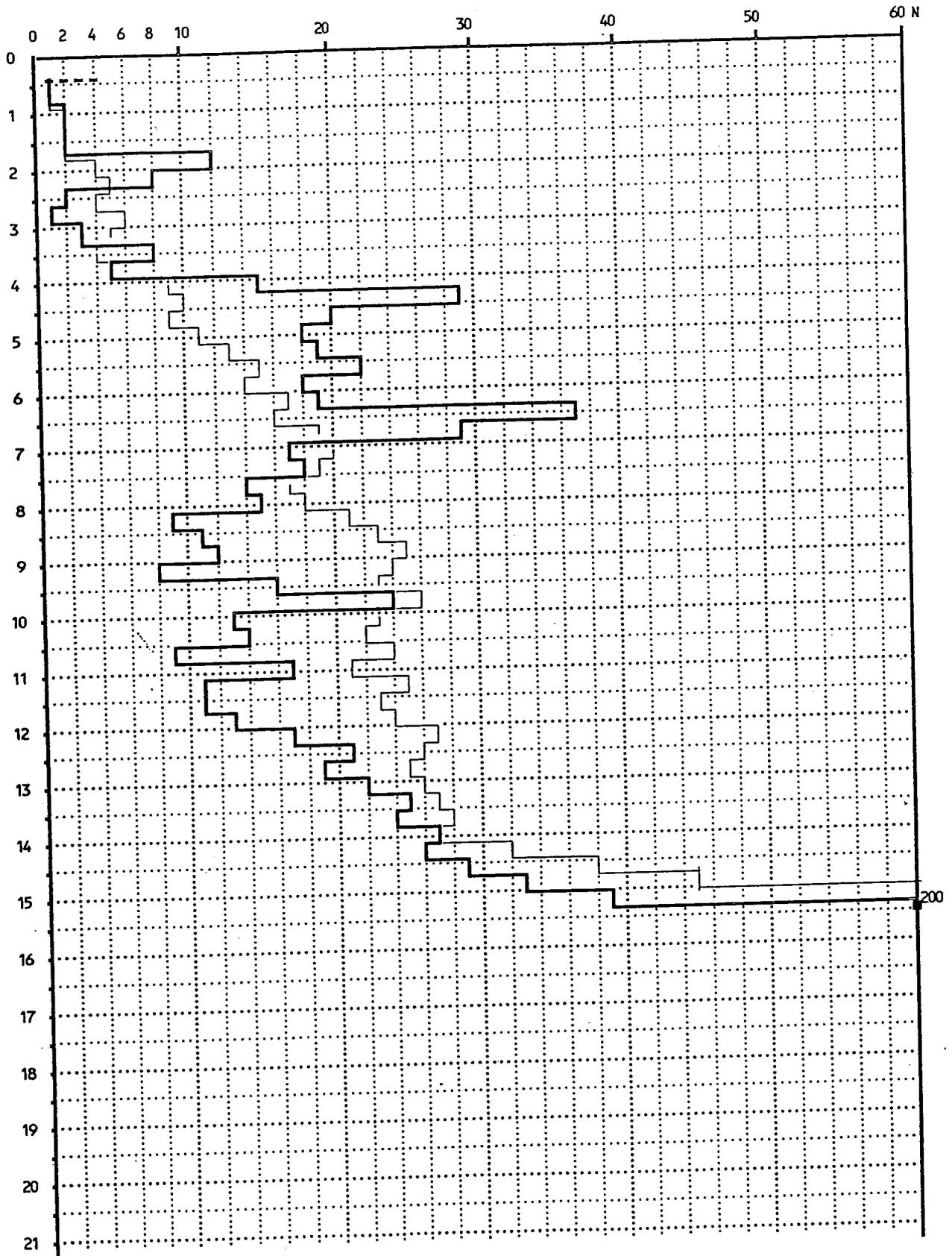
— Punta 60° $\phi = 2''$

— Tubazione di rivestimento $\phi = 1''1/2$

- - - Inizio prova m. 0.40

Assenza acqua fino a m.7.50 poi foro ostruito

■ Fine prova m.15.45



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:3

Disegno n°:45143H

DATA: 7-10-1998

Localita : PADERNO DUGNANO

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

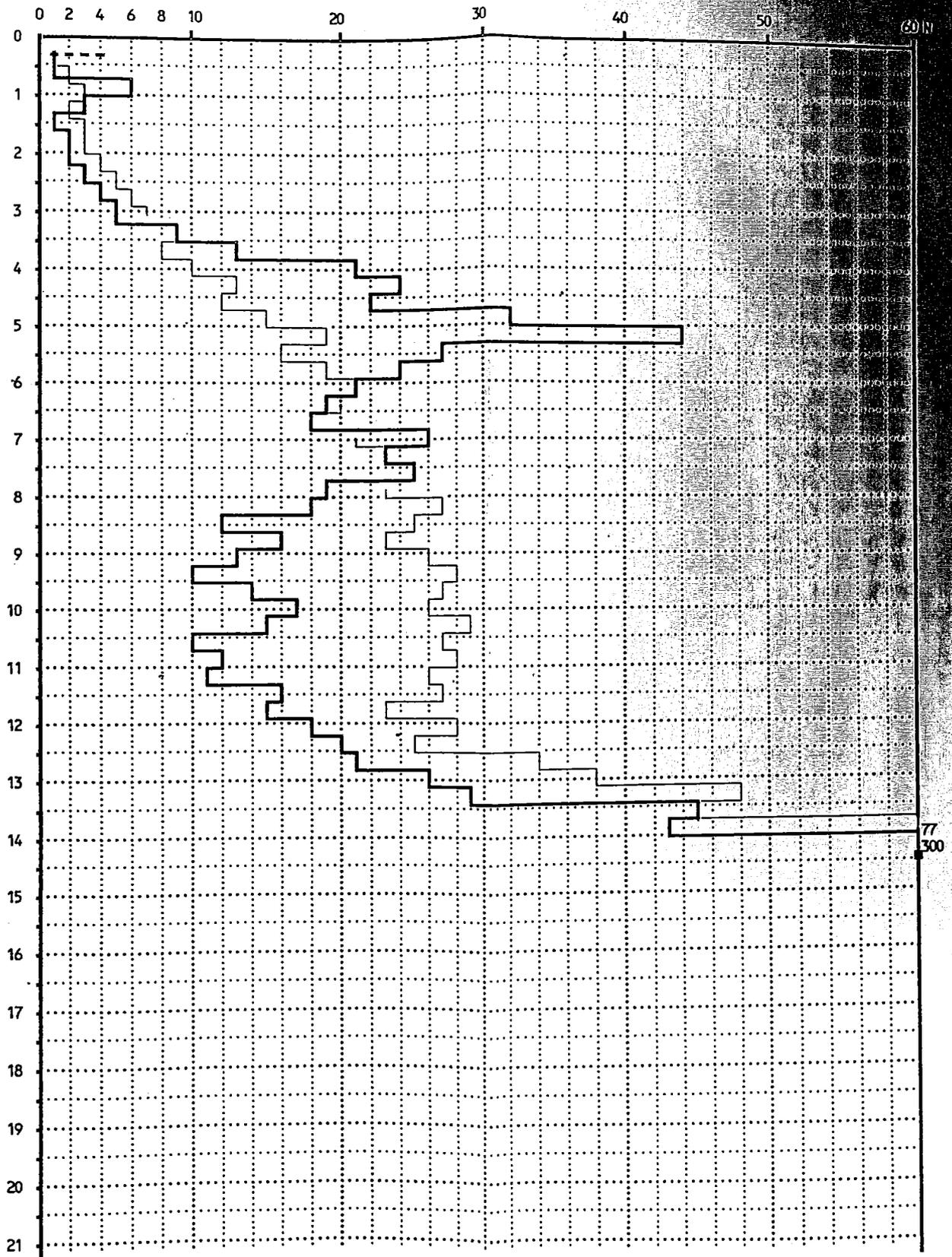
— Punta 60° $\phi = 2''$

— Tubazione di rivestimento $\phi = 1'' 1/2$

- - - Inizio prova m. 0.30

Assenza acqua fino a m.5.00 poi foro ostruito

■ Fine prova m. 14.40



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:4

DATA: 7-10-1998

Località : PADERNO DUGNANO

Diseño n°:45144H

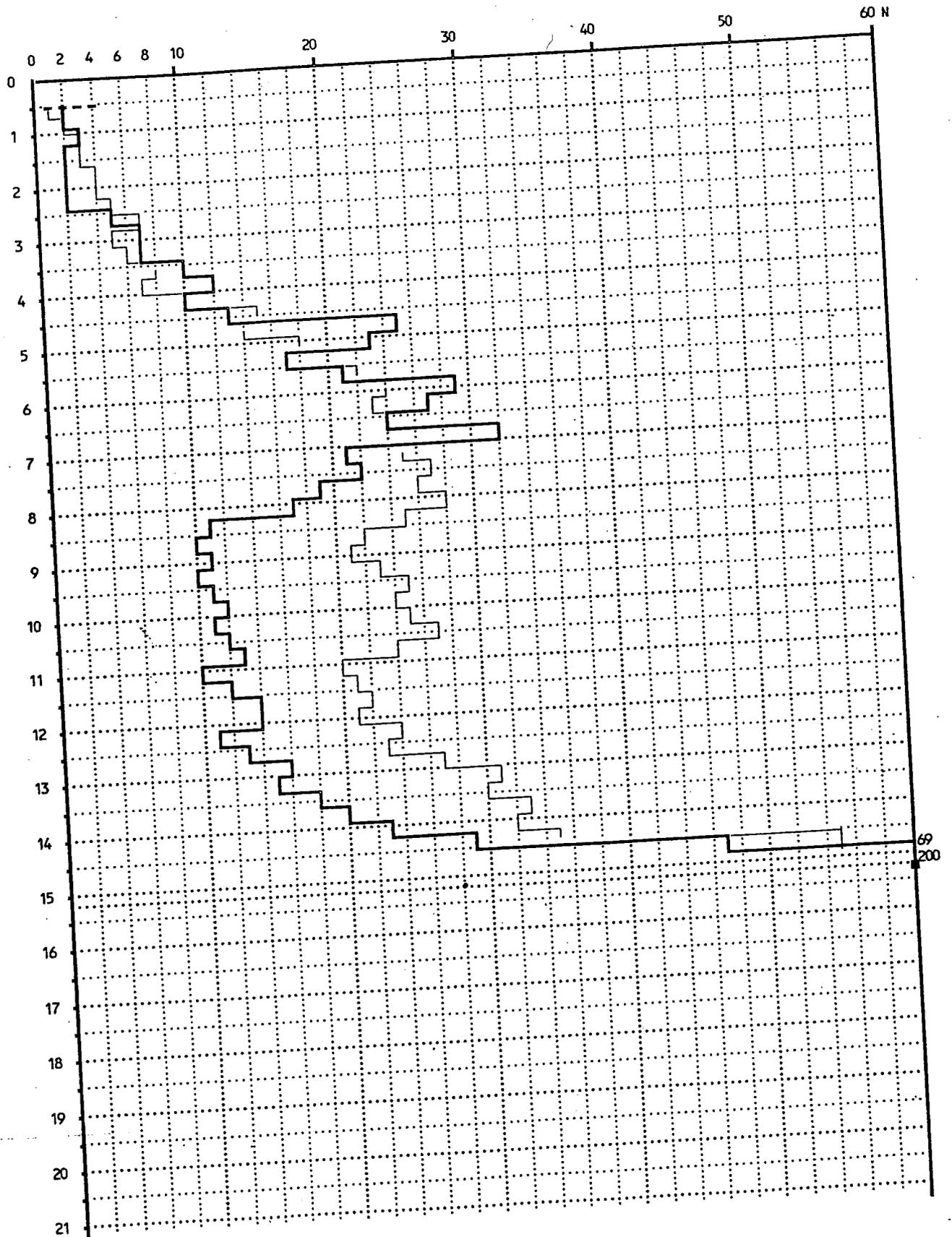
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

— Tubazione di rivestimento $\phi = 1\frac{1}{2}$

— Punta $60^\circ \phi = 2\frac{1}{2}$

- - - Inizio prova m. 0.50 Assenza acqua fino a m.3.90 poi foro ostruito ■ Fine prova m.15.25



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:5

DATA: 9-10-1998

Diseño n°:45145H

Località : PADERNO DUGNANO

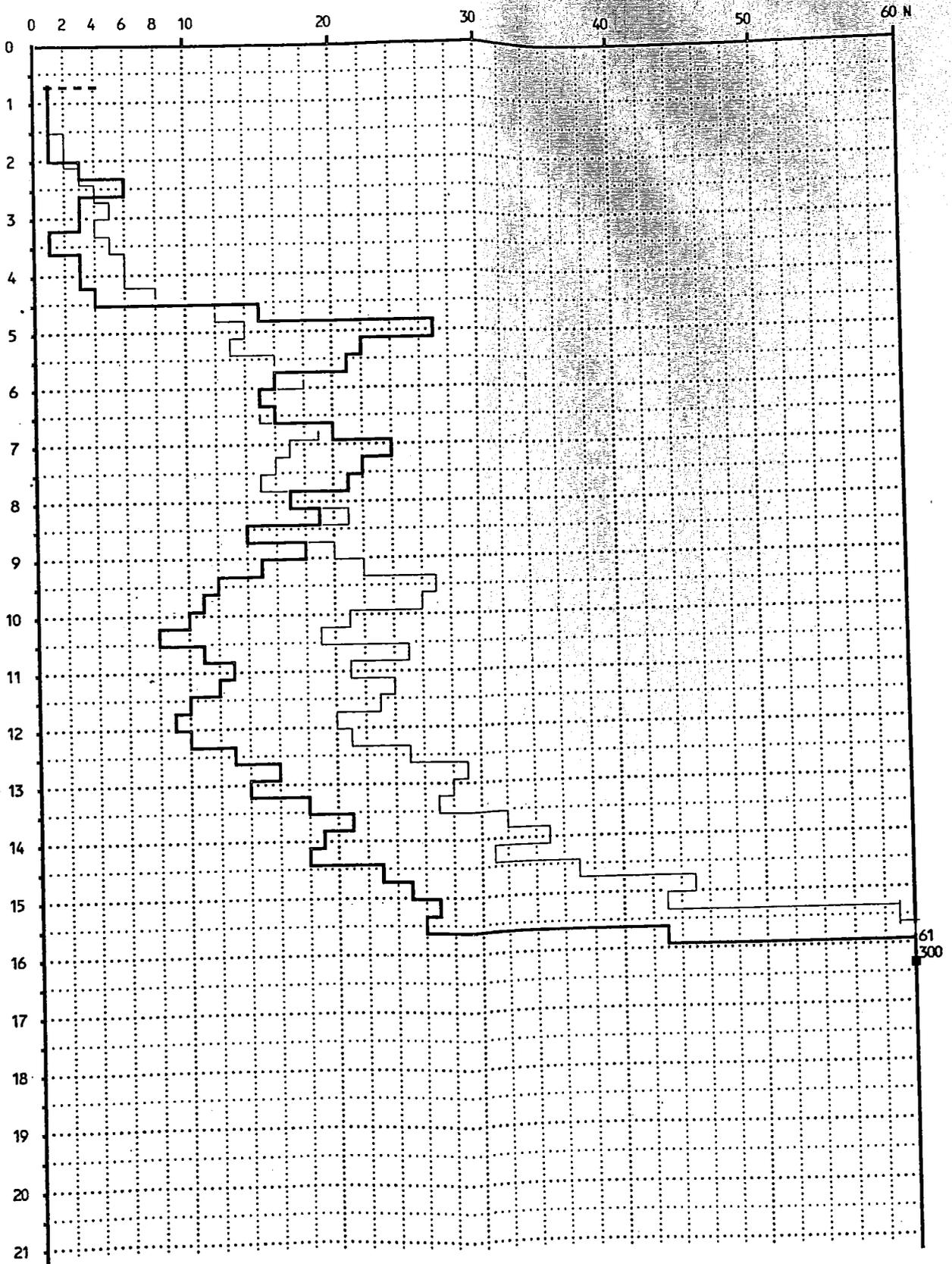
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante

N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici

— Punta 60° $\phi = 2''$

— Tubazione di rivestimento $\phi = 1''1/2$

- - - Inizio prova m. 0.70 Assenza acqua fino a m.4.90 poi foro ostruito ■ Fine prova m.16.30



SONDAGGIO GEONOSTICO N° A

DATA: 12-10-1998
Località: PADERNO DUGNANO

Dis.n°:4514AS

Fine sondaggio m. 20.5

Inizio sondaggio m. 0.5

Carotaggio %	R.Q.D. modificato %			Campioni Ind Semi Ind - Rim	Prof in m	Litologia	Pocket Kg/ cm²	Vanetest Kg/ cm²	S.P.T. n° colpi x 15 cm	H²O m	Piezometro a tubo
	5	45	85								
5	45	85	5	45	85	INIZIO SONDAGGIO Limo argilloso, ghiaioso (ghiaia fine) con tracce di ciottoli e sabbia fine - colore: marrone.					
					1						
					2						
					2.50	Sabbia fine con ghiaia fine limosa con tracce di ciottoli - colore: marrone.			2 6 6		
					3						
					4						
					4.50	Sabbia media ghiaiosa (ghiaia fine) de- bolmente ciottolosa - colore: marrone.			26 22 23		
					5						
					6						
					6.50	Sabbia media con ciottoli e ghiaia gros- solana - colore: marrone.			50 x cm 5		
					7						
					8						
					8.50	Sabbia fine ghiaiosa (ghiaia fine) con tracce di ciottoli - colore: grigio/mar- rone. Locale aumento della % ghiaiosa.			19 19 23		
					9						
					10						
					10.50						
					11						
					12						
					12.50	Sabbia media ghiaiosa (ghiaia media) li- mosa con tracce di ciottoli - colore: marrone.			12 13 18		11.5
					13						
					14						
					14.50	Sabbia media ghiaiosa (ghiaia media) ciottolosa debolmente limosa - colore: marrone.			11 16 13		
					15						
					16						
					16.50						
					17						
					18						
					18.50	Sabbia media ghiaiosa (ghiaia fine) con tracce di ciottoli - colore: marrone.			19 18 22		
					19						
					20						
					20.5						
					21						
					22						
					23						

M.B. - il sondaggio è stato effettuato con circolazione di acqua. 24 ore dopo l'installazione del piezometro tipo "tubo aperto" è stato misurato il livello dell'acqua a m. -19.40.
● SPT con punta conica a 60°

Committente:

IMMOBILIARE SAURO S.r.l.

Via Mac Mahon, 33 – 20155 MILANO

**INDAGINE GEOTECNICA
SUL TERRENO DI FONDAZIONE
DEL NUOVO EDIFICIO RESIDENZIALE SITO
IN COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI),
Via CURIEL**

RELAZIONE FINALE

Conforme al D.M. 11.03.88

Milano, 28 giugno 2007

IGT 3

PENETROMETRO dinamico S.C.P.T.

Punta conica: \varnothing 51 mm – conicità 60°

Rivestimento: \varnothing 48 mm

Maglio: 73 kg

Corsa: 75 cm

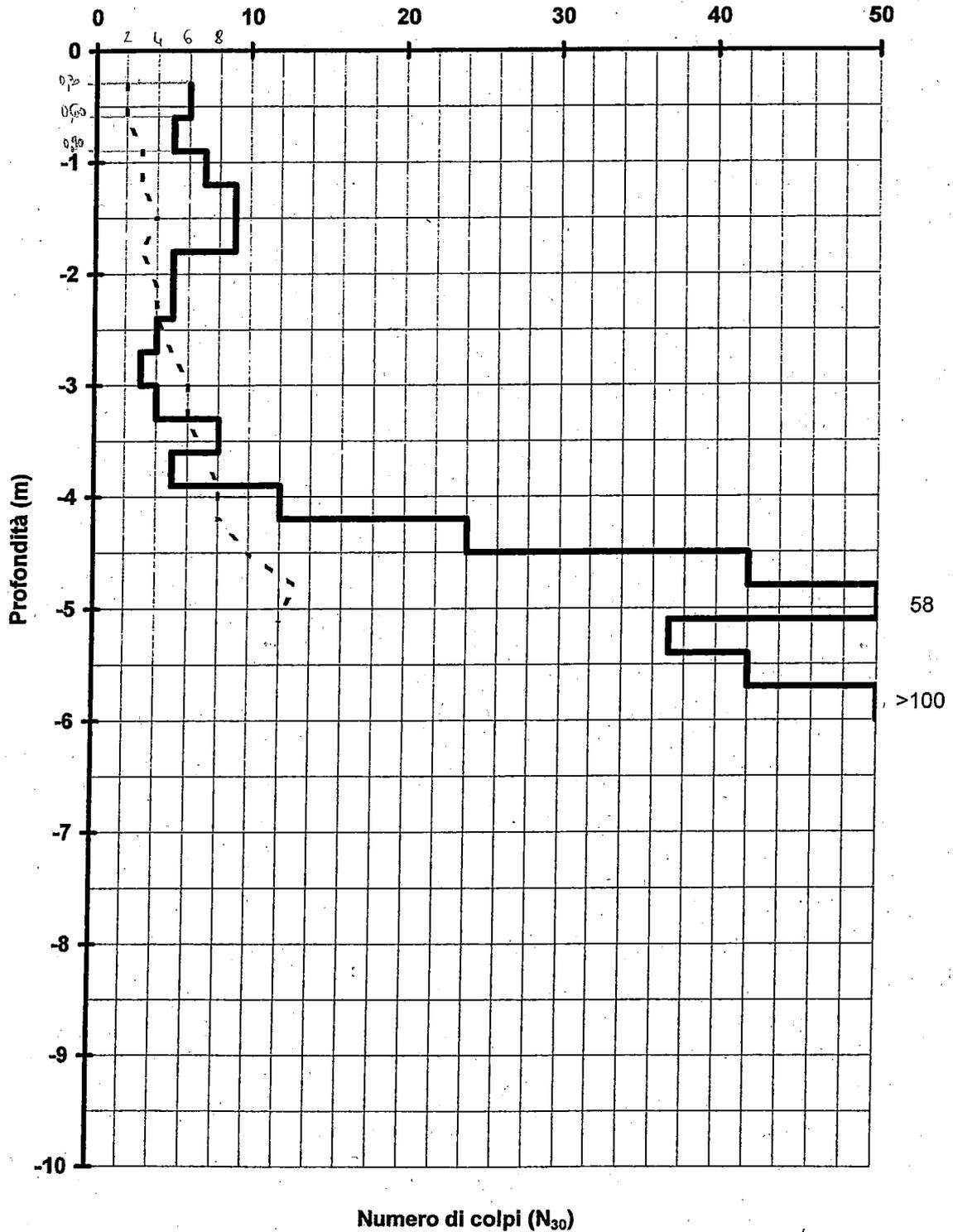
Località: Paderno Dugnano (MI), Via Curiel

Data esecuzione prove: 27/06/2007

Quota di riferimento: piano di campagna (p.c.)

Falda: non rilevata

PROVA N. 1



PENETROMETRO dinamico S.C.P.T.

Punta conica: \varnothing 51 mm – conicità 60°

Rivestimento: \varnothing 48 mm

Maglio: 73 kg

Corsa: 75 cm

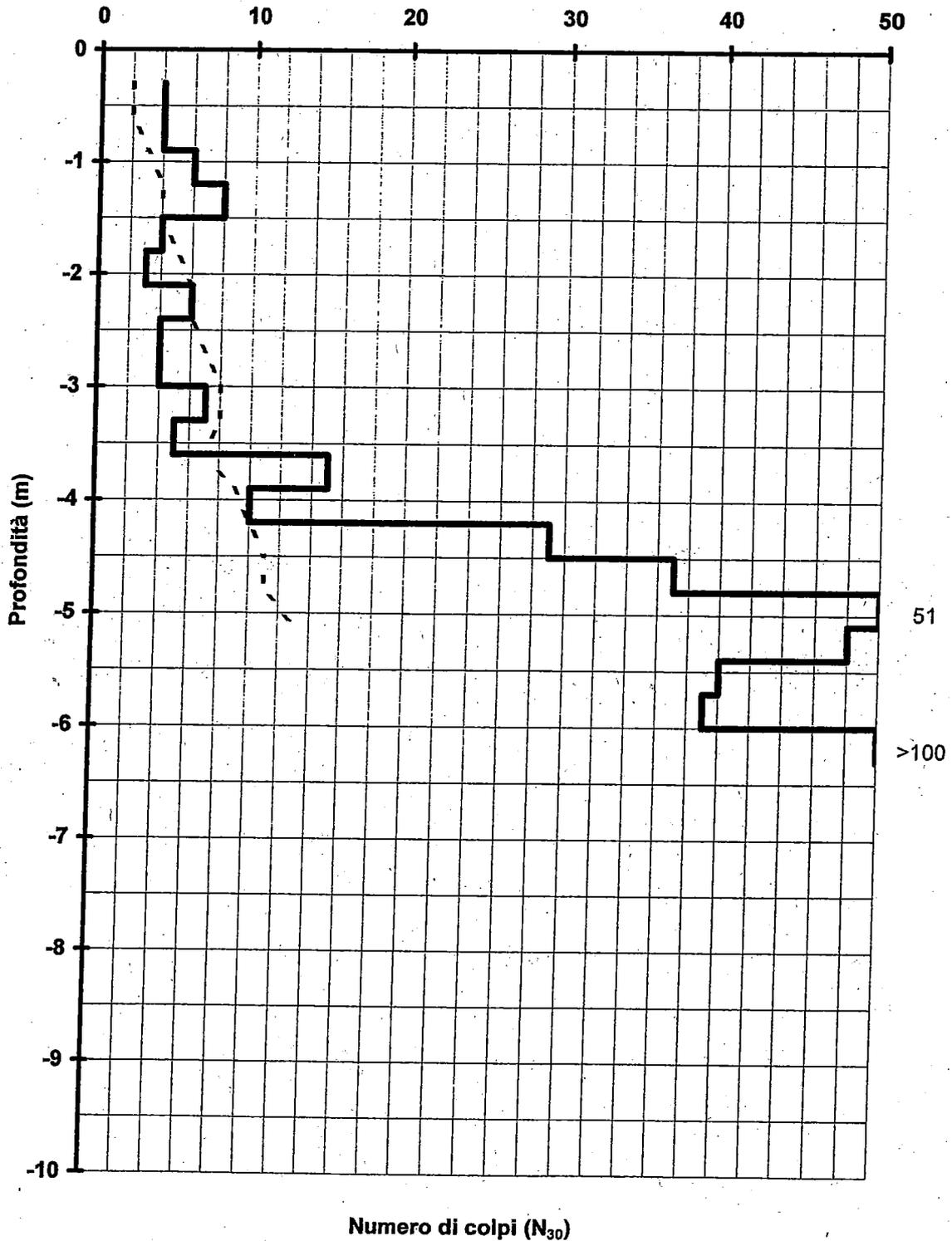
Località: Paderno Dugnano (MI), Via Curiel

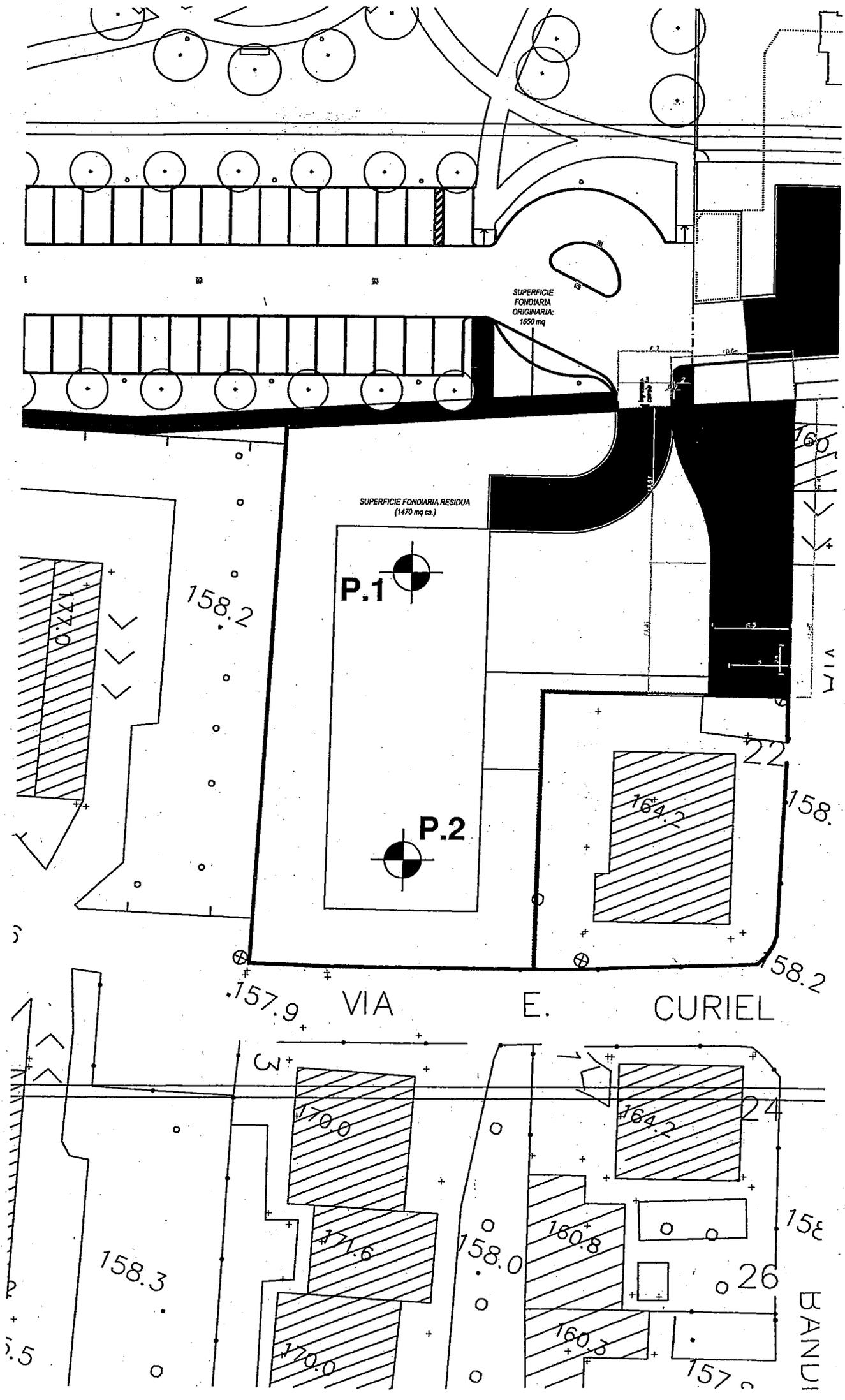
Data esecuzione prove: 27/06/2007

Quota di riferimento: piano di campagna (p.c.)

Falda: non rilevata

PROVA N. 2





Committente:

IMMOBILIARE SIRMA S.r.l.

Via Mac Mahon, 33 – 20155 MILANO

**INDAGINE GEOTECNICA
SUL TERRENO DI FONDAZIONE
DEL NUOVO COMPLESSO RESIDENZIALE SITO
IN COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI),
Via LAMARMORA**

RELAZIONE FINALE
Conforme al D.M. 11.03.88

Milano, 28 giugno 2007

PENETROMETRO dinamico S.C.P.T.

Punta conica: \varnothing 51 mm – conicità 60°

Rivestimento: \varnothing 48 mm

Maglio: 73 kg

Corsa: 75 cm

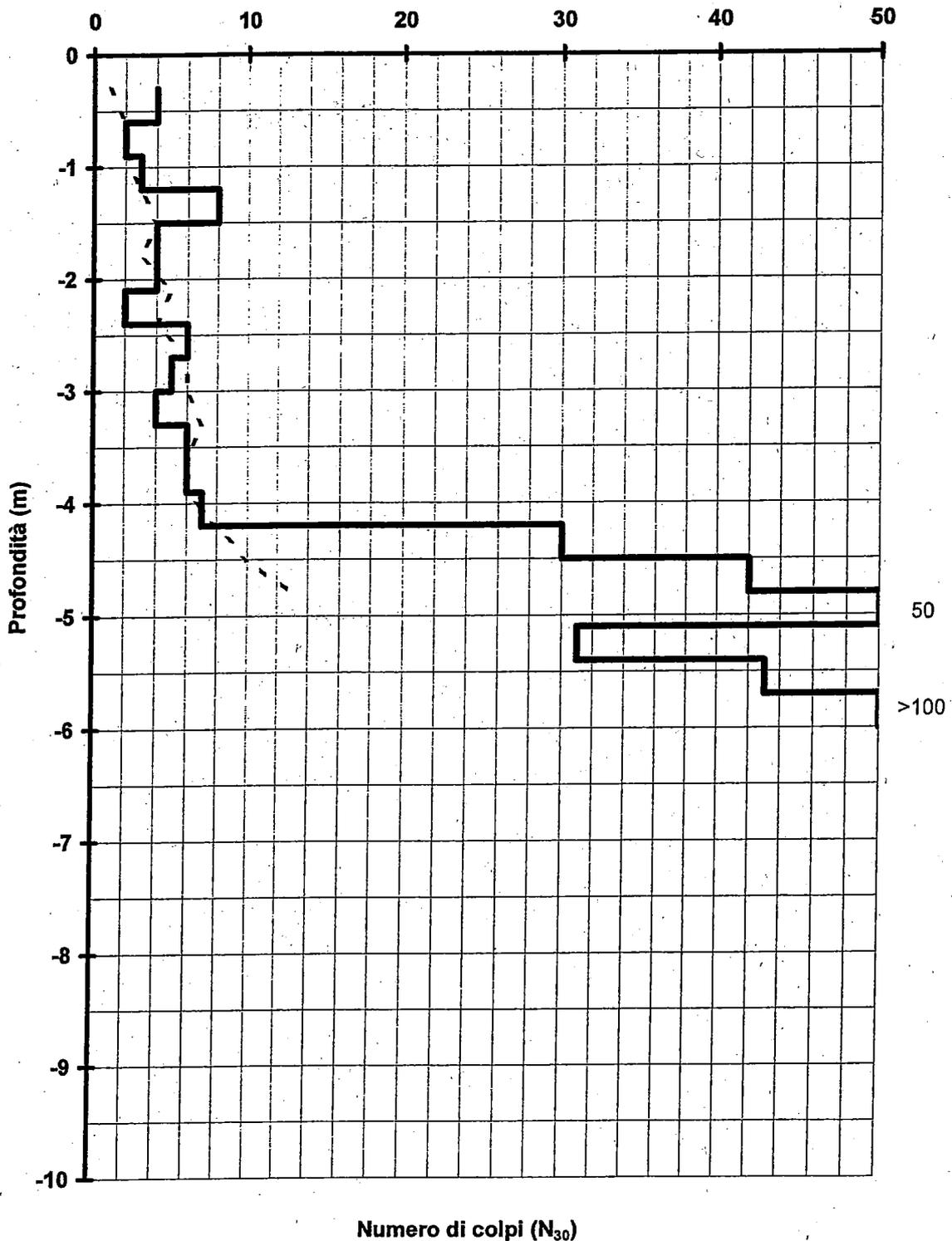
Località: Paderno Dugnano (MI), Via Lamarmora

Data esecuzione prove: 27/06/2007

Quota di riferimento: piano di campagna (p.c.)

Falda: non rilevata

PROVA N. 1



PENETROMETRO dinamico S.C.P.T.

Punta conica: \varnothing 51 mm – conicità 60°

Rivestimento: \varnothing 48 mm

Maglio: 73 kg

Corsa: 75 cm

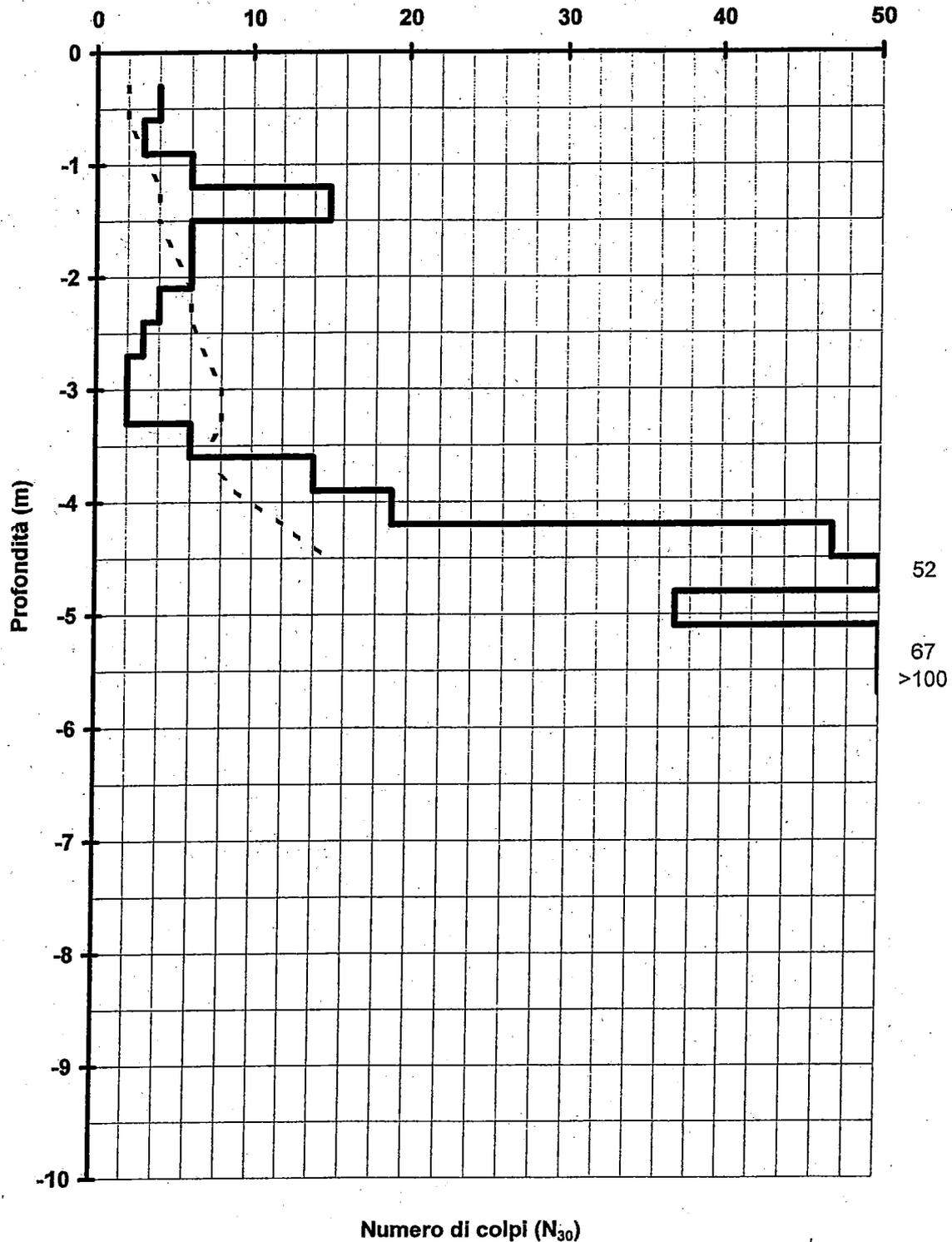
Località: Paderno Dugnano (MI), Via Lamarmora

Data esecuzione prove: 27/06/2007

Quota di riferimento: piano di campagna (p.c.)

Falda: non rilevata

PROVA N. 2



PENETROMETRO dinamico S.C.P.T.

Punta conica: \varnothing 51 mm – conicità 60°

Rivestimento: \varnothing 48 mm

Maglio: 73 kg

Corsa: 75 cm

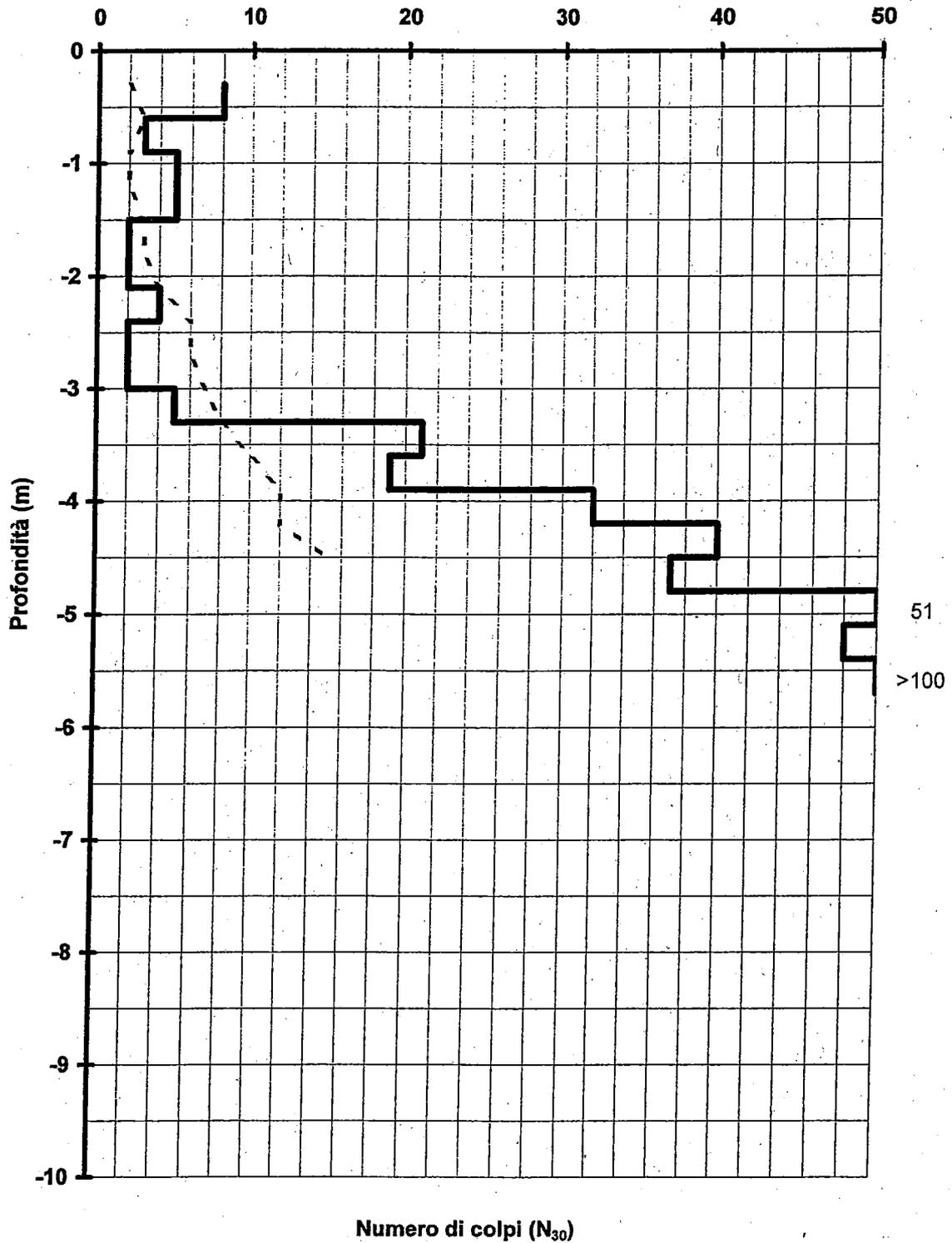
Località: Paderno Dugnano (MI), Via Lamarmora

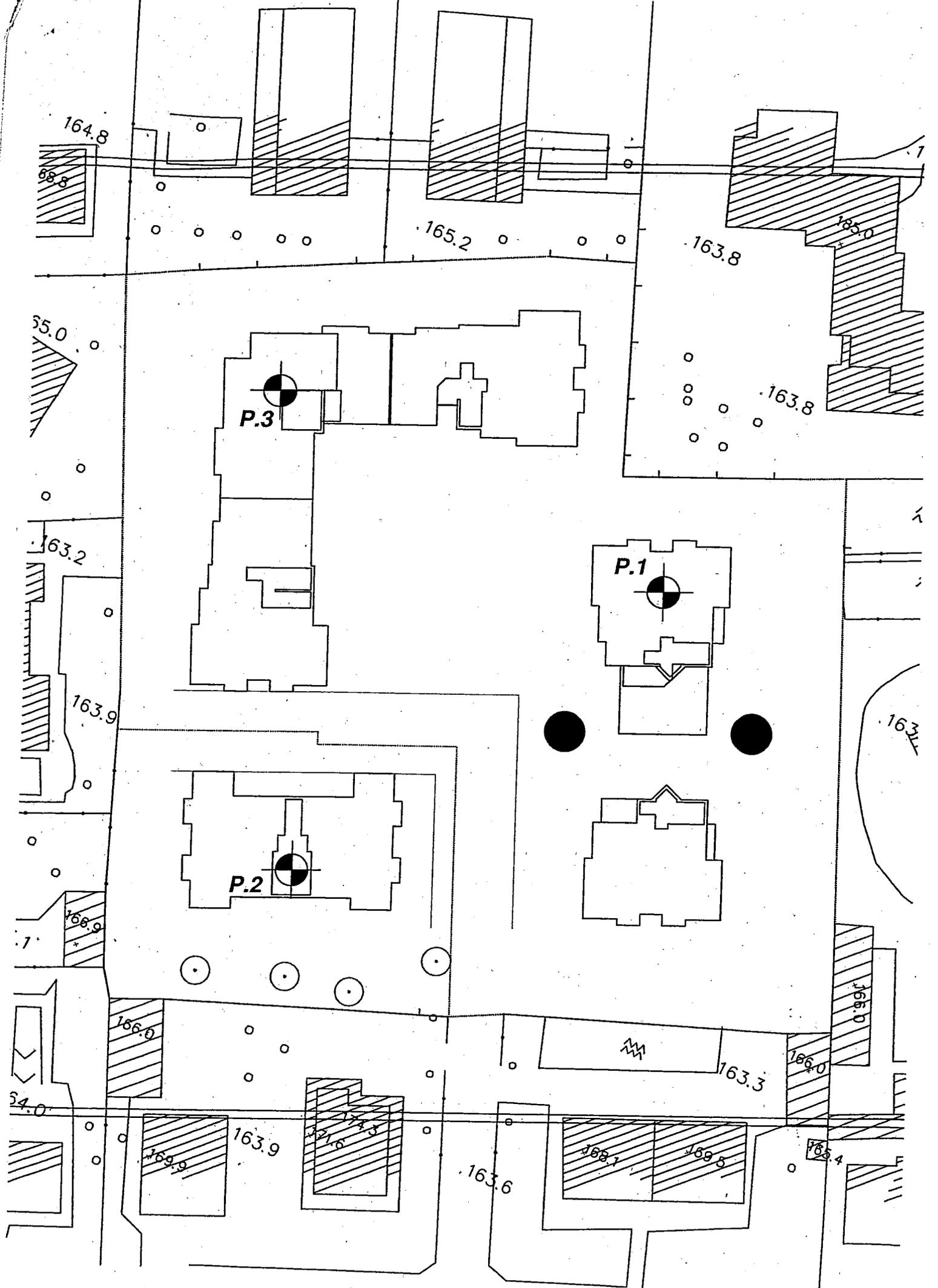
Data esecuzione prove: 27/06/2007

Quota di riferimento: piano di campagna (p.c.)

Falda: non rilevata

PROVA N. 3





164.8



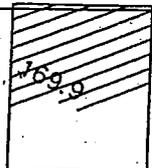
163.2

163.9

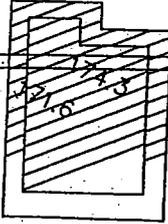
166.9

164.0

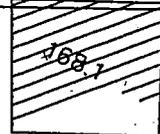
166.0



163.9



163.6



169.5

166.0

166.4

164.8



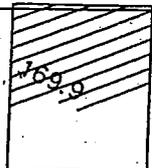
163.2

163.9

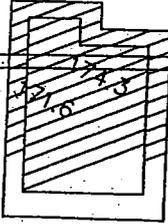
166.9

164.0

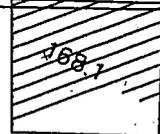
166.0



163.9



163.6



169.5

166.0

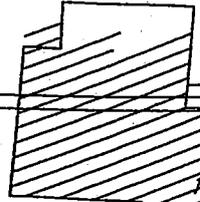
166.4

165.2

163.8

163.8

163.1



185.0

P.3

P.1

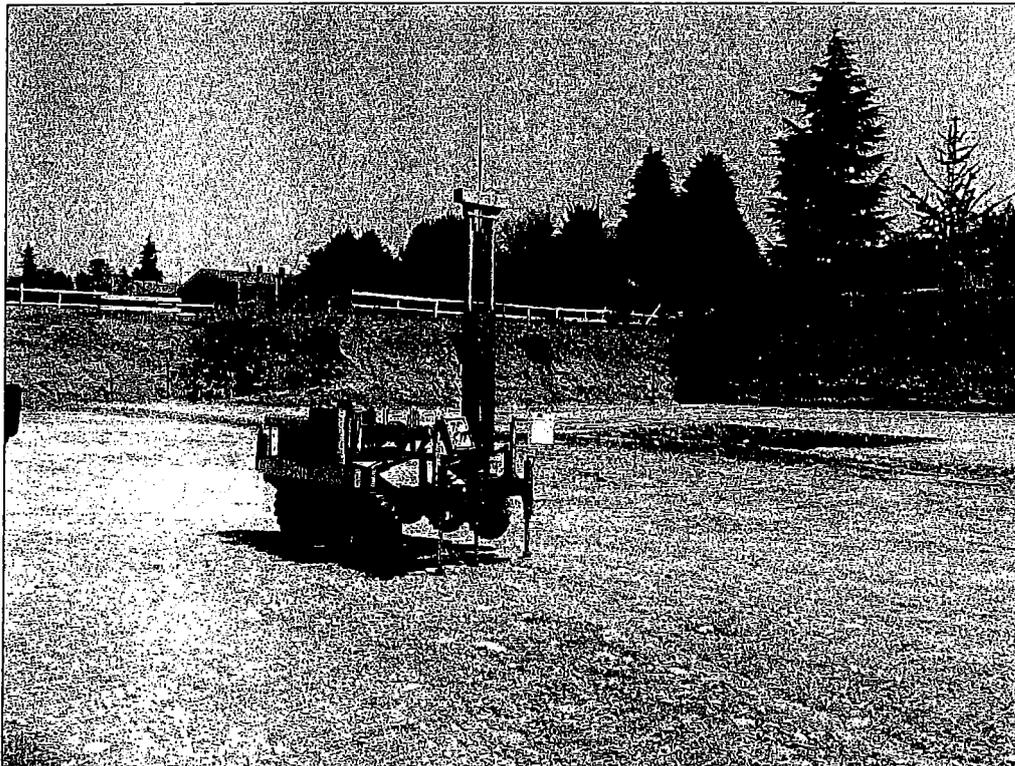
P.2

Dott. R. Cortiana – Dott. F. Valentini

Via T. Vecellio, 21– 20052 MONZA (MI)

Tel. e fax 039 837656

ALISEA Srl



**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA PER LA REALIZZAZIONE DI
UN NUOVO EDIFICIO RESIDENZIALE IN VIA COPERNICO ANGOLO
VIA GRANDI, NEL COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI)**

Monza, Luglio 2006

A cura di: Dott. Geol. R. Cortiana

Dott. Geol. F. Valentini

Dott.ssa Geol. S. Agosti

Dott. D. Sorrenti



IGT 5

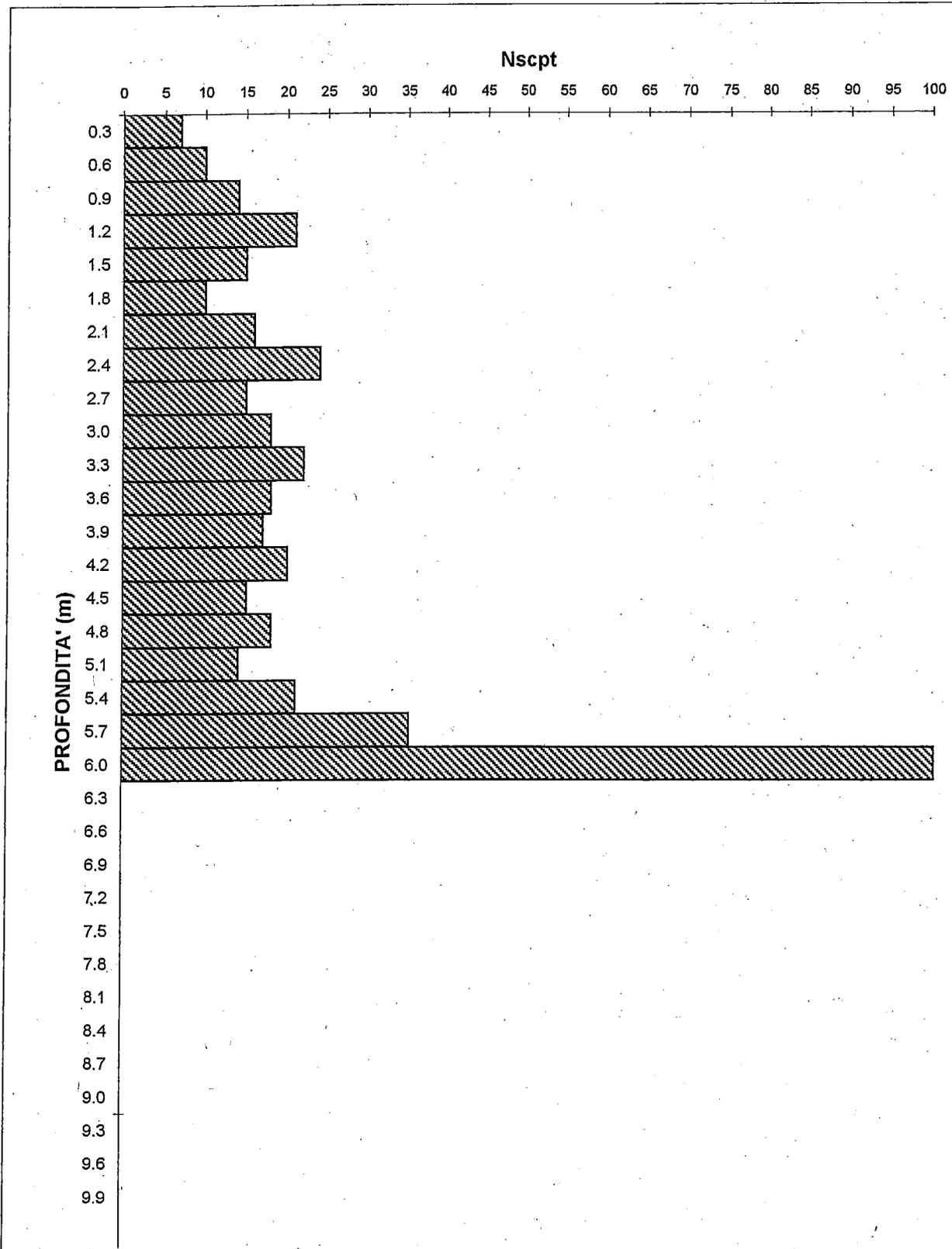
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 1

(Penetrometro super pesante tipo Meardi - A.G.I.)

LOCALITA': PADERNO D.NO (MI) Via Copernico ang. Via Grandi

COMMITTENTE: ALISEA srl

DATA: lug-06



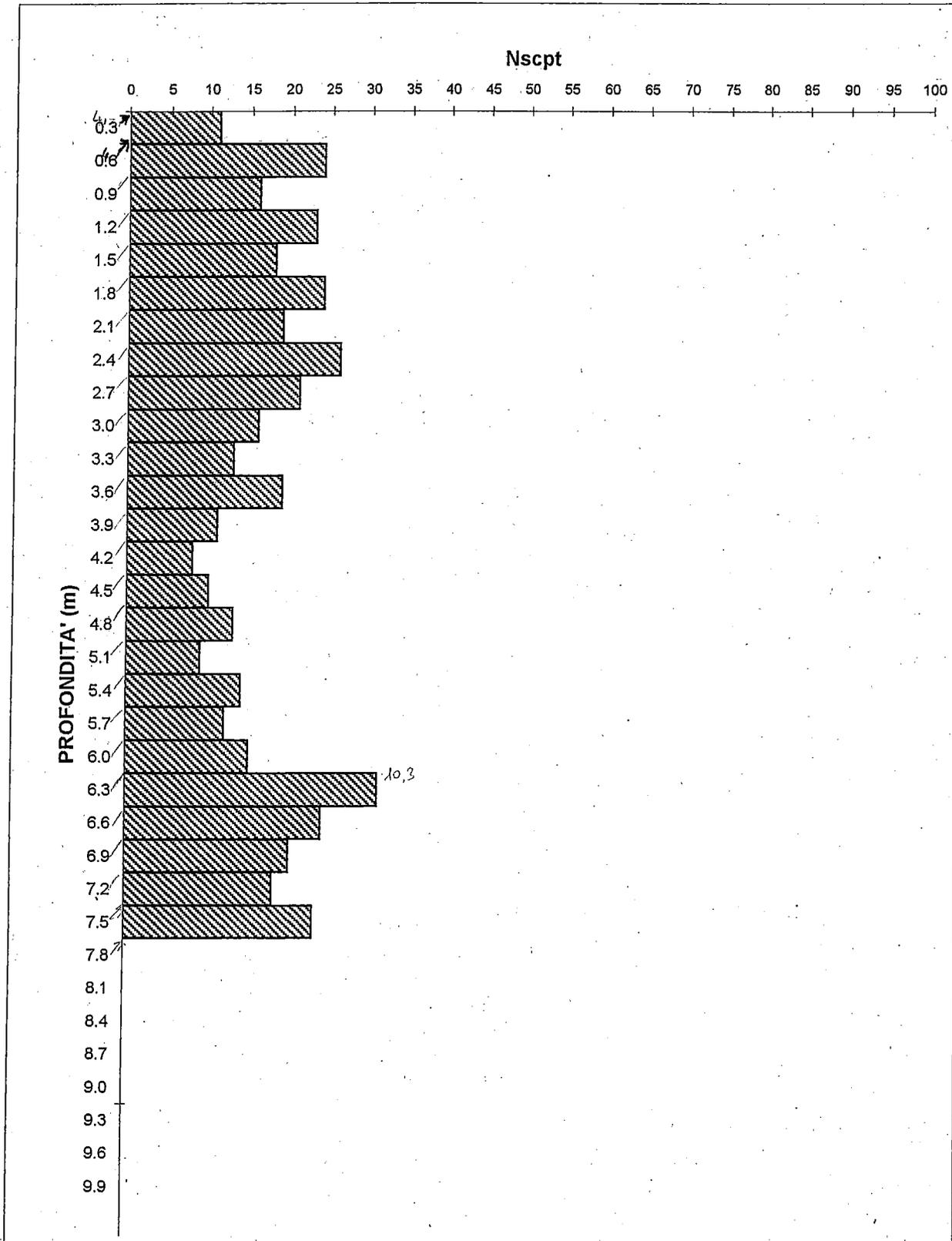
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 2

(Penetrometro super pesante tipo Meardi - A.G.I.)

LOCALITA': PADERNO D.NO (MI) Via Copernico ang. Via Grandi

COMMITTENTE: ALISEA srl

DATA: lug-06

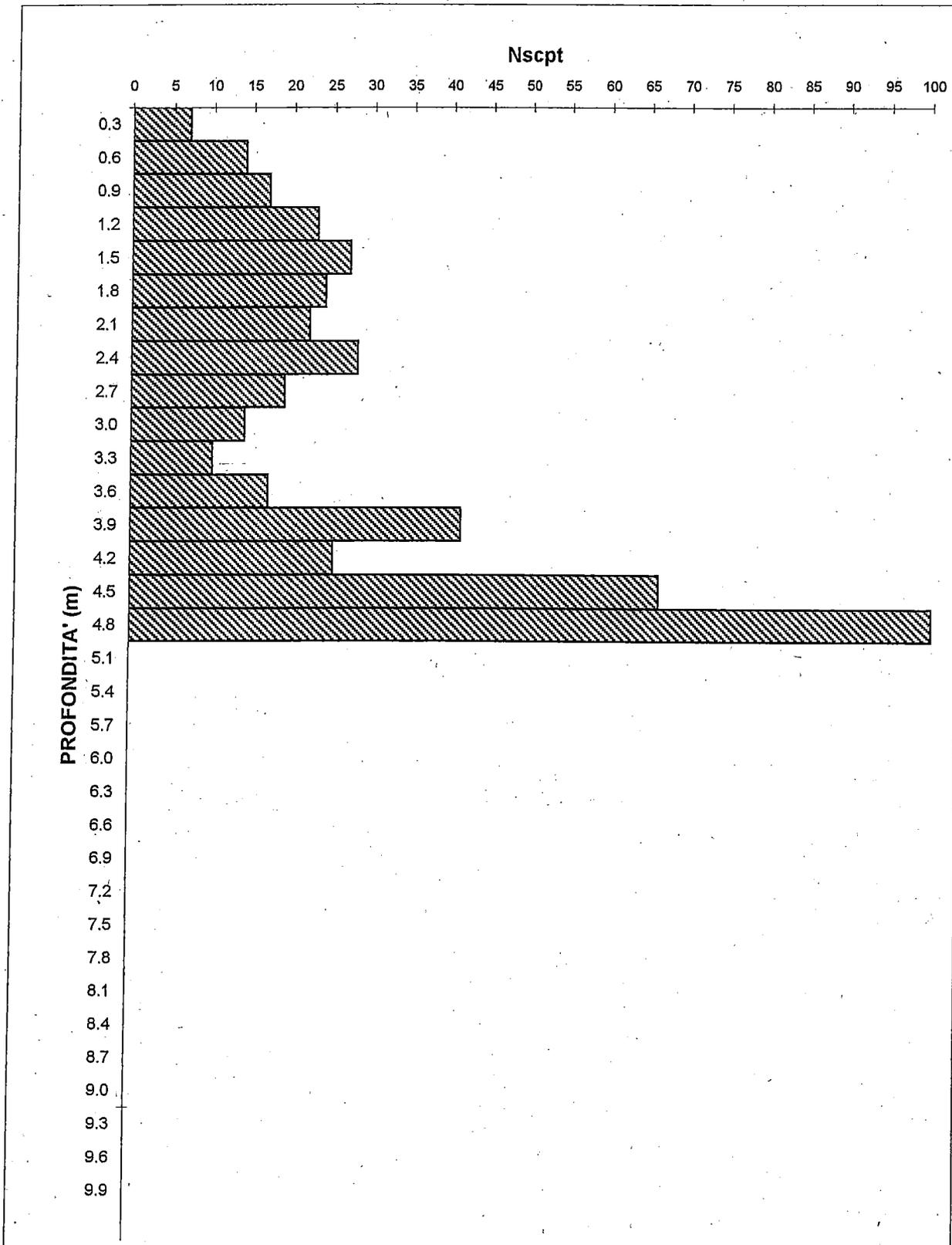


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 3 (Penetrometro super pesante tipo Meardi - A.G.I.)

LOCALITA': PADERNO D.NO (MI) Via Copernico ang. Via Grandi

COMMITTENTE: ALISEA srl

DATA: lug-06

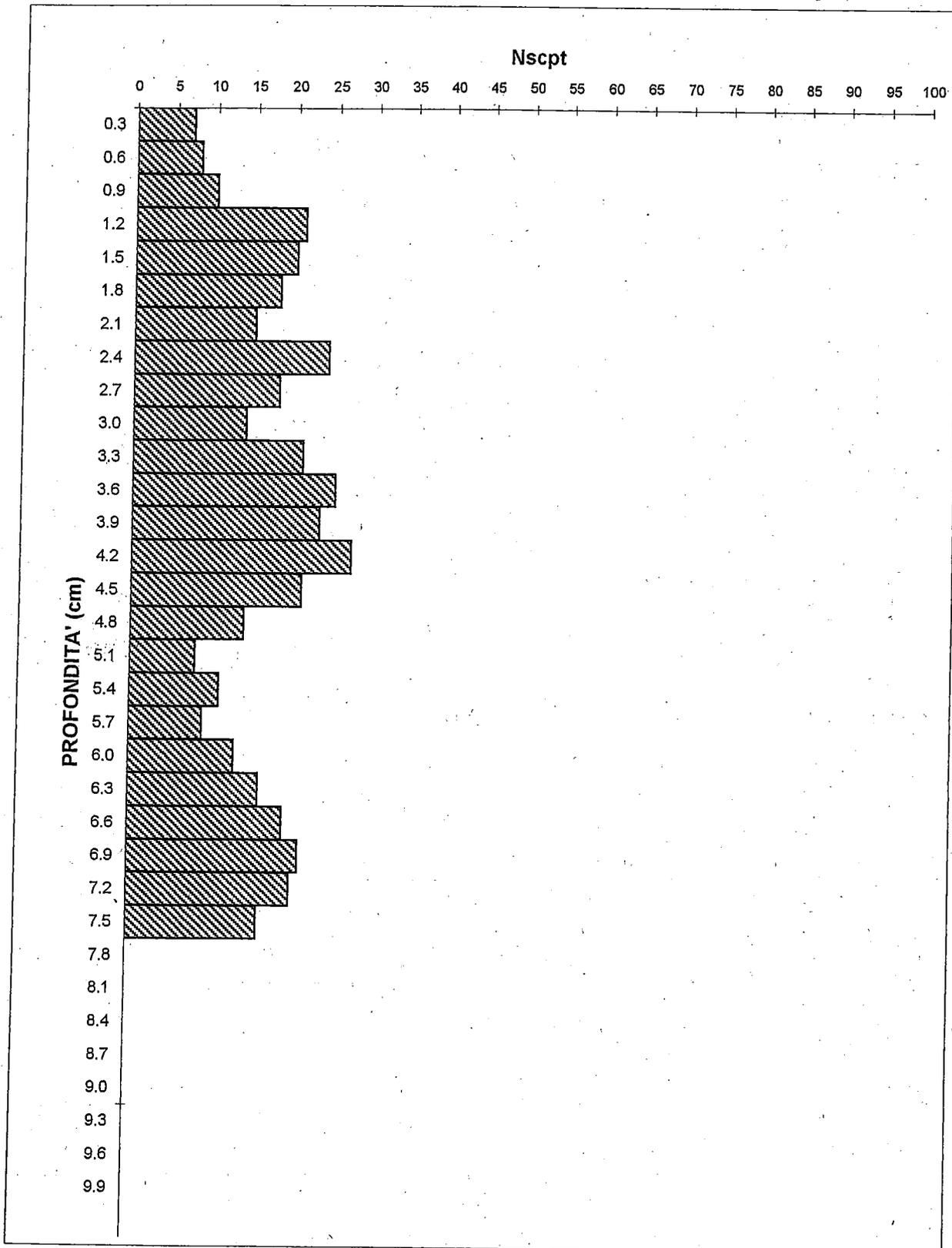


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 4 (Penetrometro super pesante tipo Meardi - A.G.I.)

LOCALITA': PADERNO D.NO (MI) Via Copernico ang. Via Grandi

COMMITTENTE: ALISEA srl

DATA: lug-06



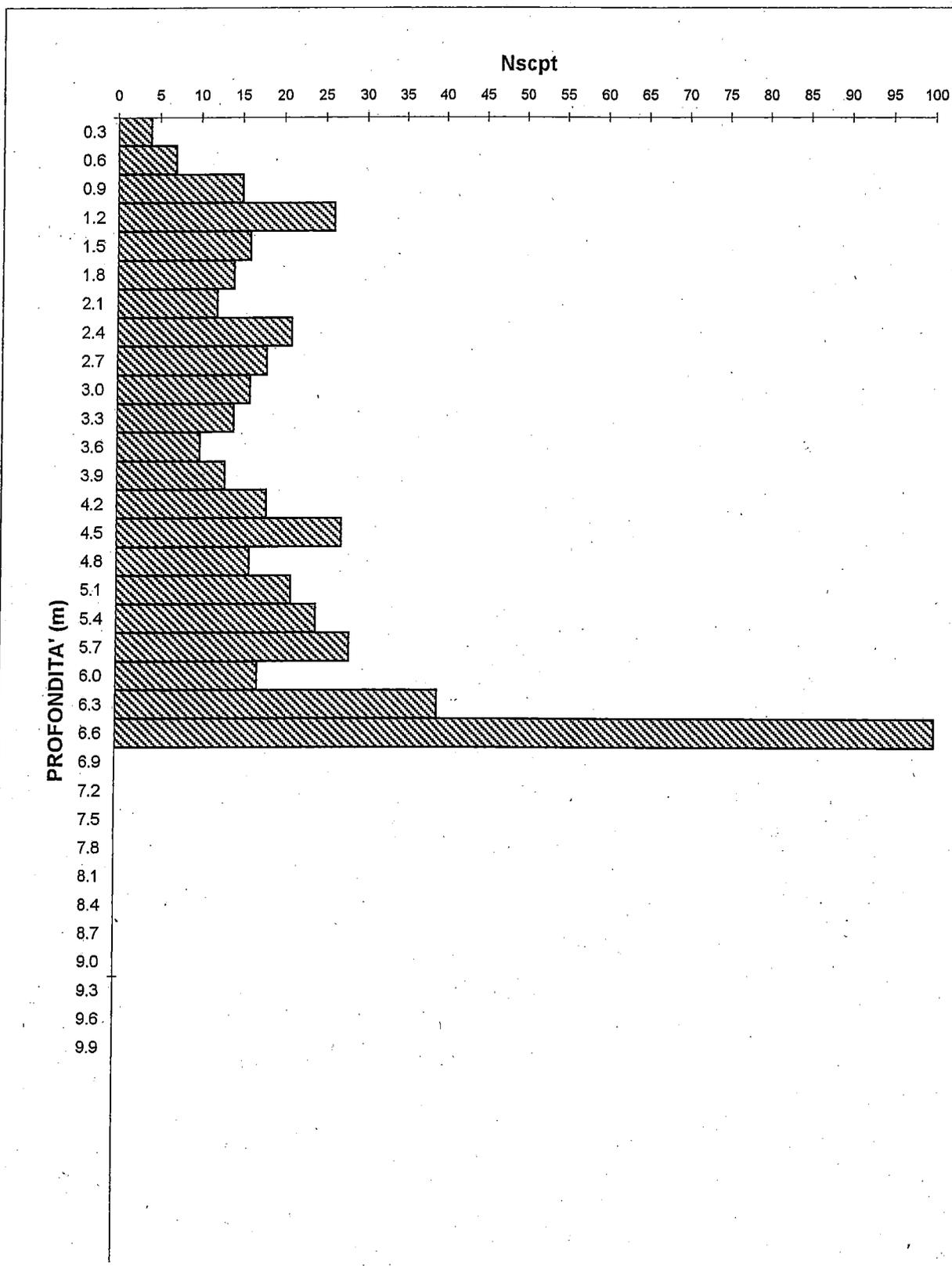
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n. 5

(Penetrometro super pesante tipo Meardi - A.G.I.)

LOCALITA': PADERNO D.NO (MI) Via Copernico ang. Via Grandi

COMMITTENTE: ALISEA srl

DATA: lug-06



non esistono edifici in prossimità

recinzione cieca esistente

AREA VERDE CEDUTA AL COMUNE

H=17.79

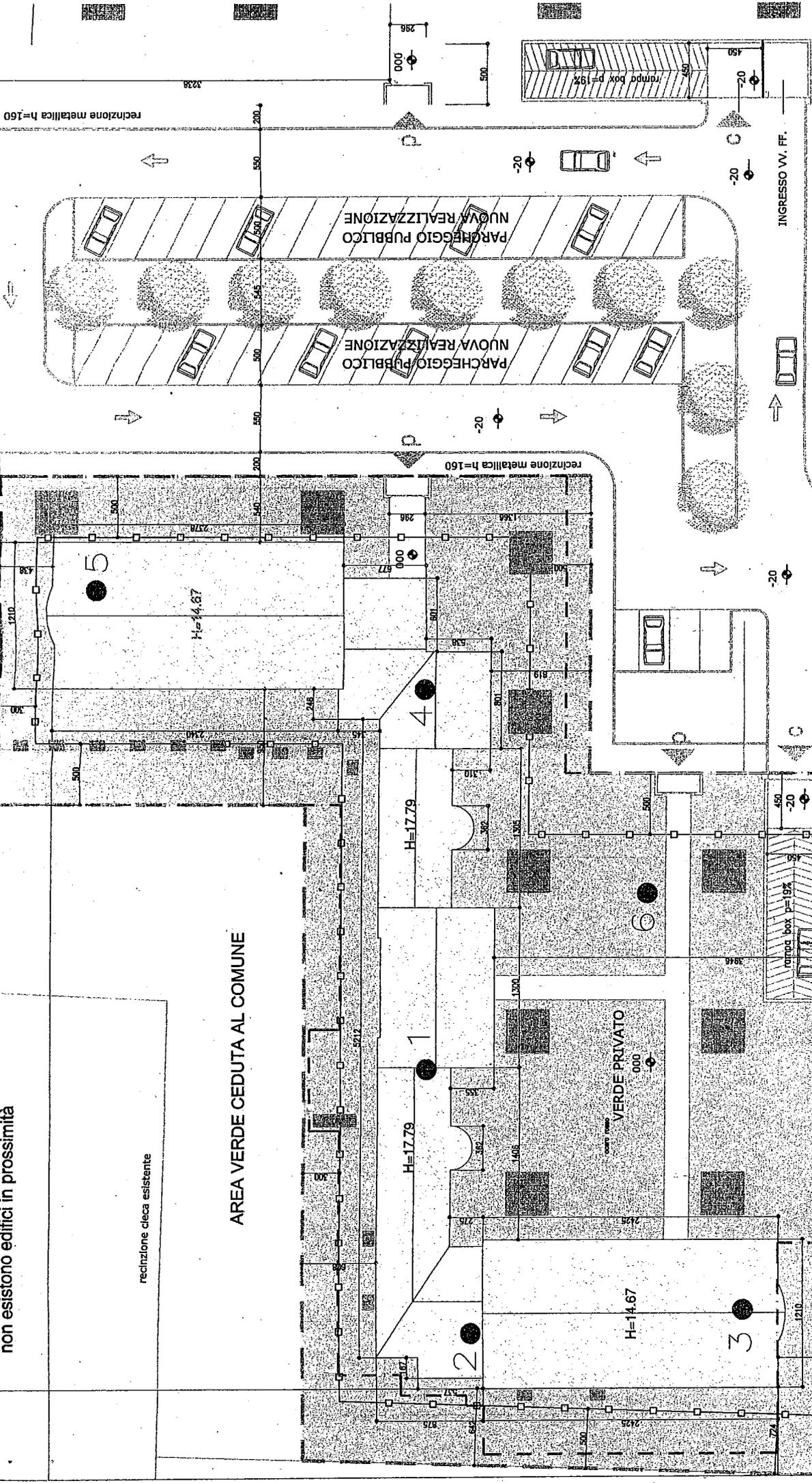
H=17.79

H=14.67

VERDE PRIVATO

recinzione esistente

poligono max edificabilità



COMMITTENTE: ALISEA srl

CANTIERE: PADERNO D.NO (MI) Via Copernico DATA: Luglio 2006

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

S.C.P.T. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

geotecn

indagini geognostiche

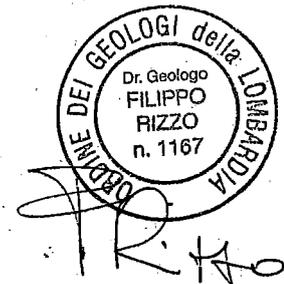
Via Tiziano Vecellio, 21 - 20052 Monza (MI) - tel. e fax: 039 837656

email: r.cortiana@geotecnindagini.it - f.valentini@geotecnindagini.it

**RELAZIONE GEOTECNICA SUI TERRENI DI
FONDAZIONE RELATIVI AD UN
INTERVENTO EDILIZIO PRESSO IL
COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI), IN
VIA P. GOBETTI**

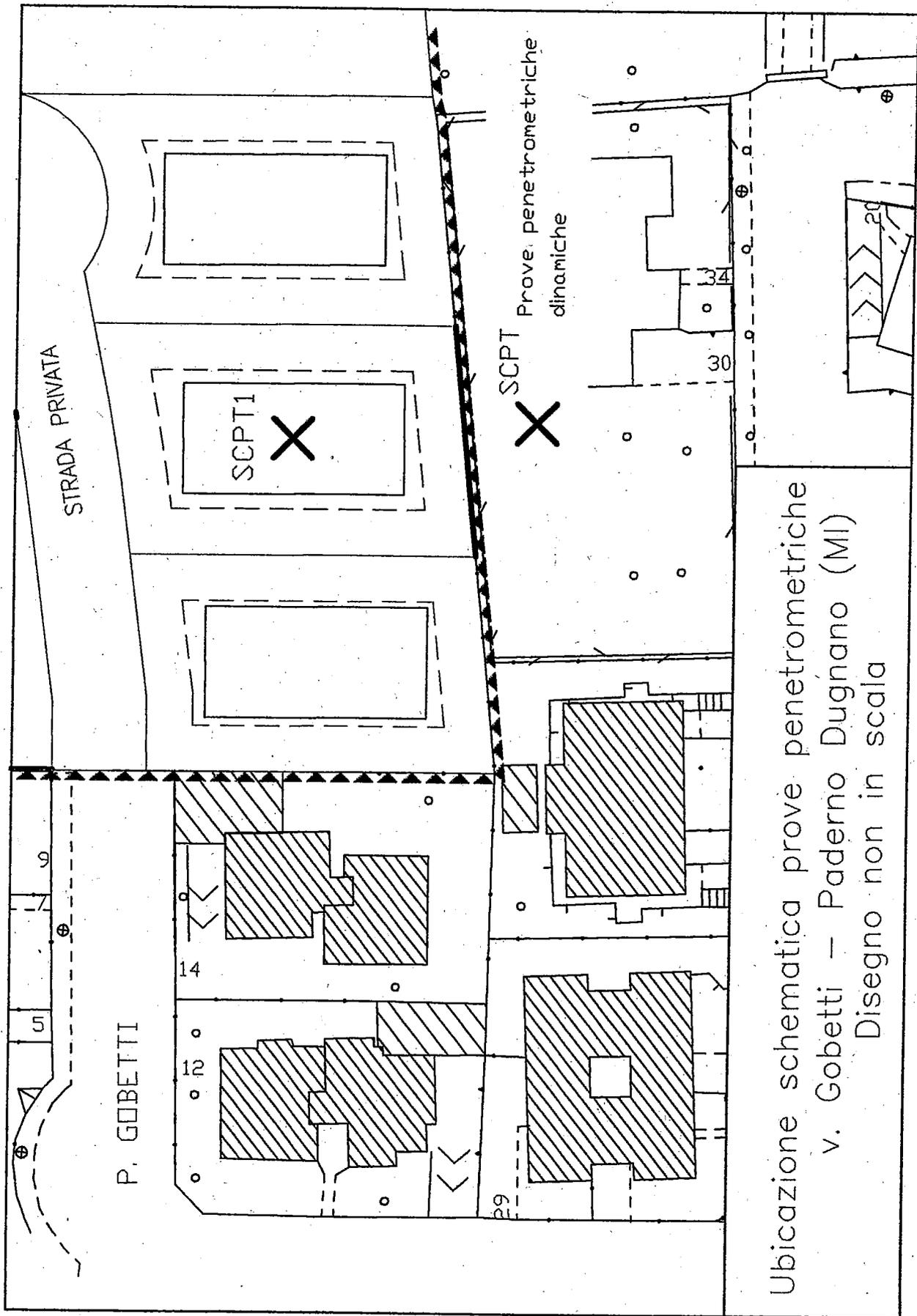
RELAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE: STUDIO DE SIMONE



PAVIA, NOVEMBRE 2005

IGT 6



Ubicazione schematica prove penetrometriche
 v. Gobetti - Paderno Dugnano (MI)
 Disegno non in scala

GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: Studio Associato De Simone

Località: Paderno Dugnano (MI)

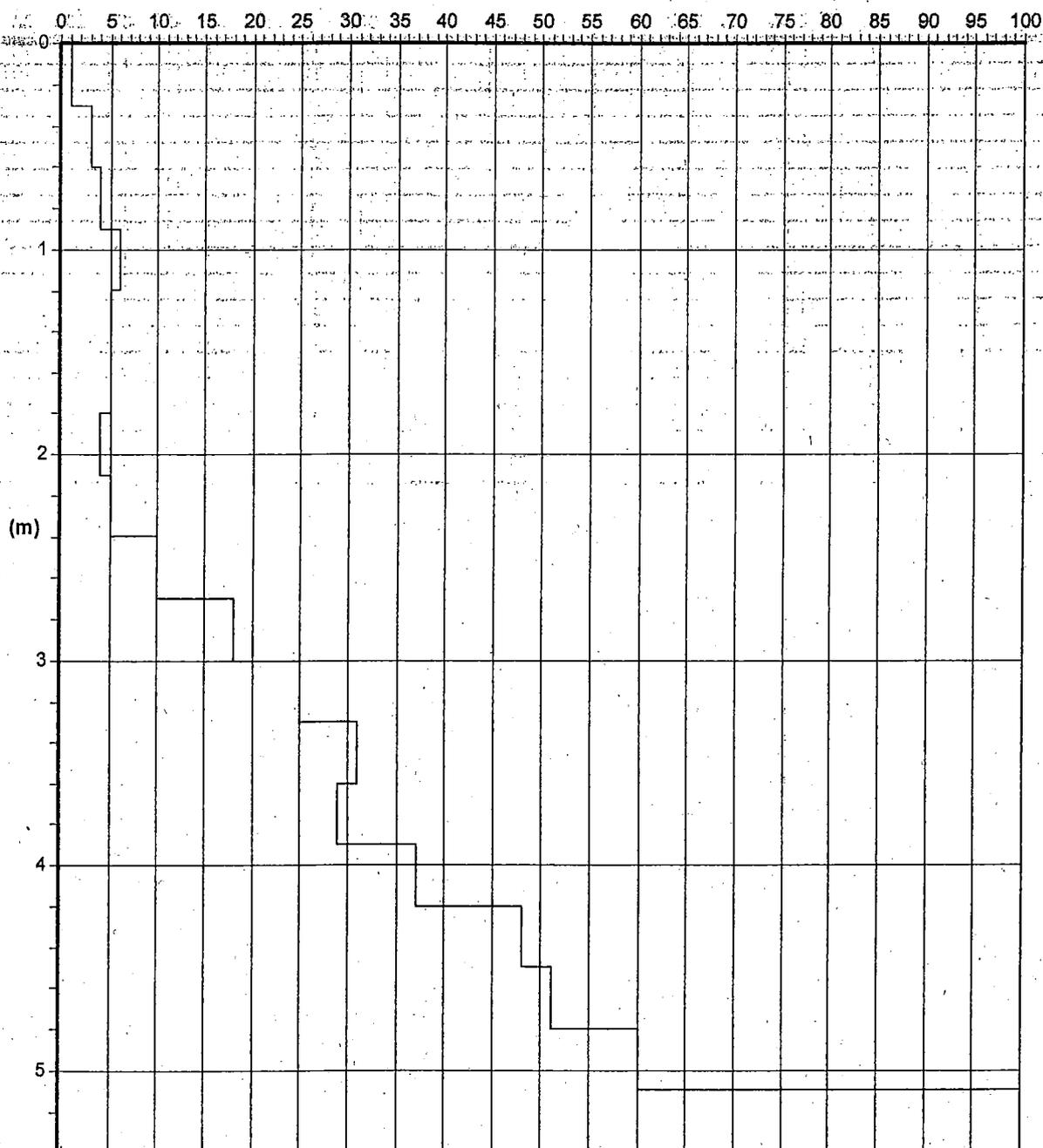
Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note:

Sigla: SCPT1

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Assente



— Colpi punta — Colpi rivestimento

25.11.05

**RELAZIONE GEOTECNICA SUI TERRENI DI
FONDAZIONE RELATIVI A DUE
INTERVENTI EDILIZI PRESSO LA
FRAZIONE D'INCIRANO DEL COMUNE DI
PADERNO DUGNANO (MI), IN VIA DEI
GLICINI**

RELAZIONE GEOTECNICA

LOTTO 1 e LOTTO 3.2



A handwritten signature in black ink, appearing to read "F. RIZZO".

PAVIA, OTTOBRE 2005

IGT 7



GEOSEER s.r.l.
Sede: Via Basilicata, 11 - 27100 PAVIA
Tel. +39 382 576081
Email: geoser@arpa92.com

P. IVA 01779010188
R.I. di Pavia N. 1998-28198 - R.E.A. 220621
Fax +39 382 473836
Email: info@geoser.com

Internet: www.geoser.com

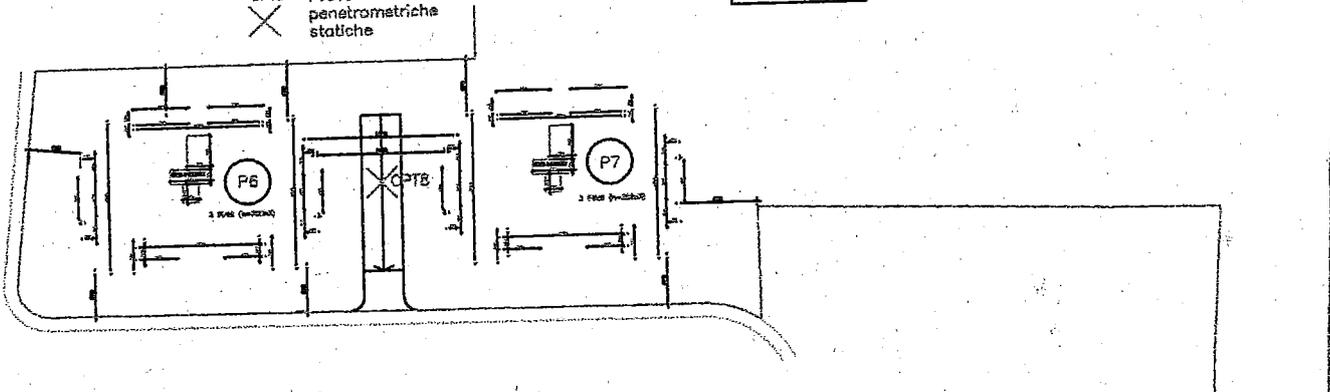


Ubicazione schematica prove penetrometriche
Cantiere di Paderno Dugnano (Mi)

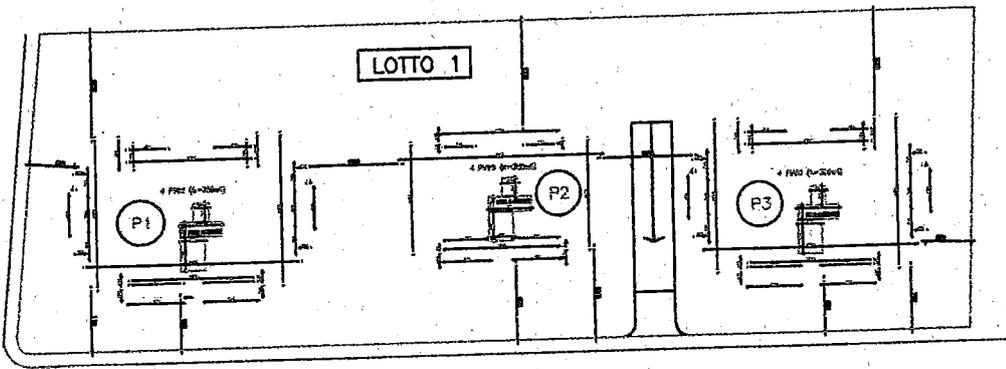
Disegno non in scala

-  Prove penetrometriche dinamiche
-  Prove penetrometriche statiche

LOTTO 3.2



LOTTO 1



GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: AZ Costruzioni S.r.l.

Località: Incirano - Via dei Glicini

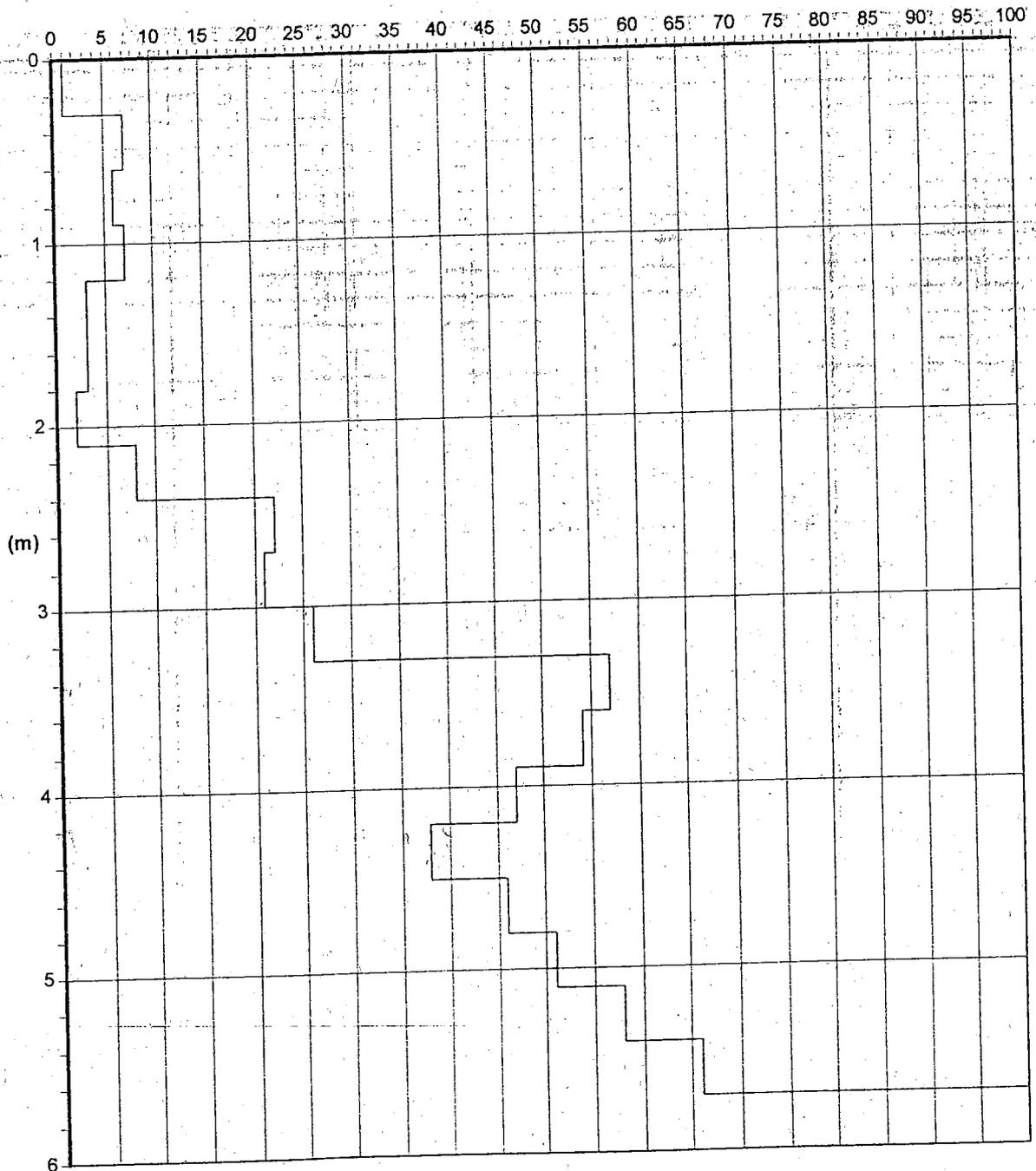
Penetrometro: Pagani TG.73-100

Note: Lotto 1

Sigla: SCPT1

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Assente



— Colpi punta — Colpi rivestimento

14.10.05

GEOSER S.r.l.

Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: AZ Costruzioni S.r.l.

Località: Incirano - Via dei Glicini

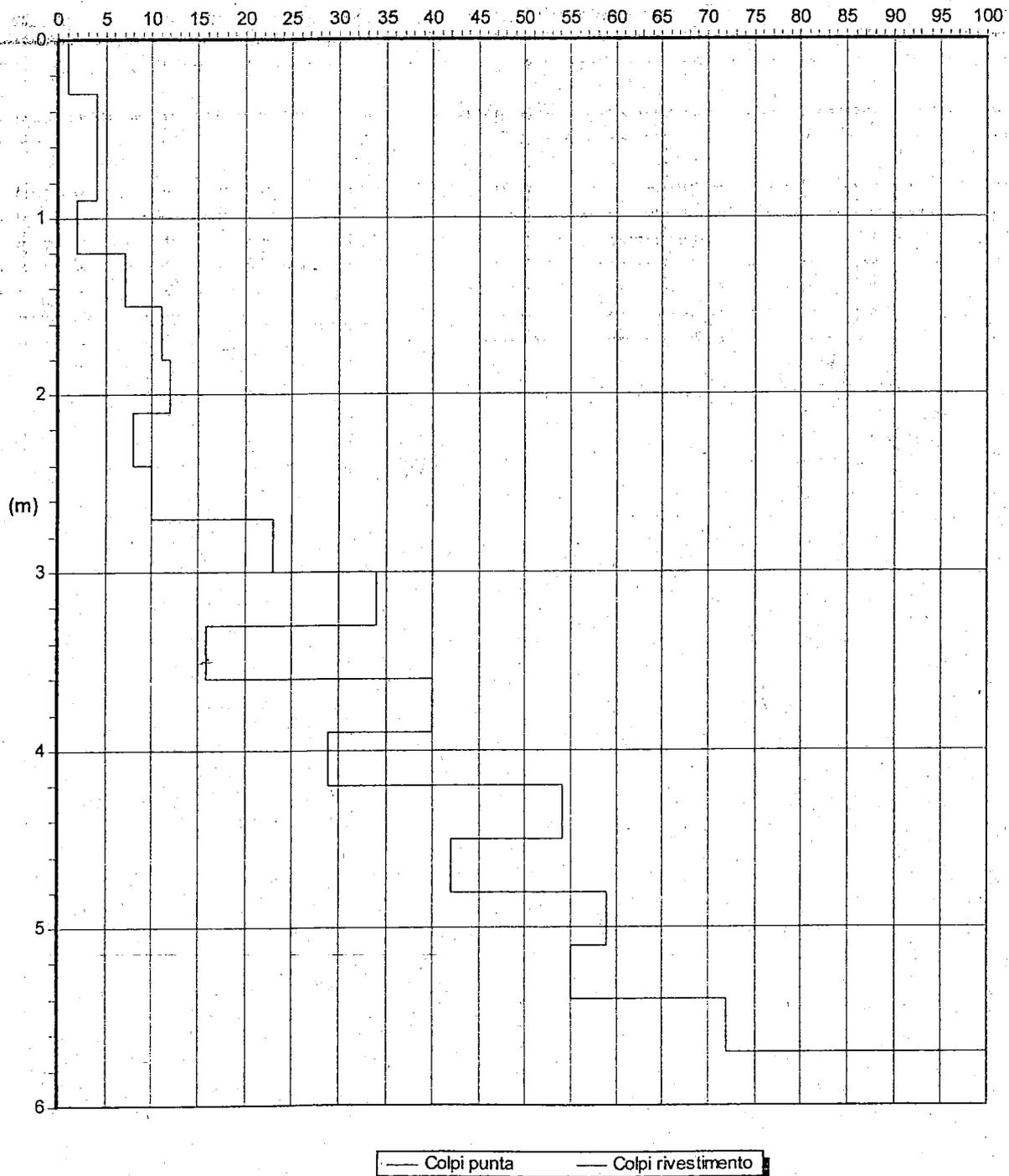
Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note: Lotto 1

Sigla: SCPT2

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Assente



14.10.05

GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: AZ Costruzioni S.r.l.

Località: Incirano - Via dei Glicini

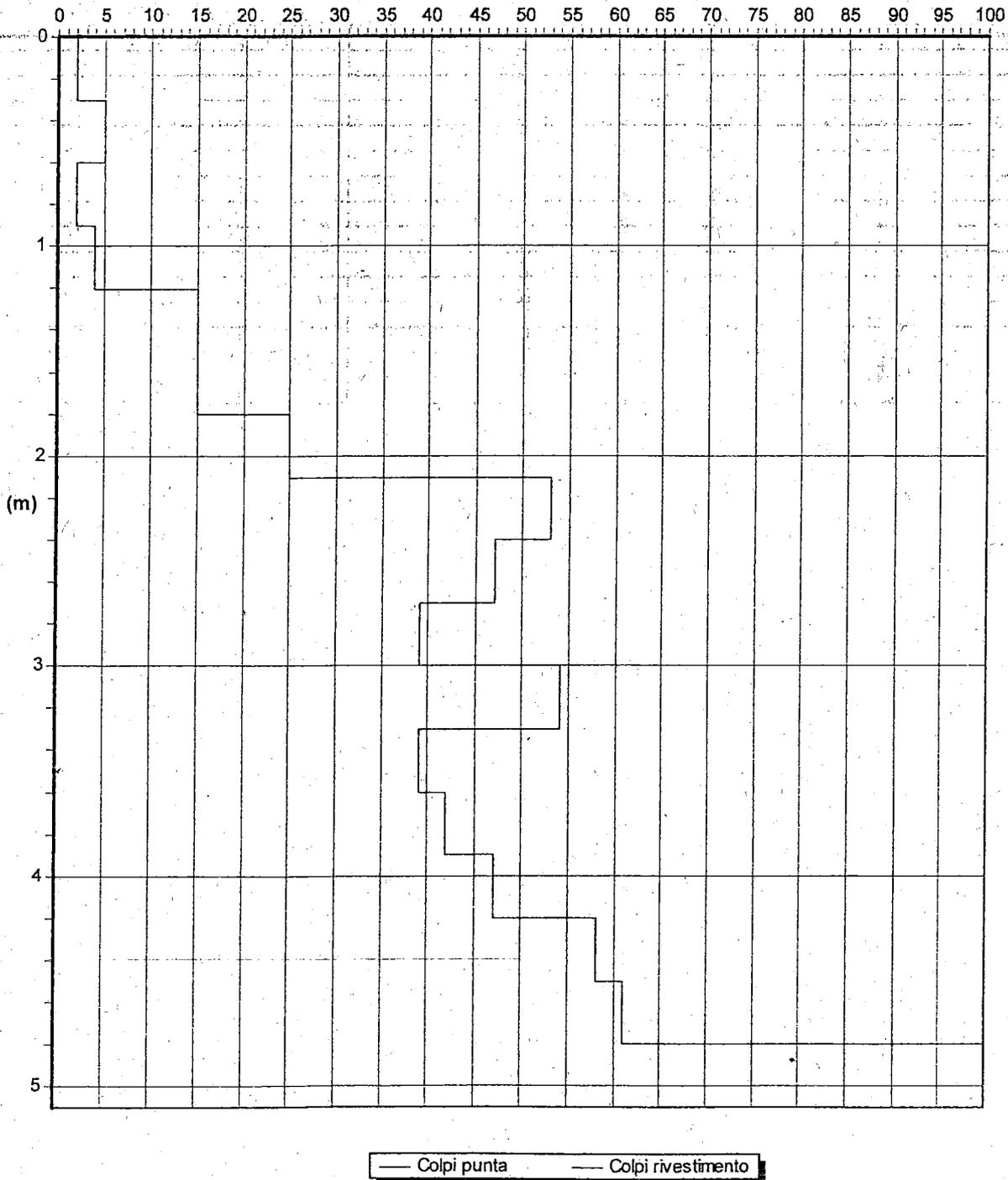
Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note: Lotto 1

Sigla: SCPTB

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Assente



GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: AZ Costruzioni S.r.l.

Località: Incirano - Via dei Glicini

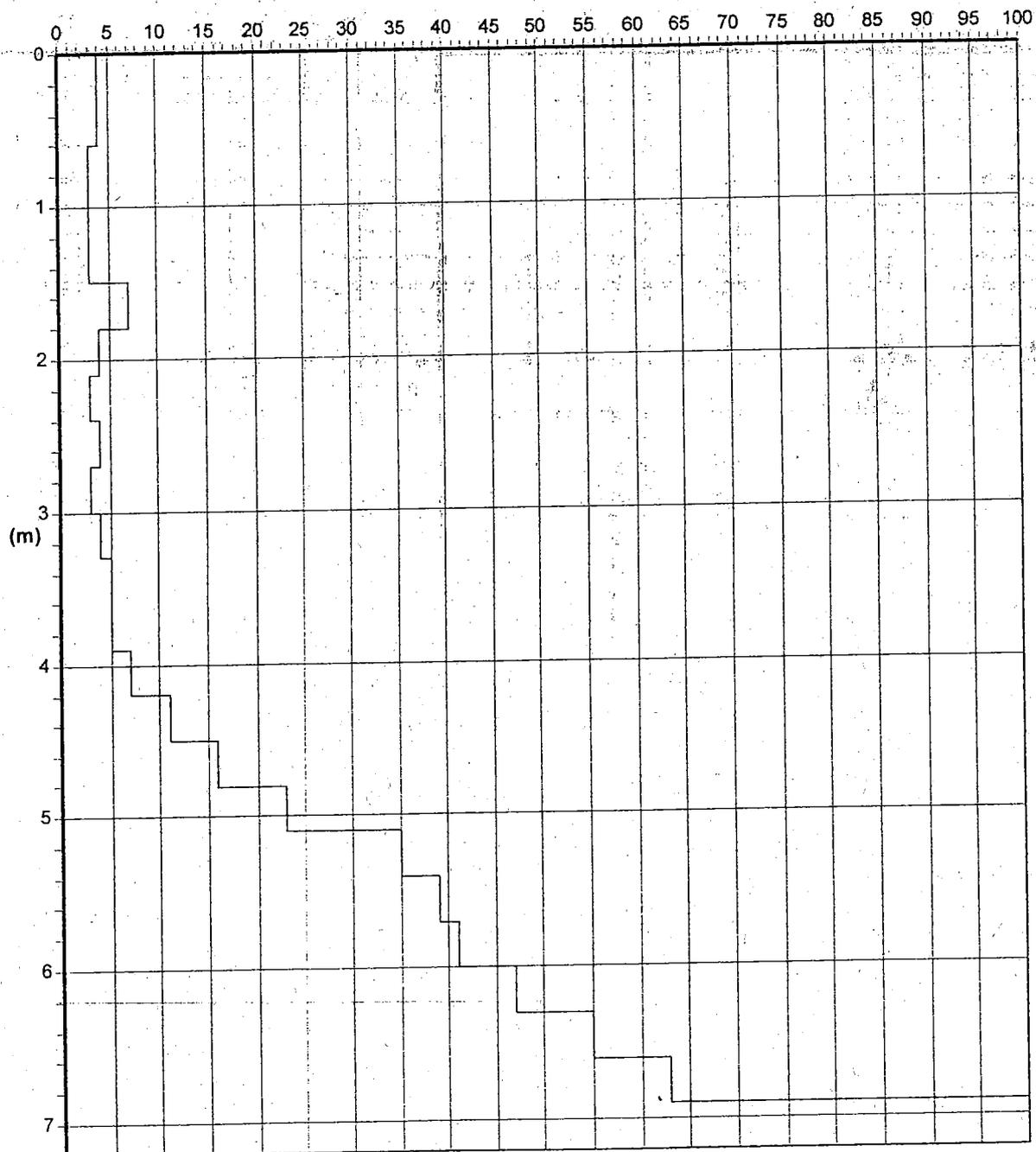
Note: Lotto 3.2

Penetrometro: Pagani TG 73-100

Sigla: SCPTB

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): 6,3



— Colpi punta - - - Colpi rivestimento

GEOSER S.r.l.

Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: AZ Costruzioni S.r.l.

Località: Incirano - Via dei Glicini

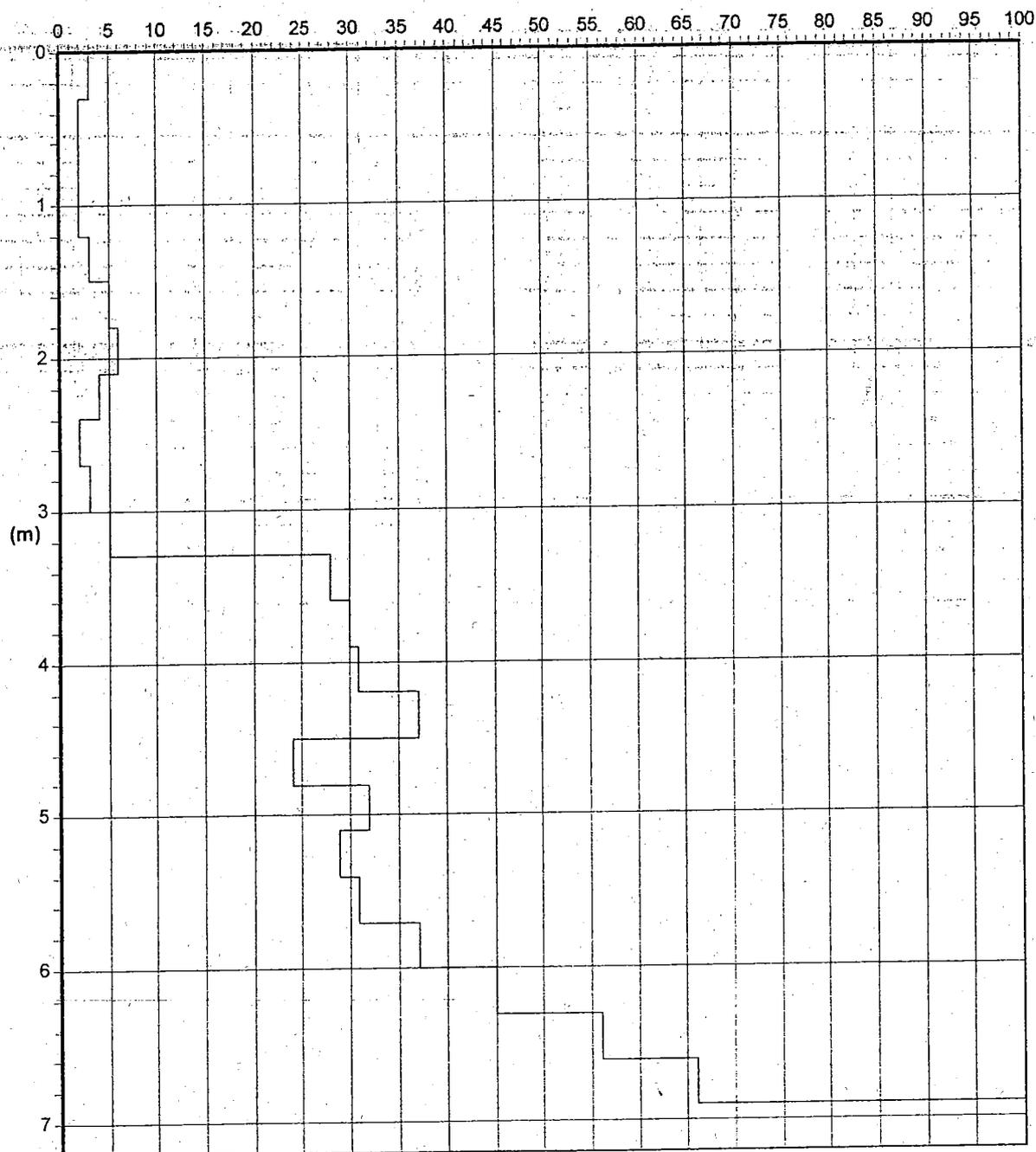
Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note: Lotto 3.2

Sigla: SCPT7

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): 6,3



— Colpi punta — Colpi rivestimento

14.10.05

GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: AZ Costruzioni S.r.l.

Località: Incirano - Via dei Glicini

Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note: Lotto 3.2

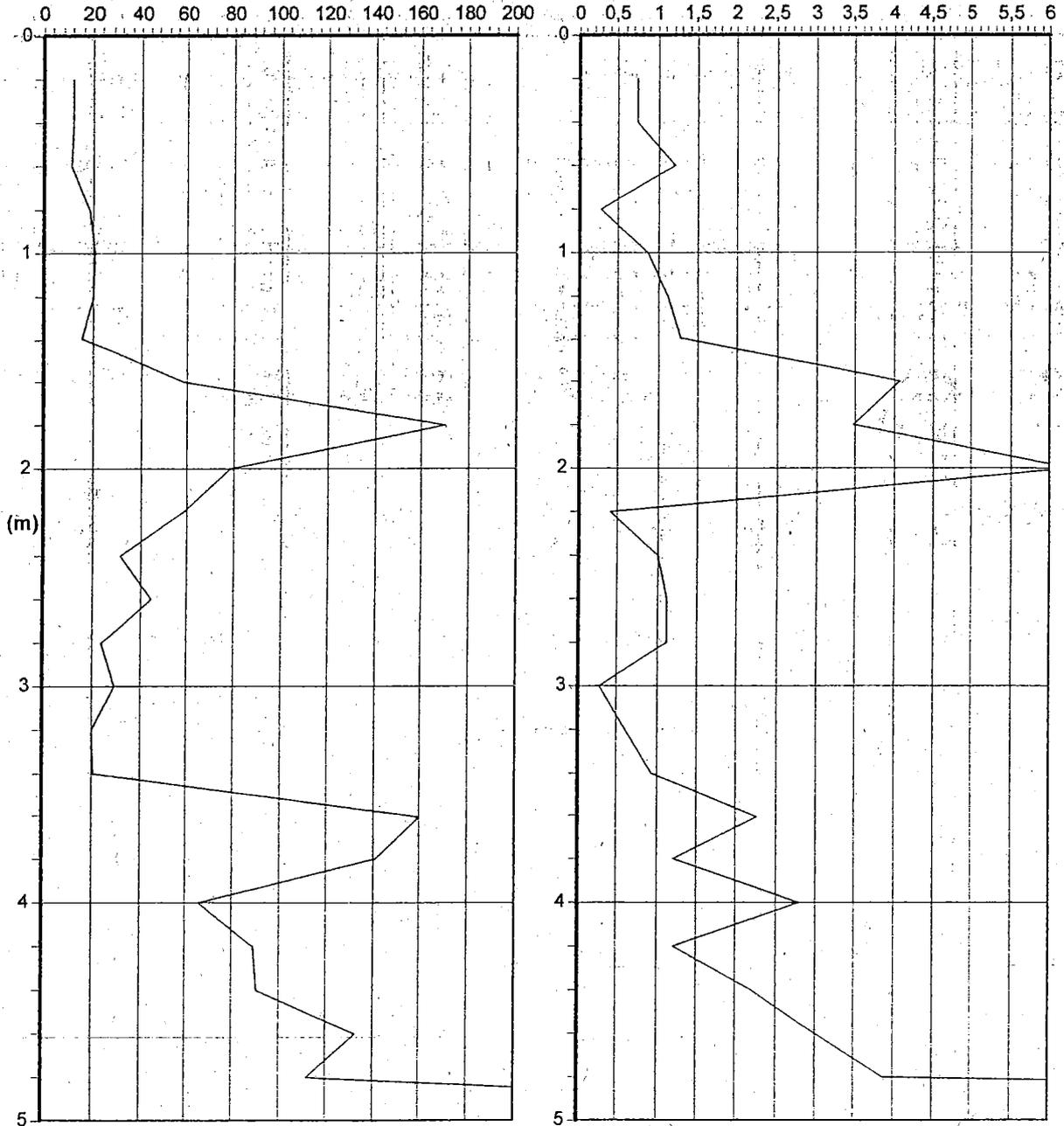
Sigla: CPT8

Grafico della prova

(kg/cmq)

Profondità della falda dal p.c. (m): Assente

(kg/cmq)



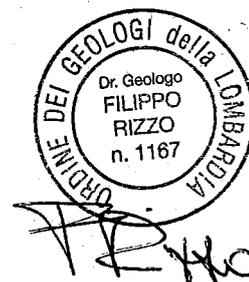
— Resistenza punta (qc)

— Attrito laterale specifico (fs)

**RELAZIONE GEOTECNICA SUI TERRENI DI
FONDAZIONE RELATIVI AD UN
INTERVENTO EDILIZIO PRESSO IL
COMUNE DI SENAGO (MI), LUNGO VIALE
RISORGIMENTO**

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE: KINO S.R.L.



PAVIA, SETTEMBRE 2007

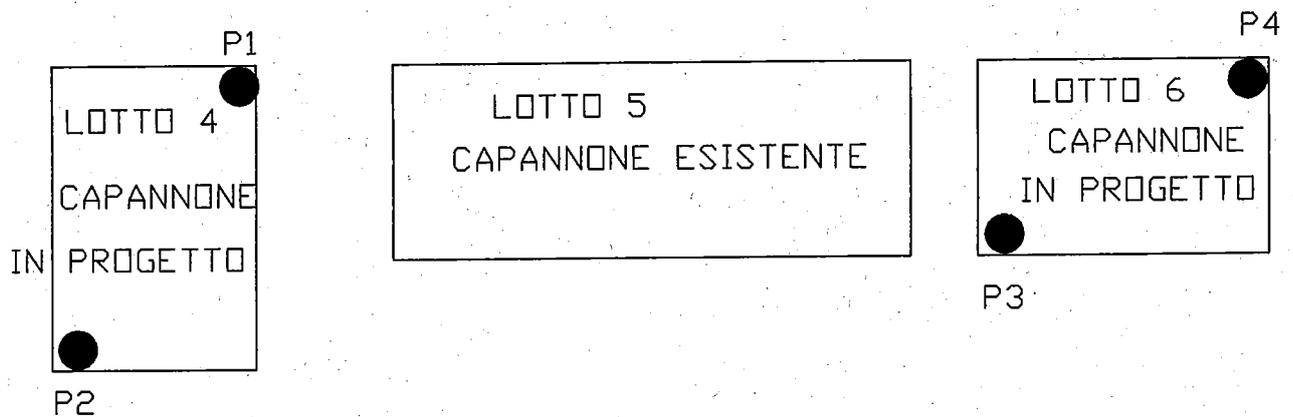
IGT 8



CANTIERE DI SENAGO/PADERNO DUGNANO UBICAZIONE SCHEMATICA DELLE PROVE

DISEGNO NON IN SCALA

VIALE RISORGIMENTO



● P1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

GEOSER S.r.l.

Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: Studio Associato De Simone

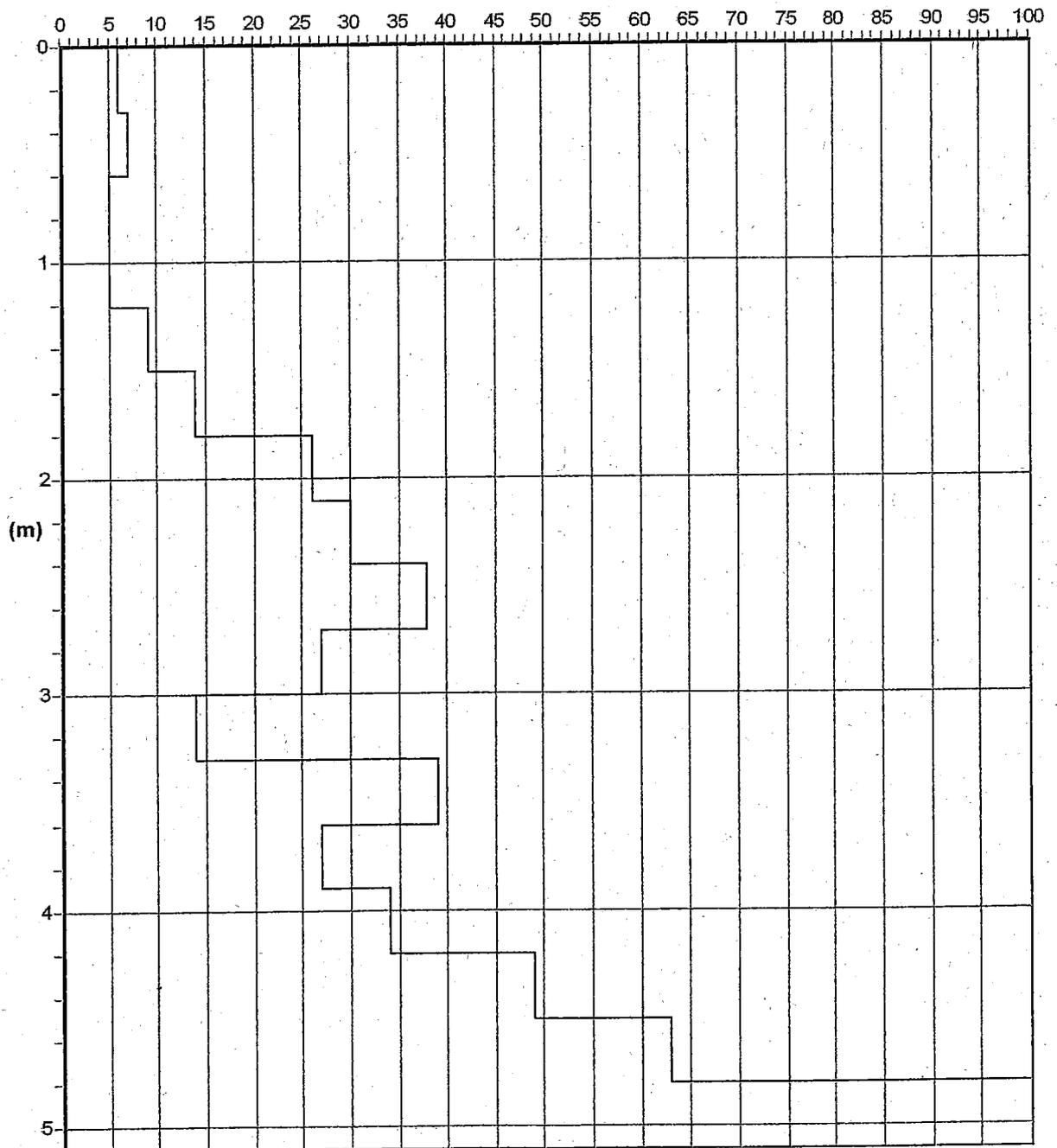
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Risorgimento Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note:

Sigla: SCPT1

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Assente



— Colpi punta — Colpi rivestimento

14.09.07

GEOSER S.r.l.

Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: Studio Associato De Simone

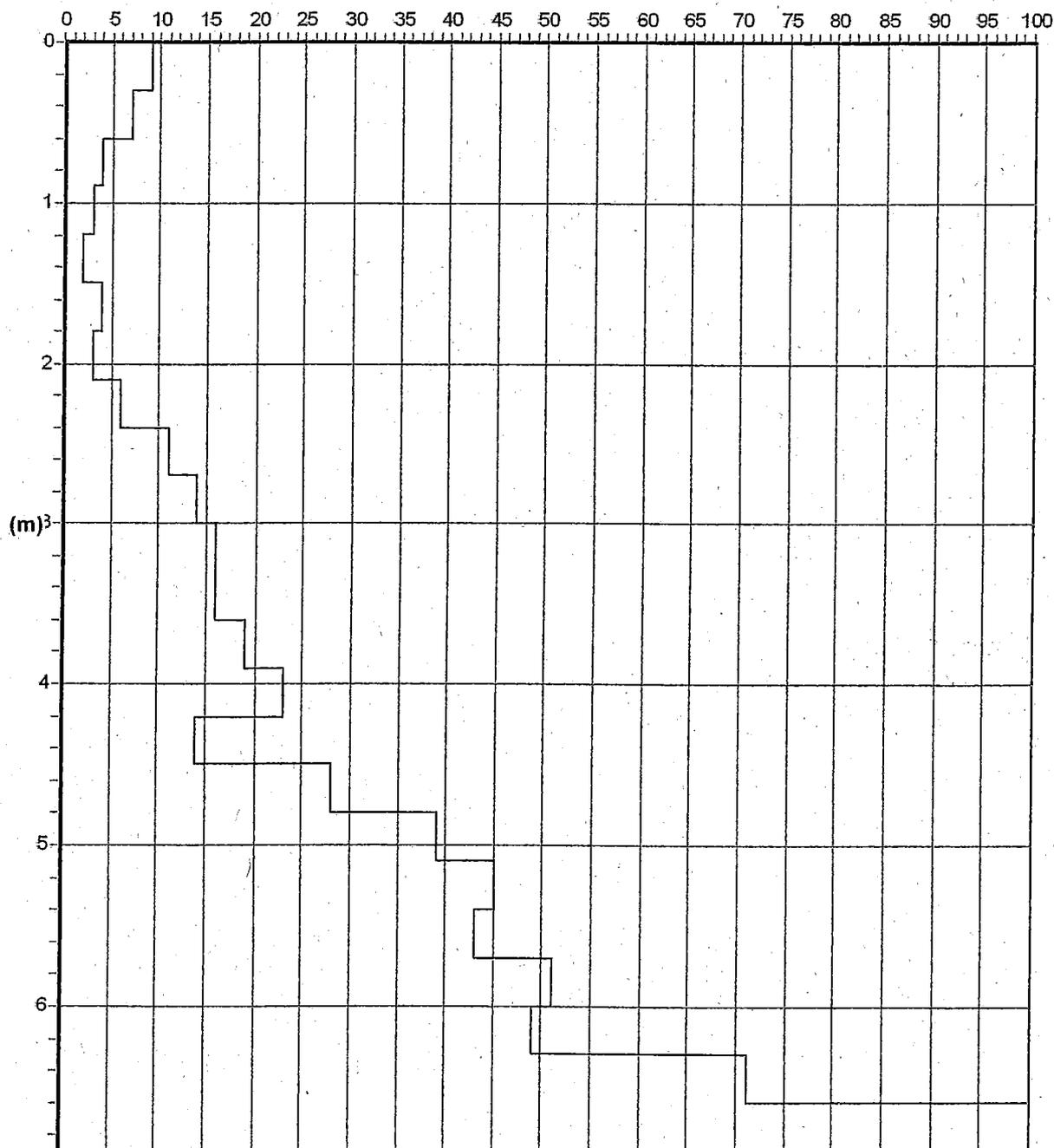
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Risorgimento Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note:

Sigla: SCPT2

Grafico della prova

Profondità della falda del p.c.(m): Assente



— Colpi punta - - - Colpi rivestimento

14.09.07

GEOSER S.r.l.

Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: Studio Associato De Simone

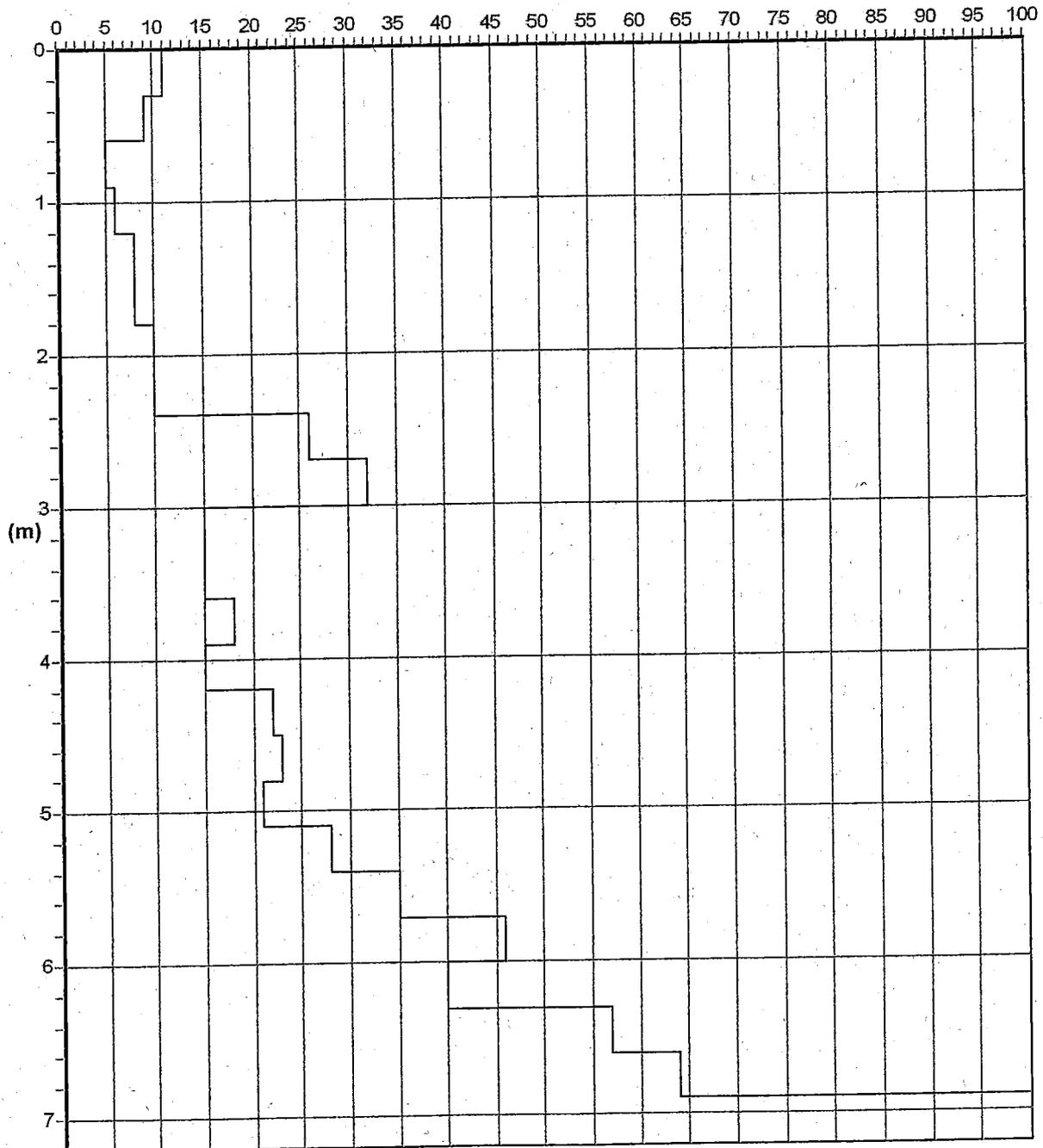
Località: Paderno Dugnano (PV) - Via Risorgimento Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note:

Sigla: SCPT3

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c. (m): Assente



— Colpi punta — Colpi rivestimento

14.09.07

GEOSER S.r.l.

Via Basilicata 11-27100 Pavia-0382-576081

Committente: Studio Associato De Simone

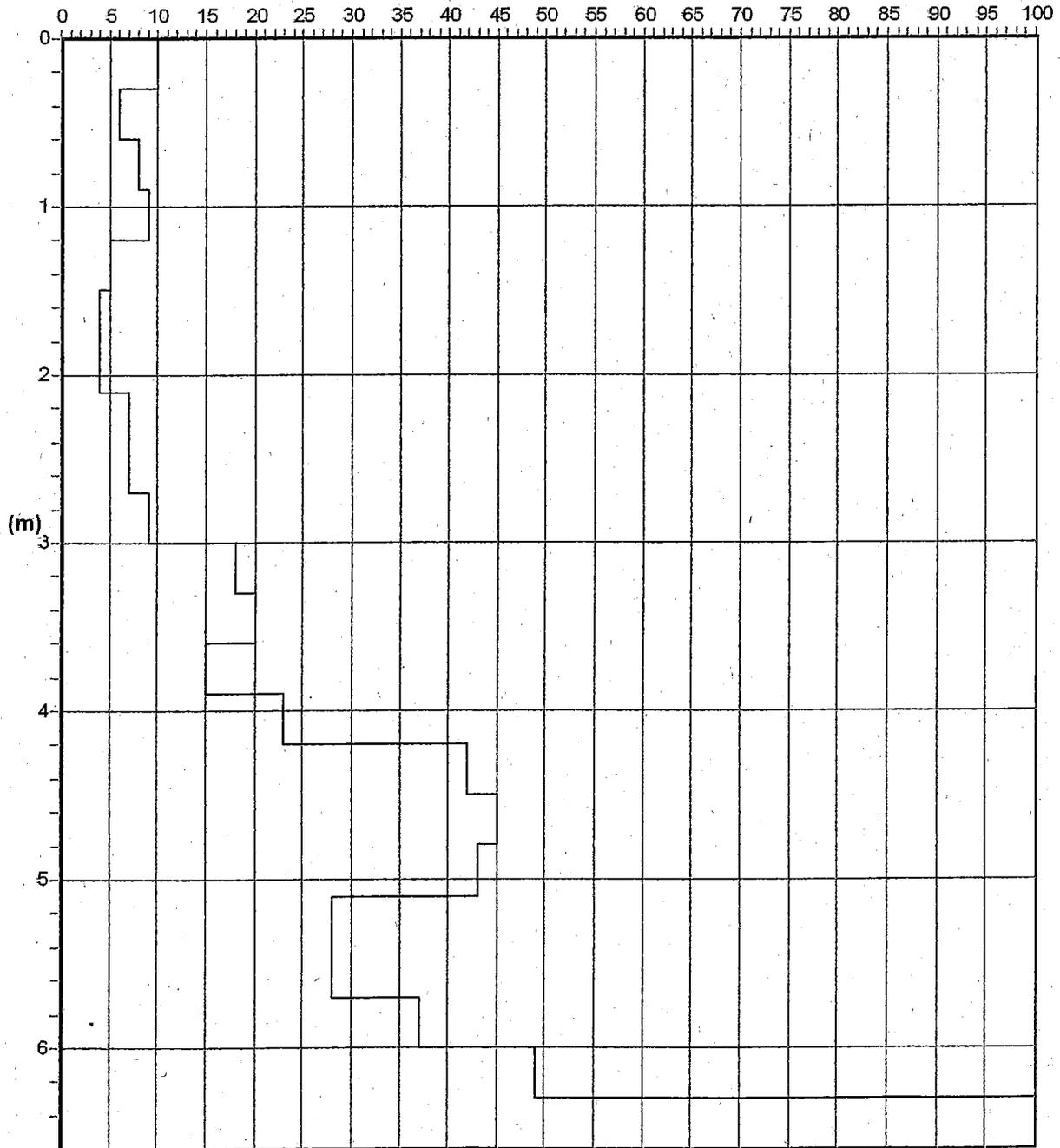
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Risorgimento Penetrometro: Pagani TG 73-100

Note:

Sigla: SCPT4

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Assente



— Colpi punta — Colpi rivestimento

14.09.07

Dott. R. Cortiana – Dott. F. Valentini
Via T. Vecellio, 21– 20052 MONZA (MI)
Tel. e fax 039 837656

CAD Immobiliare Srl



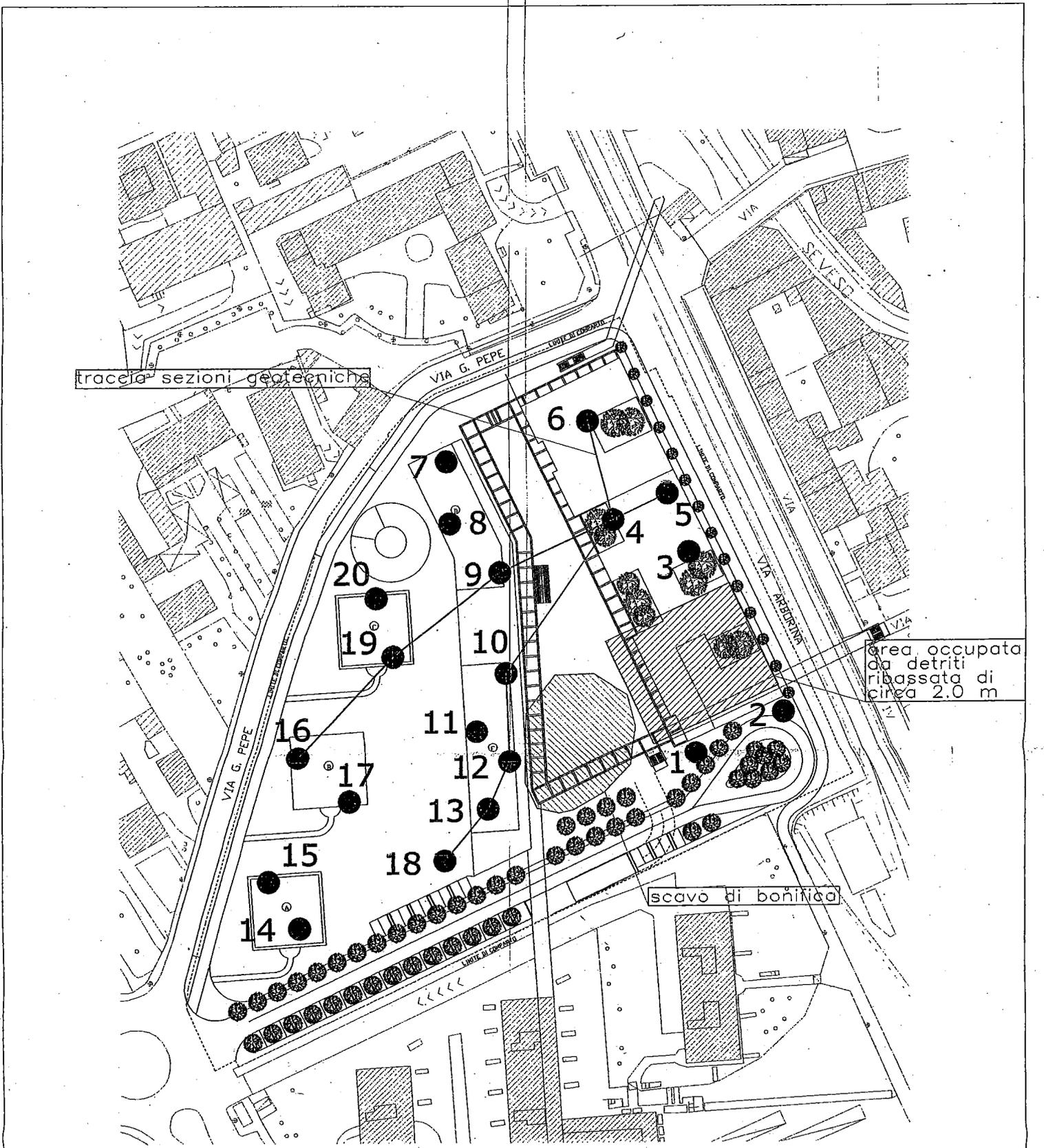
**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA PER LA REALIZZAZIONE DI
UN NUOVO COMPLESSO RESIDENZIALE IN VIA PEPE ANGOLO VIA
ARBORINA, NEL COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI)**

Monza, Dicembre 2006

A cura di: Dott. Geol. R. Cortiana
Dott. Geol. F. Valentini
Dott.ssa Geol. S. Agosti
Dott. D. ~~Valentini~~

IGT 9





scala 1:1.000

COMMITTENTE: CAD Immobiliare S.r.l.	
CANTIERE: Paderno D.no, Via Pepe (MI)	DATA: Nov. 2006
UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	
● S.C.P.T. prova penetrometrica dinamica	
geotecno	Via Tiziano Vecello, 21 - 20052 Monza (MI) - tel. e fax: 039 837656
indagini geognostiche	email: r.cortiana@geotecnoindagini.it - f.valentini@geotecnoindagini.it

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

COMMITTENTE

CAD Immobiliare

CANTIERE

Paderno Dugnano (MI) - Via Pepe

QUOTA DI RIFERIMENTO:

piano campagna

DATA

novembre-06

Profondità (m)	S.C.P.T. 1	S.C.P.T. 2	S.C.P.T. 3	S.C.P.T. 4	Profondità (m)
0.3	6	9	3	5	0.3
0.6	8	10	3	4	0.6
0.9	5	14	2	7	0.9
1.2	6	23	2	7	1.2
1.5	6	25	3	5	1.5
1.8	3	28	6	7	1.8
2.1	3	6	6	5	2.1
2.4	6	9	5	4	2.4
2.7	8	6	4	4	2.7
3.0	6	4	3	3	3.0
3.3	6	5	4	5	3.3
3.6	6	7	5	4	3.6
3.9	23	7	3	4	3.9
4.2	24	5	3	9	4.2
4.5	26	3	3	8	4.5
4.8	30	8	3	23	4.8
5.1	25	7	4	24	5.1
5.4	16	7	8	26	5.4
5.7	21	9	4	38	5.7
6.0	23	10	7	100	6.0
6.3	18	24	11		6.3
6.6	100	78	21		6.6
6.9		100	7		6.9
7.2			6		7.2
7.5			9		7.5
7.8			100		7.8
8.1					8.1
8.4					8.4
8.7					8.7
9.0					9.0
9.3					9.3
9.6					9.6
9.9					9.9

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

COMMITTENTE

CAD Immobiliare

CANTIERE

Paderno Dugnano (MI) - Via Pepe

QUOTA DI RIFERIMENTO:

piano campagna

DATA

novembre-06

Profondità (m)	S.C.P.T. 5	S.C.P.T. 6			Profondità (m)
0.3	1	4			0.3
0.6	1	5			0.6
0.9	1	5			0.9
1.2	2	7			1.2
1.5	2	7			1.5
1.8	5	3			1.8
2.1	6	3			2.1
2.4	4	4			2.4
2.7	6	4			2.7
3.0	5	4			3.0
3.3	3	3			3.3
3.6	4	3			3.6
3.9	5	3			3.9
4.2	2	4			4.2
4.5	4	5			4.5
4.8	3	14			4.8
5.1	3	24			5.1
5.4	2	23			5.4
5.7	4	18			5.7
6.0	3	28			6.0
6.3	9	21			6.3
6.6	15	100			6.6
6.9	36				6.9
7.2	24				7.2
7.5	18				7.5
7.8	100				7.8
8.1					8.1
8.4					8.4
8.7					8.7
9.0					9.0
9.3					9.3
9.6					9.6
9.9					9.9

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

COMMITTENTE

CAD Immobiliare

CANTIERE

Paderno Dugnano via Pepe

QUOTA DI RIFERIMENTO:

piano campagna

DATA

novembre-06

Profondità (m)	S.C.P.T. 7	S.C.P.T. 8	S.C.P.T. 9	S.C.P.T. 10	Profondità (m)
0.3	1	2	1	7	0.3
0.6	1	2	2	14	0.6
0.9	1	3	3	10	0.9
1.2	1	4	3	5	1.2
1.5	8	6	4	6	1.5
1.8	16	4	4	9	1.8
2.1	6	4	4	6	2.1
2.4	6	3	6	7	2.4
2.7	5	4	4	7	2.7
3.0	17	10	6	7	3.0
3.3	18	13	8	6	3.3
3.6	14	40	13	6	3.6
3.9	16	36	34	35	3.9
4.2	100	43	43	42	4.2
4.5		42	47	39	4.5
4.8		49	39	31	4.8
5.1		19	35	28	5.1
5.4		19	16	57	5.4
5.7		15	19	26	5.7
6.0		25	14	18	6.0
6.3		23	15	27	6.3
6.6		22	26	18	6.6
6.9		24	30	19	6.9
7.2		16	14	10	7.2
7.5		15	8	7	7.5
7.8		14	8	7	7.8
8.1		14	12	11	8.1
8.4		14	14	13	8.4
8.7		18	12	17	8.7
9.0		24	11	18	9.0
9.3		24	12	15	9.3
9.6		20	18	12	9.6
9.9		15	19	13	9.9
10.2		18	23	19	10.2
10.5		17	16	18	10.5
10.8		18	14	16	10.8
11.1		18	16	17	11.1
11.4		15	14	100	11.4
11.7		18	17		11.7
12.0		16	18		12.0
12.3		19	18		12.3
12.6		100	100		12.6
12.9					12.9
13.2					13.2
13.5					13.5
13.8					13.8
14.1					14.1
14.4					14.4
14.7					14.7

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

COMMITTENTE

CAD Immobiliare

CANTIERE

Paderno Dugnano - Via Pepe

QUOTA DI RIFERIMENTO:

piano campagna

DATA

novembre-06

Profondità (m)	S.C.P.T. 11	S.C.P.T. 12	S.C.P.T. 13		Profondità (m)
0.3	7	7	13		0.3
0.6	11	2	13		0.6
0.9	4	2	3		0.9
1.2	13	2	3		1.2
1.5	14	3	28		1.5
1.8	10	10	24		1.8
2.1	10	6	12		2.1
2.4	10	5	8		2.4
2.7	9	3	7		2.7
3.0	8	5	10		3.0
3.3	10	8	10		3.3
3.6	10	8	12		3.6
3.9	24	7	20		3.9
4.2	26	15	34		4.2
4.5	33	41	45		4.5
4.8	35	58	46		4.8
5.1	34	36	38		5.1
5.4	23	25	21		5.4
5.7	33	23	15		5.7
6.0	22	26	12		6.0
6.3	16	28	29		6.3
6.6	12	47	40		6.6
6.9	13	38	31		6.9
7.2	9	23	13		7.2
7.5	11	11	25		7.5
7.8	11	15	20		7.8
8.1	34	14	17		8.1
8.4	19	12	12		8.4
8.7	16	13	14		8.7
9.0	14	12	18		9.0
9.3	20	14	20		9.3
9.6	25	14	23		9.6
9.9	19	14	21		9.9
10.2	22	13	100		10.2
10.5	23	15			10.5
10.8	20	14			10.8
11.1	31	16			11.1
11.4	100	100			11.4
11.7					11.7
12.0					12.0
12.3					12.3
12.6					12.6
12.9					12.9
13.2					13.2
13.5					13.5
13.8					13.8
14.1					14.1
14.4					14.4
14.7					14.7

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

COMMITTENTE

CAD Immobiliare

CANTIERE

Paderno Dugnano

QUOTA DI RIFERIMENTO:

piano campagna

DATA:

novembre-06

Profondità (m)	S.C.P.T. 14	S.C.P.T. 15	S.C.P.T. 16	S.C.P.T. 17	Profondità (m)
0.3	6	5	4	4	0.3
0.6	12	9	9	6	0.6
0.9	9	6	5	7	0.9
1.2	4	6	4	6	1.2
1.5	4	4	5	6	1.5
1.8	2	3	4	5	1.8
2.1	3	4	4	6	2.1
2.4	3	8	10	11	2.4
2.7	8	11	16	14	2.7
3.0	19	21	34	29	3.0
3.3	24	18	24	31	3.3
3.6	35	24	27	23	3.6
3.9	42	23	35	33	3.9
4.2	21	29	37	35	4.2
4.5	23	35	43	29	4.5
4.8	38	32	52	42	4.8
5.1	44	65	25	28	5.1
5.4	28	100	37	22	5.4
5.7	11		44	21	5.7
6.0	10		23	18	6.0
6.3	18		16	24	6.3
6.6	23		12	16	6.6
6.9	31		17	14	6.9
7.2	14		21	17	7.2
7.5	13		25	18	7.5
7.8	17		13	22	7.8
8.1	24		11	19	8.1
8.4	18		15	20	8.4
8.7	12		20	16	8.7
9.0	15		14	14	9.0
9.3	27		13	22	9.3
9.6	33		16	17	9.6
9.9	22		21	23	9.9
10.2	10		23	31	10.2
10.5	19		19	100	10.5
10.8	21		16		10.8
11.1	24		24		11.1
11.4	32		27		11.4
11.7	25		29		11.7
12.0	100		100		12.0

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

COMMITTENTE

CAD Immobiliare

CANTIERE

Paderno Dugnano

QUOTA DI RIFERIMENTO:

piano campagna

DATA:

novembre-06

Profondità (m)	S.C.P.T. 18	S.C.P.T. 19	S.C.P.T. 20	S.C.P.T. 21	Profondità (m)
0.3	6	21	4		0.3
0.6	8	7	5		0.6
0.9	9	6	7		0.9
1.2	3	3	5		1.2
1.5	4	4	4		1.5
1.8	6	3	8		1.8
2.1	14	5	9		2.1
2.4	11	8	8		2.4
2.7	7	9	15		2.7
3.0	7	6	24		3.0
3.3	8	10	23		3.3
3.6	34	17	61		3.6
3.9	42	28	42		3.9
4.2	35	31	21		4.2
4.5	21	24	25		4.5
4.8	24	22	19		4.8
5.1	27	17	14		5.1
5.4	21	28	27		5.4
5.7	26	32	16		5.7
6.0	32	16	34		6.0
6.3	14	11	30		6.3
6.6	28	13	24		6.6
6.9	40	14	21		6.9
7.2	43	10	18		7.2
7.5	32	24	14		7.5
7.8	18	21	15		7.8
8.1	19	23	21		8.1
8.4	27	19	35		8.4
8.7	14	16	100		8.7
9.0	9	15			9.0
9.3	17	14			9.3
9.6	16	19			9.6
9.9	12	25			9.9
10.2	18	33			10.2
10.5	21	24			10.5
10.8	23	16			10.8
11.1	32	21			11.1
11.4	22	23			11.4
11.7	25	25			11.7
12.0	100	100			12.0

Società Cooperative

**GARDEN
e
LE VALLAZZE**

**Via Fabio Filzi n° 27
20124 MILANO**

**Programma integrato di intervento COMPARTO BT4
AREA "ASILO NIDO VIA PEPE" di Paderno Dugnano (MI)**

DOSSIER DEI DATI DI BASE

Milano, febbraio 2008



**STUDIO IDROGEOTECNICO
APPLICATO S.a.s.
Dott. Ghezzi Efrem & C.**

sede: Bastioni di Porta Volta 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it

LEGENDA



Area "Aula" Area edificio in progetto

INDAGINE AMBIENTALE PRELIMINARE

- S1 ● Tronca esplorativa e relativo codice di identificazione
- C4 ▲ Sondaggio a relativo codice di identificazione
- C1 ● Profilo RFI con distribuzione periferia

Inchiesta Comprensiva
**GARDEN
 e
 LE VALLAZZE**
 Via Paolo Fusi n° 27
 20124 MILANO

Programma Integrato di Intervento COMPARTO BT4
 AREA "ASILO NIDO VIA PEPE" di Federico Dugnano (MI)

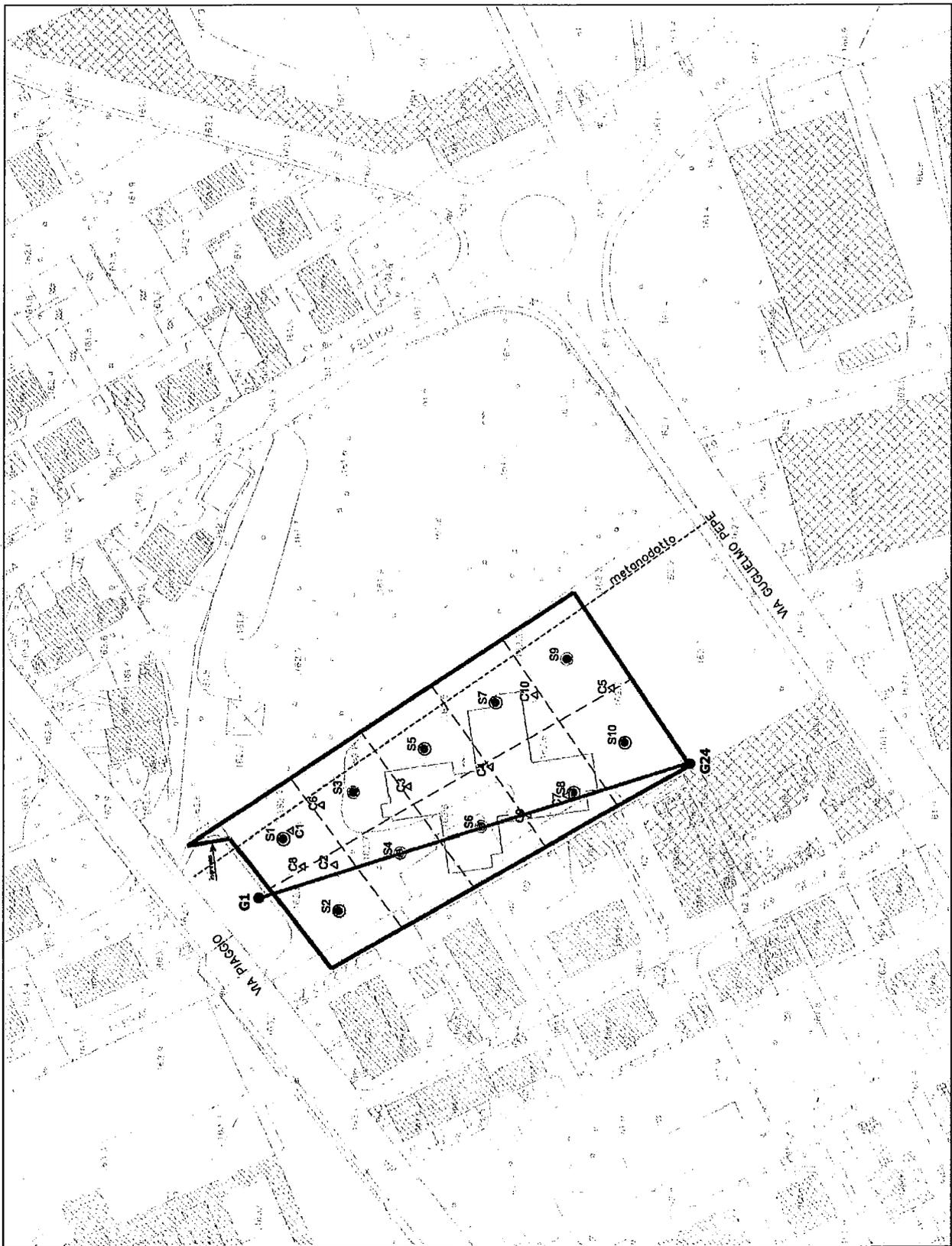
INDAGINE AMBIENTALE PRELIMINARE
 PER LA SALUBRITA' DEI SUOLI
 Ai sensi del Reg. di Giuris. del Comune di Palermo Dugnano

UBICAZIONI DELLE INDAGINI EFFETTUATE



STUDIO INGEGNERIA E ARQUITETTURA
 VIA V. E. CIGOLI 17 - 20121 MILANO
 tel. 02/55.78.27 - fax 02/55.18.60
 email: info@ingegneria.it
 www.ingegneria.it

DATA	DESCRIZIONE	SCALA	NOTE
19/05/2004	TAV.2	1:500	INDICANTE
19/05/2004			
19/05/2004			



GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11
27100 Pavia
0382-576081

Studio Idrogeotecnico Applicato

Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Piaggio

SCALA 1:100

Data 24.10.07

Sondaggio n.

C5

Attrezzatura e metodo di perforazione:		Geomarc GM1000 - Carotaggio continuo		LIVELLI ACQUA					
				PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
				Rivert.	Foro	Data	H	Data	H
<input type="checkbox"/>	Campione rimaneggiato	<input type="checkbox"/>	Campione a percussione	<input type="radio"/>	LEFRANC				
<input type="checkbox"/>	Campione S.P.T.	<input type="checkbox"/>	Campione ind. a pressione		Prova di permeabilità				
<input type="checkbox"/>	Campione da Vane Test	<input type="checkbox"/>	Campione ind. rotativo	<input type="radio"/>	LUGEON				

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	C a r o t t i n g e r e	R i v e r t i m e n t o	P o c k e t t e	R Q D W	V e l o c i t à r o t a t i v a	P r o f o n d i t à' m	S e r a		M a t t i n o		M e t r o l o g i c o	
												Data	H	Data	H		
	1,50				Sabbia fine, limosa, nocciola, inglobante ghiaia medio fine												
	1,50				Sabbia da fine a grossolana, limosa, debolmente argillosa, nocciola, inglobante ghiaia da fine a grossa e laterizi												
	3,50				Sabbia da fine a grossolana, limosa, debolmente argillosa, nocciola, inglobante ghiaia da fine a grossa e laterizi												
	5,00				Sabbia da fine a grossolana, limosa, debolmente argillosa, nocciola, inglobante ghiaia da fine a grossa e laterizi												
	1,00				Sabbia fine, limosa, grigiastro nocciola, con ghiaia media												
	6,00					101	127				6,00						

GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11
27100 Pavia
0382-576081

Studio Idrogeotecnico Applicato
Localita': Paderno Dugnano (MI) - Via Piaggio

SCALA 1:100

Data 23.10.07

Sondaggio n. C8

Attrezzatura e metodo di perforazione: Geomarc GM1000 - Carotaggio continuo		LIVELLI ACQUA						
<input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato	<input type="checkbox"/> Campione a percussione	<input type="radio"/> LEFRANC	PROFONDITA' m		SERÀ		MATTINO	
<input type="checkbox"/> Campione S.P.T.	<input type="checkbox"/> Campione ind. a pressione	Prova di permeabilità*	Rivest.	Foro	Data	H	Data	H
<input type="checkbox"/> Campione da Vana Test	<input type="checkbox"/> Campione ind. rotativo	<input type="radio"/> LUGEON						

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondita' m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Rivest.	Foro	S.P.T.	L.P.T.	F	S	LIVELLI ACQUA	
												Profondita' m	H
	1,00	1,00			Limo sabbioso nocciola inglobante ghiaia e resti lateritici								
	3,50				Sabbia fine, limosa, nocciola, inglobante ghiaia da fine a grossa, resti lateritici e rari rifiuti solidi								
	4,50				Sabbia da fine a grossolana, limosa, grigiastro nocciola, con ghiaia e ciottoli								
	1,50	6,00				101	127					6,00	

GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11
27100 Pavia
0382-576081

Studio Idrogeotecnico Applicato
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Piaggio

SCALA 1:100

Data 24.10.07

Sondaggio n. C9

Attrezzatura e metodo di perforazione: Geomarc GM1000 - Carotaggio continuo			LIVELLI ACQUA					
			PROFONDITA' m		SERA		MATTINO	
			Rivest.	Foro	Data	H	Data	H
<input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato	<input type="checkbox"/> Campione a percussione	<input type="radio"/> LEFRANC						
<input checked="" type="checkbox"/> Campione S.P.T.	<input checked="" type="checkbox"/> Campione ind. a pressione	Prova di permeabilità						
<input checked="" type="checkbox"/> Campione da Vana Test	<input type="checkbox"/> Campione ind. rotativo	<input type="radio"/> LUGEON						

C	Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Rivestimento	Pacchetti	RDDR	V	I	S	U	Profondità m	P.T.	F	S
		1,50	1,50			Sabbia fine, limosa, nocciola, inglobante ghiaia medio fine											
		3,50	5,00			Sabbia da fine a grossolana, limosa, debolmente argillosa, nocciola, inglobante ghiaia da fine a grossa e laterizi											
		1,00	6,00			Sabbia fine, limosa, grigiastro nocciola, con ghiaia media								6,00			

GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11
27100 Pavia
0382-576081

Studio Idrogeotecnico Applicato
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Piaggio

SCALA 1:100

Data 24.10.07

Sondaggio n. C10

Attrezzatura e metodo di perforazione:		Geomarc GM1000 - Carotaggio continuo		LIVELLI ACQUA			
		PROFONDITA' m		SERÀ		MATTINO	
		Rivest.	Foro	Data	H	Data	H
<input type="checkbox"/> Campione rimaneggiato	<input type="checkbox"/> Campione a percussione						
<input type="checkbox"/> Campione S.P.T.	<input type="checkbox"/> Campione ind. a pressione						
<input type="checkbox"/> Campione da Vana Test	<input type="checkbox"/> Campione ind. rotativo						

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondità m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	C C I O T T O	R I V E S T I M E N T I	P E R C U S S I O N E	C O D I C E	M E S U R E	P R O F O N D I T À	Profondità m		S P T	F A S I C I	S C R I T O R I O
												SERA	MATTINO			
	1.50	1.50			Sabbia fine, limosa, nocciola, inglobante ghiaia medio fine											
	3.50	5.00			Sabbia da fine a grossolana, limosa, debolmente argillosa, nocciola, inglobante ghiaia da fine a grossa e laterizi											
	1.00	6.00			Sabbia fine, limosa, grigiastro nocciola, con ghiaia media	101	127					6,00				

Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

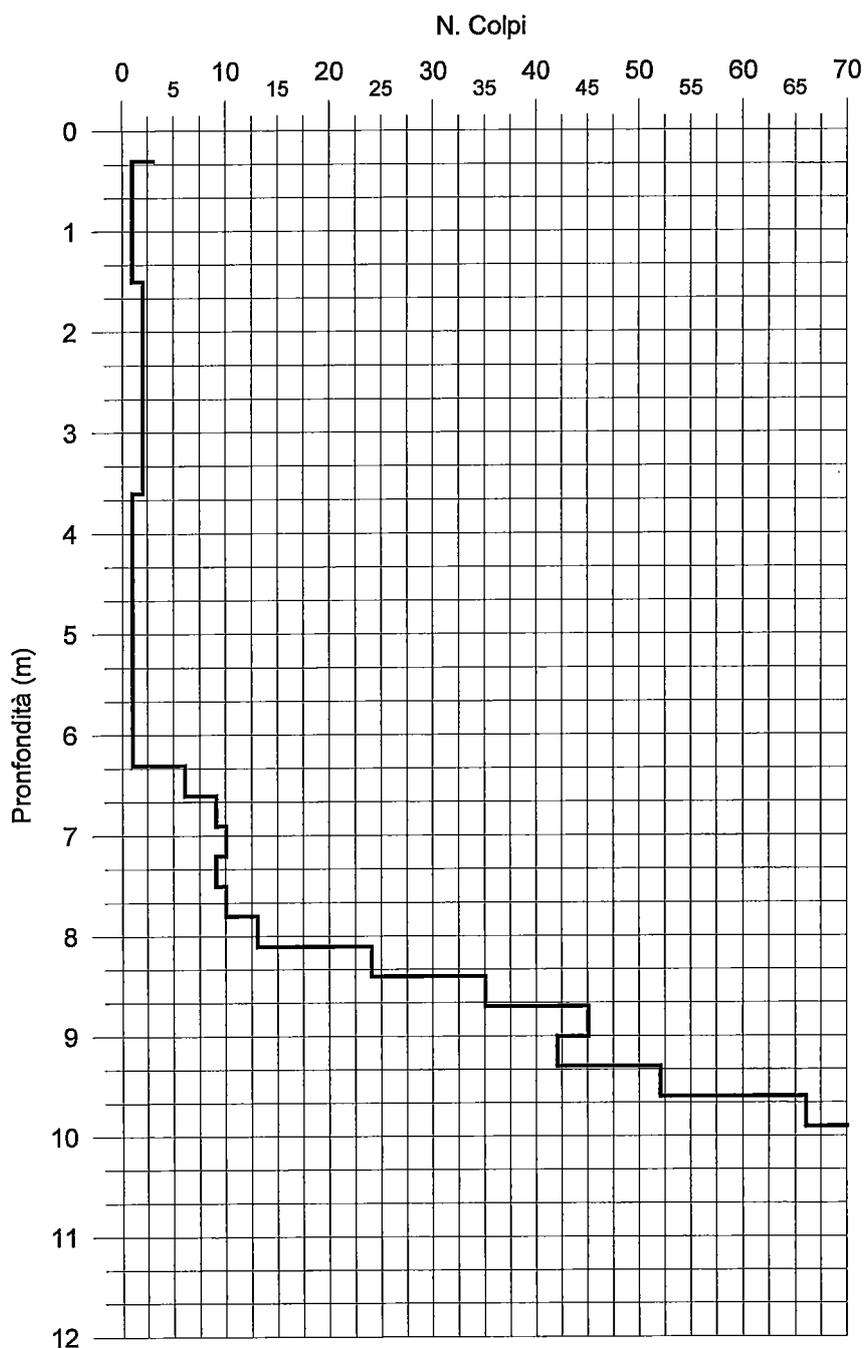
Località Via Pepe – Paderno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT17**

Data 19/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60	1	
0,90	1	
1,20	1	
1,50	1	
1,80	2	
2,10	2	
2,40	2	
2,70	2	
3,00	2	
3,30	2	
3,60	2	
3,90	1	
4,20	1	
4,50	1	
4,80	1	
5,10	1	
5,40	1	
5,70	1	
6,00	1	
6,30	1	
6,60	6	
6,90	9	
7,20	10	
7,50	9	
7,80	10	
8,10	13	
8,40	24	
8,70	35	
9,00	45	
9,30	42	
9,60	52	
9,90	66	
10,20	100	
10,50		
10,80		
11,10		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

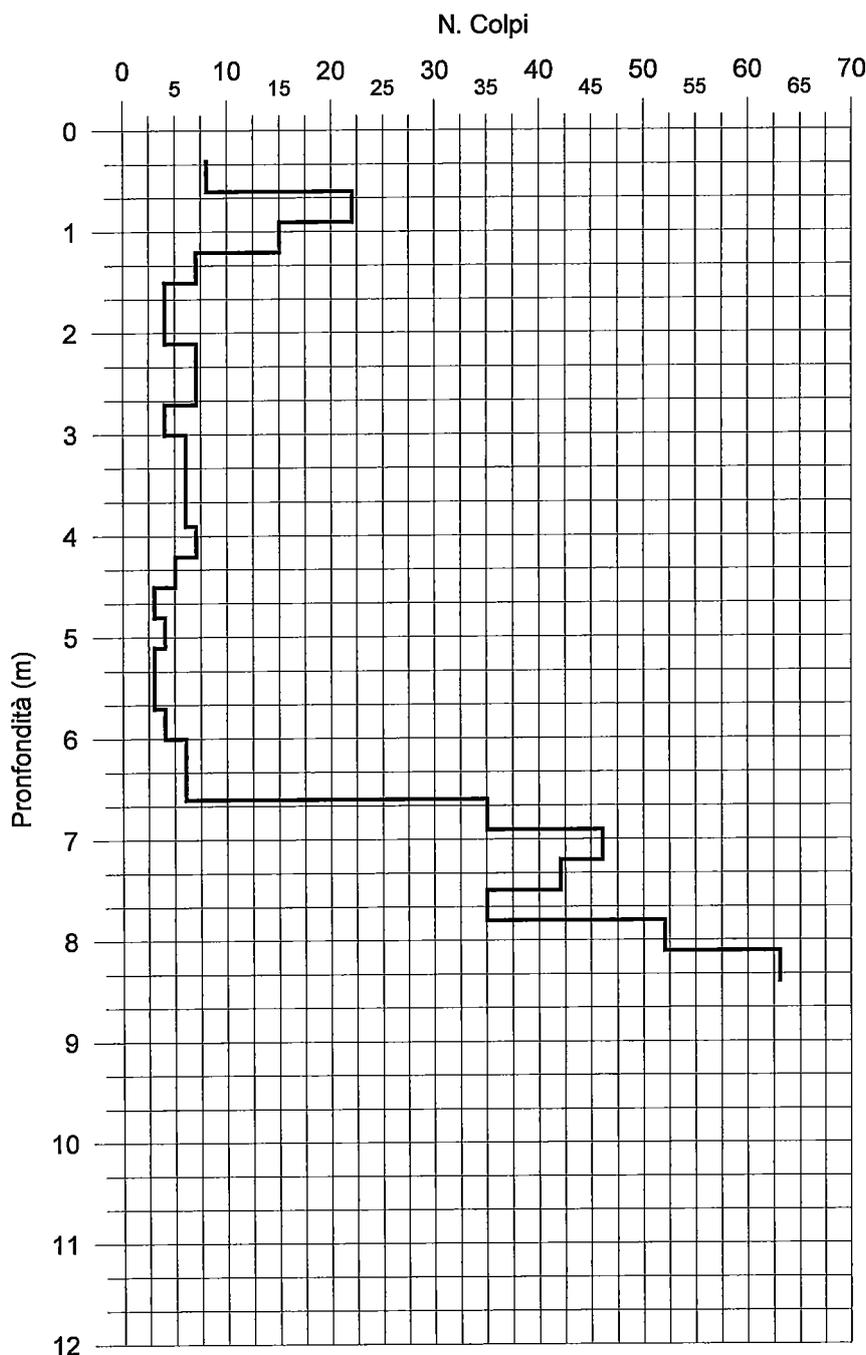
Località Via Pepe – Paderno Dugnano

Data 19/11/2007

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT18**

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	8	
0,60	8	
0,90	22	
1,20	15	
1,50	7	
1,80	4	
2,10	4	
2,40	7	
2,70	7	
3,00	4	
3,30	6	
3,60	6	
3,90	6	
4,20	7	
4,50	5	
4,80	3	
5,10	4	
5,40	3	
5,70	3	
6,00	4	
6,30	6	
6,60	6	
6,90	35	
7,20	46	
7,50	42	
7,80	35	
8,10	52	
8,40	63	
8,70	100	
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		
10,50		
10,80		
11,10		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

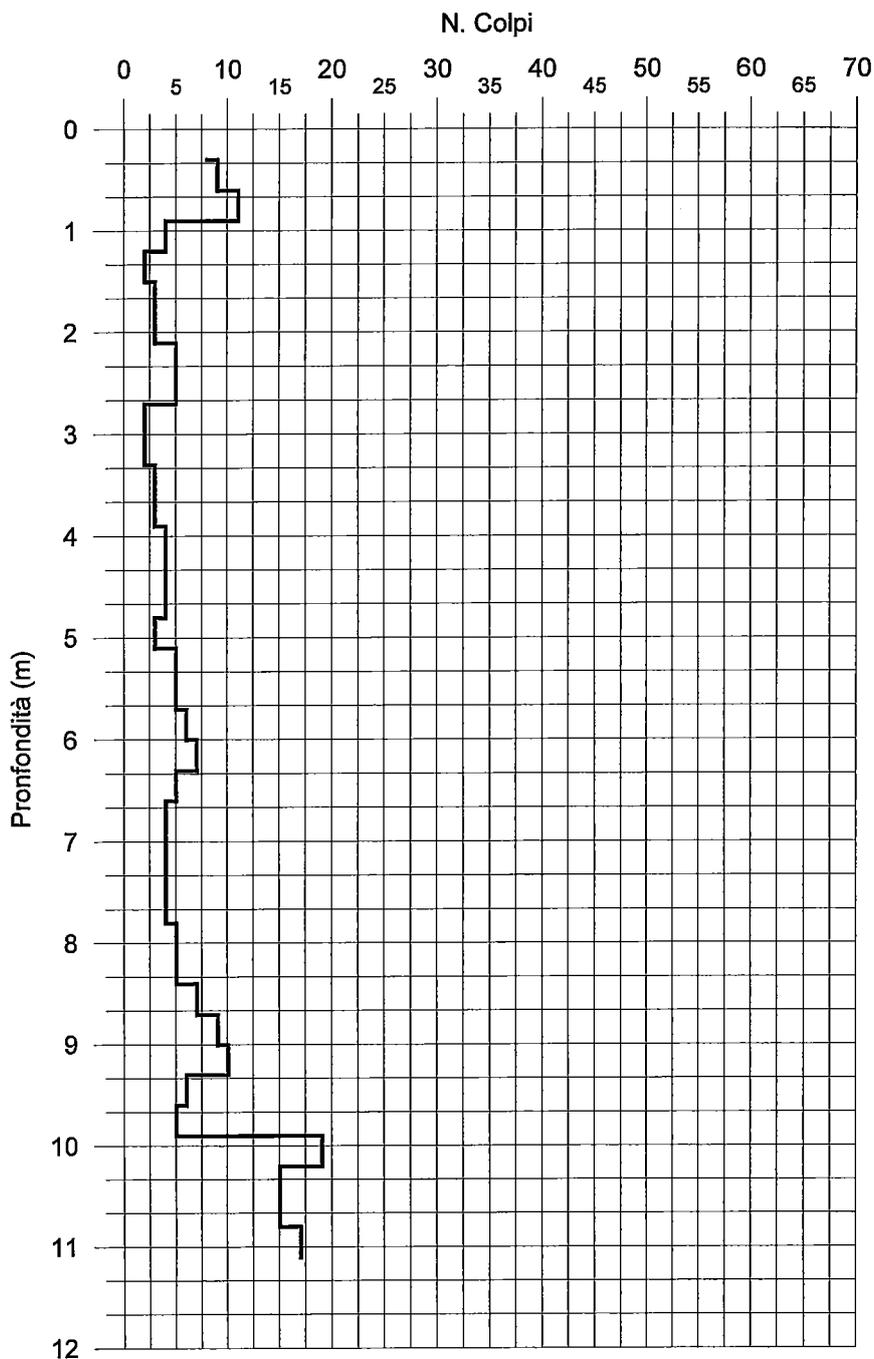
Località Via Pepe – Paderno Dugnano

Data 19/11/2007

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT19**

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	8	
0,60	9	
0,90	11	
1,20	4	
1,50	2	
1,80	3	
2,10	3	
2,40	5	
2,70	5	
3,00	2	
3,30	2	
3,60	3	
3,90	3	
4,20	4	
4,50	4	
4,80	4	
5,10	3	
5,40	5	
5,70	5	
6,00	6	
6,30	7	
6,60	5	
6,90	4	
7,20	4	
7,50	4	
7,80	4	
8,10	5	
8,40	5	
8,70	7	
9,00	9	
9,30	10	
9,60	6	
9,90	5	
10,20	19	
10,50	15	
10,80	15	
11,10	17	



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

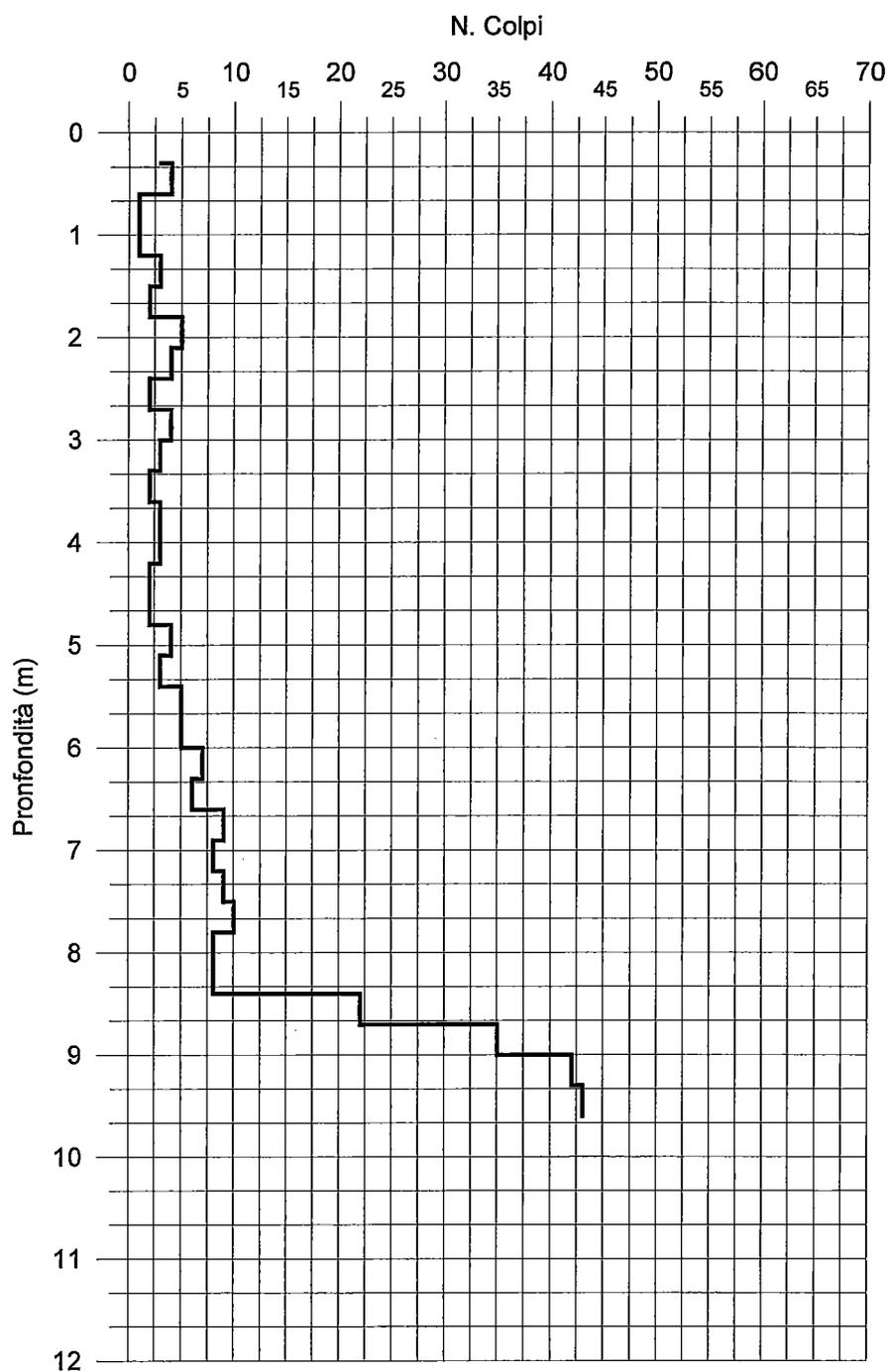
Località Via Pepe – Paderno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT20**

Data 19/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60	4	
0,90	1	
1,20	1	
1,50	3	
1,80	2	
2,10	5	
2,40	4	
2,70	2	
3,00	4	
3,30	3	
3,60	2	
3,90	3	
4,20	3	
4,50	2	
4,80	2	
5,10	4	
5,40	3	
5,70	5	
6,00	5	
6,30	7	
6,60	6	
6,90	9	
7,20	8	
7,50	9	
7,80	10	
8,10	8	
8,40	8	
8,70	22	
9,00	35	
9,30	42	
9,60	43	
9,90	100	
10,20		
10,50		
10,80		
11,10		



STUDIO
IDROGEOTECNICO
APPLICATO s.a.s.



		Dr. G. Bricchi	Dr.G.Bricchi	
		Dr. A.Carpena	Dr.A.Carpena	
00	Novembre 2007	Dr. D.Lupi Dr. E. Magnani		
REV.	DATA	REDAZIONE	APPROVAZIONE	MODIFICHE



GEOREFLEX sas
 GEOLOGIA E GEOFISICA

Ufficio: Via Fioruzzi, 15 - 29100 - Piacenza Tel.: 0523-454042 fax: 0523/462427
 www.georeflex.it - E-mail: info@georeflex.it

GEOLOGIA E GEOFISICA

riproduzione e consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: info@georeflex.it – P.IVA n.01164400333 – www.georeflex.it

L'inversione della curva di dispersione, ha consentito la valutazione dell'andamento delle Vs fino a circa 70 metri di profondità.

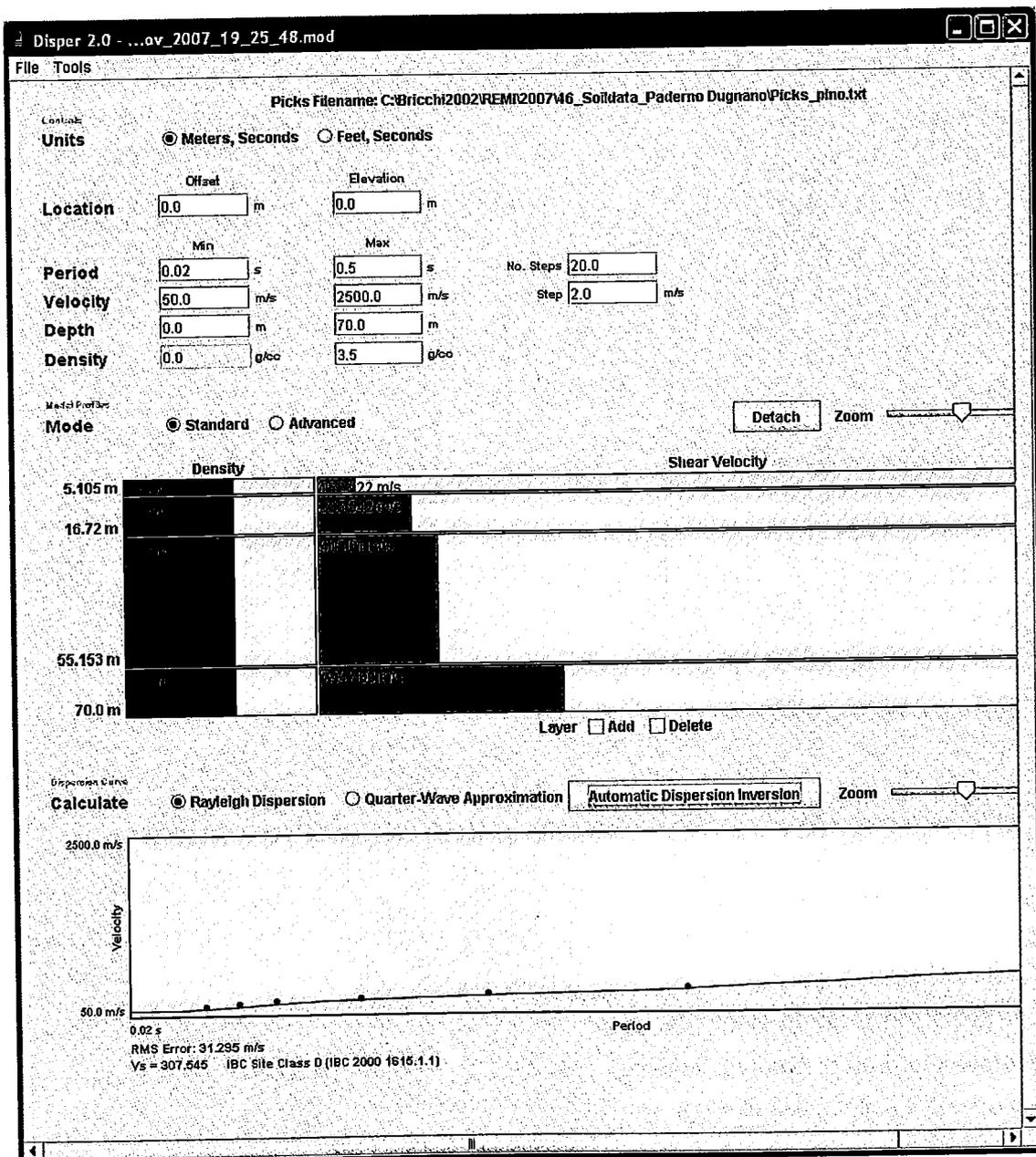


Fig. 6 - Grafici illustranti i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata



Uffici: V.Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (tel. 0523/454042-0523/716923) fax: 0523/462427

E-mail: info@georeflex.it – P.IVA n.01164400333 – www.georeflex.it

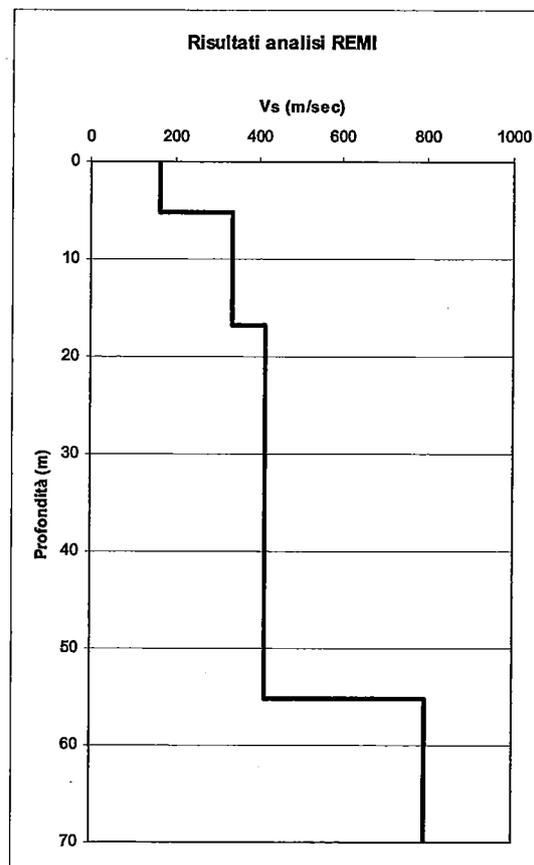
4. CALCOLO DELLE VS30

Per il calcolo delle Vs30, sulla base dei dati ricavati dalle indagini dei microtremori (ReMI), verrà impiegata la formula riportata nel D.M. del 15 settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" così di seguito enunciata:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

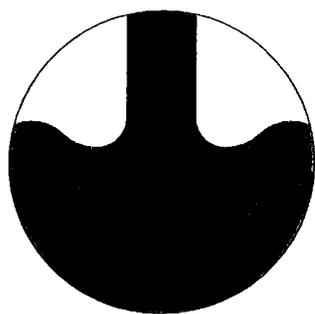
Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	5,11	163
2	11,61	336
3	38,43	415
4	14,85	795

N.B. In questa sede verrà esplicitata soltanto la formula per la definizione del valore delle onde S nei primi 30 metri, mentre il calcolo delle Vs 30 verrà definito in relazione alle quote di imposta delle fondazioni.



**L'Amministratore Unico e Rappresentante Legale
Dott. Geol. Andrea Carpena**

GEOREFLIX s.a.s.
di **CARPENA ANDREA & C.**
Via Fioruzzi, 15
29100 PIACENZA
Partita IVA 01164400333



INFRASTRUTTURE
ACQUE NORD MILANO S.P.A.
Via CECHOV, 50 MILANO

LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA FOGNATURA
E TOMBINATURA A SERVIZIO DELLA NUOVA
STRADA DI P.R.G. TRA LA VIA SERRA E LA
VIA S. AMBROGIO A PADERNO DUGNANO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

MILANO, dicembre 2006

Progettista

STUDIO ASSOCIATO GILARDONI Ingegneria e Architettura

v.le G. Sinigaglia 11 22100 Como tel. 031570010 fax 031570723 e-mail: studiogilardoni@tin.it

dott. ing. Pietro Gilardoni

dott. arch. Gerardo Gilardoni

Consulenza specialistica



STUDIO IDROGEOTECNICO APPLICATO
S.a.s.

dott. geol. Ghezzi Efrem & C.

sede Viale F. Crispi 17 - 20121 Milano

tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40

e-mail: stid@fastwebnet.it

www.studioidrogeotecnico.com

Prova penetrometrica dinamica P 1

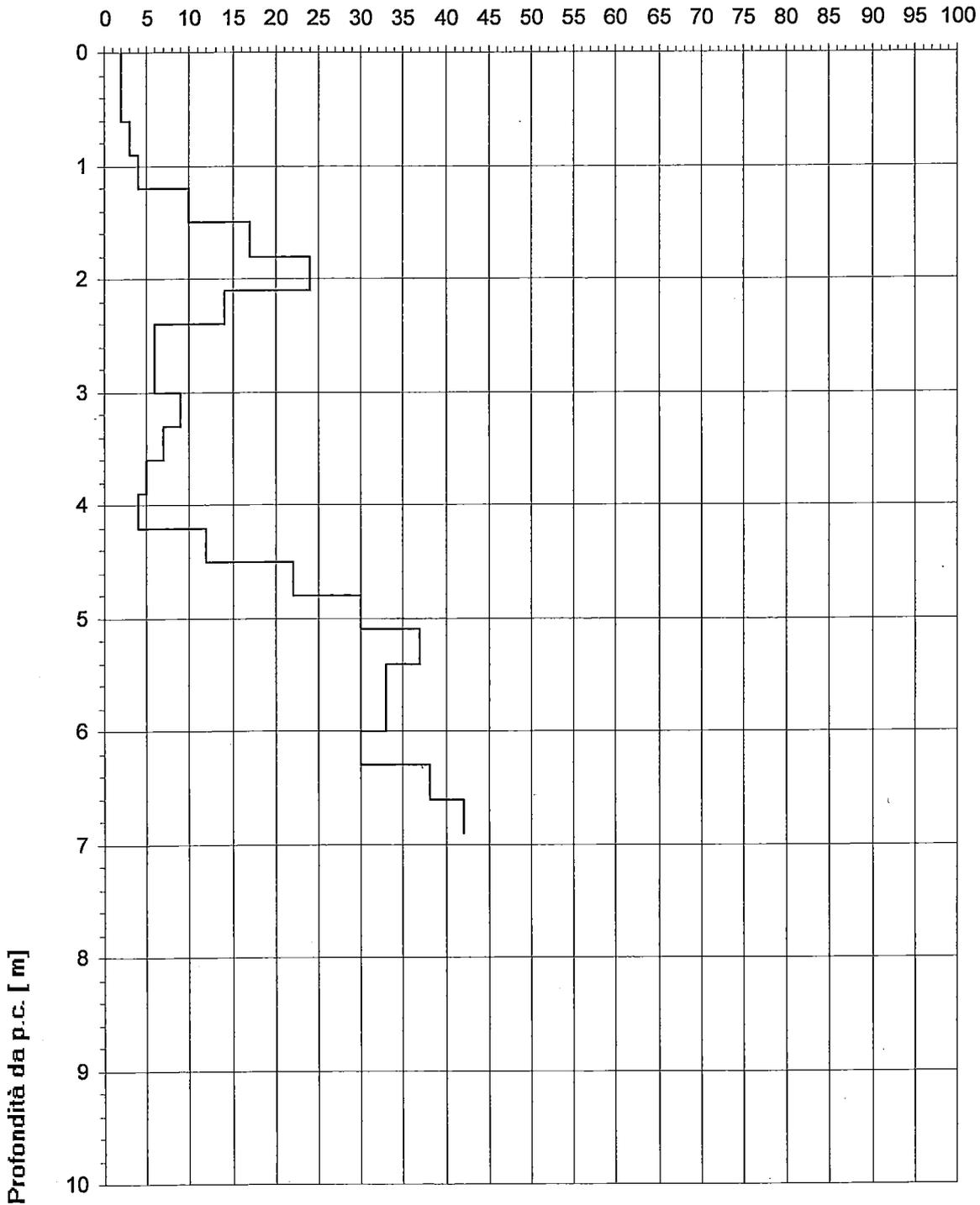
Committent Infrastrutture Acque Nord Milano S.p.A.

Località Paderno D.no
à (MI)

Commessa Fognatura e tombinatura nuova strada di P.R.G.

Data 19/12/2006

N30 [colpi/30 cm]



Massa maglio	73 Kg	Altezza caduta	di	0.75 m	Massa testa di battuta	0.7 kg	Massa aste	4.2 kg/m	φ punta	51 mm	φ aste	34 mm
--------------	-------	----------------	----	--------	------------------------	--------	------------	----------	---------	-------	--------	-------

Prova penetrometrica dinamica P 2

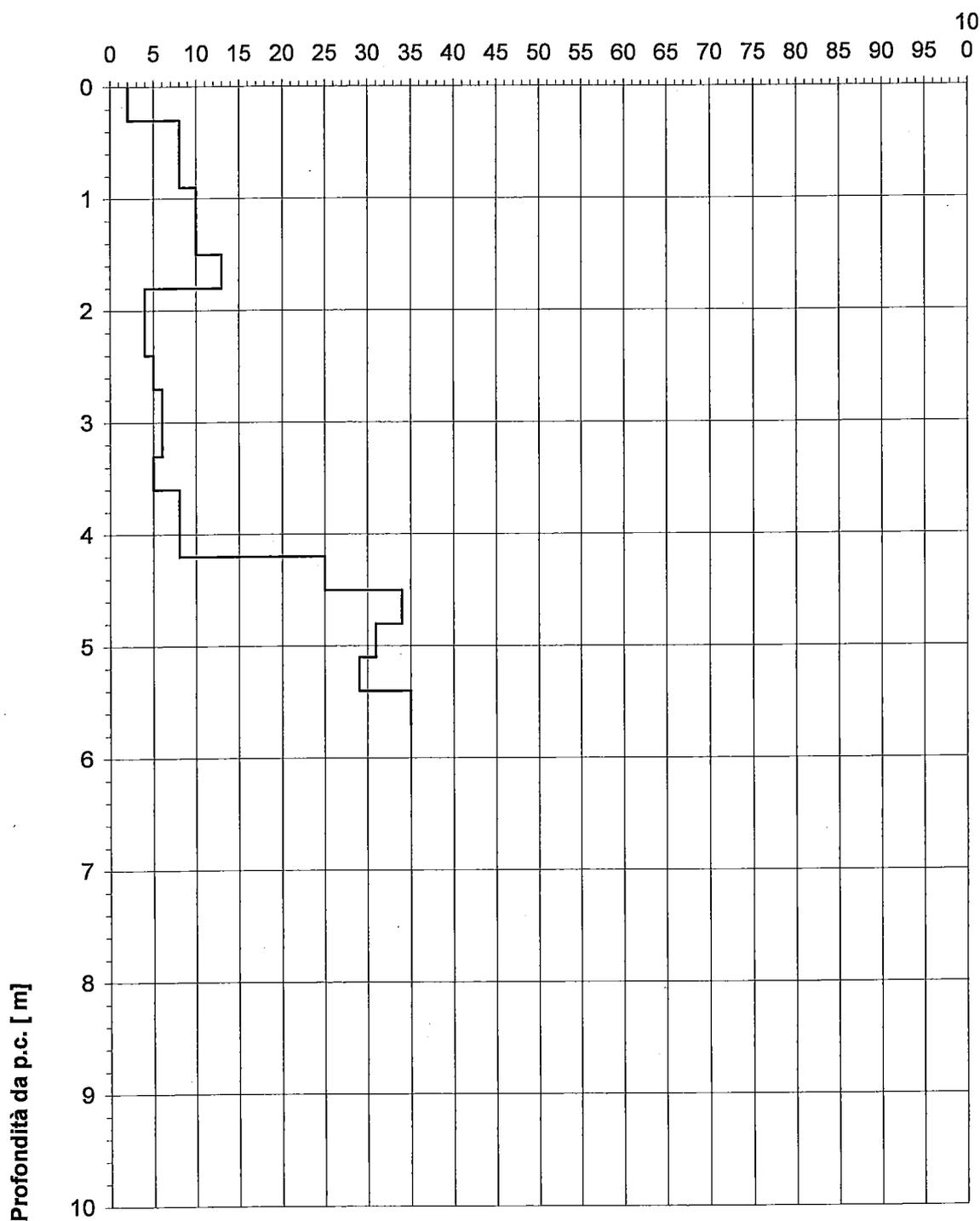
Committent Infrastrutture Acque Nord Milano S.p.A.

Località Paderno D.no
à (MI)

Commissa Fognatura e tombinatura nuova strada di P.R.G.

Data 19/12/2006

N30 [colpi/30 cm]



Massa maglio	73 Kg	Altezza caduta	di	0.75 m	Massa testa di battuta	0.7 kg	Massa aste	4.2 kg/m	φ punta	51 mm	φ aste	34 mm
--------------	-------	----------------	----	--------	------------------------	--------	------------	----------	---------	-------	--------	-------

Prova penetrometrica dinamica P 3

Committent Infrastrutture Acque Nord Milano S.p.A.

Localit Paderno D.no

e

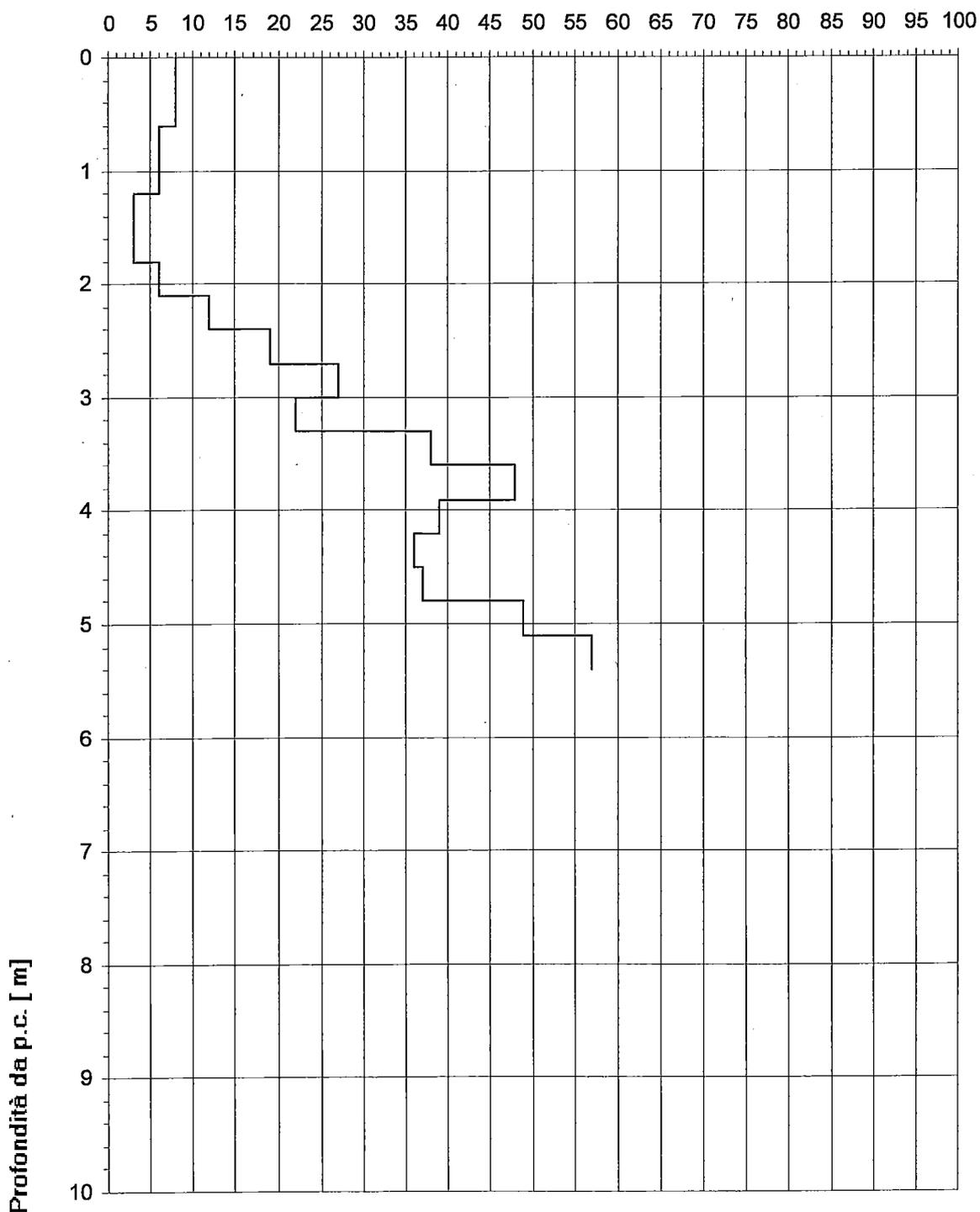
à (MI)

Commessa Fognatura e tombinatura nuova strada di Data

19/12/2006

P.R.G.

N30 [colpi/30 cm]



Massa maglio	73 Kg	Altezza caduta	di	0.75 m	Massa testa di battuta	0.7 kg	Massa aste	4.2 kg/m	φ punta	51 mm	φ aste	34 mm
--------------	-------	----------------	----	--------	------------------------	--------	------------	----------	---------	-------	--------	-------

Inviluppo delle resistenze penetrometriche

Committent Infrastrutture Acque Nord Milano S.p.A.

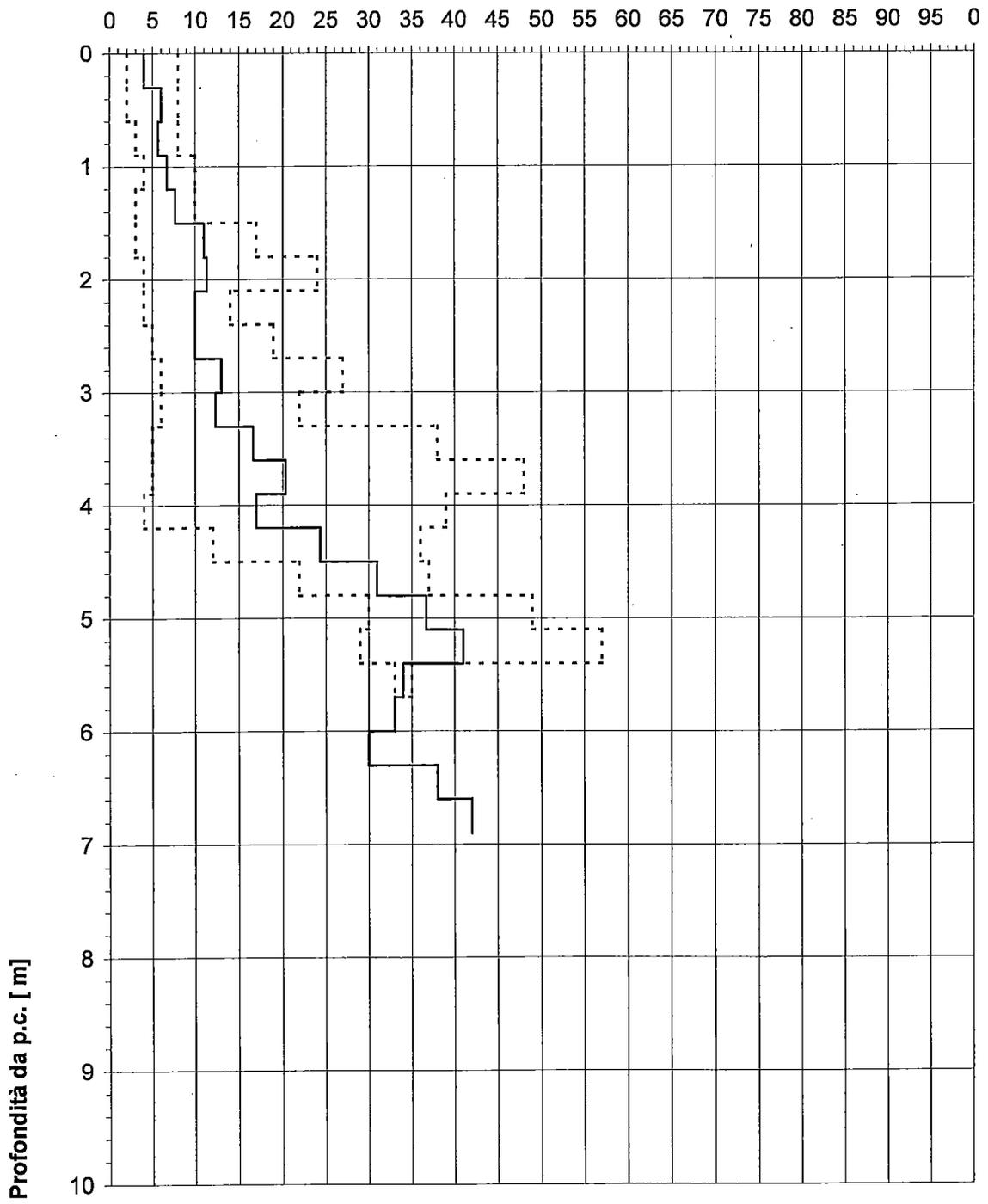
Localit Paderno D.no
à (MI)

Commissa Fognatura e tombinatura nuova strada di
P.R.G.

Data 19/12/2006

N30 [colpi/30 cm]

10



AS 1

0 - 160 cm	Limo sabbioso di colore bruno chiaro con clasti sparsi di dimensioni millimetriche. Presenza di abbondanti frustoli vegetali.
160 - 260 cm	Ghiaia medio-fine a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa. Clasti poligenici, eterometrici di dimensioni modali 2-4 cm. Grado di alterazione dei clasti: carbonati decarbonatati e cristallini da debolmente a molto alterati sino ad arenizzati.

Campioni: prelevati 2 campioni per analisi di laboratorio

Note: foto 1 e 2, nessuna evidenza di venute d'acqua.

Pocket Penetrometro (kg/cm²):

4.1	4.5	5.6	5.4	6.0	4.4	5.6	4.8	5.5	5.2	5.2	4.8
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

AS 2

0 - 130 cm	Terreno di riporto estremamente disomogeneo con blocchi grossolani di calcestruzzo e ferro, costituito da ghiaia sabbiosa e abbondanti frammenti di laterizi.
130 - 280 cm	Ghiaia medio-grossolana con matrice sabbiosa debolmente limosa; il supporto variabile tra clasti e matrice. Clasti poligenici, eterometrici di dimensioni modali 4-5 cm e massime 20÷30 cm, arrotondati. Grado di alterazione dei clasti: carbonati decarbonatati, cristallini da poco (con sottile cortex di alterazione) a molto alterati sino ad arenizzati.

Campioni: prelevato 1 campione per analisi di laboratorio

Note: foto 3 e 4, nessuna evidenza di venute d'acqua

AS 3

0 - 40 cm	Terreno di riporto
40 - 100 cm	Limo sabbioso di colore bruno chiaro con clasti sparsi di dimensioni millimetriche. Presenza di abbondanti frustoli vegetali.
100 - 320 cm	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa a supporto di matrice con rari ciottoli. Clasti poligenici, eterometrici di dimensioni modali 3÷10 cm e massime 20 cm. Grado di alterazione: carbonati da decarbonatati ad alterati.

Campioni: prelevato 1 campione per analisi di laboratorio

Note: foto 5 e 6

AS 4

0 - 80 cm	Terreno di riporto costituito da limo color bruno scuro con ciottoli e frammenti di laterizi.
80 - 220 cm	Ghiaia e ciottoli a supporto di matrice sabbiosa medio-grossolana. Clasti poligenici, eterometrici di dimensioni modali 2-3 cm e massime 15 cm.
220 - 280 cm	Come livello precedente, ma con una maggiore percentuale di ciottoli aventi maggiori dimensioni (sino a 30 cm).

Campioni: prelevato 1 campione per analisi di laboratorio

AS 5

0 - 80 cm	Terreno di riporto costituito da ghiaia sabbiosa, frammenti di laterizi ed asfalto.
80 - 240 cm	Ghiaia medio grossolana a supporto di matrice sabbiosa molto debolmente limosa; la frazione limosa diminuisce con la profondità. Tra 170 e 180 cm presenza di una lente discontinua di sabbia gradata che delimita il fronte di alterazione (spessore 90cm). Colore grigio chiaro, bruno rossiccio nel profilo di alterazione. Clasti poligenici, eterometrici di dimensioni modali 3-4 cm e massime 20 cm.

Note: foto 9 e 10

AS 6

0 - 110 cm	Terreno di riporto costituito da ghiaia, sabbia, frammenti di laterizi, bitume, cemento e calcestruzzo.
110 - 200 cm	Ghiaia e ciottoli a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa di colore bruno rossiccio. Clasti poligenici, eterometrici di dimensioni modali 10 cm.
200 - 240 cm	Ghiaia a supporto di matrice sabbiosa pulita ben selezionata. Clasti poligenici, eterometrici di dimensioni modali 2-4 cm e massime 10 cm.

Campioni: prelevato 1 campione per analisi di laboratorio

Note: foto 7 e 8

INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente	Infrastrutture Acque Nord Milano S.p.A.
Commessa	Fognatura e tombinatura nuova strada di P.R.G.
Località	Paderno Dugnano (MI): via Serra - via S. Ambrogio
Data	19/12/2006
Prova	P1
Prof. falda	- [m]

Caratteristiche del penetrometro

Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	6,31
Lunghezza aste	[m]	0,90
Area della punta	[cm ²]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

Prof. [m]	γ_n [kN/m ³]	N _p [-]	N _{SPT} /N _p [-]	Categoria terreno	σ_{vo} [kPa]	σ'_{vo} [kPa]	N _{SPT} [colpi/30 cm]	N ₁ [colpi/30 cm]	D _r [-]	ϕ' [°]	c _u [kPa]	V _s [m/s]	E [MPa]
0,15	18,0	2	2,0	SM	3	3	4	30	0,71	35		89	4
0,45	18,0	2	2,0	SM	8	8	4	16	0,52	32		104	5
0,75	18,0	3	2,0	GM	14	14	6	18	0,55	35		124	8
1,05	18,0	4	2,0	GM	19	19	8	20	0,58	35		140	10
1,35	18,0	10	2,0	GM	24	24	20	44	0,87	39		182	16
1,65	18,0	17	2,0	GM	30	30	34	67	1,00	41		214	23
1,95	18,0	24	2,0	GM	35	35	48	86	1,00	41		238	28
2,25	18,0	14	2,0	GM	41	41	28	46	0,90	39		212	22
2,55	18,0	6	2,0	GM	46	46	12	19	0,55	35		175	15
2,85	18,0	6	2,0	GM	51	51	12	17	0,53	34		178	16
3,15	18,0	9	2,0	GM	57	57	18	25	0,64	36		199	20
3,45	18,0	7	2,0	GM	62	62	14	18	0,55	35		190	18
3,75	18,0	5	2,0	GM	68	68	10	12	0,45	33		176	15
4,05	18,0	4	2,0	GM	73	73	8	10	0,39	32		169	14
4,35	19,0	12	2,0	GM	79	79	24	27	0,68	36		224	26
4,65	19,0	22	2,0	GM	84	84	44	48	0,92	40		264	36
4,95	19,0	30	2,0	GM	90	90	60	64	1,00	41		287	43
5,25	19,0	37	2,0	GM	96	96	74	76	1,00	41		305	49
5,55	19,0	33	2,0	GM	101	101	66	65	1,00	41		299	47
5,85	19,0	33	2,0	GM	107	107	66	64	1,00	41		302	48
6,15	19,0	30	2,0	GM	113	113	60	56	0,99	41		297	46
6,45	19,0	38	2,0	GM	119	119	76	69	1,00	41		317	53
6,75	19,0	42	2,0	GM	124	124	84	74	1,00	41		327	56

INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente	Infrastrutture Acque Nord Milano S.p.A.
Commessa	Fognatura e tombinatura nuova strada di P.R.G.
Località	Paderno Dugnano (MI): via Serra - via S. Ambrogio
Data	19/12/2006
Prova	P2
Prof. falda	- [m]

Caratteristiche del penetrometro

Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	6,31
Lunghezza aste	[m]	0,90
Area della punta	[cm ²]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

Prof. [m]	γ_n [kN/m ³]	N_p [-]	N_{SPT}/N_p [-]	Categoria terreno	σ_{vo} [kPa]	σ'_{vo} [kPa]	N_{SPT} [colpi/30 cm]	N_1 [colpi/30 cm]	D_r [-]	ϕ' [°]	c_u [kPa]	V_s [m/s]	E [MPa]
0,15	18,0	2	2,0	SM	3	3	4	30	0,71	35		89	4
0,45	18,0	8	2,0	GM	8	8	16	65	1,00	41		147	11
0,75	18,0	8	2,0	GM	14	14	16	49	0,92	40		158	12
1,05	18,0	10	2,0	GM	19	19	20	51	0,94	40		176	15
1,35	18,0	10	2,0	GM	24	24	20	44	0,87	39		182	16
1,65	18,0	13	2,0	GM	30	30	26	51	0,94	40		200	20
1,95	18,0	4	2,0	GM	35	35	8	14	0,48	34		152	11
2,25	18,0	4	2,0	GM	41	41	8	13	0,46	33		155	12
2,55	18,0	5	2,0	GM	46	46	10	15	0,50	34		167	14
2,85	18,0	6	2,0	GM	51	51	12	17	0,53	34		178	16
3,15	18,0	6	2,0	GM	57	57	12	16	0,52	34		180	16
3,45	18,0	5	2,0	GM	62	62	10	13	0,46	33		174	15
3,75	18,0	8	2,0	GM	68	68	16	20	0,57	35		198	20
4,05	18,0	8	2,0	GM	73	73	16	19	0,56	35		201	20
4,35	19,0	25	2,0	GM	79	79	50	57	1,00	41		269	38
4,65	19,0	34	2,0	GM	84	84	68	75	1,00	41		294	45
4,95	19,0	31	2,0	GM	90	90	62	66	1,00	41		290	44
5,25	19,0	29	2,0	GM	96	96	58	59	1,00	41		287	43
5,55	19,0	35	2,0	GM	101	101	70	69	1,00	41		304	48

INTERPRETAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente	Infrastrutture Acque Nord Milano S.p.A.
Commessa	Fognatura e tombinatura nuova strada di P.R.G.
Località	Paderno Dugnano (MI): via Serra - via S. Ambrogio
Data	19/12/2006
Prova	P3
Prof. falda	- [m]

Caratteristiche del penetrometro		
Massa del maglio	[kg]	73
Altezza di caduta	[m]	0,75
Massa testa di battuta	[kg]	0,70
Massa aste	[kg/m]	6,31
Lunghezza aste	[m]	0,90
Area della punta	[cm ²]	20
Penetrazione unitaria	[m]	0,30

Prof. [m]	γ_n [kN/m ³]	N_p [-]	N_{SPT}/N_p [-]	Categoria terreno	σ_{vo} [kPa]	σ'_{vo} [kPa]	N_{SPT} [colpi/30 cm]	N_1 [colpi/30 cm]	D_r [-]	ϕ' [°]	c_u [kPa]	V_s [m/s]	E [MPa]
0,15	18,0	8	2,0	GM	3	3	16	121	1,00	41		126	8
0,45	18,0	8	2,0	GM	8	8	16	65	1,00	41		147	11
0,75	18,0	6	2,0	GM	14	14	12	37	0,79	38		147	11
1,05	18,0	6	2,0	GM	19	19	12	31	0,72	37		154	12
1,35	18,0	3	2,0	GM	24	24	6	13	0,46	33		135	9
1,65	18,0	3	2,0	GM	30	30	6	12	0,44	33		138	9
1,95	18,0	6	2,0	GM	35	35	12	22	0,60	35		168	14
2,25	18,0	12	2,0	GM	41	41	24	40	0,83	38		204	21
2,55	19,0	19	2,0	GM	46	46	38	59	1,00	41		234	29
2,85	19,0	27	2,0	GM	52	52	54	78	1,00	41		259	35
3,15	19,0	22	2,0	GM	58	58	44	60	1,00	41		250	33
3,45	19,0	38	2,0	GM	63	63	76	98	1,00	41		290	44
3,75	19,0	48	2,0	GM	69	69	96	118	1,00	41		311	51
4,05	19,0	39	2,0	GM	75	75	78	92	1,00	41		299	47
4,35	19,0	36	2,0	GM	80	80	72	81	1,00	41		296	46
4,65	19,0	37	2,0	GM	86	86	74	80	1,00	41		301	47
4,95	19,0	49	2,0	GM	92	92	98	103	1,00	41		326	56
5,25	19,0	57	2,0	GM	98	98	100	116	1,00	41		341	61

Limite area di intervento

Edificio in progetto

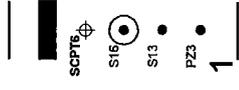
Prova penetrometrica dinamica

Sondaggio geognostico profondo (20 - 30 m)

Sondaggio geognostico superficiale

Piccometri

Traccia sezione geognostica



Edificio Costruito

GARDEN
e
LE VALLAZZE

Via Palla 184 n. 27
20124 MILANO

Programma Integrato di Intervento
COMPARTO BT4 AREA ex "LARES-COZZI" - SUBANBITTO 1
PADERNO DUGNANO (MI)

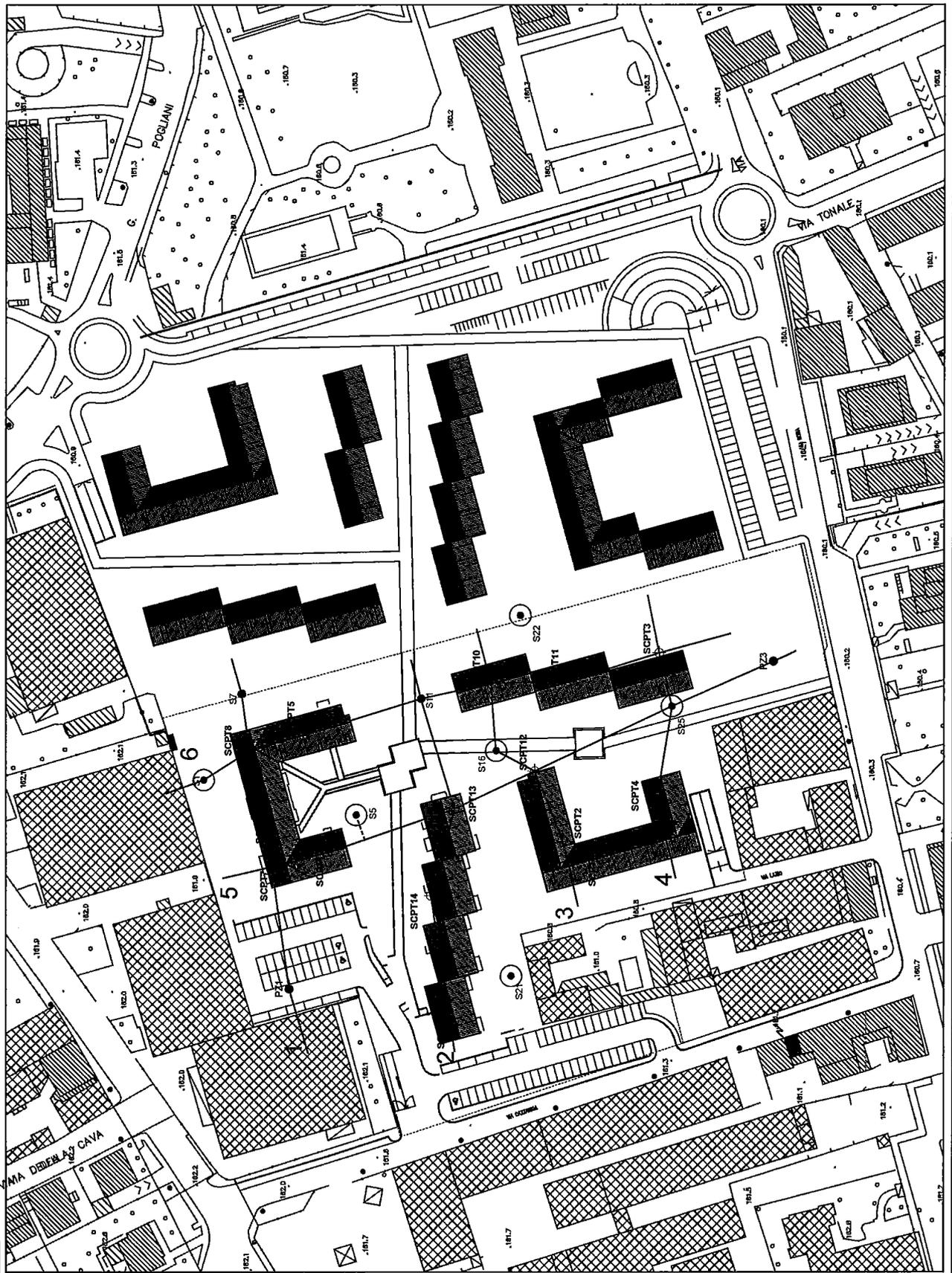
CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

STUDIO INGEGNERISTICO
www.ingegnerist.it
Via Bassano di Via Volta 1 - 20121 Milano
Tel. 02 57491111 - 02 57491112
e-mail: info@ingegnerist.it
www.ingegnerist.com

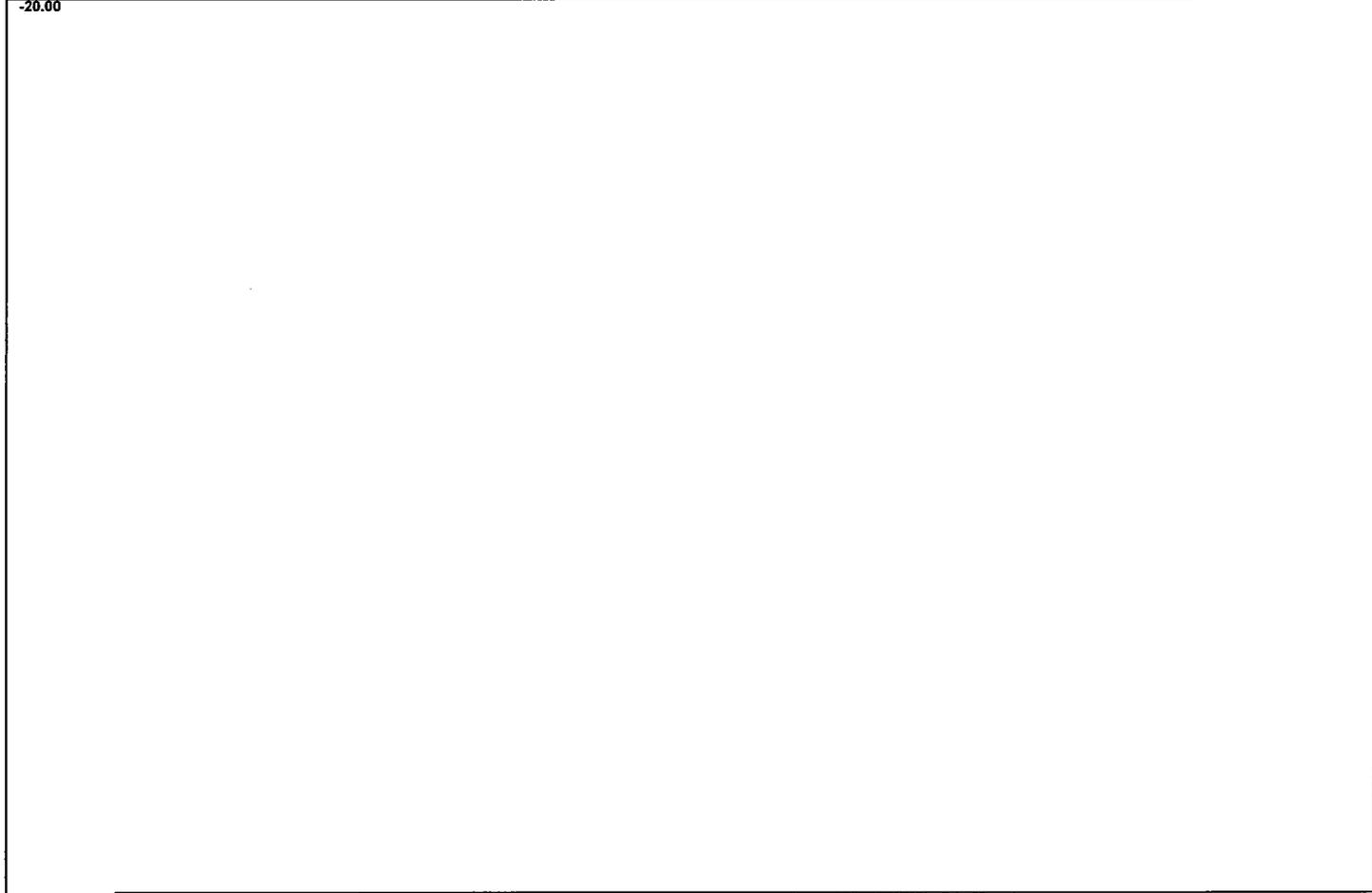


DATA	SCALA	NOTE FILE
APPRO. DATA	LEGGI	INSERIMENTO
	TAV. 2	



Committente SOC. COOP. GARDEN e LE VALLAZZE
Commessa _____
Localita' Lares Cozzi - Paderno Dugnano (MI)
Data 16/09/07 **Sondaggio n.** S1

Profondita' da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Campen. tipo	Profond. Campion.	S.P.T.			Vane		Test	PP
						punta tipo	h	n. colpi	max	res.		
-0.10		Asfalto										
-0.90		Sabbia da fine a grossa limosa grigiastro con ghiaia e resti lateritici										
-3.50		Sabbia medio fine limosa argillosa grigiastro nocciola inglobante ghiaia medio fine										
		Sabbia da fine a grossolana grigiastro con ghiaia e ciottoli										
						C	1.5	4 4 6				
						C	3.0	4 3 3				
						C	4.5	30 35 50 rif.				
						C	6.0	29 39 45				
						C	7.5	32 50 rif. 8				
						C	9.0	27 31 29				
						C	10.5	21 17 27				
						C	12.0	20 46 49				
						C	13.5	28 32 41				
						C	15.0	35 29 43				
						C	16.5	39 31 35				
						C	18.0	28 34 39				
						C	19.5	19 28 24				



Metodo perforazione	<u>Carot 0-20 m (rot)</u>	Diametro perforazione	<u>101</u> mm	Livello falda			
Metodo perforazione	_____	Diametro rivestimento	<u>127</u> mm	data	prof. foro	prof. riv.	liv. acqua
Quota inizio	<u>p.c.</u> m						

Committente SOC. COOP. GARDEN e LE VALLAZZE
Commessa _____
Localita' Lares Cozzi - Paderno Dugnano (MI)
Data 19-20/09/07 **Sondaggio n.** S5



Profondita' da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Campion. tipo	Profond. Campion.	S.P.T.			Vane max	Test res.	PP
						punta tipo	h	n. colpi			
-0.10		Asfalto									
-0.70		Ghiaia con sabbia grigia									
-2.00		Limo sabbioso nocciola inglobante ghiaia e resti lateritici				C	1.5	6 10 5			
-4.00		Sabbia da fine a grossa limosa nocciola grigiastra con ghiaia medio fine				C	3.0	7 9 8			
		Sabbia da fine a grossolana grigiastra con ghiaia da fine a grossa e ciottoli Presenza di livelli con ciottoli prevalenti (Ømax > 12 cm) in matrice sabbioso limosa				C	4.5	29 30 41			
			C	6.0	15 28 28						
			C	7.5	21 50 rif. 8						
			C	9.0	31 50 rif. 7						
			C	10.5	19 24 25						
			C	12.0	18 25 23						
			C	15.0	27 50 rif. 12						
			C	18.0	19 34 30						
			C	21.0	26 29 33						
			C	24.0	27 50 rif. 6						
		C	27.0	30 24 28							
-30.00											

Metodo perforazione	<u>Carot 0-30 m (rot)</u>	Diametro perforazione	<u>101</u> mm	Livello falda			
Metodo perforazione	_____	Diametro rivestimento	<u>127</u> mm	data	prof. foro	prof. riv.	liv. acqua
Quota inizio	<u>p.c.</u> m						

Committente

SOC. COOP. GARDEN e LE VALLAZZE

Commessa

Localita'

Lares Cozzi - Paderno Dugnano (MI)

Data 21/09/07

Sondaggio n. S16

Profondita' da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Campion. tipo	Profond. Campion.	S.P.T.			Vane max	Test res.	PP
						punta tipo	h	n. colpi			
-0.20		Asfalto									
-0.80		Sabbia media grigia con ghiaia medio grossa									
		Limo sabbioso nocciola inglobante ghiaia e resti lateritici				C	1.5	4 5 5			
		Sabbia medio fine limosa nocciola con ghiaia da fine a grossa					3.0	1 2 2			
		Sabbia da fine a grossolana deb. limosa grigiasta con ghiaia da fine a grossolana e ciottoli					4.5	25 37 38			
							6.0	16 23 50 rif.			
							7.5	10 20 22			
							9.0	20 31 50 rif.			
							12.0	15 19 28			
							13.5	16 22 19			
							15.0	31 50 rif. 10			
						18.0	17 20 24				
-20.00											

Metodo perforazione

Carot. 0-20 m (rot)

Diametro perforazione

101 mm

Metodo perforazione

Diametro rivestimento

127 mm

Quota inizio

D.C. m

Livello falda

data prof. foro prof. riv. liv. acqua

Committente

SOC. COOP. GARDEN e LE VALLAZZE

Commessa

Localita'

Lares Cozzi - Paderno Dugnano (MI)

Data

24/09/07

Sondaggio n.

S21

Profondita' da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Campion. tipo	Profond. Campion.	S.P.T.			Vane max	Test res.	PP
						punta tipo	h	n. colpi			
-0.20		Cemento									
		Limo sabbioso e sabbia fine limosa nocciola inglobante ghiaia fine e rari resti lateritici più superficiali				C	1.5	3 2 4			
						C	3.0	3 3 5			
-4.00						C	4.5	6 8 31			
						C	6.0	18 27 29			
						C	7.5	24 31 39			
						C	9.0	26 50 rif. 8			
		Sabbia da fine a grossolana grigiastrea con ghiaia da fine a grossa e rari ciottoli poligenici				C	12.0	27 50 rif. 9			
						C	15.0	24 33 29			
-20.00											

Metodo perforazione

Carot 0-20 m (rot)

Diametro perforazione

101 mm

Metodo perforazione

Diametro rivestimento

127 mm

Quota inizio

p.c. m

Livello falda

data	prof. foro	prof. riv.	liv. acqua

Committente

SOC. COOP. GARDEN e LE VALLAZZE

Commessa

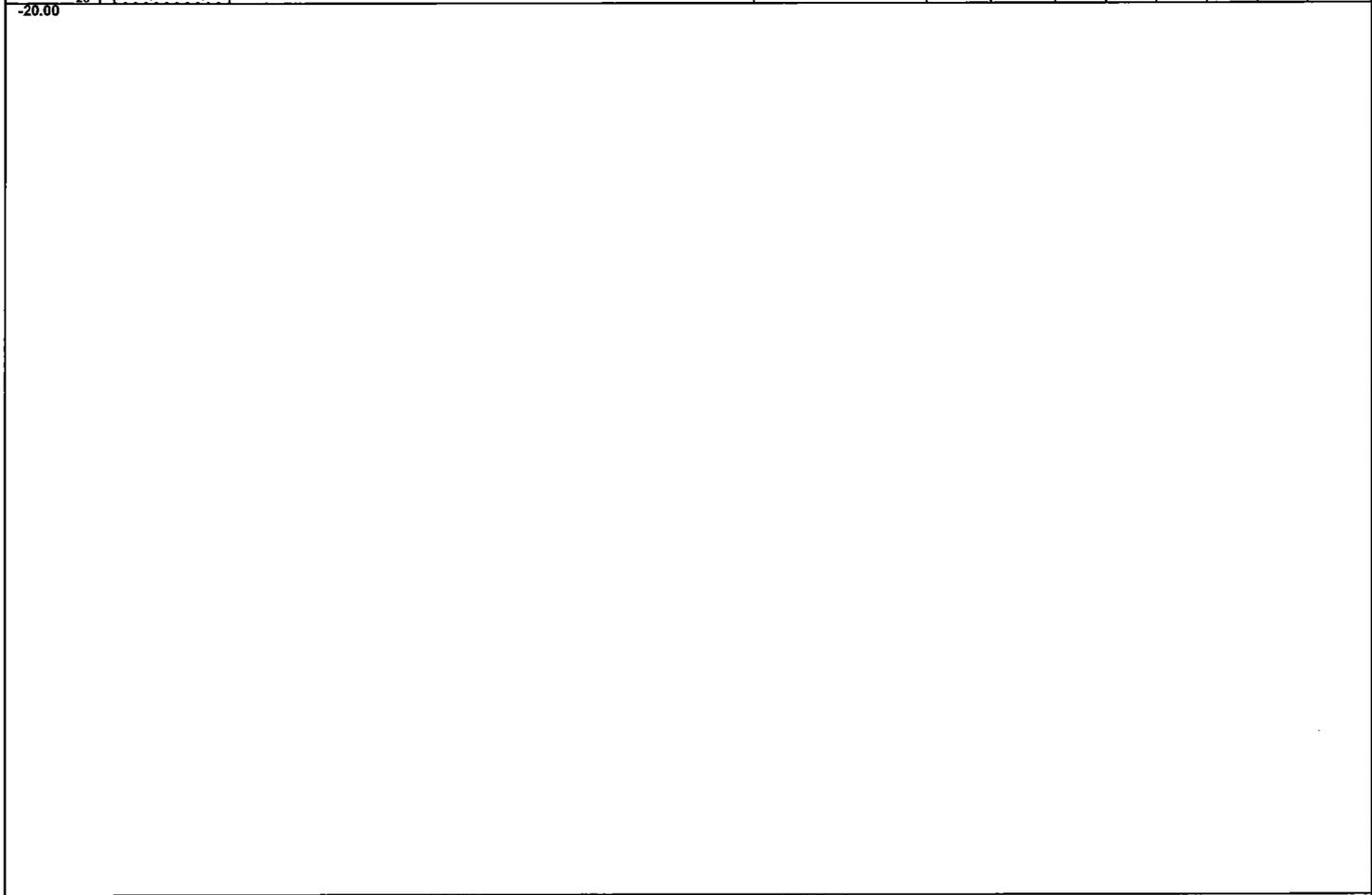
Localita'

Lares Cozzi - Paderno Dugnano (MI)

Data 24/09/07

Sondaggio n. S22

Profondita' da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Campion. tipo	Profond. Campion.	S.P.T.			Vane		Test	PP
						punta tipo	h	n. colpi	max	res.		
-0.20		Asfalto										
-0.70		Sabbia media grigia con ghiaia medio fine										
-1.70		Limo sabbioso e sabbia limosa nocciola con ghiaia medio fine				C	1.5	5 5 3				
-4.00		Sabbia da fine a grossa grigio nocciola limosa con ghiaia da fine a grossa					3.0	15 18 16				
		Sabbia da fine a grossolana grigiastrea con ghiaia da fine a grossa e ciottoli poligenici					4.5	32 41 46				
							6.0	27 30 29				
							7.5	13 21 23				
							9.0	21 23 27				
							10.5	18 21 25				
							12.0	14 20 19				
							13.5	17 19 23				
							15.0	20 23 21				
							16.5	30 50 rif. 7				
							18.0	27 35 50 rif.				



Metodo perforazione	<u>Carot 0-20 m (rot)</u>	Diametro perforazione	<u>101</u> mm	Livello falda			
Metodo perforazione	_____	Diametro rivestimento	<u>127</u> mm	data	prof. foro	prof. riv.	liv. acqua
Quota inizio	<u>p.c.</u> m						

Committente

SOC. COOP. GARDEN e LE VALLAZZE

Commessa

Localita'

Lares Cozzi - Paderno Dugnano (MI)

Data 20/09/07

Sondaggio n. S25

Profondita' da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Piezometro	Campion. tipo	Profond. Campion.	S.P.T.			Vane max	Test res.	PP
						punta tipo	h	n. colpi			
-0.10		Asfalto									
-2.60		Sabbia medio fine limosa nocciola grigiastra con ghiaia e resti lateritici				C	1.5	8 8 5			
							3.0	6 7 7			
							4.5	8 8 7			
							6.0	18 32 35			
							7.5	11 30 27			
							9.0	21 24 25			
		Sabbia da fine a grossolana deb. limosa grigiastra con ghiaia da fine a grossolana e ciottoli					10.5	24 26 29			
							12.0	21 20 26			
							13.5	19 50 rif 11			
						C	18.0	24 50 rif 5			
						C	21.0	25 31 39			
							22.5	29 27 38			
							24.0	27 31 39			
		Ghiaia da fine a grossa					27.0	16 50 rif. 9			
							29.0	19 28 32			
-30.00											

Metodo perforazione	<u>Carot 0-30 m (rot)</u>	Diametro perforazione	<u>101</u> mm	Livello falda			
Metodo perforazione	_____	Diametro rivestimento	<u>127</u> mm	data	prof. foro	prof. riv.	liv. acqua
Quota inizio	<u>p.c.</u> m						

Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

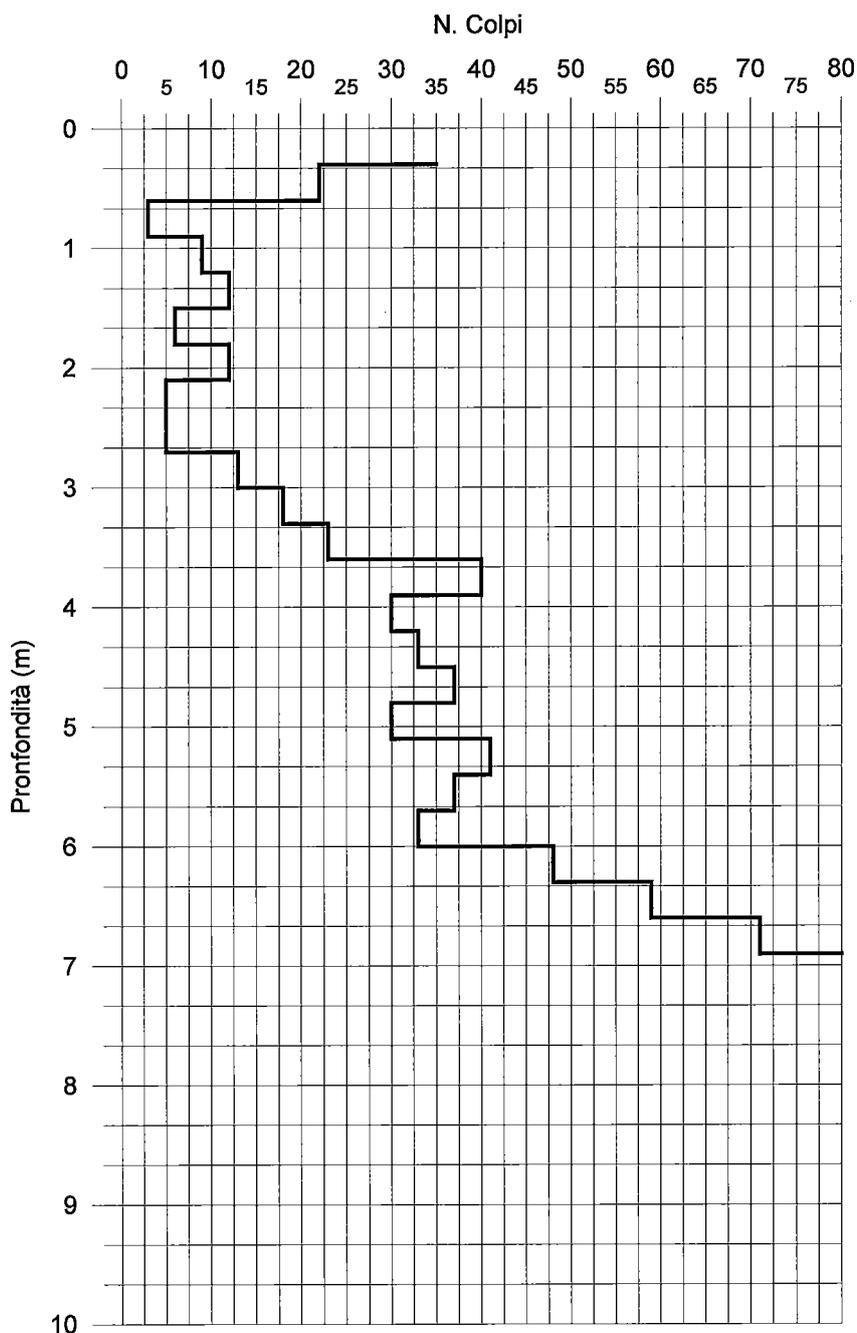
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT1**

Data 12/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	35	
0,60	22	
0,90	3	
1,20	9	
1,50	12	
1,80	6	
2,10	12	
2,40	5	
2,70	5	
3,00	13	
3,30	18	
3,60	23	
3,90	40	
4,20	30	
4,50	33	
4,80	37	
5,10	30	
5,40	41	
5,70	37	
6,00	33	
6,30	48	
6,60	59	
6,90	71	
7,20	100	
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

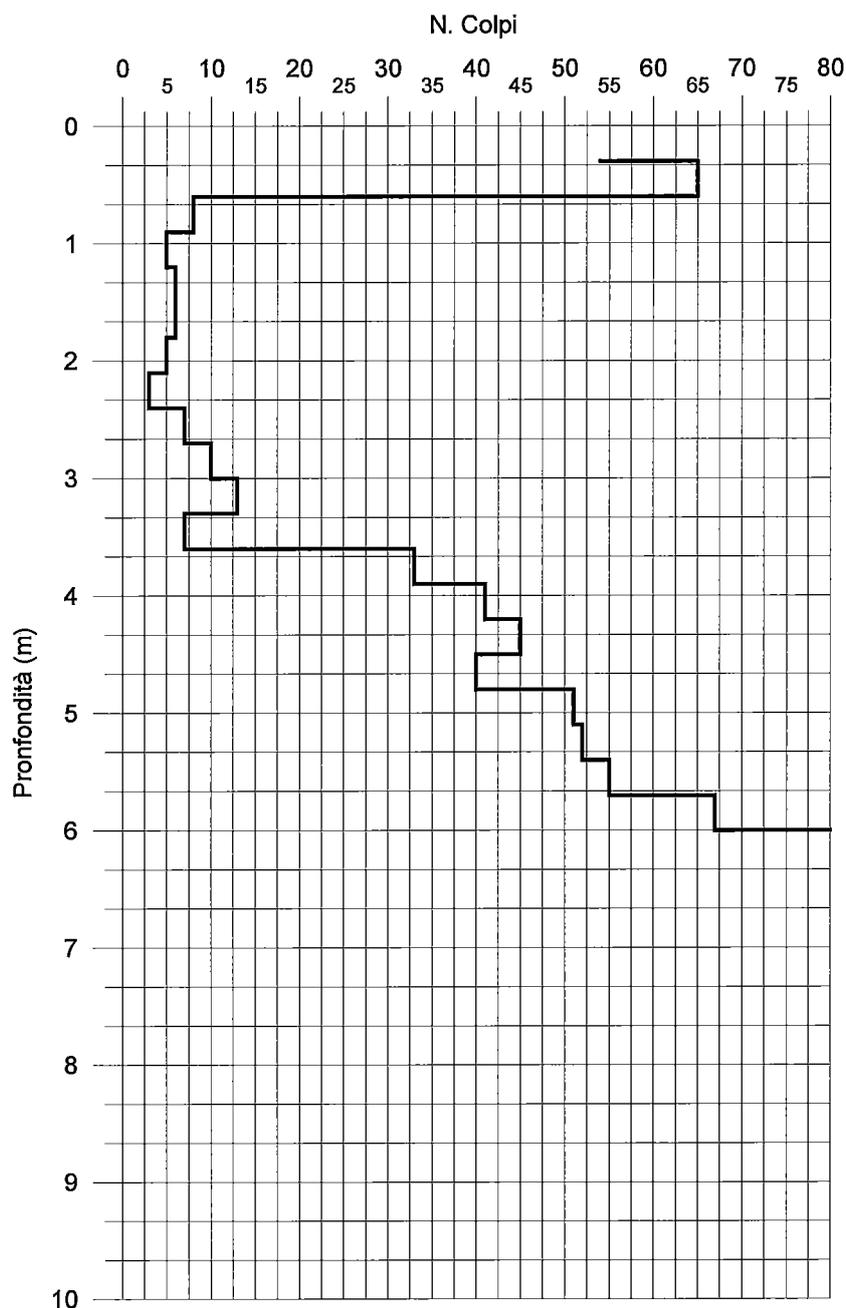
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT2**

Data 12/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	54	
0,60	65	
0,90	8	
1,20	5	
1,50	6	
1,80	6	
2,10	5	
2,40	3	
2,70	7	
3,00	10	
3,30	13	
3,60	7	
3,90	33	
4,20	41	
4,50	45	
4,80	40	
5,10	51	
5,40	52	
5,70	55	
6,00	67	
6,30	100	
6,60		
6,90		
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

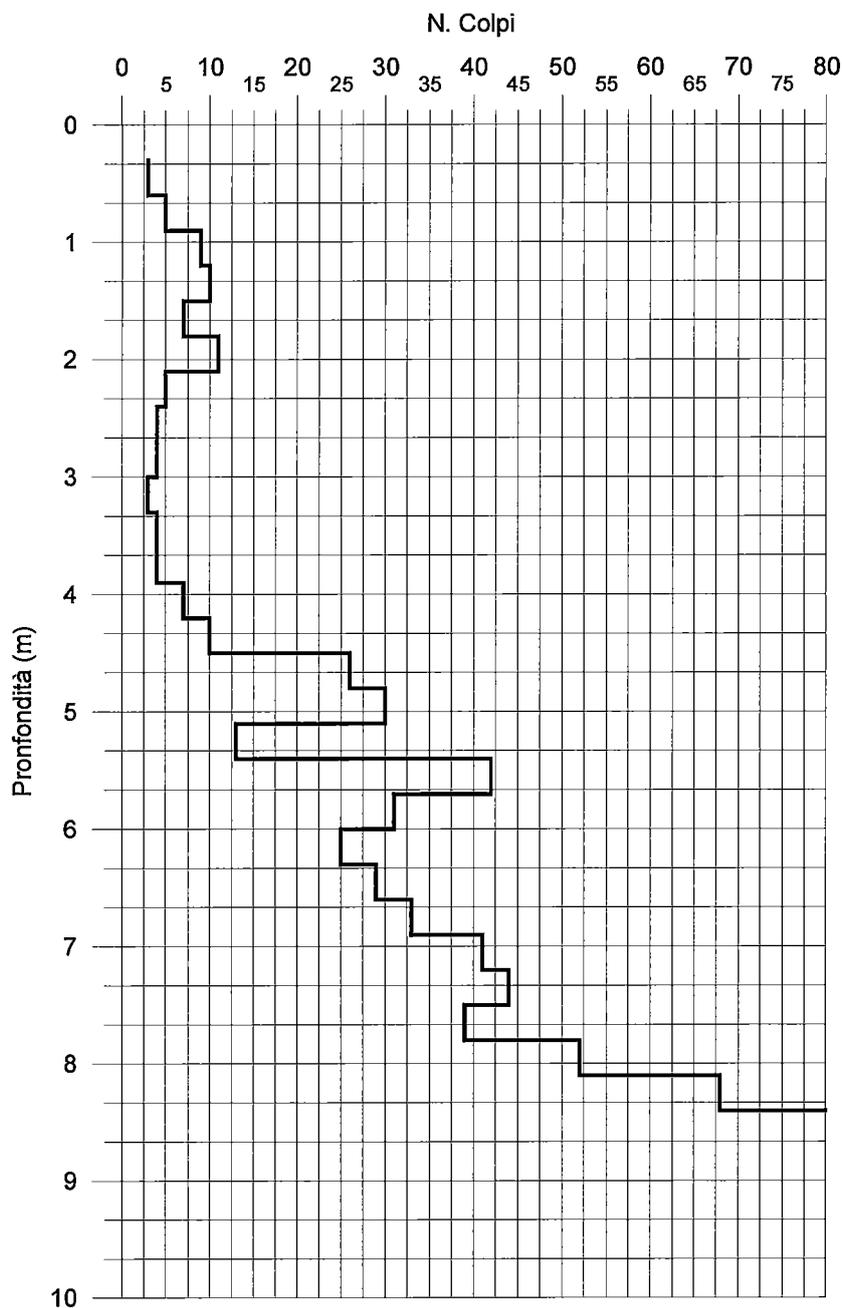
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT3**

Data 12/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60	3	
0,90	5	
1,20	9	
1,50	10	
1,80	7	
2,10	11	
2,40	5	
2,70	4	
3,00	4	
3,30	3	
3,60	4	
3,90	4	
4,20	7	
4,50	10	
4,80	26	
5,10	30	
5,40	13	
5,70	42	
6,00	31	
6,30	25	
6,60	29	
6,90	33	
7,20	41	
7,50	44	
7,80	39	
8,10	52	
8,40	68	
8,70	100	
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

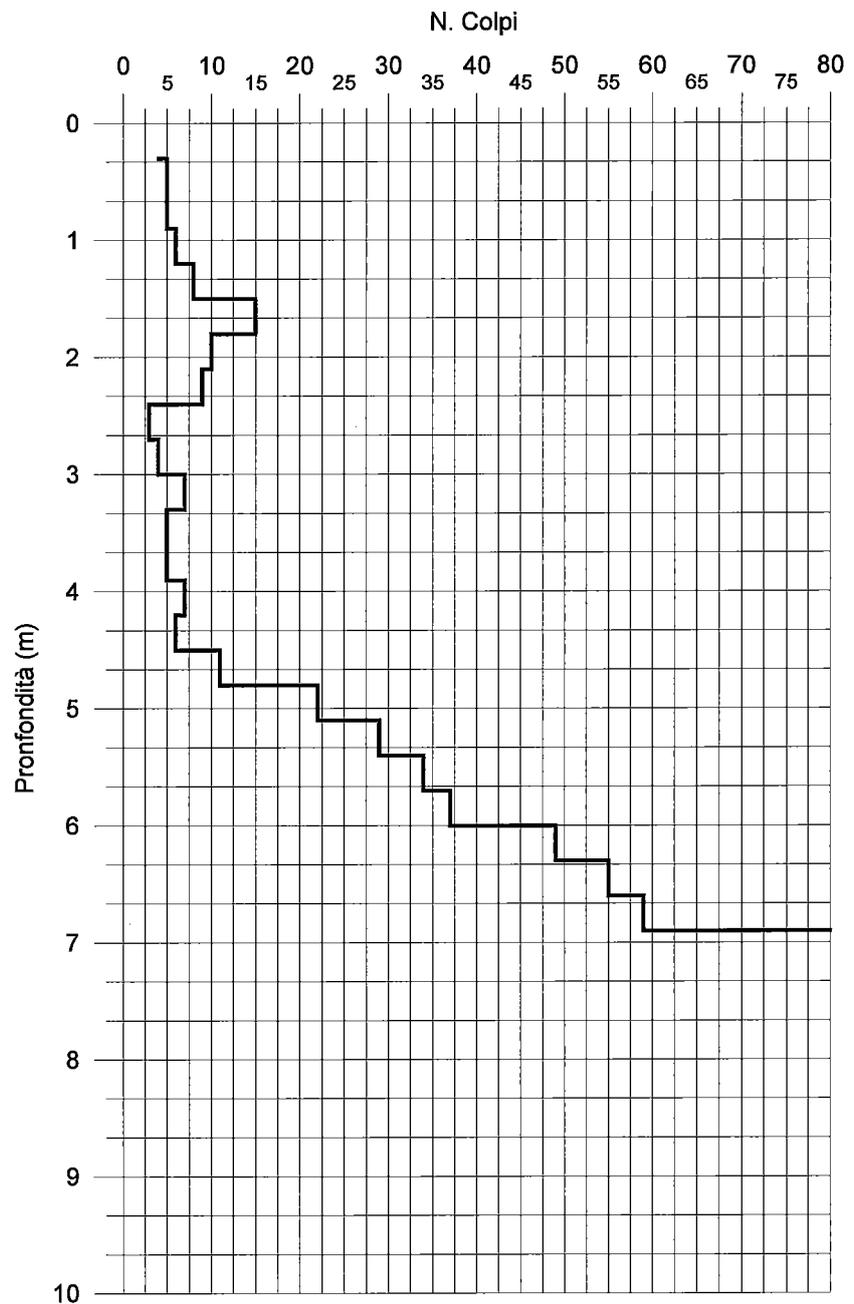
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT4**

Data 12/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	4	
0,60	5	
0,90	5	
1,20	6	
1,50	8	
1,80	15	
2,10	10	
2,40	9	
2,70	3	
3,00	4	
3,30	7	
3,60	5	
3,90	5	
4,20	7	
4,50	6	
4,80	11	
5,10	22	
5,40	29	
5,70	34	
6,00	37	
6,30	49	
6,60	55	
6,90	59	
7,20	100	
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

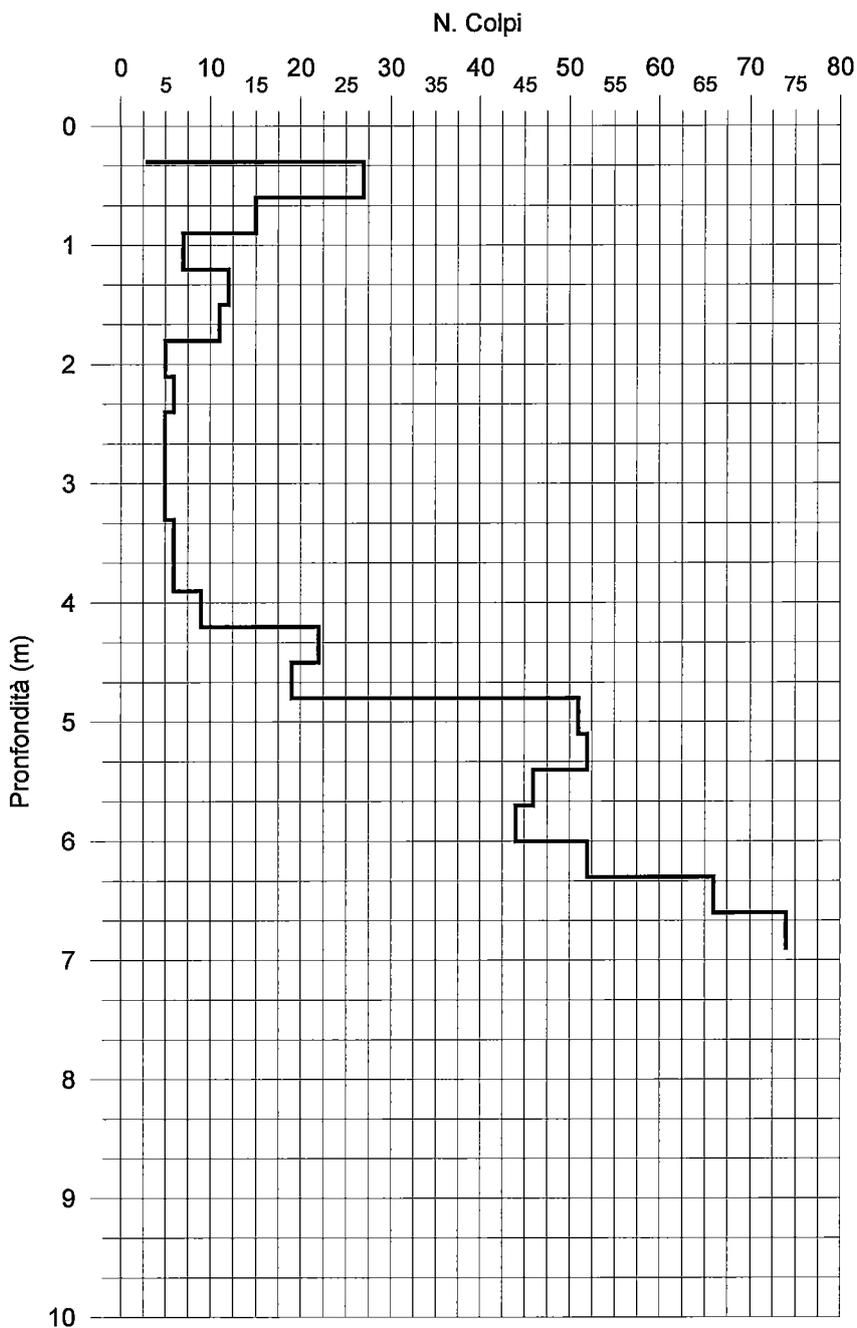
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT5**

Data 12/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60	27	
0,90	15	
1,20	7	
1,50	12	
1,80	11	
2,10	5	
2,40	6	
2,70	5	
3,00	5	
3,30	5	
3,60	6	
3,90	6	
4,20	9	
4,50	22	
4,80	19	
5,10	51	
5,40	52	
5,70	46	
6,00	44	
6,30	52	
6,60	66	
6,90	74	
7,20	100	
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

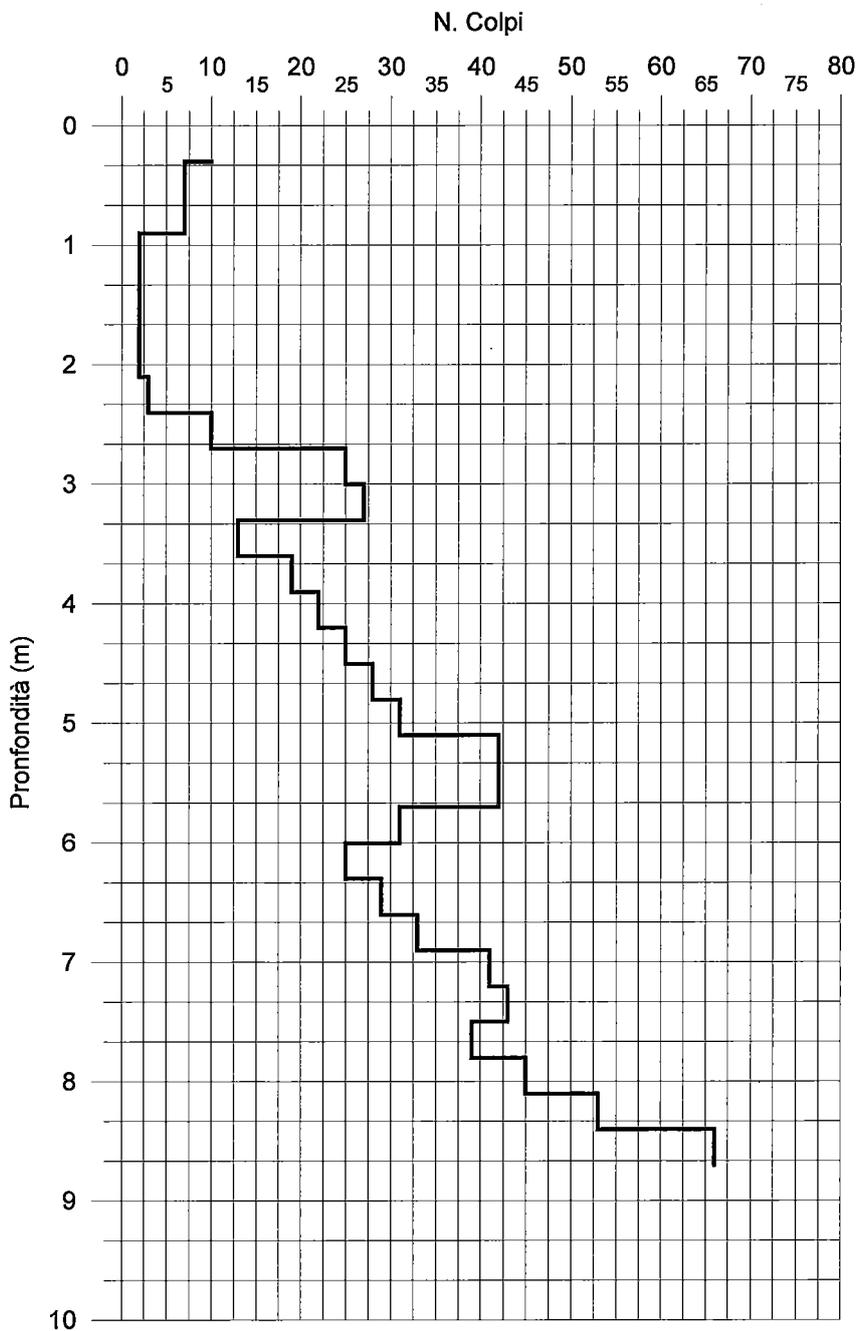
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT6**

Data 12/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	10	
0,60	7	
0,90	7	
1,20	2	
1,50	2	
1,80	2	
2,10	2	
2,40	3	
2,70	10	
3,00	25	
3,30	27	
3,60	13	
3,90	19	
4,20	22	
4,50	25	
4,80	28	
5,10	31	
5,40	42	
5,70	42	
6,00	31	
6,30	25	
6,60	29	
6,90	33	
7,20	41	
7,50	43	
7,80	39	
8,10	45	
8,40	53	
8,70	66	
9,00	100	
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

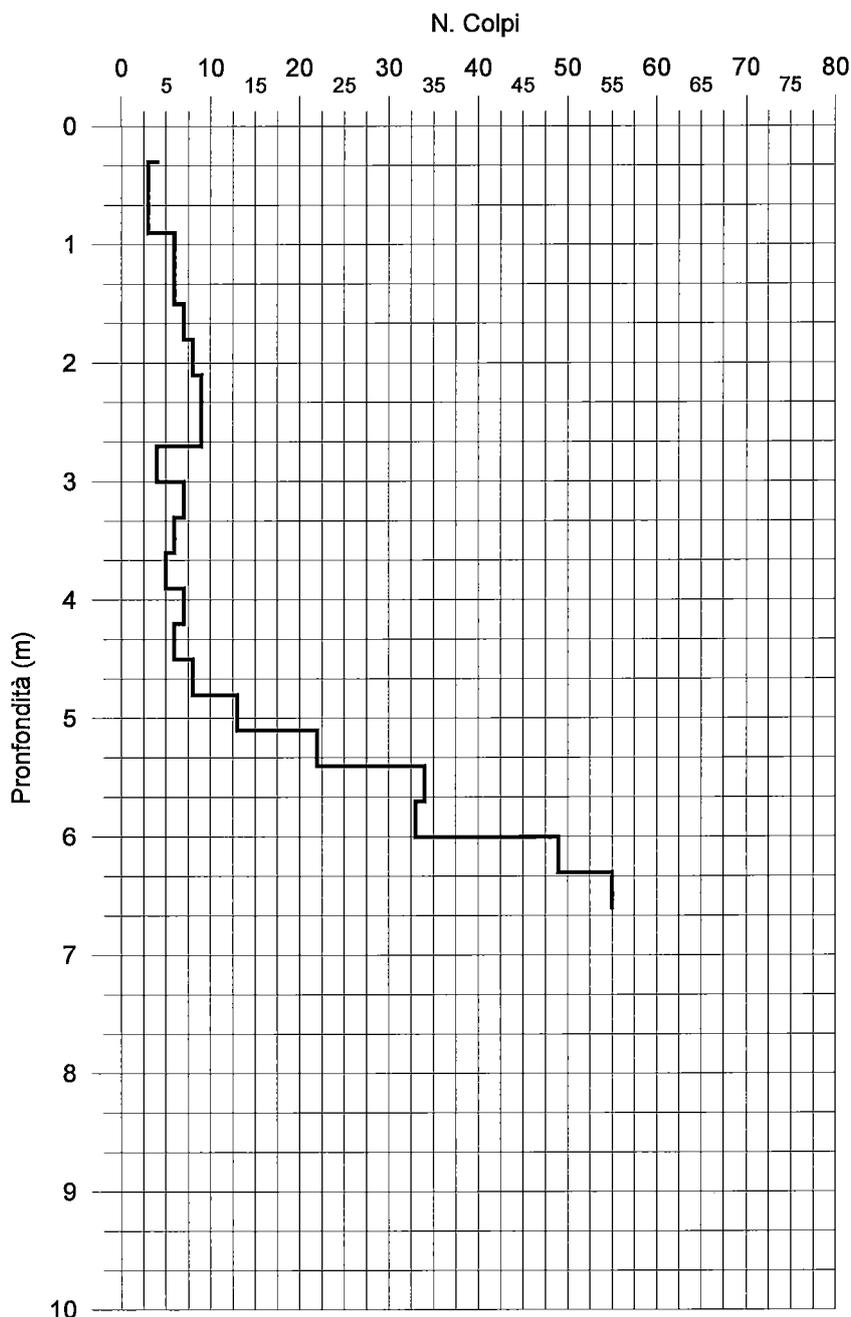
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT7**

Data 15/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	4	
0,60	3	
0,90	3	
1,20	6	
1,50	6	
1,80	7	
2,10	8	
2,40	9	
2,70	9	
3,00	4	
3,30	7	
3,60	6	
3,90	5	
4,20	7	
4,50	6	
4,80	8	
5,10	13	
5,40	22	
5,70	34	
6,00	33	
6,30	49	
6,60	55	
6,90	100	
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

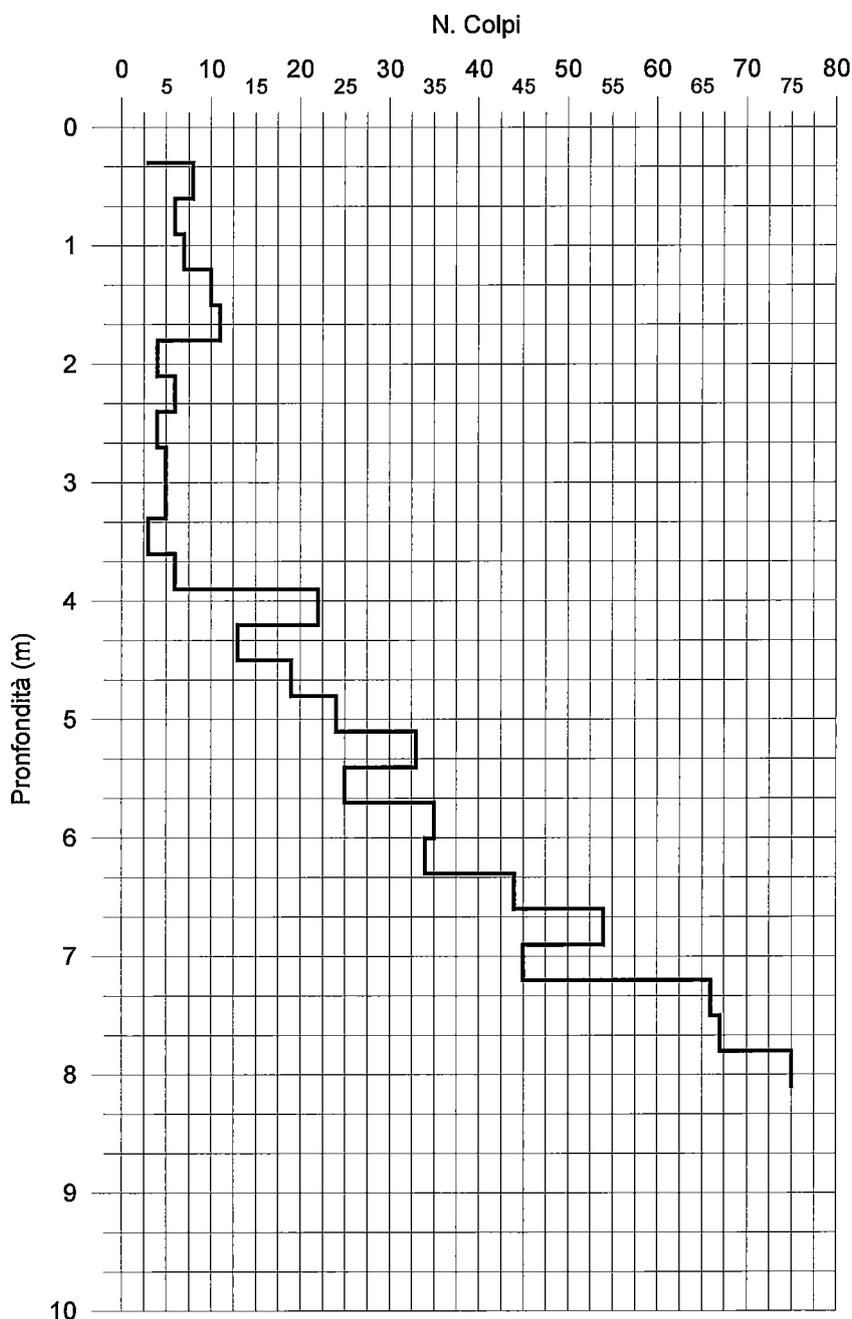
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT8**

Data 15/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60	8	
0,90	6	
1,20	7	
1,50	10	
1,80	11	
2,10	4	
2,40	6	
2,70	4	
3,00	5	
3,30	5	
3,60	3	
3,90	6	
4,20	22	
4,50	13	
4,80	19	
5,10	24	
5,40	33	
5,70	25	
6,00	35	
6,30	34	
6,60	44	
6,90	54	
7,20	45	
7,50	66	
7,80	67	
8,10	75	
8,40	100	
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

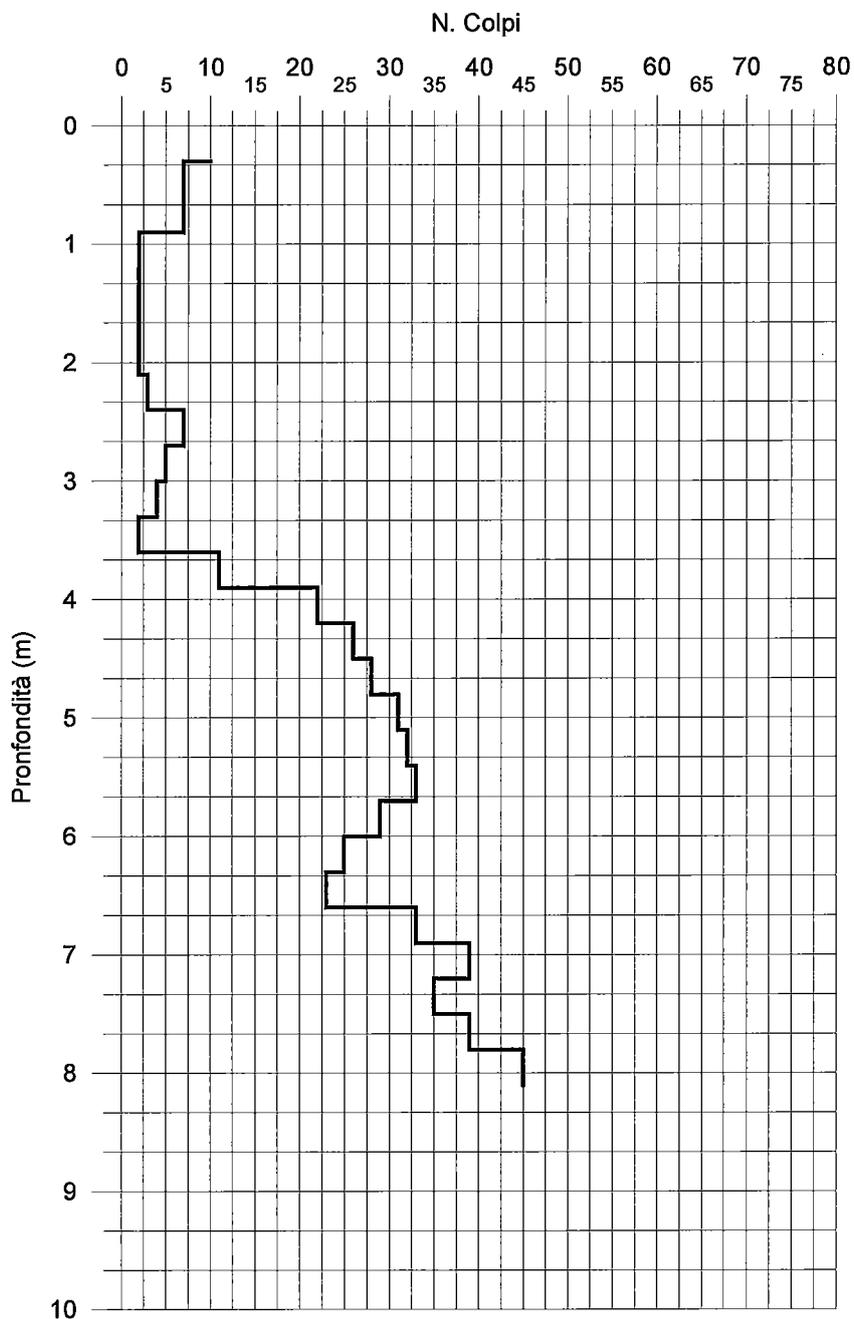
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT9**

Data 15/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	10	
0,60	7	
0,90	7	
1,20	2	
1,50	2	
1,80	2	
2,10	2	
2,40	3	
2,70	7	
3,00	5	
3,30	4	
3,60	2	
3,90	11	
4,20	22	
4,50	26	
4,80	28	
5,10	31	
5,40	32	
5,70	33	
6,00	29	
6,30	25	
6,60	23	
6,90	33	
7,20	39	
7,50	35	
7,80	39	
8,10	45	
8,40	100	
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

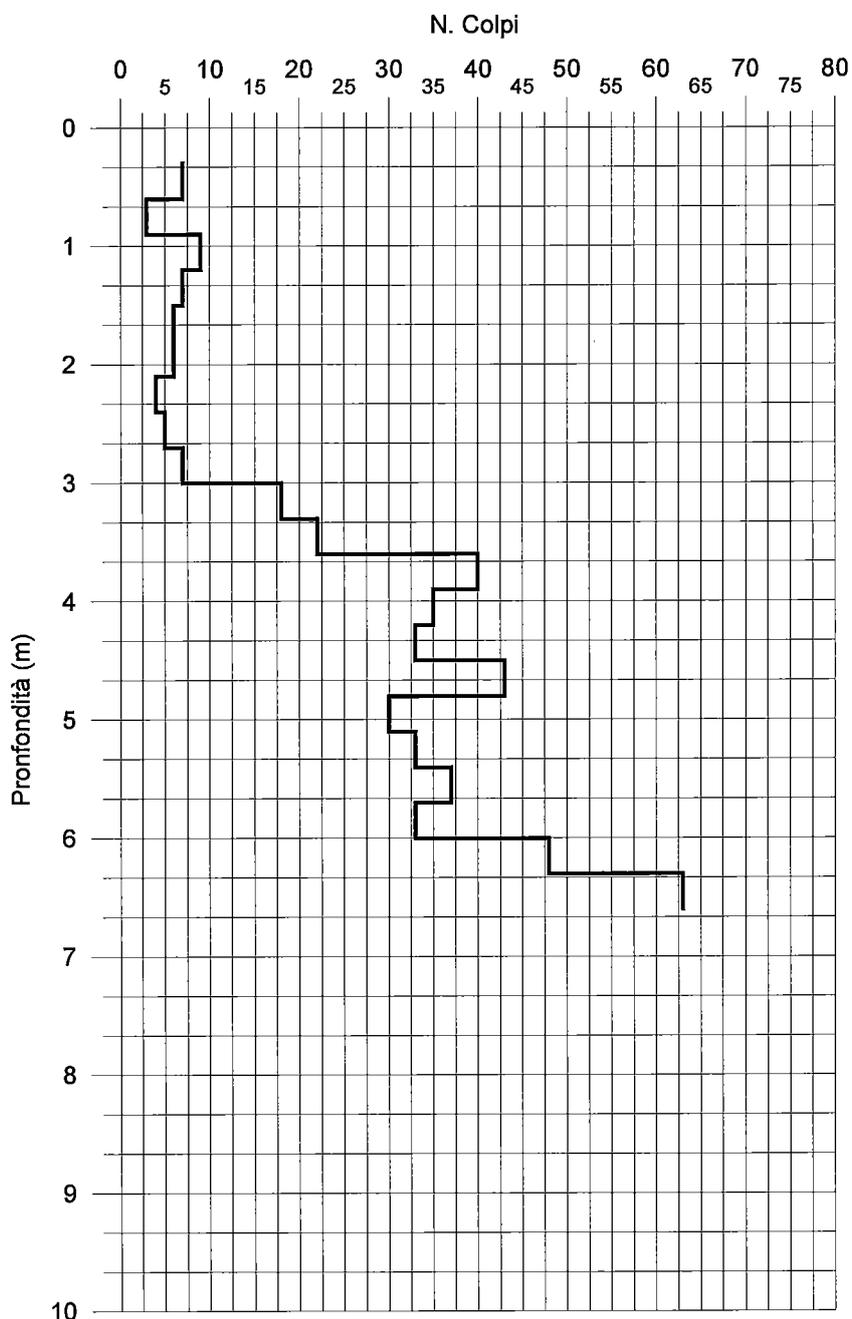
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT10**

Data 15/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	7	
0,60	7	
0,90	3	
1,20	9	
1,50	7	
1,80	6	
2,10	6	
2,40	4	
2,70	5	
3,00	7	
3,30	18	
3,60	22	
3,90	40	
4,20	35	
4,50	33	
4,80	43	
5,10	30	
5,40	33	
5,70	37	
6,00	33	
6,30	48	
6,60	63	
6,90	100	
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

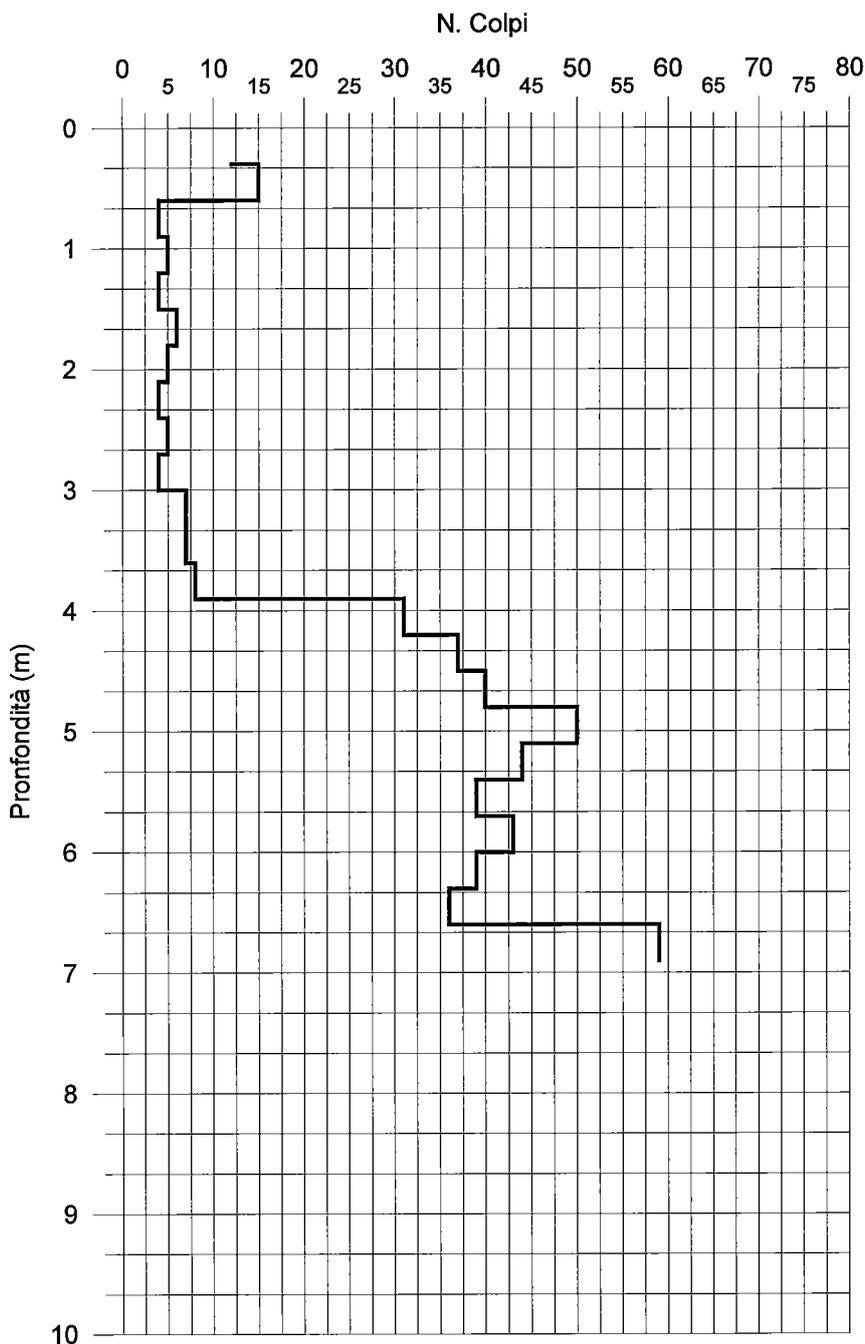
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT11**

Data 15/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	12	
0,60	15	
0,90	4	
1,20	5	
1,50	4	
1,80	6	
2,10	5	
2,40	4	
2,70	5	
3,00	4	
3,30	7	
3,60	7	
3,90	8	
4,20	31	
4,50	37	
4,80	40	
5,10	50	
5,40	44	
5,70	39	
6,00	43	
6,30	39	
6,60	36	
6,90	59	
7,20	100	
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

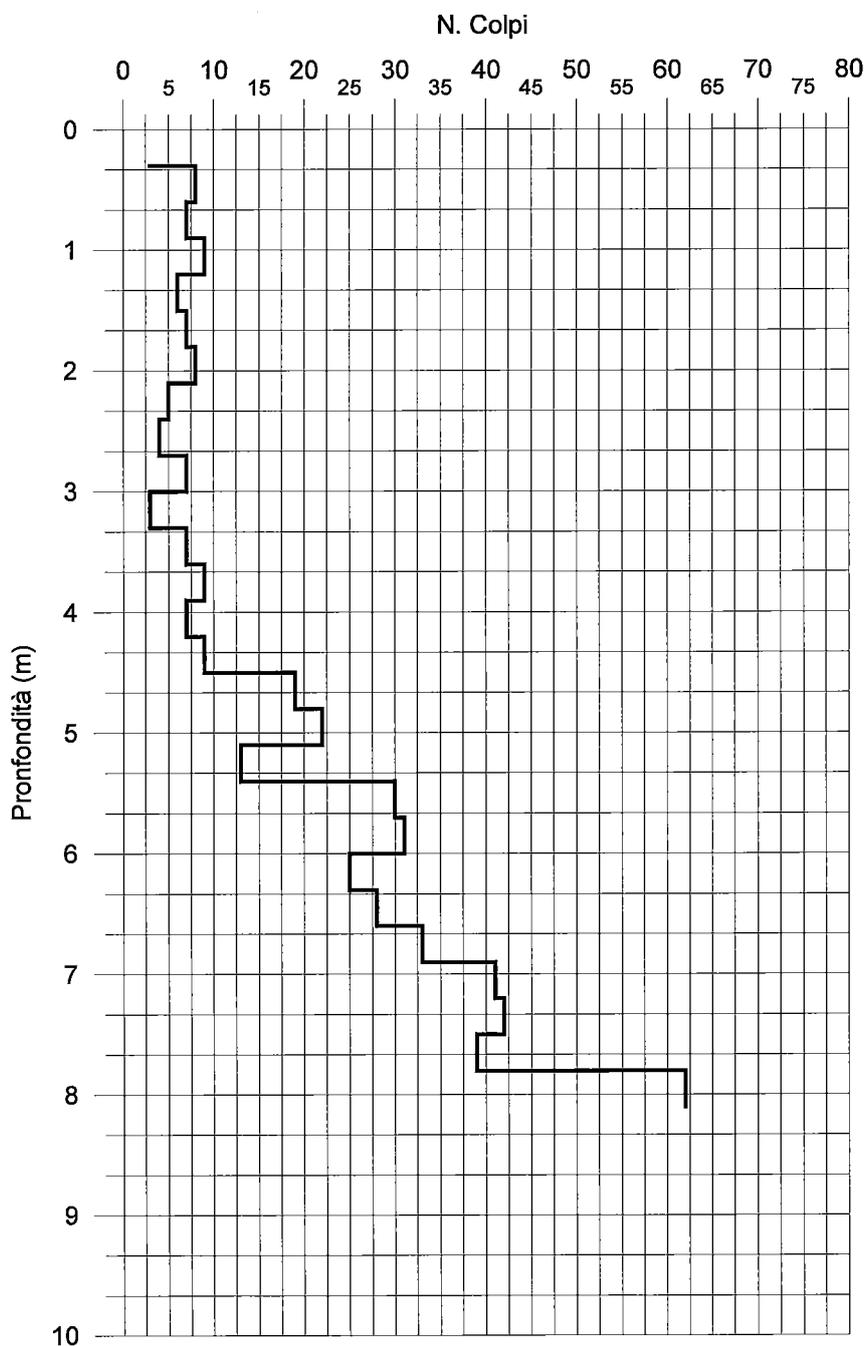
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT12**

Data 15/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60	8	
0,90	7	
1,20	9	
1,50	6	
1,80	7	
2,10	8	
2,40	5	
2,70	4	
3,00	7	
3,30	3	
3,60	7	
3,90	9	
4,20	7	
4,50	9	
4,80	19	
5,10	22	
5,40	13	
5,70	30	
6,00	31	
6,30	25	
6,60	28	
6,90	33	
7,20	41	
7,50	42	
7,80	39	
8,10	62	
8,40	100	
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

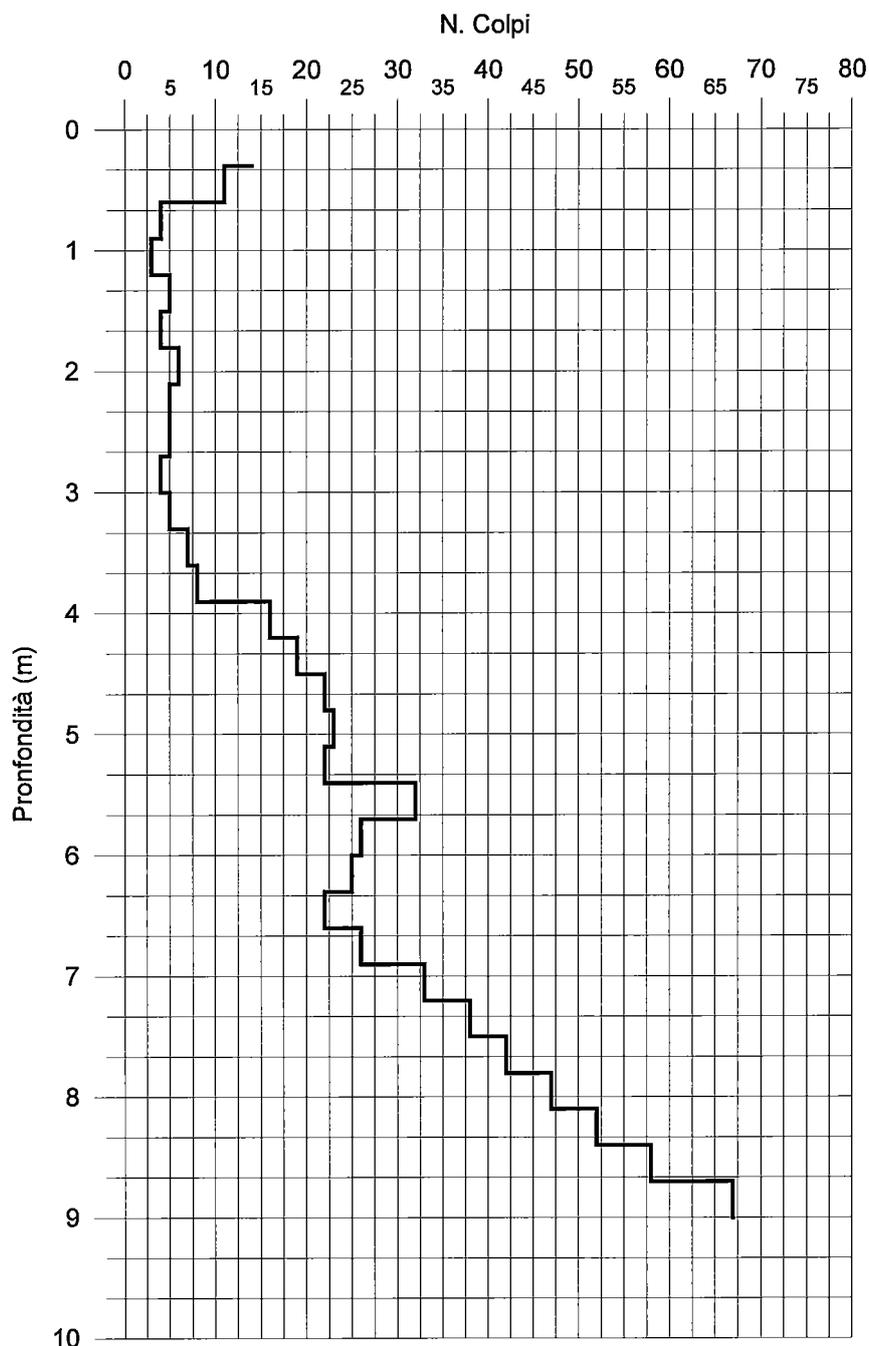
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT13**

Data 16/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60		
0,90		
1,20		
1,50		
1,80		
2,10		
2,40		
2,70		
3,00		
3,30		
3,60		
3,90		
4,20		
4,50		
4,80		
5,10		
5,40		
5,70		
6,00		
6,30		
6,60		
6,90		
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

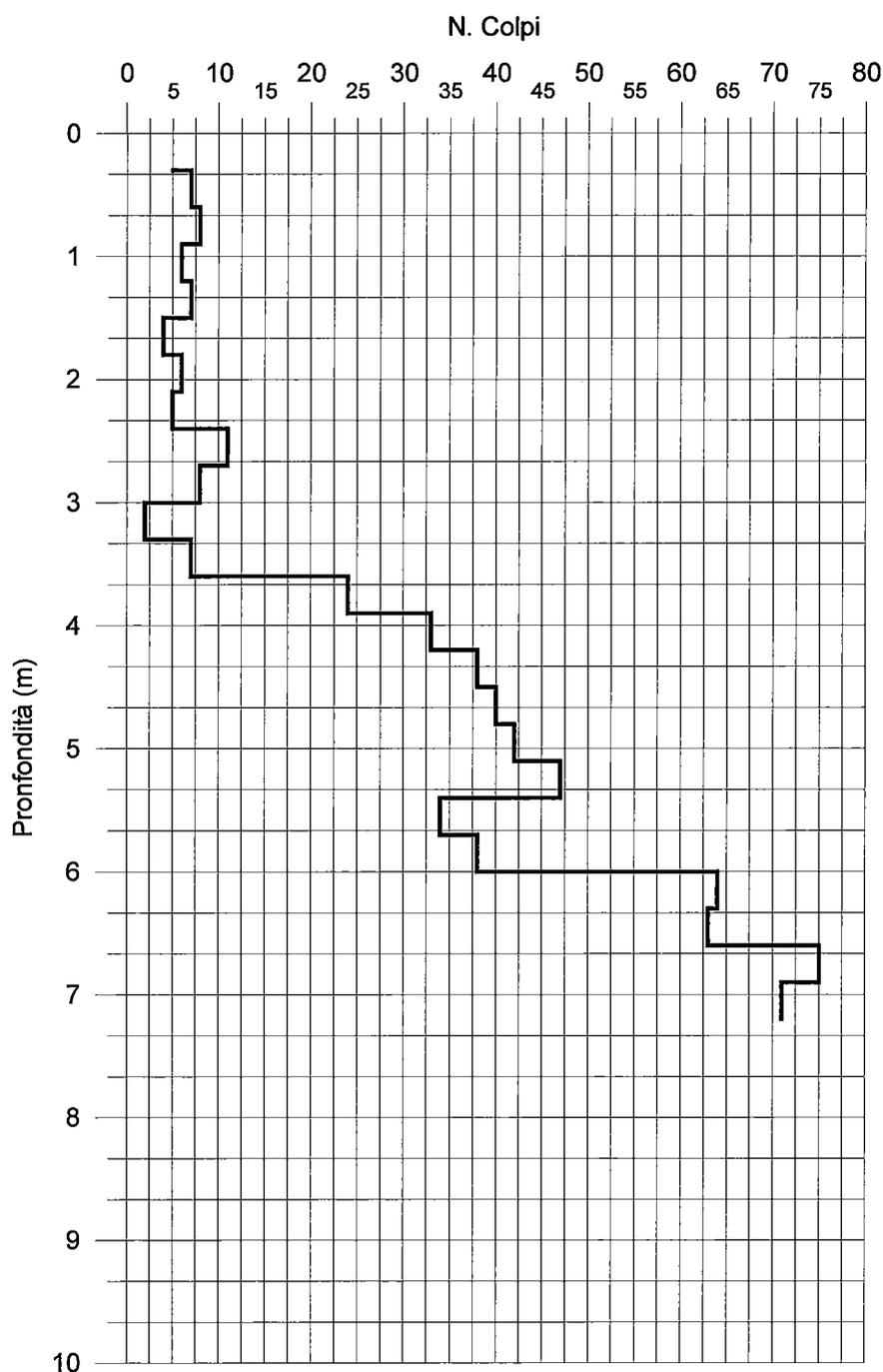
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT14**

Data 16/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60		
0,90		
1,20		
1,50		
1,80		
2,10		
2,40		
2,70		
3,00		
3,30		
3,60		
3,90		
4,20		
4,50		
4,80		
5,10		
5,40		
5,70		
6,00		
6,30		
6,60		
6,90		
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

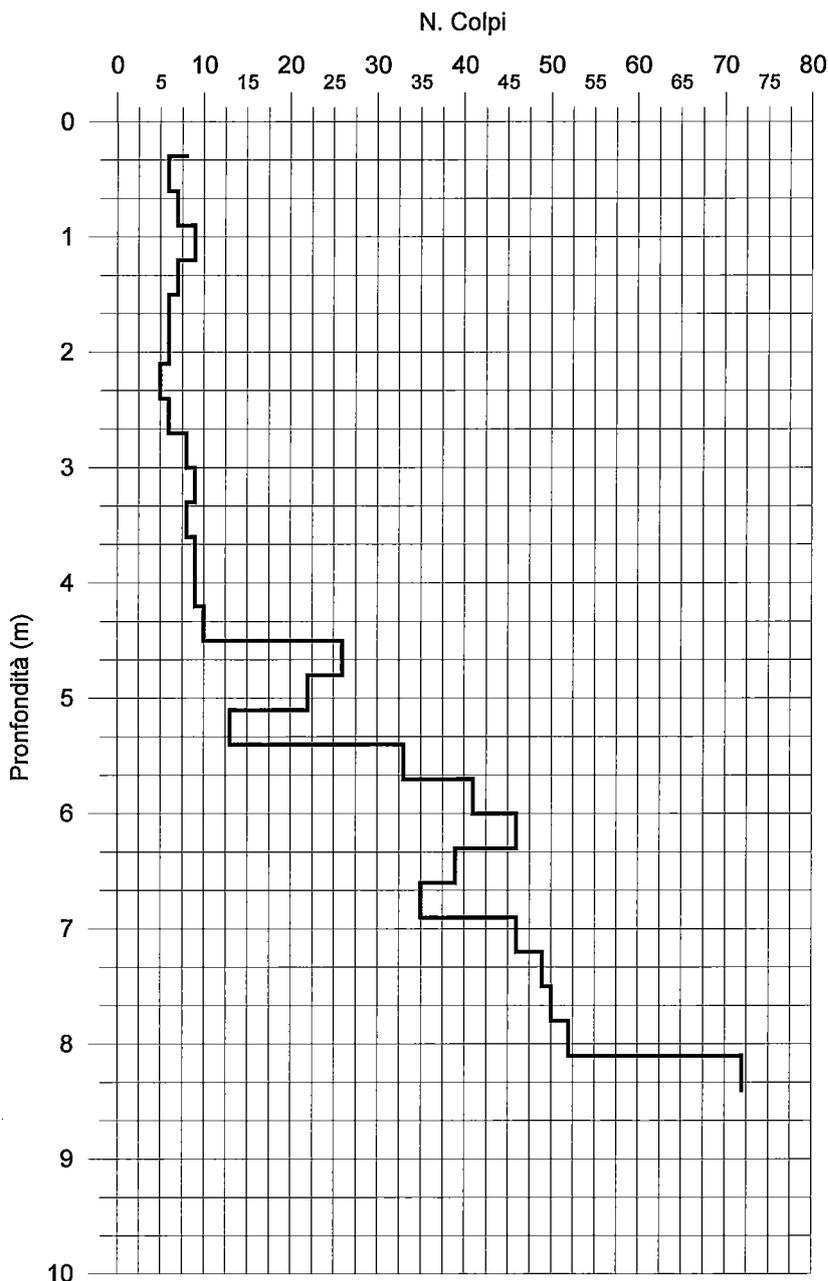
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Data 16/11/2007

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT15**

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60		
0,90		
1,20		
1,50		
1,80		
2,10		
2,40		
2,70		
3,00		
3,30		
3,60		
3,90		
4,20		
4,50		
4,80		
5,10		
5,40		
5,70		
6,00		
6,30		
6,60		
6,90		
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		



Commit: Soc. Coop. GARDEN e LE VALLAZZE

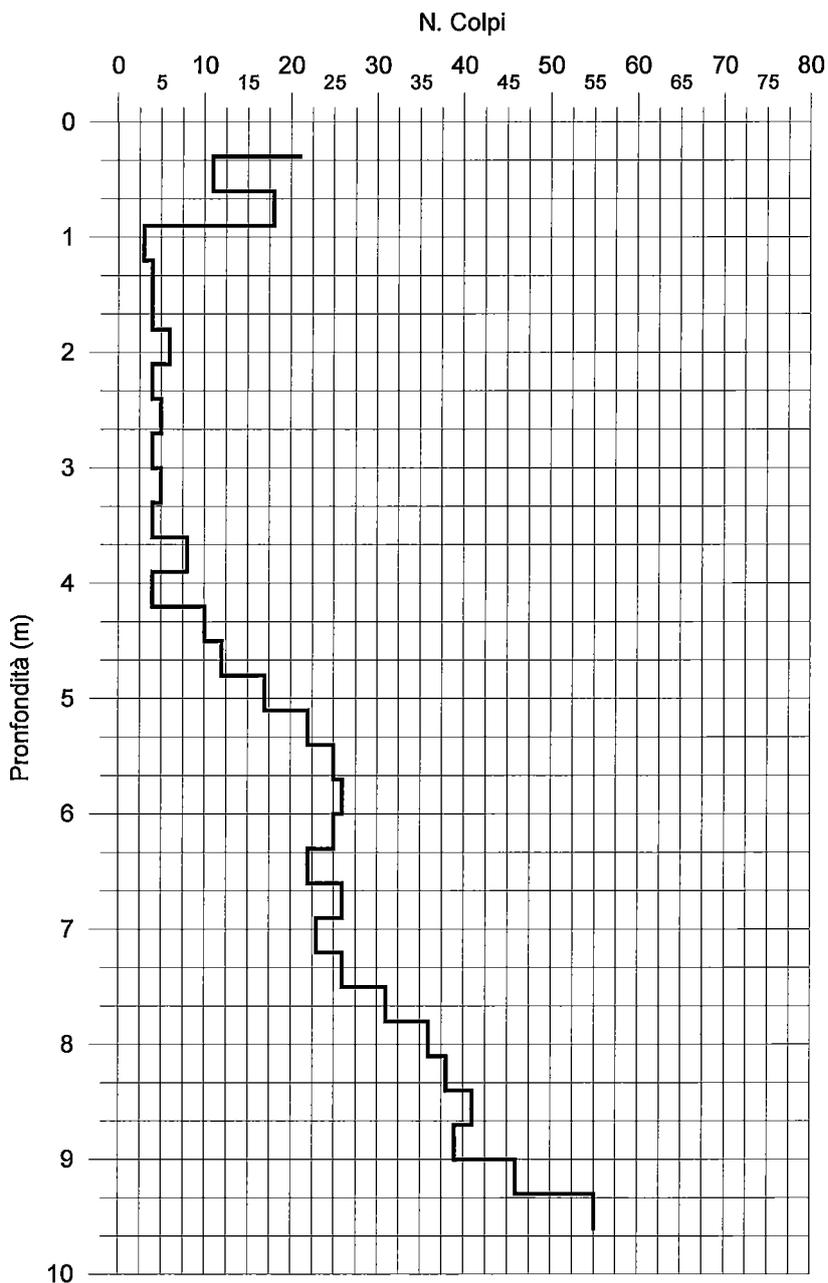
Località Ex Lares Cozzi – Paterno Dugnano

Prova penetrometrica dinamica: **SCPT16**

Data 19/11/2007

Falda : assente

Profondità (m)	Nc Aste	Nc Riv.
0,30	3	
0,60		
0,90		
1,20		
1,50		
1,80		
2,10		
2,40		
2,70		
3,00		
3,30		
3,60		
3,90		
4,20		
4,50		
4,80		
5,10		
5,40		
5,70		
6,00		
6,30		
6,60		
6,90		
7,20		
7,50		
7,80		
8,10		
8,40		
8,70		
9,00		
9,30		
9,60		
9,90		
10,20		





CITTA' DI PADERNO DUGNANO

Provincia di Milano

**RIQUALIFICAZIONE URBANA
VIA COTI ZELATI**

PONTE SUL TORRENTE SEVESO

**INDAGINI GEOGNOSTICHE
ai sensi del DM 14/01/2008
RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

Milano, giugno 2008



STUDIO IDROGEOTECNICO

associato

Adriano Ghezzi fondatore - 1964

**dott. geol. Efrem Ghezzi
dott. geol. Pietro Breviglieri
dott. ing. Giovanna Sguera**

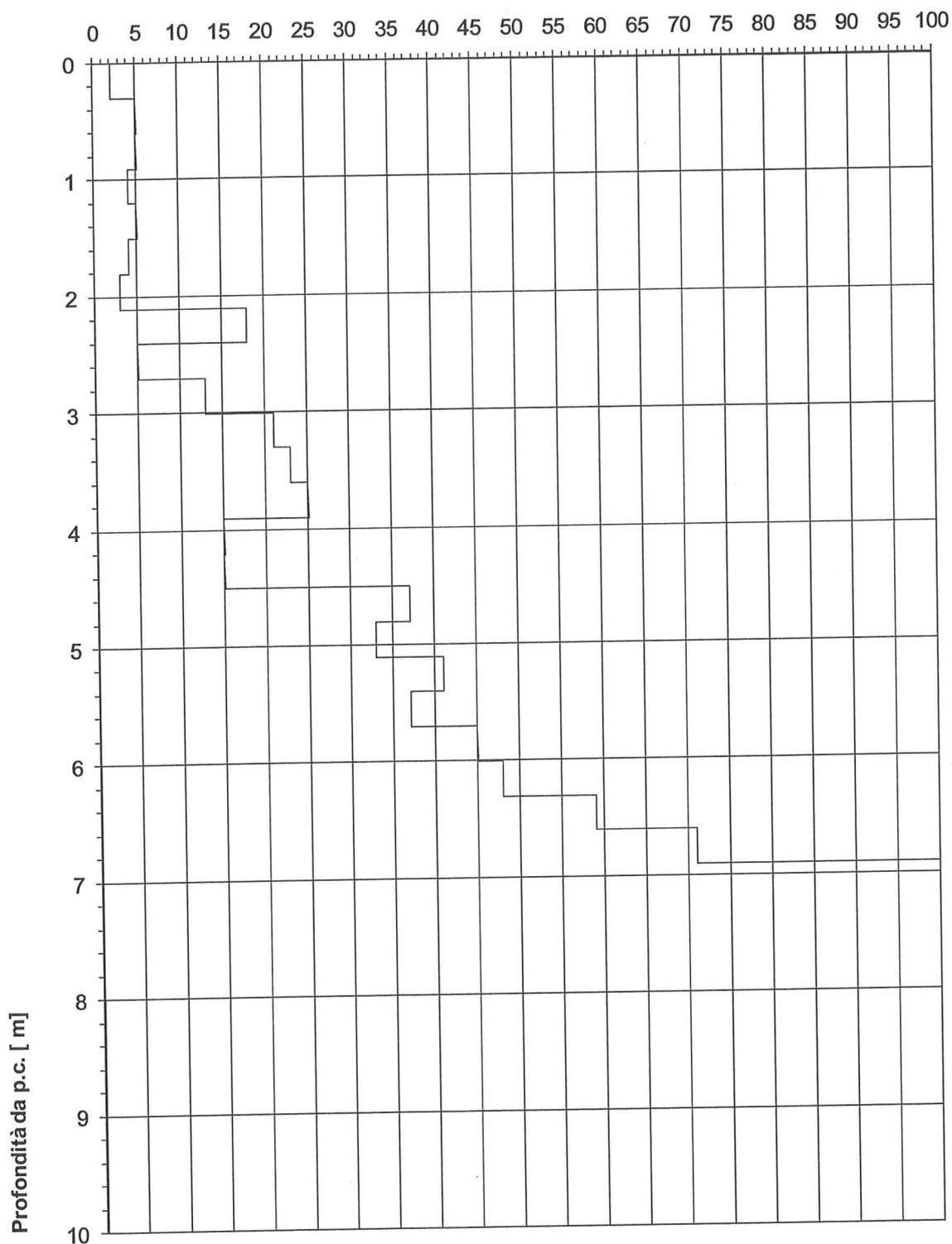
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
www.studioidrogeotecnico.com

Prova penetrometrica dinamica P 1

Committente Comune di Paderno Dugnano (MI)
Commessa Ponte sul Torrente Seveso

Località Paderno D. (MI)
Data 19/05/08

N30 [colpi/30 cm]



Massa maglio	73 Kg	Altezza caduta	di	0.75 m	Massa testa battuta	di	0.7 kg	Massa aste	4.2 kg/m	φ punta	51 mm	φ aste	34 mm
--------------	-------	----------------	----	--------	---------------------	----	--------	------------	----------	---------	-------	--------	-------

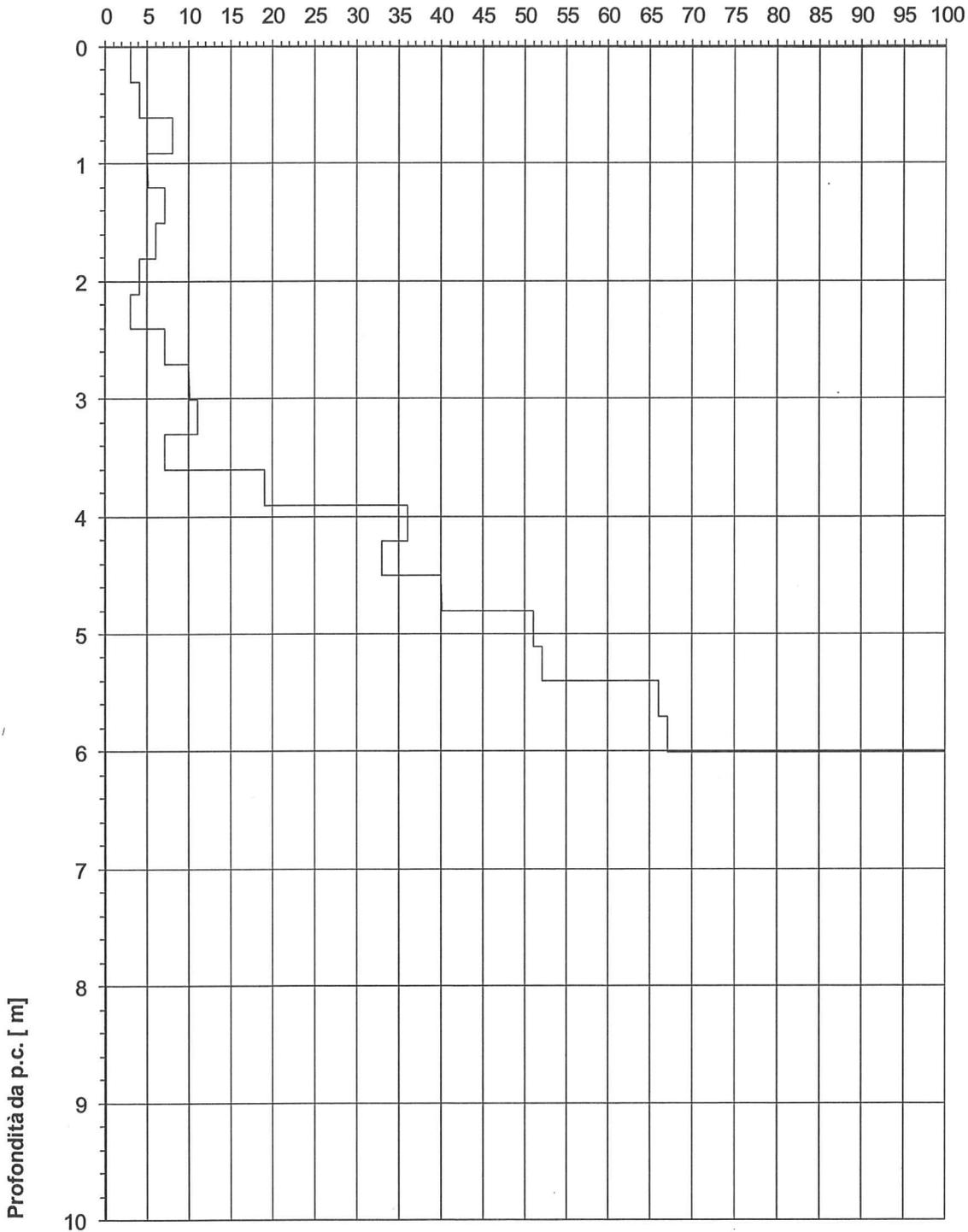
punta _____ rivestimento - - - - -

Prova penetrometrica dinamica P 2

Committente Comune di Paderno Dugnano (MI)
Commessa Ponte sul Torrente Seveso

Località Paderno D. (MI)
Data 19/05/08

N30 [colpi/30 cm]



Massa maglio	73 Kg	Altezza caduta	di 0.75 m	Massa testa battuta	di 0.7 kg	Massa aste	4.2 kg/m	ϕ punta	51 mm	ϕ aste	34 mm
---------------------	-------	-----------------------	-----------	----------------------------	-----------	-------------------	----------	--------------	-------	-------------	-------

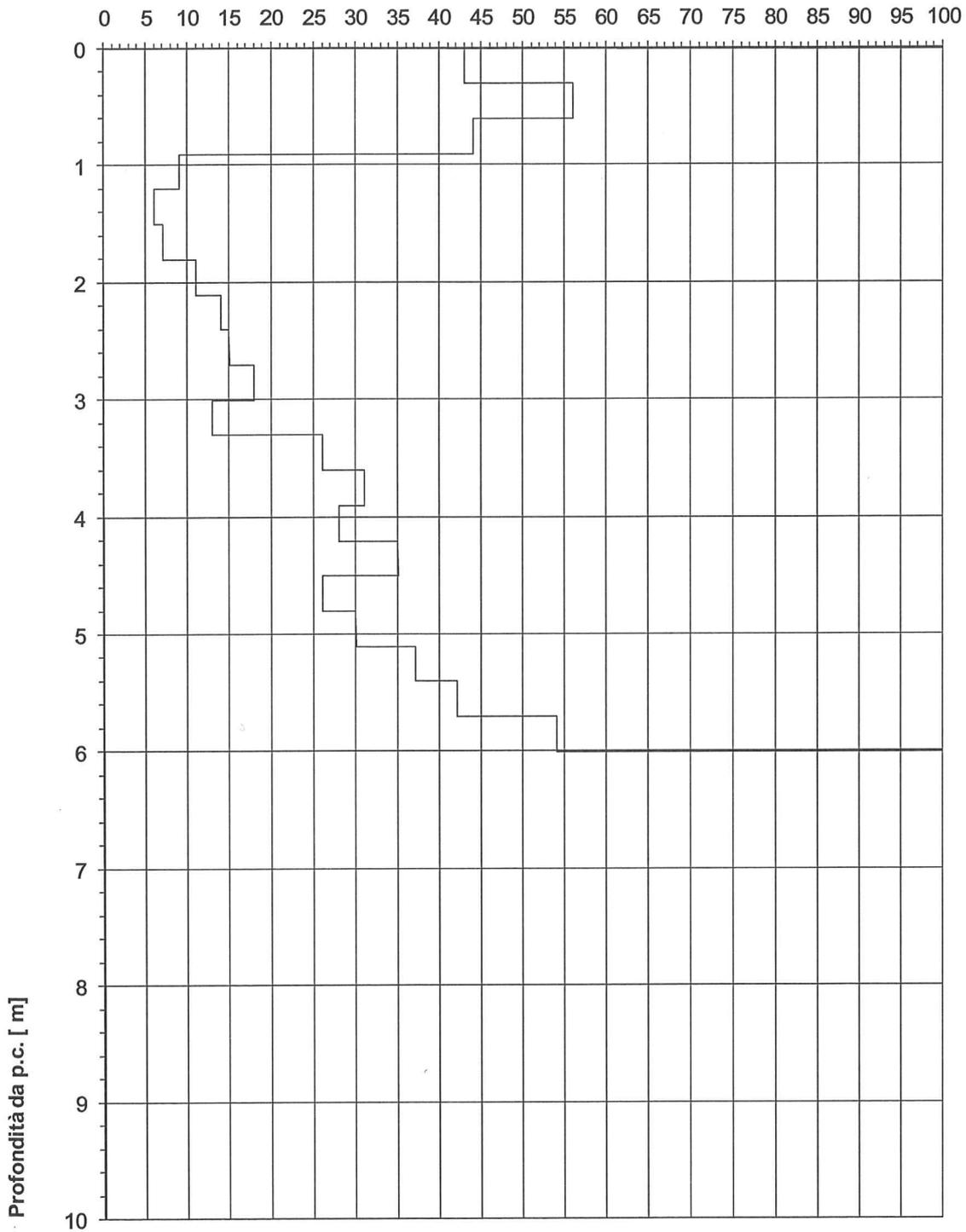
punta _____ rivestimento - - - - -

Prova penetrometrica dinamica P 3

Committente Comune di Paderno Dugnano (MI)
Commessa Ponte sul Torrente Seveso

Località Paderno D. (MI)
Data 19/05/08

N30 [colpi/30 cm]



Massa maglio	73 Kg	Altezza di caduta	di 0.75 m	Massa testa battuta	di 0.7 kg	Massa aste	4.2 kg/m	φ punta	51 mm	φ aste	34 mm
--------------	-------	-------------------	-----------	---------------------	-----------	------------	----------	---------	-------	--------	-------

punta _____ rivestimento - - - - -

GEOSER S.r.l.
Via Basilicata 11
27100 Pavia
0382-576081

Studio Idrogeotecnico Applicato

Localita': Paderno Dugnano (MI) - Via Zenati

SCALA 1:100

Data 15.05.08

Sondaggio n.

SDA

Attrezzatura e metodo di perforazione:

Boart Longyear Delta Base - Carotaggio continuo

Campione rimaneggiato

Campione a percussione

LEFRANC

Campione S.P.T.

Campione ind. a pressione

Prova di permeabilita'

Campione da Vana Test

Campione ind. rotativo

LUGEON

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA' m

SERA

MATTINO

Rivest.

Foro

Data

H

Data

H

Quota di riferim. m	Spessore m	Profondita' m	Sezione terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotaggio	Rivestimento	Pocchetti	RQD %	Vane	residuo	Profondita' m	S.P.T.		Fald.	% carotaggio	
													Data	H			
1.10		1.10			Sabbia grigiastra con abbondanti blocchi e ciottoli												
0.90		2.00			Limo grigio brunastro con sabbia e ghiaia media												
5.00		7.00			Sabbia da fine a grossolana, grigia, con ghiaia da fine a grossa							3.00	21 26 41				
		7.00			Sabbia da fine a grossolana, grigia, con ghiaia da fine a grossa							4.50	15 24 27				
		7.00			Sabbia medio fine, limosa, grigia, con ghiaia localmente alterata							6.00	28 29 26				
		1.10			Sabbia medio fine, limosa, grigia, con ghiaia localmente alterata							7.50	26 21 22				
		0.90			Sabbia da fine a grossolana, debolmente limosa, grigiastra, con ghiaia da fine a grossa							9.00	18 15 22				
		9.00			Sabbia da fine a grossolana, limosa, argillosa, grigiastra, con ghiaia da fine a grossa, localmente alterata e degradata; umidità diffusa dopo i 10 m di profondità							12.00	24 23 17				
		9.00			Sabbia da fine a grossolana, limosa, argillosa, grigiastra, con ghiaia da fine a grossa, localmente alterata e degradata; umidità diffusa dopo i 10 m di profondità							15.00	16 23 20				
		18.00			Sabbia da fine a grossolana, limosa, argillosa, grigiastra, con ghiaia da fine a grossa, localmente alterata e degradata; umidità diffusa dopo i 10 m di profondità	101	127					18,00	22 17 19				



**INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PONTE DI VIA CESARE
BATTISTI – VIA CAMPOSANTO**

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
ex D.M. 17-01-2018 - D.G.R. 30-11-2011 n. IX/2616 - R1 e R3 ex D.G.R. 30-03-2016 n.
X/5001

RELAZIONE GEOTECNICA
D.M. 17-01-2018
R2 ex D.G.R. 30-03-2016 n. X/5001



A cura di:
Dr. Geol. Maurizio Visconti
Corso Milano 2
27029 Vigevano (PV)
contatti: 0381-74070 393-9877798
email: m.visconti@studio-visconti.it
p.e.c.: mauriziovisconti@epap.sicurezza postale.it



Luglio 2021

Sommario	
PREMESSA E QUADRO NORMATIVO.....	3
RELAZIONE GEOLOGICA - ELABORATO R1 - D.M. 17-01-2018 – ELABORATO R3 - D.G.R. n IX/2616 del 30/11/2011	6
GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA	7
Geologia e Litologia.....	7
CARATTERIZZAZIONE SISMICA	8
Evoluzione della normativa	8
CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA - P.G.T. COMUNALE (estratti).....	9
RELAZIONE GEOTECNICA- D.G.R. n IX/2616 del 30/11/2011 – ELABORATO R3.....	16
DESCRIZIONE DELL'ATTREZZATURA UTILIZZATA PER LE INDAGINI GEOTECNICHE	17
MODALITÀ ESECUTIVE	17
STENDIMENTI SISMICI - MASW.....	19
INDAGINE MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES.....	20
METODI DI INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI	22
ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO.....	28
SINTESI DELLE PROCEDURE	29
VALUTAZIONI FINALI ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO	30
PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	33
STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO.....	35
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	36
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO.....	40
Coefficienti sismici	41
Stabilità dei pendii e fondazioni.....	41
VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	46
Esclusione della verifica a liquefazione.....	46
RAPPORTO DELL'INDAGINE E CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE	48
Considerazioni finali	53
TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI.....	54
CERTIFICATI E DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE	55

PREMESSA E QUADRO NORMATIVO

Le NTC (Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17 Gennaio 2018) prevedono fra gli elaborati di progetto le relazioni specialistiche distinte e separate fra cui:

- relazione geologica**: modello geologico – caratterizzazione sismica;
- relazione geotecnica**: modello geotecnico–caratterizzazione dinamica del terreno.

Come riportato già nella Circolare del DM 14 gennaio 2008 – NTC-2008:

la relazione geologica ha lo scopo precipuo di fornire il quadro di riferimento progettuale attraverso la rappresentazione della situazione naturale dei luoghi, illustrando le condizioni morfologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche delle zone interessate, al fine di interpretare l'assetto del territorio in relazione alla sua origine e costituzione geologica, alla sua evoluzione strutturale e geomorfologica.

Il **modello geologico**, con preciso riferimento al progetto, deve definire:

- i lineamenti morfologici della zona
- eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva
- la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità

inoltre deve illustrare:

- i caratteri geo-strutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità
- lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

La **relazione geotecnica** si basa invece su una campagna di indagini geognostiche finalizzate ad ottenere gli elementi conoscitivi – descrittivi e parametrici – necessari alla redazione del modello geotecnico e alla caratterizzazione dinamica del terreno (relazione geotecnica).

Tale campagna di indagini, per ragione di tempi e di costi, è di norma unica per opere edilizie normali (classe d'uso I e II punto 2.4.2 delle NTC) di tipo puntuale e localizzato, anche se la norma non vieta eventuali indagini mirate, svolte preliminarmente alla redazione della Relazione Geotecnica, a seguito, ad esempio, alla ipotesi di una ben precisa soluzione fondale di un'opera su indicazione del progettista strutturale.

In tale ottica è indispensabile una stretta collaborazione delle varie figure professionali coinvolte alla redazione e definizione del progetto nel suo complesso (strutturale, architettonico, impiantistico...) fin dalle fasi iniziali.

Il presente documento, pertanto, si compone di:

- relazione geologica, idrogeologica e sismica** ex D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001 - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)
- relazione geotecnica** ex D.M. 14 gennaio 2008 ora D.M. 17 gennaio 2018.

La presente relazione è relativa alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza del ponte sul Seveso di via Cesare Battisti – via Camposanto.



A tale scopo, trattandosi di territorio comunale classificato in Zona Sismica 4, data la tipologia delle opere in progetto di importanza strategica, in data 18 giugno 2021, sono state eseguite:

- N° 1 indagine sismica a rifrazione MASW finalizzata alla misura diretta della **velocità equivalente** delle onde di taglio V_s
- n° 2 indagini penetrometriche (indagini penetrometriche dinamiche DPSH) spinte, fino a rifiuto alla penetrazione, alla profondità di 5,80 metri – DPSH1 - e 4,60 metri – DPSH 2

- da piano campagna (sponda sinistra fiume Seveso), elaborando i dati con software Geostru Dynamic Probing 2018, valutati secondo le normative vigenti.

I certificati relativi all'indagine condotta vengono esposti nei capitoli dedicati ed allegati alla presente relazione.

RELAZIONE GEOLOGICA - ELABORATO R1 - D.M. 17-01-2018 – ELABORATO R3 - D.G.R. n IX/2616 del 30/11/2011

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

(dati di letteratura di settore e studio geologico PGT comunale – Studio Idrogeotecnico Associato - 2013)

Geomorfologia

Il territorio comunale di Paderno Dugnano si posiziona nel settore centrale dell'alta pianura milanese ed è caratterizzato da una morfologia subpianeggiante, con quote topografiche digradanti verso S da circa 178 m s.l.m. a 155 m s.l.m..

L'assetto morfologico del territorio è costituito da estese piane fluvioglaciali e fluviali di età quaternaria, dove non si rilevano particolari evidenze morfologiche.

L'intensa urbanizzazione ha inoltre modificato o cancellato la struttura originaria della pianura, rendendo scarsamente distinguibili caratteri ed elementi morfologici già di per sé poco evidenti (orli di terrazzo e paleovalvei relitti).

La regolarità della morfologia, nell'area in esame è interrotta dagli elementi morfologici legati al reticolo idrografico, qui caratterizzato dal Seveso, che presenta un andamento generale da nord - nord ovest verso sud – sud est.

Geologia e Litologia

Il territorio di Paderno Dugnano è caratterizzato in superficie dalla presenza di depositi appartenenti alle più recenti espansioni glaciali ed attribuibili in particolare all'Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio – Pleistocene superiore; corrisponde al Riss-Würm degli autori precedenti).

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali in genere ad alta energia di sedimentazione, con profilo di alterazione da poco a mediamente evoluto (spessore massimo di 3 m) e copertura loessica in genere assente, costituiti da ghiaie poligeniche a supporto clastico/di matrice sabbiosa debolmente limosa, passanti localmente a limi. In superficie possono essere presenti depositi fini discontinui.

Lungo il corso del torrente Seveso sono presenti depositi fluviali privi di alterazione superficiale ascrivibili all'Unità Postglaciale, costituiti da ghiaie a supporto clastico e di matrice limoso-sabbiosa passanti a sabbie debolmente limose generalmente sciolte, con locali intercalazioni di limi in superficie.

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Evoluzione della normativa

Secondo quanto previsto dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “ Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, il territorio comunale, interessato dalla presente relazione era così classificato:

ALLEGATO A – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI ITALIANI

Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 198N.C.)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
03015166	Paderno Dugnano	N.C.	N.C.	4

La Regione Lombardia, con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129, ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni.

Tale provvedimento è stato emanato in attuazione della Legge 112/1998, della legge regionale 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), del D.P.R. 380/2001 e di specifiche O.P.C.M., tra cui la n. 3274/2003, recepita dalla D.G.R. 7 novembre 2003, n. 14964.

La Giunta Regionale ha approvato il 30 marzo 2016 - D.G.R. n. X/5001 le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015.

La nuova zonazione sismica e la l.r. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016.

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).

ESTRATTO DALL'ELENCO DEI COMUNI CON INDICAZIONE DELLE RELATIVE ZONE SISMICHE E DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA (AGMAX) PRESENTE ALL'INTERNO DEL TERRITORIO COMUNALE (O.P.C.M. 3519/06 E DECRETO MIN. INFRASTRUTTURE 14/01/08)

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	Ag max
03015166	MI	Paderno Dugnano	4	0,049194

In tale quadro il comune di Paderno Dugnano viene confermato in zona sismica 4.

<i>Zona sismica</i>	<i>Fenomeni riscontrati</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni</i>
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA - P.G.T. COMUNALE (estratti)

Vengono riportati degli estratti relativi all'area in esame.

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA 4 - FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI

Per gli edifici esistenti ricadenti in classe 4 sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio" e s.m.i., senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

È fatto salvo quanto previsto per le infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, che possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e che dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione dello specifico fenomeno che determina la situazione di rischio.

Per le infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico eventualmente ammesse, la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni", definendo in ogni caso le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello – allegato 5 della d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616.

Classe 4rf – Aree di salvaguardia con finalità idraulica del torrente Seveso

Principali caratteristiche: alveo del torrente Seveso ed area di rispetto fluviale del corso d'acqua costituente reticolo idrico principale.

Problematiche generali: aree interessate da esondazione/allagamenti, definite come aree di rispetto necessarie a consentire l'accessibilità al corso d'acqua ai fini della sua manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale.

Parere sull'edificabilità: non favorevole per gravi limitazioni legate al rischio idraulico e alla presenza di fasce di rispetto di corso d'acqua soggetto ad attività di polizia idraulica.

Tipo di intervento ammissibile: è vietata qualsiasi nuova opera edificatoria, ad eccezione di eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico solo se non altrimenti localizzabili, corredati da uno studio di compatibilità degli interventi con la situazione di rischio idraulico (cfr. indagini preventive necessarie).

Nel caso in cui, oltre alla classe di fattibilità 4, sussista in concomitanza la fascia di rispetto del corso d'acqua, devono essere considerate anche le limitazioni previste dal R.D. 523/1904 art. 59, 96, 97, 98 (divieto di edificazione ad una distanza minima di 10 metri dalle sponde dei corpi idrici/piede arginale esterno) o le limitazioni del Regolamento comunale di Polizia Idraulica ai sensi della d.g.r. IX/4287/2012 (quest'ultimo solo a seguito della approvazione da parte dello STER di competenza e al recepimento dello stesso nello strumento urbanistico mediante apposita variante urbanistica).

Valgono gli indirizzi e le prescrizioni di cui agli articoli 23 e 24 delle NdA del PTCP ai fini della salvaguardia e tutela dell'ambito fluviale.

Indagini di approfondimento preventive necessarie: per le opere ammesse sono necessarie indagini geotecniche (IGT), con valutazione di stabilità dei versanti di scavo (SV), finalizzate alla progettazione delle opere e alla previsione delle opportune opere di protezione degli scavi o degli sbancamenti durante i lavori di cantiere.

Ferma restando la necessità di acquisire autorizzazione da parte dell'Autorità idraulica competente, ogni intervento che interessi direttamente l'alveo, incluse le sponde, del corso d'acqua, di natura strutturale (modifica del corso), infrastrutturale (attraversamenti), idraulico-qualitativa (scarichi idrici), richiede necessariamente l'effettuazione di studi di compatibilità idraulica (SCI) secondo quanto previsto dall'Allegato 4 alla d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione" e dalla direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999, aggiornata con deliberazione n. 10 del 5 aprile 2006.

Interventi da prevedere in fase progettuale: a fronte di qualsiasi azione sono da prevedere contestualmente interventi di recupero morfologico e paesistico ambientale delle aree interessate, nonché interventi di recupero della funzione idraulica propria del tratto di asta interessato (IRM). Sono da prevedere in tutti i casi interventi di difesa del suolo (DS) e la predisposizione di accorgimenti/sistemi per la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di primo sottosuolo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche del sito (RE-CO), a salvaguardia dei corsi d'acqua e della falda idrica sotterranea. Per gli insediamenti esistenti prospicienti e limitanti il corso d'acqua sono necessari interventi atti a ripristinare la sezione originaria.

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Classe 3a e 3a* – Siti condizionati da attività antropica/industriale

Principali caratteristiche: aree ambientalmente degradate condizionate da attività antropica/industriale attuale e pregressa, costituenti siti da sottoporre a verifica ambientale, siti in corso di verifica/bonifica o siti già oggetto di bonifica, in alcuni casi situate in zone potenzialmente allagabili (3a*).

Problematiche generali: contaminazione accertata o potenziale dei suoli, potenziale rischio idraulico.

Parere sull'edificabilità: favorevole con consistenti limitazioni legate alla verifica dello stato di salubrità dei suoli (Regolamento Locale di Igiene).

La tipologia edificatoria può essere condizionata dall'entità di contaminazione dei suoli e dai limiti raggiunti al termine degli interventi di bonifica.

Tipo di intervento ammissibile: limitazioni d'uso previste dal D.Lgs 152/06 e s.m.i.. Valgono gli indirizzi e le prescrizioni di cui all'articolo 39 delle NdA del PTCP.

Indagini di approfondimento preventive necessarie: la modifica di destinazione d'uso di queste aree necessita la verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento Locale di Igiene (ISS). Qualora venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs.

152/06 “Norme in materia ambientale” (Piano di Caratterizzazione /PCA con analisi di rischio, Progetto Operativo degli interventi di Bonifica/POB).

Ad approvazione dei progetti relativi alla bonifica e messa in sicurezza dei siti inquinati, le particolari condizioni geotecniche di tali aree rendono necessarie indagini geognostiche di approfondimento che comprendano il rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove

geotecniche (IGT) per la valutazione della capacità portante (prove penetrometriche), indagini sulla stabilità dei fronti di scavo (SV), da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva di qualunque opera (secondo quanto indicato nell'art. 2). Per le aree 3a*sono necessari studi di compatibilità idraulica (SCI) per valutare le condizioni di pericolosità, secondo quanto previsto dall'Allegato 4 della d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616.

Interventi da prevedere in fase progettuale: quale norma generale a salvaguardia della falda idrica sotterranea è necessario che per ogni nuovo insediamento, già in fase progettuale, sia previsto ed effettivamente realizzabile il collettamento degli scarichi fognari in fognatura e delle acque non smaltibili in loco (CO).

Soprattutto nel caso di scavi, sia per ragioni ambientali che di sicurezza, dovranno essere messi in opera sistemi di regimazione e smaltimento delle acque meteoriche, onde evitare la percolazione delle stesse sui fronti e all'interno dello scavo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle caratteristiche idrogeologiche del sito (RE).

Qualora venga accertato uno stato di contaminazione dei suoli e delle acque ai sensi del D.Lgs. 152/06, dovranno essere previsti interventi di bonifica (BO).

Norme sismiche da adottare per la progettazione: la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, definendo la pericolosità sismica di base in accordo alle metodologie dell'allegato A del decreto. Nel caso di edifici strategici e rilevanti (di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) ricadenti in aree PSL, la definizione delle azioni sismiche di progetto dovrà avvenire a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello - metodologie di cui all'allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616/2011.

Classe 3d – Aree di protezione fluviale

Principali caratteristiche: porzioni di piana alluvionale del torrente Seveso, litologicamente costituite da ghiaie sciolte passanti a sabbie debolmente limose, potenzialmente soggette a fenomeni di esondazione.

Problematiche generali: zone potenzialmente esondabili (comprendenti quelle per tempo di ritorno $TR = 100$ anni) e/o ambiti di riqualificazione fluviale. Comprende porzioni dell'area di tutela idrogeologica ai fini acquedottistici (classe 3TI – cfr. Tav. 7 Sintesi degli elementi conoscitivi).

Parere sull'edificabilità: favorevole con consistenti limitazioni legate alla verifica del rischio idraulico, alla riqualificazione degli ambiti fluviali e alla verifica dei caratteri geotecnici.

Tipo di intervento ammissibile: sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali ad esclusione dell'edilizia produttiva di significativa estensione areale, corredati da

uno studio di compatibilità degli interventi con la situazione di rischio idrogeologico (cfr. indagini preventive necessarie). Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) e d) (con esclusione di quelli comportanti demolizione con ricostruzione) della l.r. 12/05.

E' vietata la realizzazione di vani interrati. Il rilascio del permesso di costruire è subordinato alla presentazione di un progetto edilizio supportato da una verifica di compatibilità idraulica che attesti l'ottimale distribuzione delle volumetrie in considerazione del rischio idraulico e all'attuazione dei necessari interventi di mitigazione del rischio.

Ciò al fine di consentire l'edificazione in aree aventi condizioni di rischio accettabili.

Indagini di approfondimento preventive necessarie: sono necessari studi di compatibilità idraulica (SCI) per valutare le condizioni di pericolosità, secondo quanto previsto dall'Allegato 4 della d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616 per le aree soggette a fenomeni di esondazione "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione" e dalla direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" approvata con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999, aggiornata con deliberazione n. 10 del 5 aprile 2006, finalizzati alla verifica delle interferenze tra assetto idraulico ed intervento in progetto, con individuazione delle opere di mitigazione del rischio sia in fase di cantiere che ad opere ultimate. Gli studi idraulici di dettaglio forniranno le quote di allagamento locale al fine di definire le condizioni di progettazione delle opere.

Sono inoltre necessarie indagini geotecniche per determinare le caratteristiche portanti e la stabilità dei fronti di scavo eventuali (IGT – SV).

Interventi da prevedere in fase progettuale: sono da prevedere interventi di difesa del suolo (DS) ed accorgimenti/sistemi per la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di primo sottosuolo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche del sito (RE-CO).

Norme sismiche da adottare per la progettazione: la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni", definendo la pericolosità sismica di base in accordo alle metodologie dell'allegato A del decreto. Nel caso di edifici strategici e rilevanti (di cui al d.d.u.o. n. 19904/03), la definizione delle azioni sismiche di progetto dovrà avvenire a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello - metodologie di cui all'allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616/2011.

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

Classe 2a – Piana fluvioglaciale

Principali caratteristiche: aree pianeggianti, litologicamente costituite da ghiaie e sabbie, con locali lenti di limi debolmente sabbiosi, da poco a mediamente alterate.

Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui.

Problematiche generali: presenza di terreni da granulari sciolti a coesivi, con discrete caratteristiche geotecniche fino a 2.5-6 m di profondità. Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità. Vulnerabilità dell'acquifero di grado elevato.

Parere sull'edificabilità: favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero.

Tipo di intervento ammissibile: sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali. Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione (così come definiti dall'art. 27 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 “Legge per il governo del territorio”), nel rispetto delle normative vigenti.

Indagini di approfondimento preventive necessarie: si rende necessaria la verifica idrogeologica e litotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie (IGT); in particolare dovrà essere valutata la stabilità dei versanti di scavo (SV) nel caso di opere di tipo 3, 4, 5, 6 al fine di prevedere le opportune opere di protezione degli scavi durante i lavori di cantiere. Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera (secondo quanto indicato nell'art. 2 delle Norme geologiche di Piano).

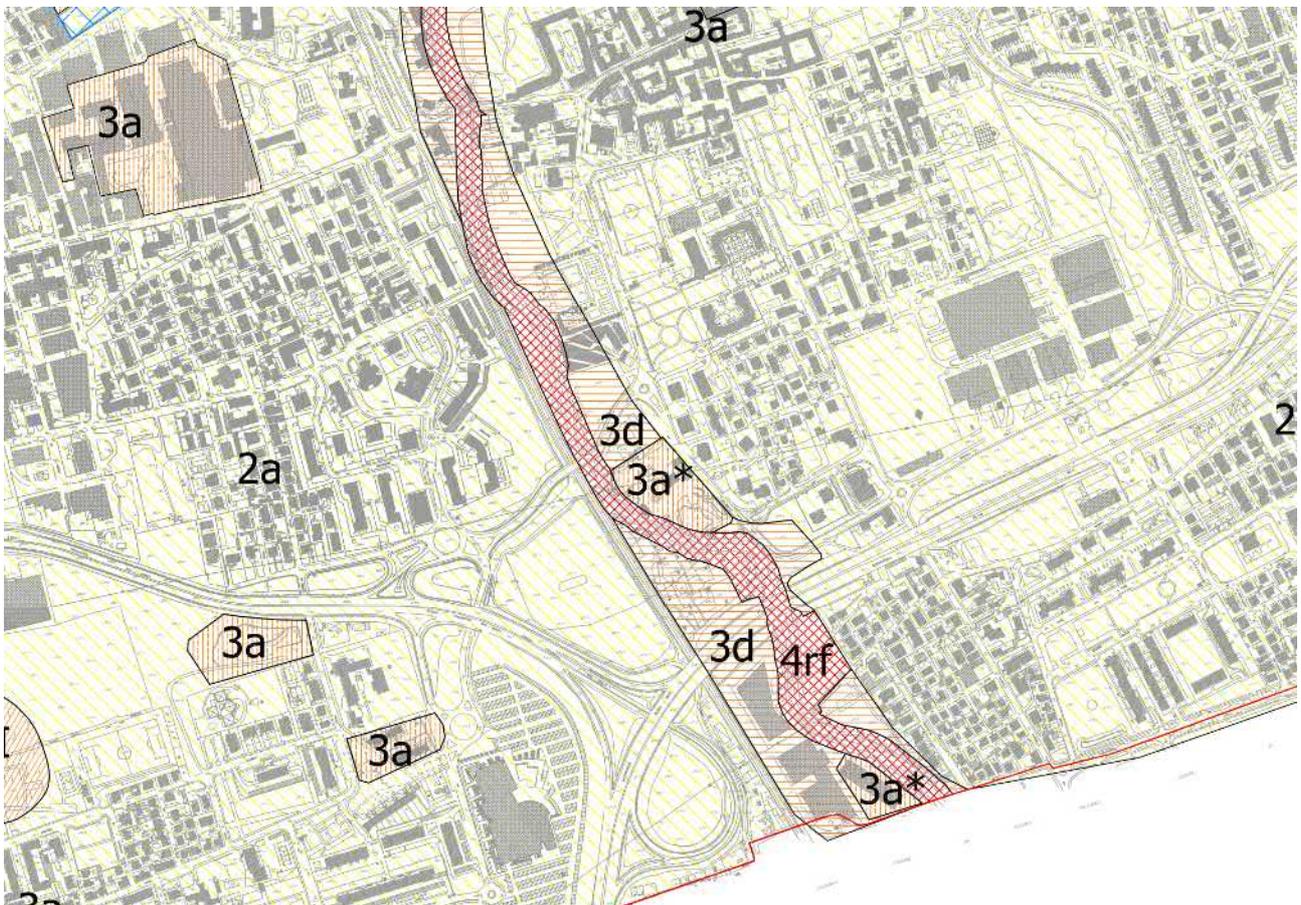
La modifica di destinazione d'uso di aree esistenti inserite in zona “produttiva” necessita la verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento Locale d'Igiene (ISS); qualora venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs 152/06 “Norme in materia ambientale” (Piano di Caratterizzazione Ambientale/PCA con analisi di rischio, Progetto Operativo degli interventi di Bonifica/POB).

Interventi da prevedere in fase progettuale: quale norma generale per ogni tipo di opera gli interventi da prevedere, già in fase progettuale, saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti/sistemi per la regimazione e lo smaltimento delle acque

meteoriche e di quelle di primo sottosuolo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche del sito (RE-CO).

Per gli ambiti produttivi soggetti a cambio di destinazione d'uso, dovranno essere previsti interventi di bonifica (BO) qualora venga accertato uno stato di contaminazione del suolo ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i..

Norme sismiche da adottare per la progettazione: la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, definendo la pericolosità sismica di base in accordo alle metodologie dell'allegato A del decreto. Nel caso di edifici strategici e rilevanti (di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) ricadenti in aree PSL, la definizione delle azioni sismiche di progetto dovrà avvenire a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello - metodologie di cui all'allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616/2011.



Estratto dalla Carta della Fattibilità Geologica – PGT Comunale - 2013

**RELAZIONE GEOTECNICA- D.G.R. n IX/2616 del
30/11/2011 – ELABORATO R3**

DESCRIZIONE DELL'ATTREZZATURA UTILIZZATA PER LE INDAGINI GEOTECNICHE



Penetrometro Pagani TG 63-200.

All'interno dell'area in esame sono state portate a termine un totale di tre prove penetrometriche, con l'obiettivo di descrivere l'assetto globale dei sedimenti terrigeni sui quali insisterà la struttura in progetto.

La realizzazione di tali prove ha previsto l'impiego di un penetrometro impiegato in modalità dinamica, di tipo superpesante composto di un gruppo d'infissione, montato su semovente cingolato (codice DPSH TG 63-200), le cui principali caratteristiche sono riassunte di seguito.

Principali caratteristiche del penetrometro impiegato per le prove penetrometriche	Penetrometro Pagani TG63-200	
	Peso del maglio [kg]	63,50
	Volata del maglio [m]	0,75
	Peso delle aste [kg/m]	8,00
	Diametro della punta [m]	0,0505
	Peso della testa di battuta [kg]	30,00
	Passo di lettura [m]	0,20

MODALITÀ ESECUTIVE

Le prove penetrometriche dinamiche DPSH (DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY - massa battente da kg 63.5 con tratta di infissione cm 20 e da kg 73.0 con tratta di infissione cm 30) consistono nell'infissione verticale nel terreno di una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

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 e una correlazione diretta con sondaggi geognostici 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.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) d
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di un dato peso.

Vengono misurati di volta in volta i colpi necessari per la penetrazione di riferimento.

La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi per una data penetrazione.

Questo metodo ha il vantaggio di poter essere applicato in qualsiasi tipo di terreno.

E' indispensabile utilizzare attrezzature e procedure di prova standardizzate per poter utilizzare gli abachi di controllo per la determinazione dei parametri necessari al calcolo della portanza dei terreni.

E' comunque, come tutte le procedure geotecniche, soggetta ad interpretazione derivante sia dalla valutazione dei dati stratigrafici riscontrati sia dalla previsione del comportamento che i vari livelli, in relazione anche alla profondità dei medesimi rispetto alla struttura-fondazione, possono avere a seguito della costruzione degli edifici.

STENDIMENTI SISMICI - MASW

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista dinamico richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio degli strati di terreno presenti nel sito.

In particolare si deve avere la conoscenza della “Velocità equivalente”.

Questa è calcolata in modo perfettamente analogo alla V_s (DM 2018), ma invece di estendere la media pesata fino ai rigorosi 30 m di profondità, viene portata fino ad una profondità H (che può essere pari a 30 metri, ma anche ad un valore minore).

A decretare il valore di questa profondità H è il raggiungimento del “substrato”, caratterizzato da velocità superiori agli 800 m/s.

Per la categoria A non si parla di confrontare la velocità equivalente con la soglia di 800 m/s, ma di usare direttamente le velocità di taglio degli strati; questo perché altrimenti, con questi tipi di terreno, sarebbe facile avere una profondità H pari a 0m, per cui non sarebbe possibile calcolare la “Velocità equivalente”.

Per la categoria di suolo D è stata introdotta una soglia minima sulla velocità media, pari a 100 m/s, mentre tutte le altre soglie numeriche sono state conservate inalterate.

La conoscenza del profilo delle onde di taglio risulta necessaria per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello del piano fondale tipo di opera
- valutare il potenziale di liquefazione del terreno.
- valutare l'accelerazione sismica per il calcolo della stabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno nei confronti dell'azione sismica
- valutare, in condizioni sismiche, la capacità portante ed i cedimenti di rilevati stradali, opere di sostegno, fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio si determina una *velocità media equivalente* V_s rappresentativa del sito in esame. La legge adoperata è la seguente:

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

H = profondità substrato ($V_s \geq 800$ m/s)

per $H > 30$ m $V_{S,eq} = V_{S,30}$ ($H = 30$ m)

Velocità media equivalente

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio <10-6) dello strato i-esimo, per un totale di n presenti nei primi 30 metri di profondità.

Tale parametro consente di classificare il sito in categorie di sottosuolo.

La stima della velocità delle onde di taglio V_s dei vari sismostrati può essere eseguita con la tecnica **MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES** (MASW) che fornisce la stratigrafia e le velocità delle onde di taglio.

Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità delle onde S, si calcola la velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo, con la formulazione precedente e si classifica il sito secondo i riferimenti normativi.

INDAGINE MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

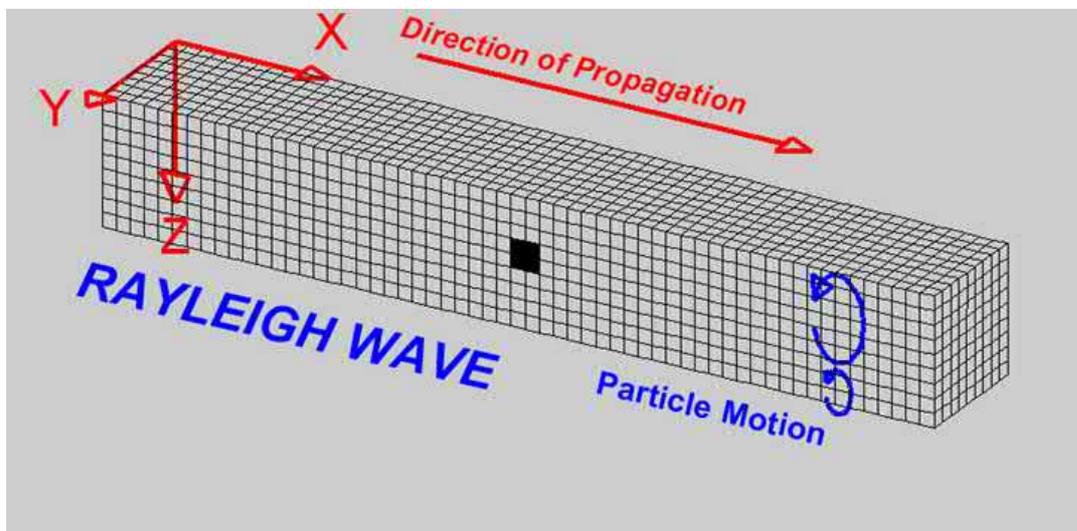
Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde di compressione, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, che è la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

Questa proprietà si chiama *dispersione*.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (cioè le indagini a riflessione o rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane del modo fondamentale e superiore delle onde di Rayleigh è diventata una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale.



Il processo comprende tre step principali:

- l'acquisizione delle onde superficiali;
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna, quindi, produrre un treno d'onde superficiali a banda larga (sismica attiva) e registrarlo minimizzando il rumore di fondo presente nel sito di registrazione.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati. Per ottenere il profilo verticale delle Vs dalla curva di dispersione sono necessari dei valori approssimati del *Coefficiente di Poisson* e della *densità* del materiale, solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, è indipendente dalla frequenza ed il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda.

La profondità raggiunta dalla perturbazione dipende dunque dalla lunghezza d'onda e, in mezzi omogenei, a diverse lunghezze d'onda corrisponde un'unica velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali diventa dispersivo: a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase.

Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma diverse velocità di fase in corrispondenza delle diverse frequenze: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e *la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di **curva di dispersione***.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo e può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza stesse.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura **MASW** sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine di sismica a rifrazione con l'unica eccezione

di adoperare tempi di acquisizione significativamente più lunghi e geofoni a bassa frequenza generalmente 4.5 Hz o inferiori.

Quindi, in definitiva l'attrezzatura per eseguire indagini di sismica superficiale attiva con tecnica Multichannel Analysis of Surface Waves è quella per indagini a rifrazione in onde P.

METODI DI INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Uno degli aspetti critici nell'utilizzazione dei dati ricavati da prove sismiche per onde superficiali attive per scopi ingegneristici è infatti dato dalla non-unicità della soluzione.

Diverse combinazioni dei parametri del modello (V_s – spessore strato) possono essere associate a curve di dispersione molto simili e praticamente equivalenti rispetto ai dati sperimentali disponibili.

Da ciò la buona norma di vincolare uno dei parametri che interviene con indagini o conoscenze diverse.

L'elaborazione dei dati acquisiti può essere agevolmente effettuata utilizzando uno specifico software che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale, individuare le curve di dispersione delle onde di superficie ed effettuare le procedure di inversione per l'interpretazione in termini di modello sismostratigrafico di V_s .

Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati. Tale modello sarà, evidentemente, caratterizzato dal minor errore della deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate.

Per la complessità del fenomeno fisico e delle eventuali complicazioni che possono sperimentalmente manifestarsi in funzione della litostratigrafia del sito di indagine (presenza di onde canalizzate, problematica distinzione dei differenti modi) è sempre consigliato di procedere con una modellazione diretta in cui si cerca di trovare una sintesi coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (unico dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica di un modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico-geofisiche pregresse.

Tale metodo è generalmente preferibile alla procedura di inversione eseguita considerando soltanto il picking dei massimi di ampiezza nello spettro di velocità del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori.

I **vantaggi** dell'uso di tale tecnica sono:

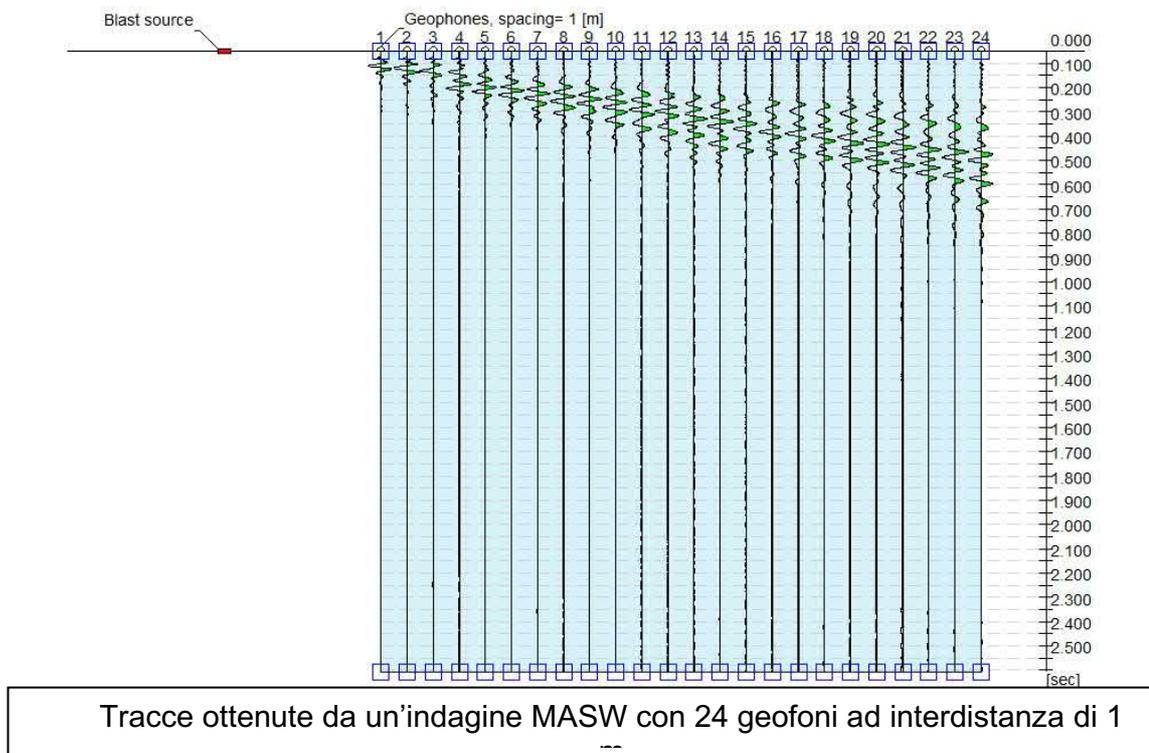
- che è particolarmente indicata per suoli fortemente attenuanti ed ambienti rumorosi (la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%), inoltre,

l'ampiezza delle onde superficiali dipende dalla radice quadrata della distanza ($r/2$) e non da r come per le onde di corpo (V_p , V_s);

- che riconosce le inversioni di velocità (limite del metodo a rifrazione);
- che ha un costo moderato, tempi rapidi di esecuzione e scarso impatto sui luoghi di indagine.

I **limiti** dell'uso di tale tecnica sono:

- disponibilità di spazi sufficienti per gli stendimenti sismici;
- forniscono un profilo monodimensionale di V_s , non quantificando eventuali variazioni laterali.
- la profondità di penetrazione dipende dalla frequenza più bassa rilevabile nella curva di dispersione (approssimativamente $\text{Prof.} = L_{\text{MAX}} / 2$)
- il problema della non-univocità della soluzione del problema inverso (comune a tutti i metodi indiretti).



A partire dal modello stabilito, il solutore costruisce un insieme di modelli compatibili e per ciascuno di essi confronta la curva di dispersione generata con quella della prova sperimentale.

La generazione dei modelli è formulata in modo da minimizzare il valore di una funzione obiettivo che valuta l'efficienza della soluzione data dal modello.

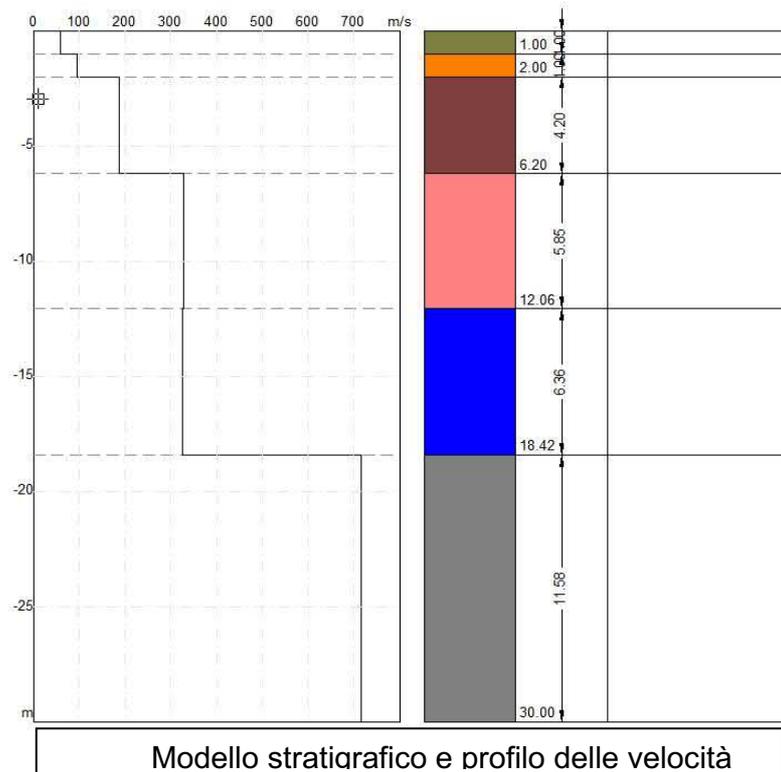
Il numero massimo di modelli da generare va scelto in modo che vengano processati un numero sufficientemente elevato di tentativi.

E' possibile valutare direttamente l'andamento del valore della funzione obiettivo; tale parametro può dimostrarsi un indicatore efficace per scegliere il numero di modelli da generare.

Il software consente di visualizzare il modello che ha il fattore di disadattamento più basso, il modello col minimo valore di errore percentuale e fornisce la valutazione parallela di tutti i modelli esaminati permettendo all'utente di scegliere quale utilizzare tra quelli esaminati.

E' possibile, infine, imporre dei vincoli di calcolo al solutore.

Infatti, è possibile scegliere, per ciascuno strato, una velocità o uno spessore fissati che non saranno ottimizzati nel calcolo e utilizzare dei modelli di stratigrafia che non permettano inversione di velocità tra gli strati.



INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W. (ponte Seveso – via Battisti/via Camposanto)

L'acquisizione di campagna è stata effettuata mediante sismografo Pasi GEA24 (24 canali con scheda di acquisizione a 24 bit), geofoni verticali da 4,5 Hz e mazza energizzante da 8 Kg.

A tale scopo, è stato predisposto uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a 48 m con 12 geofoni posti a distanza intergeofonica di 4,0 m e punto di energizzazione posto ad una distanza di 6 metri dal primo geofono.

Di seguito è riportata l'ubicazione e la vista dello stendimento eseguito volto in particolare:

- alla misura diretta della velocità equivalente delle onde di taglio V_s e della relativa classificazione della categoria sismica di appartenenza dei terreni del sottosuolo;

- all'acquisizione di dati che permettono di indagare sull'eventuale presenza di cavità sotterranee e che forniscono maggiori informazioni sull'uniformità areale dei depositi presenti in situ.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto necessita una valutazione, oltre che dei parametri relativi alla "Pericolosità Sismica di Base", anche degli effetti della "Risposta Sismica Locale", che dipendono, essenzialmente, dalle caratteristiche litostratigrafiche o morfologiche del sito.

Queste ultime, infatti, risultano esercitare una diretta influenza sulla propagazione e sull'eventuale amplificazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

Secondo le procedure prescritte dalla normativa vigente tali effetti sono valutabili, con buona approssimazione, mediante l'individuazione della categoria di sottosuolo e della categoria topografica in cui ricade il sito di interesse.

Da dette categorie deriva poi la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, "SS" e "ST", stabiliti dalle stesse norme, che concorrono nella ricostruzione degli spettri di risposta elastici tipici del sito.

L'indagine MASW si svolge in tre fasi:

1. acquisizione delle onde superficiali (ground roll)
2. costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza)
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.



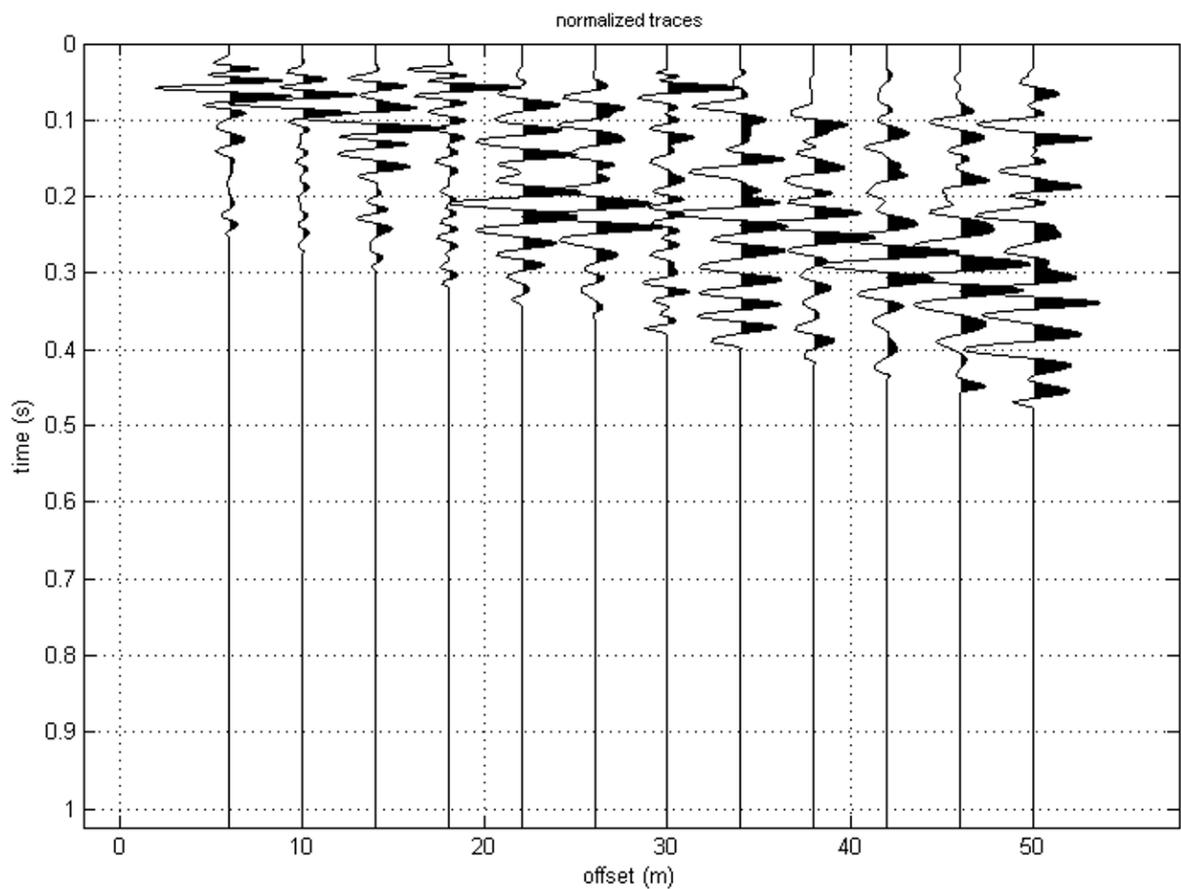
Ubicazione stendimento MASW

Una volta acquisito il dato di campagna, si è proceduto all'elaborazione dello stesso mediante il software winMASW[®]-3C 7.2 (ELIOSOFT geophysical software & services) con cui è stato determinato lo spettro di velocità e la curva di dispersione.

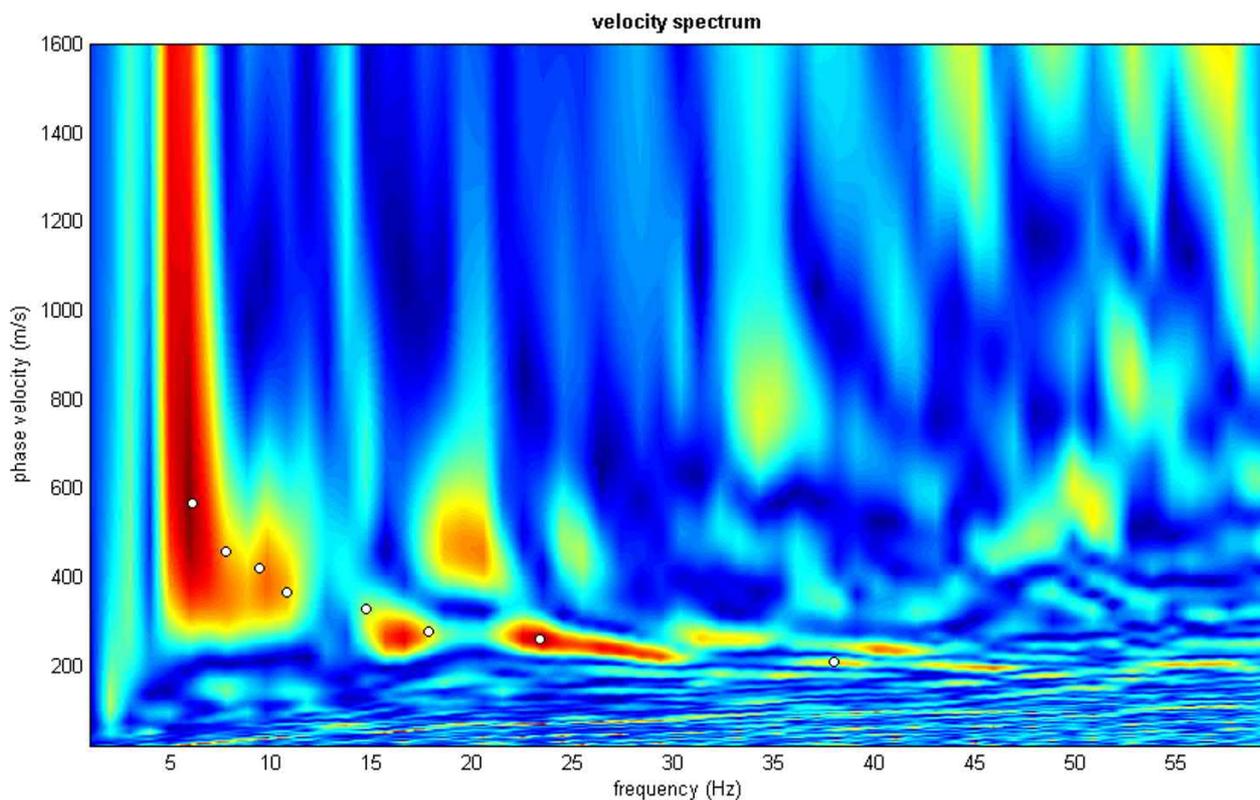
Successivamente, mediante l'inversione di quest'ultima, si è ricostruito il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio ottenendo così il valore di V_s .

Di seguito si riporta quanto ottenuto.

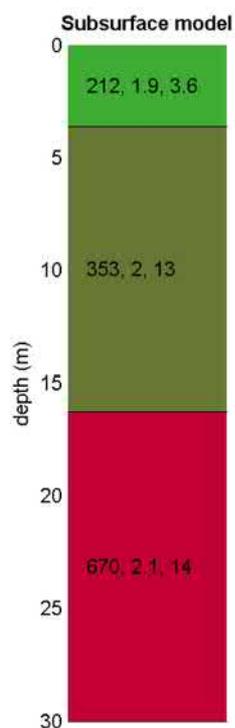
dataset: 004.DAT
sampling: 0.125 ms
minimum offset: 6 m
geophone spacing: 4 m



Dato di campagna (sismogramma)

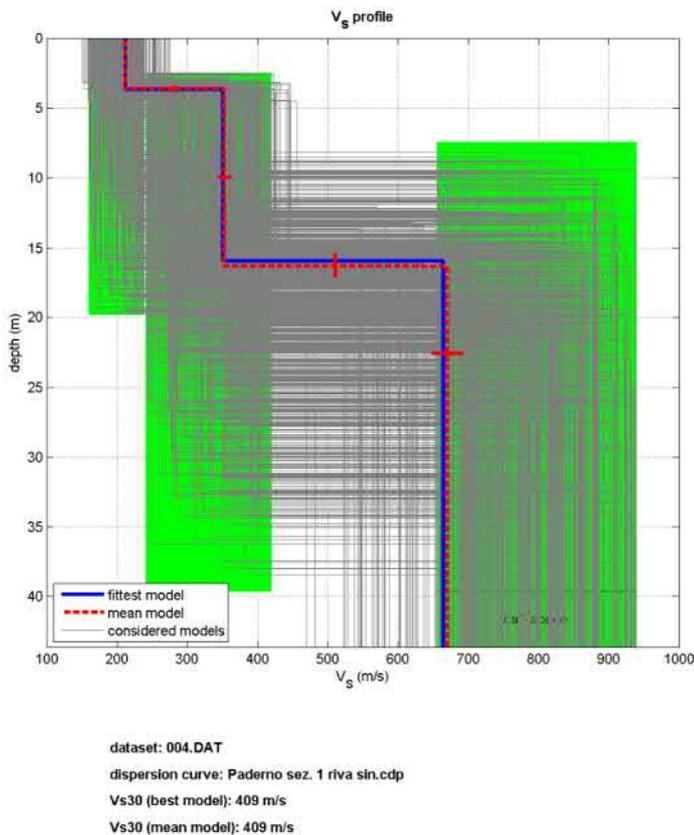


Spettro di velocità e curva di dispersione



Spessore [m]	Vs [m/sec]
3,6	212
13	353
14	670

Sismostratigrafia



L'elaborazione del dato di campagna ha fornito una Vs₃₀ pari a 409 m/s che, così come riportato dalle NTC 2018, permette di classificare il suolo di fondazione come "tipo 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.

ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Riferimenti normativi e metodologici nazionali e regionali

Vengono di seguito descritte le attività specifiche condotte ai fini dell'attuazione della caratterizzazione sismica di secondo livello del settore territoriale in oggetto secondo quanto previsto dalla normativa regionale di riferimento D.G.R. n° IX / 2616 /2011.

Valutazione degli effetti sismici di sito

La procedura di cui all'Allegato 5 della D.G.R. n° IX / 2616 /2011 prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza) in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione.

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE			
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase pianificatoria
Zona Sismica 2-3	Obbligatorio	Nelle zone con PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato >

		urbanizzabile, ad aree già inedificate	Fac (valore soglia comunale). Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona Sismica 4	Obbligatorio	Nelle zone con PSL Z3 e Z4 - solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione valore soglia comunale (elenco tipologico di cui al - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti. d.d.u.o. n. 19904/03).	Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > Fac (valore soglia comunale). Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti

La recente D.G.R. n. X/2129 dell' 11 luglio 2014 – “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)” ha ridefinito la classificazione sismica del territorio lombardo sia in termini di classe sismica di appartenenza, sia in termini di accelerazione massima attesa al sito: in quest’ambito il territorio di Paderno Dugnano è stato confermato in zona sismica 4.

Pertanto nell’ambito delle attività obbligatorie, rientra l’attuazione di indagini specifiche finalizzate alla redazione **dell’approfondimento sismico di II livello**.

SINTESI DELLE PROCEDURE

La metodologia per l’analisi sismica del territorio è basata sulla valutazione dell’influenza delle condizioni stratigrafiche, morfologiche e geotecniche sito specifiche, nella risposta sismica locale e prevede, come in precedenza accennato, tre livelli di approfondimento progressivo:

- il primo è obbligatorio nella pianificazione territoriale di tutti i comuni, indipendentemente dalla loro classificazione sismica;
- il secondo e il terzo vengono implementati solo in presenza di precise situazioni, durante la fase pianificatoria e quella progettuale.

L’analisi di secondo livello consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi per l’area in oggetto e si concretizza con la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di Amplificazione (Fa).

La valutazione del fattore Fa è stata condotta nello scenario suscettibile di amplificazione di tipo litologico (o stratigrafico); in particolare, è stato “quantificato” l’effetto delle condizioni locali, in grado di modificare l’intensità delle onde sismiche generate da un terremoto (pericolosità di base).

La procedura consiste nell’attuare il confronto tra il valore di Fa caratteristico sito specifico

dell'area di interesse progettuale ed il valore di Fa caratteristico per il territorio comunale in cui l'area è inserita.

Il valore di Fa caratteristico sito specifico dell'area di interesse progettuale è stato definito attraverso l'indagine sismica MASW svolta.

Il valore di Fa caratteristico per il territorio comunale, detto “valore di soglia”, viene invece fornito dall'apposito elenco redatto a cura della Regione Lombardia.

Nei capitoli successivi e nella determinazione dei valori di Fa si è sempre fatto riferimento a quanto contenuto ed indicato nell'Allegato 5 della D.G.R. n° IX / 2616 del 19 gennaio 2012.

VALUTAZIONI FINALI ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Analisi comparativa tra valori di soglia sito specifici e valori di soglia Regione Lombardia

Per il Comune di Paderno Dugnano i valori di soglia di Fa riferiti al periodo 0.1-0.5 s, 0.5-1.5 s, per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D e E) sono i seguenti:

	Fa per Suoli B	Fa per Suoli C	Fa per Suoli D	Fa per Suoli E
Periodo 0,1 - 0,5	1,4	1,9	2,2	2,0
Periodo 0,5 - 1,5	1,7	2,4	4,2	3,1

Si è quindi proceduto alla scelta della scheda litologica, (scheda litologia terreni sabbiosa), rappresentativa per l'area di specifico interesse; tale scheda permette di delineare gli effetti litologici con particolare riferimento al calcolo dei valori di Fa.

La scelta della scheda di valutazione di riferimento è stata attuata sulla base della velocità delle onde sismiche di taglio desunte dalle indagini sismiche M.A.S.W. condotte (Scheda litologica terreni sabbiosi).

I valori del periodo T sono stati ricavati mediante la seguente espressione:

$$T = \frac{4 * \sum_i^n h_i}{\frac{\sum_i^n V_{si} * h_i}{\sum_i^n h_i}}$$

Dall'applicazione della formula sopra citata sono stati ottenuti i valori di ingresso di “T” relativi alla scheda litologica prescelta permettendo il calcolo dei valori di Fa (0.1 – 0.5) e Fa (0.5 – 1.5) relativi all'area di specifico interesse.

A seguire vengono riportati i risultati ottenuti.

I valori di **Fa caratteristici sito specifico** dell'area di interesse progettuale ottenuti sono pertanto i seguenti:

SITO	SCHEDA	PERIODO T	Fa (0.1 – 0.5)	Fa (0.5 – 1.5)
Seveso- Paderno Dugnano – Via Camposanto – sponda sx	ghiaiosa	0,115	1,20	1,03

I valori di Fa sito specifici sopra elencati sono stati quindi confrontati con i valori di Fa di soglia definiti per il territorio comunale di Pieve Porto Morone.

Come sopra accennato i valori di Fa da confrontare sono quelli relativi al tipo di suolo (classe categoriale) individuato attraverso le valutazioni effettuate.

In particolare l'analisi sismica condotta individua la classe categoriale di tipo C come quella rappresentativa per l'area di specifico interesse.

Nella tabella riportata nella pagina precedente vengono restituiti i valori di Fa di soglia forniti dalla Regione Lombardia per il territorio comunale di Pieve Porto Morone.

Dall'applicazione della procedura risulta che il valore di Fa sito specifico valutato per la categoria di suolo C risulta inferiore al valore Fa di Soglia, definito dalla Regione Lombardia, sia per il Periodo 0.1-0.5 s. sia per il Periodo 0.5 – 1.5 s.

	Fa area in oggetto	Fac – Paderno Dugnano - suoli tipo B
Fa (0.1 – 0.5)	1,20	1,4
Fa (0.5 – 1.5)	1,03	1,7

I valori di Fa sito specifici confrontati con i valori di Fa di soglia definiti per il territorio comunale di Paderno Dugnano, permettono di definire

Per suoli di “tipo B” → Fa (sito) < Fa Paderno Dugnano

Pertanto, come previsto da normativa, anche mediante l'analisi sismica di 2° livello, viene confermata la classificazione del suolo di fondazione come “tipo B”.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

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

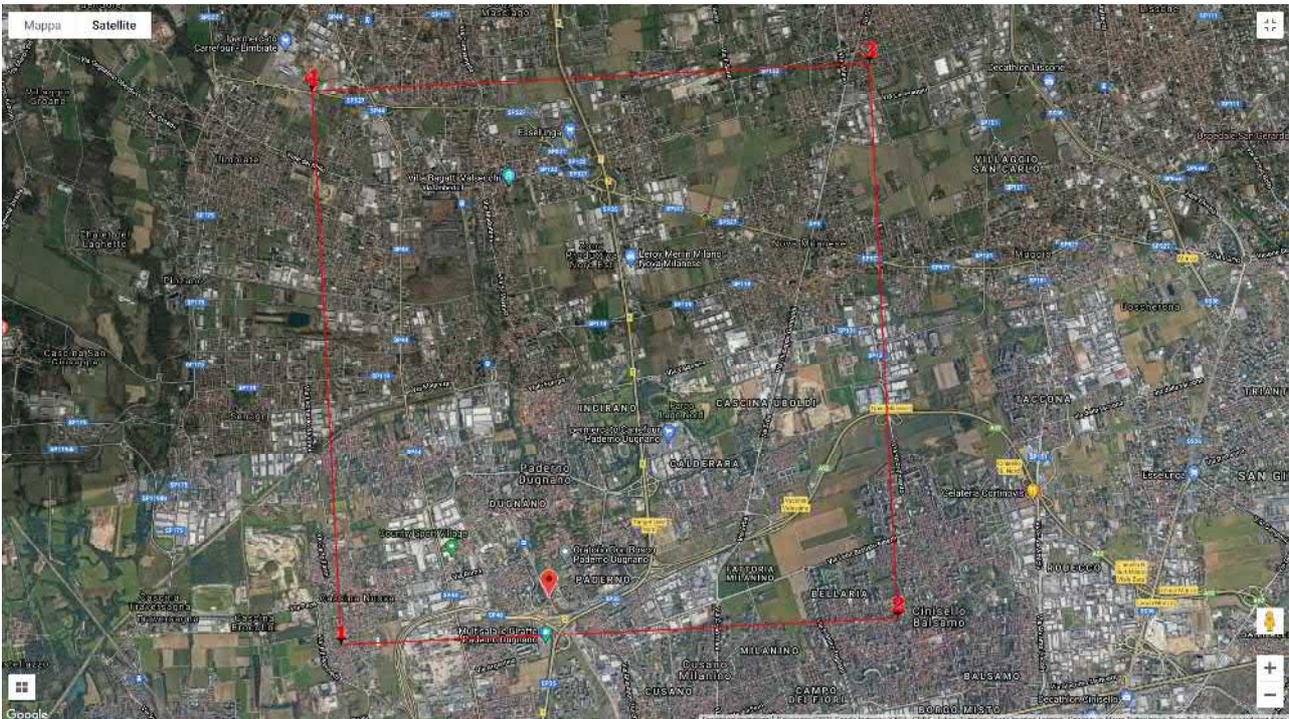
ESPRESSIONI DI S_s E C_c

Categoria sottosuolo	S _s	C _c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C 	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

CATEGORIE TOPOGRAFICHE

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

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



vertici della maglia sismica di appartenenza

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel DM 17 gennaio 2018-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 3.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = \langle V_n \rangle$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso** <ClasseUso> a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = <C_U>$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = <V_N> * <C_U> = <V_R> \text{ anni.}$$

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) 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.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti

delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e 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.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è $V_R = \langle V_r \rangle$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = \langle TrSLO \rangle$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = \langle TrSLD \rangle$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = \langle TrSLV \rangle$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = \langle TrSLC \rangle$

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, 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.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le **NTC 2018** si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le **NTC 2018** le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (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 NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

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.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella, contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine. *Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.*

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

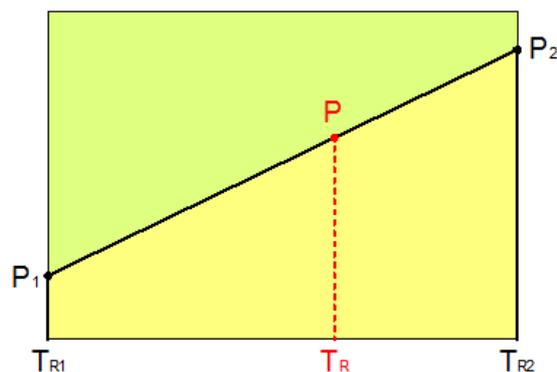
Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 3.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_{1,2}$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1,2}$. Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

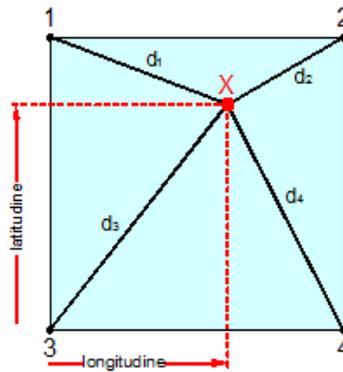
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.



Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura sottostante



Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

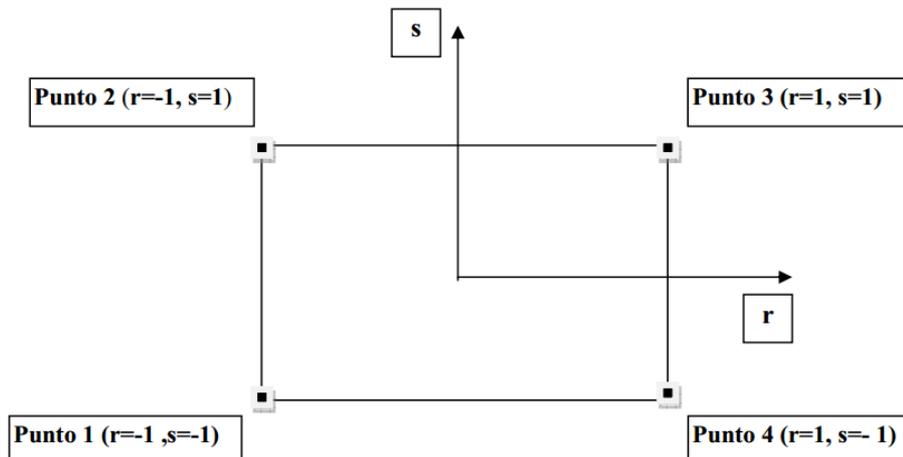
Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (3.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.



Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (3.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (3.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (3.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (3.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (3.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (3.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (3.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.11)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (3.12)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (3.13)$$

Con

- β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella a seguire.

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (3.14)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $S_T = 1.0$; **T2:** $S_T = 1.20$; **T3:** $S_T = 1.20$; **T4:** $S_T = 1.40$.

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 45,560920 [°]

longitudine: 9,165632 [°]

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

Vita nominale: 100 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	11816	45,556630	9,138990	2128,4
Sito 2	11817	45,559170	9,210144	3470,9
Sito 3	11595	45,609100	9,206558	6232,6
Sito 4	11594	45,606560	9,135291	5597,3

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente c_u : 2

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,032	2,591	0,219
Danno (SLD)	63	201	0,037	2,633	0,244
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,068	2,753	0,312
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,073	2,777	0,317

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

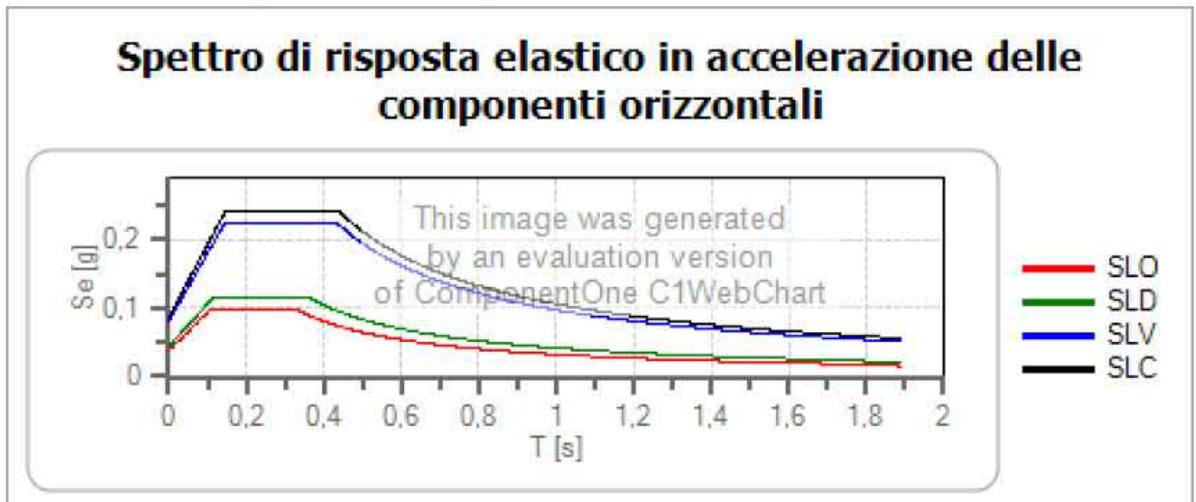
	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,490	1,000	0,008	0,004	0,375	0,200
SLD	1,200	1,460	1,000	0,009	0,004	0,436	0,200
SLV	1,200	1,390	1,000	0,016	0,008	0,798	0,200
SLC	1,200	1,380	1,000	0,017	0,009	0,853	0,200

Spettri di risposta

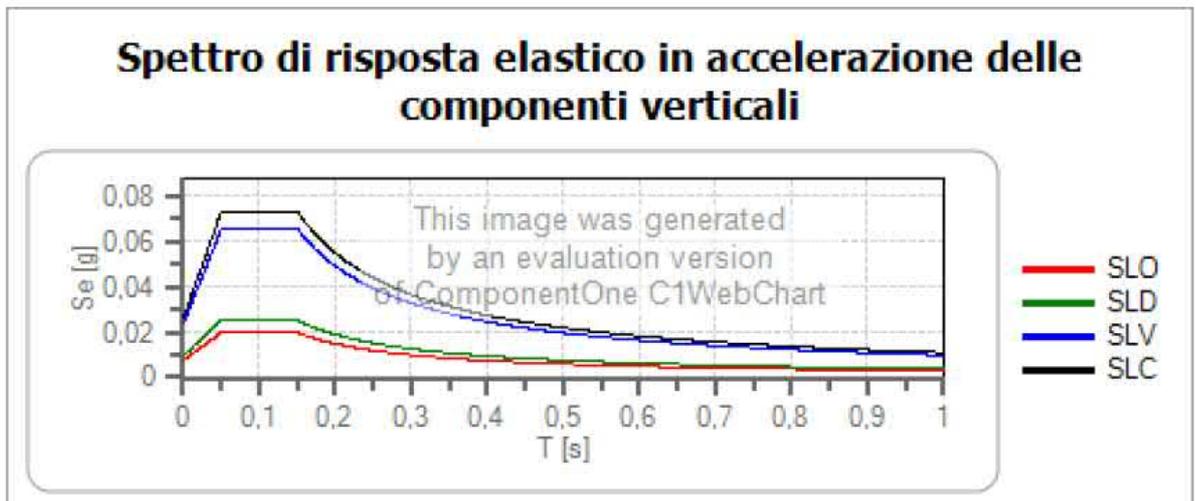
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,032	2,591	0,219	1,200	1,490	1,000	1,200	1,000	0,109	0,326	1,727
SLD	2	0,037	2,633	0,244	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,119	0,357	1,748
SLV	2	0,068	2,753	0,312	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,145	0,434	1,871
SLC	2	0,073	2,777	0,317	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,146	0,438	1,890



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,032	2,591	0,219	1,000	1,490	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,037	2,633	0,244	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,068	2,753	0,312	1,000	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,073	2,777	0,317	1,000	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

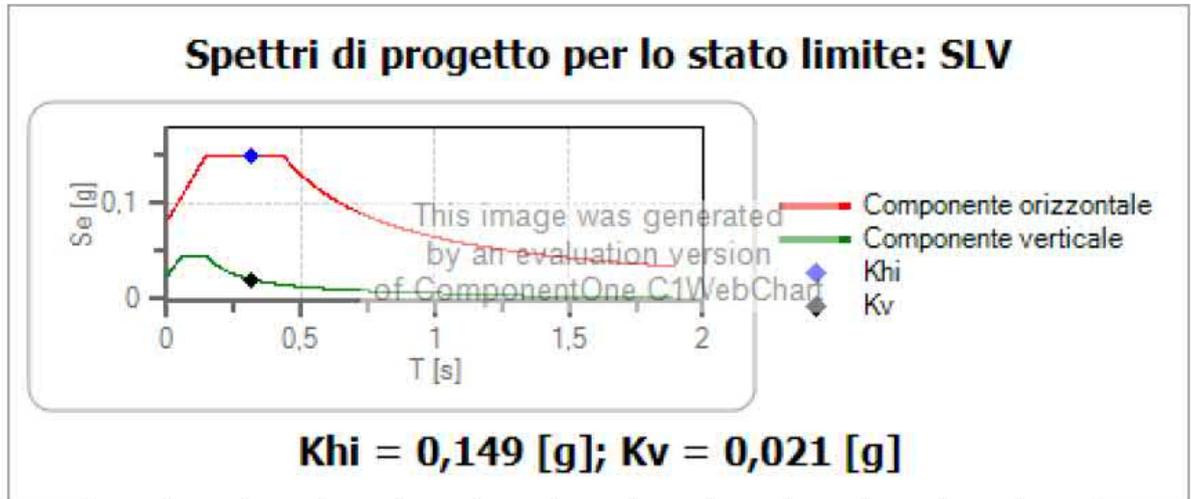
Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,068	2,753	0,312	1,200	1,390	1,000	1,200	1,500	0,145	0,434	1,871
SLV verticale	2	0,068	2,753	0,312	1,200	1,390	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Periodo: 0,312[sec]

Khi: 0,149 [g]

Kv: 0,021 [g]

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Vengono di seguito riportate le condizioni di Legge previste:

Esclusione della verifica a liquefazione

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

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

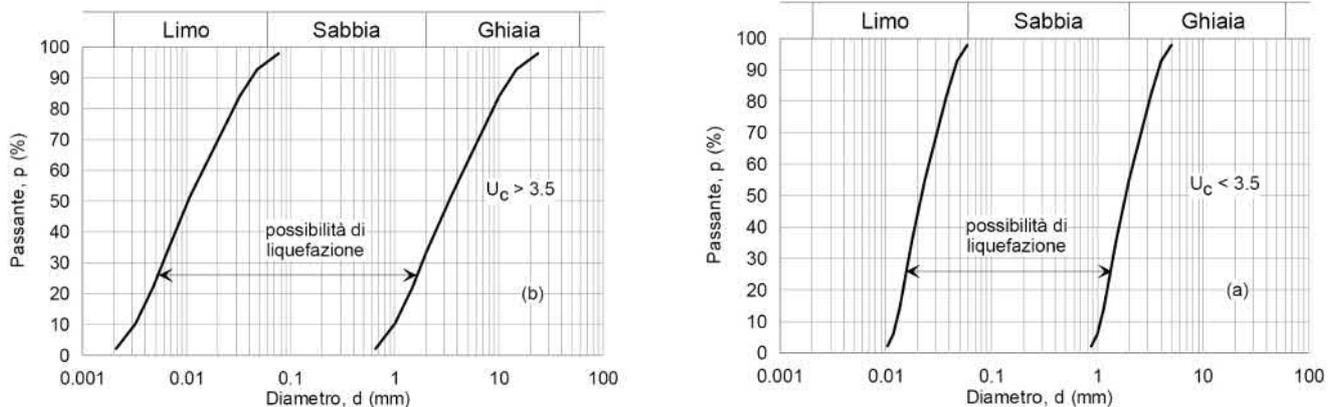


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

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

Si riportano i parametri sismici per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita definiti per il sito di studio:

- **S - Accelerazione massima in superficie=0.068 g**
- **F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale = 2,753**

- **Tc periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale = 0.312**
- **Categoria di suolo di tipo “B”**
- **Coefficiente di amplificazione litologica Ss=1.2**
- **Coefficiente di amplificazione litologica Cc=1,39**
- **Categoria topografica “T1”**
- **Coefficiente di amplificazione topografica St=1.000.**

La condizione 1 risulta soddisfatta.

RAPPORTO DELL'INDAGINE E CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Nell'area oggetto della presente relazione, in data 18 giugno 2021 sono state realizzate due indagini penetrometriche dinamiche eseguita con penetrometro superpesante – Pagani TG63-200 – DPSH.



Ubicazione delle indagini penetrometriche

Lo scopo principale dell'indagine, in considerazione della attuale necessità di messa in sicurezza e ripristino della struttura, realizzata mediante fondazioni di tipo superficiale, è il controllo della continuità litostratigrafica riscontrabile sui due lati della fondazione ed in particolare DPSH1 (lato nord) e DPSH2 (lato sud).

Come rilevabile dalla documentazione fotografica sono evidenti fessurazioni e crepe su entrambi i lati della spalla in sponda sinistra del Seveso, nonché distacco della testa di alcuni tiranti.

DPSH1 (lato nord)

L'indagine è stata spinta fino a rifiuto alla penetrazione per una profondità di m. 5,80 dal p.c., con il metodo dinamico:

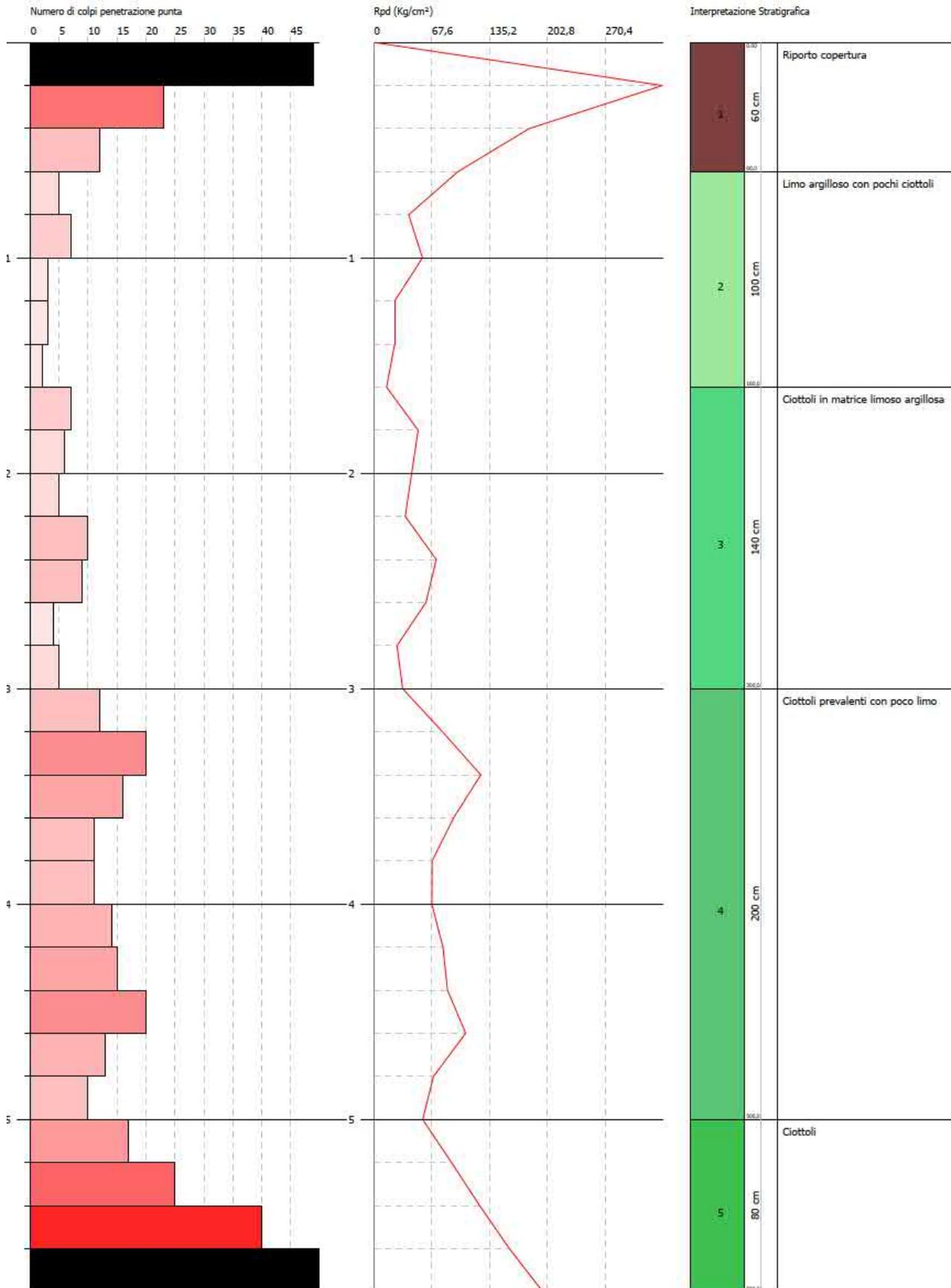
- *le prove evidenziano, superato lo strato superficiale di riporto compattato, quindi limo argilloso fino a circa 1,60 metri, segue ghiaia e ciottoli in matrice limoso argillosa fino a 3 metri*
- *da 3 a 5 metri i ciottoli risultano prevalenti rispetto alla matrice*



- l'indagine si interrompe a 5,80 metri per rifiuto alla penetrazione

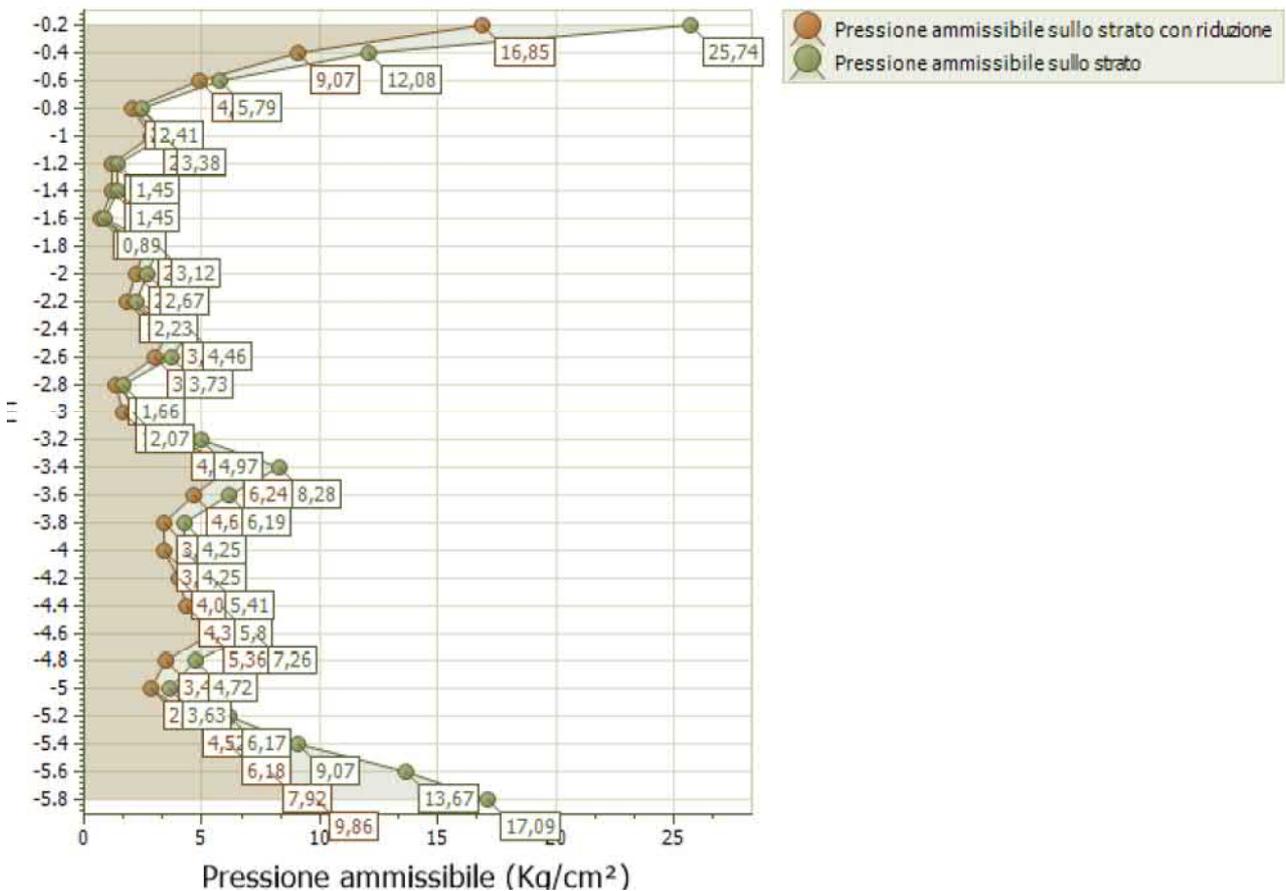
- la presenza idrica sotterranea locale, all'interno della fascia del Seveso, corrisponde al livello idrico del torrente mentre, per quanto riguarda la falda idrica sotterranea, dall'interpretazione della Carta idrogeologica allegata al P.G.T. del Comune di Paderno Dugnano, l'area di studio, avente quota topografica di m. 158 s.l.m., si trova in corrispondenza di un livello freatico massimo posto a m. 129 sul livello del mare, pari a - m. 29 dal piano campagna.





Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unità di Volume (t/m ³)	Peso Unità di Volume Saturato (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	Velocità onde di taglio (m/s)
1	0,6	41,16	Incoerente	1,79	2,11	41,63	0	112,01	280,8	0,27	2140,52	103,16
2	1,6	5,88	Incoerente/Coesivo	1,42	1,89	32,04	--	39,54	0,0	0,34	343,66	94,67
3	3,0	9,66	Incoerente	1,47	1,92	33,54	0	47,31	0,0	0,33	548,01	118,94
4	5,0	20,87	Incoerente	1,61	2,0	37,33	0	70,33	179,35	0,31	1130,48	151,22
5	5,8	48,51	Incoerente	1,84	2,15	42,37	0	127,11	317,55	0,26	2498,01	185,41

Pressioni sullo strato





DPSH2 (lato sud – piazzale vivaio)

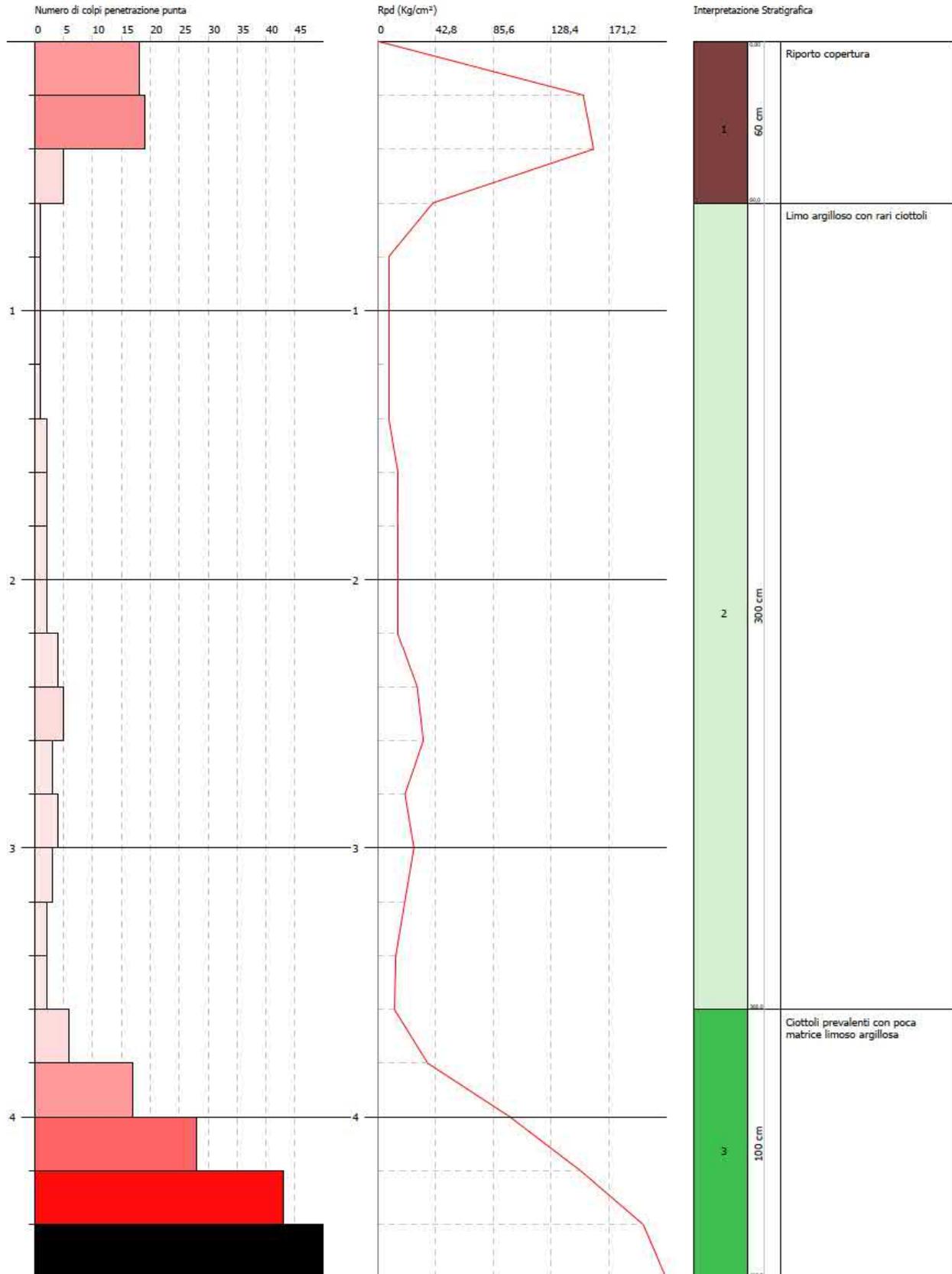
L'indagine è stata spinta fino a rifiuto alla penetrazione per una profondità di m. 4,60 dal p.c., con il metodo dinamico:

- le prove evidenziano, superato lo strato superficiale di riporto compattato, quindi limo argilloso con rari ciottoli fino a circa 3,60 – 3,80 metri, seguono ciottoli prevalenti in matrice limoso argillosa fino a fine indagine



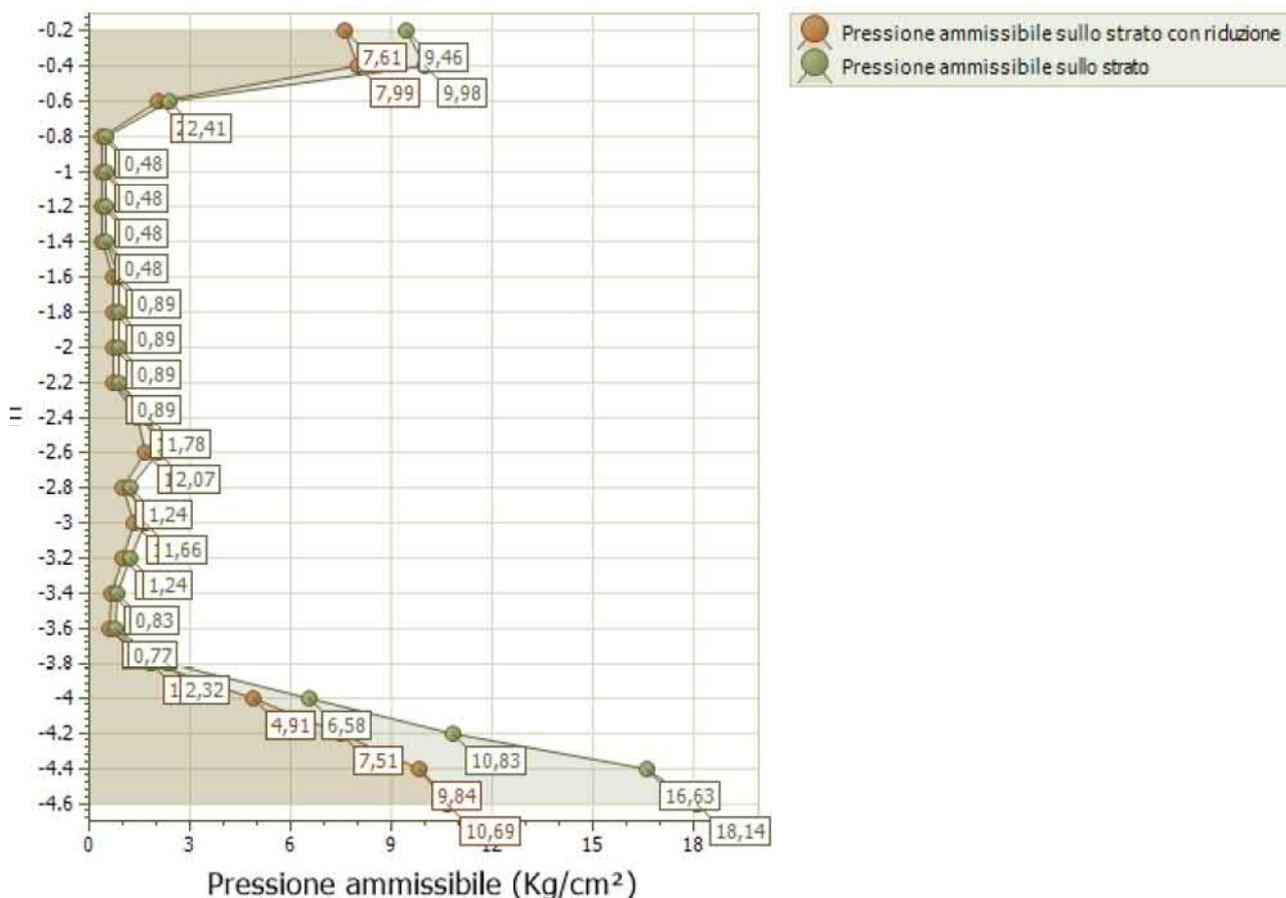
- l'indagine si interrompe a 4,60 metri per rifiuto alla penetrazione

- valgono le medesime considerazioni della indagine DPSH1 per quanto riguarda la falda idrica.



Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unità di Volume (t/m ³)	Peso Unità di Volume Saturato (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	Velocità onde di taglio (m/s)
1	0,6	20,58	Incoerente	1,6	2,0	37,24	0	69,74	177,9	0,31	1115,71	91,5
2	3,6	3,43	Incoerente/Coesivo	1,39	1,87	31,00	--	34,51	0,0	0,35	207,06	97,7
3	4,6	42,34	Incoerente	1,8	2,12	41,78	0	114,43	286,7	0,27	2198,16	171,72

Pressioni sullo strato



Considerazioni finali

Da quanto esposto, dal confronto tra le due indagini svolte, è possibile osservare disuniformità litostratigrafica e conseguenti condizioni caratteristiche per cedimenti differenziali fino a circa 4 metri di profondità.

Assumendo la profondità di 4 metri come strato di appoggio delle strutture di fondazione ovvero degli interventi necessari al ripristino ed alla messa in sicurezza delle attuali strutture,

elaborando i dati mediante software Geostru Dynamic Probing (allegato a fine relazione il report delle elaborazioni), si è ottenuta la seguente tabella riassuntiva.

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI

orizzonte di fondazione prof. 4 metri da quota indagini – piano alto golena sx Seveso

Prova penetrometrica	DPSH1	DPSH2
Orizzonte	3	3
Intervallo	3,0 ÷ 5,0	3,6 ÷ 4,6
Profondità di calcolo	4,0	4,0
Nspt	11	17
Litologia	Ciottoli prevalenti con poco limo	Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa
Gamma (t/m ³)	1,6	1,8
Gamma Saturo (t/m ³)	2,0	2,1
Fi (°)	37	38
Cu (Kg/cm ²)	0	0
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	70,33	80,87
Modulo Elastico (Kg/cm ²)	176	194
Modulo Poisson	0,35	0,3
Modulo di taglio G (Kg/cm ²)	1330	1760
Velocità onde di taglio (m/s)	151	172

	<i>Orizzonte di appoggio fondazioni superficiali</i>
--	--

CERTIFICATI E DIAGRAMMI DELLE PROVE PENETROMETRICHE

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: COMUNE DI PADERNO DUGNANO Descrizione: INDAGINI PRELIMINARI SPALLA SX Località: PONTE SU SEVESO SPONDA SX - VIA CAMPOSANTO	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

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 e una correlazione diretta con sondaggi geognostici 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.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);

- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti

riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M peso massa battente.
- M' peso aste.
- H altezza di caduta.
- A area base punta conica.
- δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} resistenza dinamica punta (area A).
- e infissione media per colpo (δ/N).
- M peso massa battente (altezza caduta H).
- P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.

- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.

- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

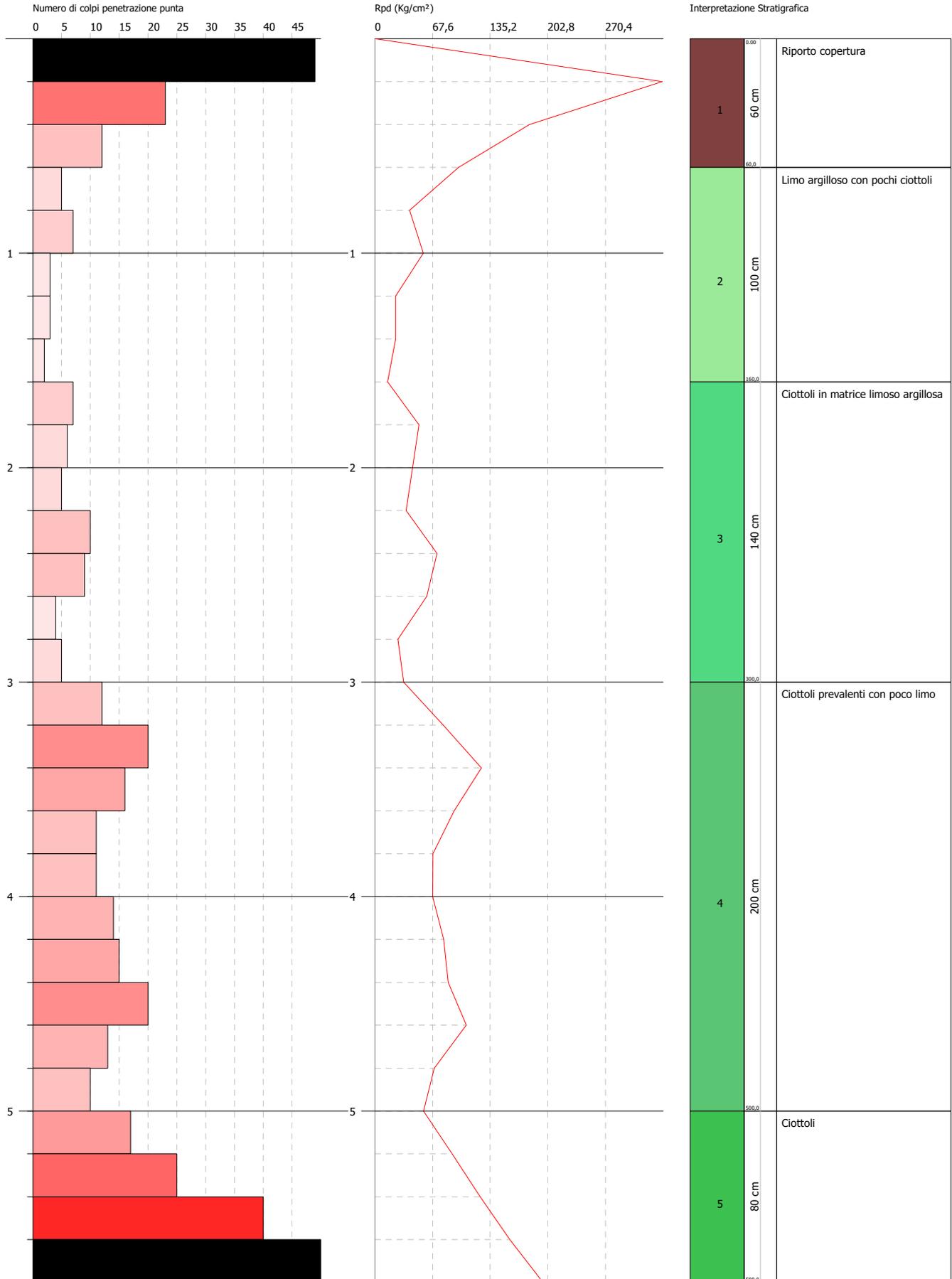
- Meyerhof ed altri.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1 - lato nord
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: COMUNE DI PADERNO DUGNANO
 Descrizione: INDAGINI PRELIMINARI SPALLA SX
 Località: PONTE SU SEVESO SPONDA SX - VIA CAMPOSANTO

Data: 18/06/2021

Scala 1:25





PROVA ...DPSH1 - lato nord

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/06/2021
 Profondità prova 5,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	49	0,655	337,04	514,86	16,85	25,74
0,40	23	0,751	181,44	241,67	9,07	12,08
0,60	12	0,847	98,02	115,72	4,90	5,79
0,80	5	0,843	40,66	48,22	2,03	2,41
1,00	7	0,840	56,69	67,50	2,83	3,38
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	3	0,833	24,10	28,93	1,20	1,45
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	7	0,826	51,54	62,38	2,58	3,12
2,00	6	0,823	44,01	53,47	2,20	2,67
2,20	5	0,820	36,54	44,55	1,83	2,23
2,40	10	0,817	72,81	89,11	3,64	4,46
2,60	9	0,814	60,69	74,54	3,03	3,73
2,80	4	0,811	26,88	33,13	1,34	1,66
3,00	5	0,809	33,49	41,41	1,67	2,07
3,20	12	0,806	80,10	99,38	4,01	4,97
3,40	20	0,753	124,79	165,63	6,24	8,28
3,60	16	0,751	92,93	123,77	4,65	6,19
3,80	11	0,798	67,94	85,09	3,40	4,25
4,00	11	0,796	67,73	85,09	3,39	4,25
4,20	14	0,744	80,54	108,30	4,03	5,41
4,40	15	0,741	86,03	116,03	4,30	5,80
4,60	20	0,739	107,29	145,14	5,36	7,26
4,80	13	0,737	69,54	94,34	3,48	4,72
5,00	10	0,785	56,97	72,57	2,85	3,63
5,20	17	0,733	90,43	123,37	4,52	6,17
5,40	25	0,681	123,56	181,42	6,18	9,07
5,60	40	0,579	158,31	273,36	7,92	13,67
5,80	50	0,577	197,26	341,71	9,86	17,09

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	28	290,75	Incoerente	0	2,21	2,11	0,07	1,47	41,16	Riporto copertura
1,6	4	38,28	Incoerente - coesivo	0	1,81	1,89	0,22	1,47	5,88	Limo argilloso con pochi ciottoli
3	6,57	56,94	Incoerente	0	1,72	1,92	0,43	1,47	9,66	Ciottoli in matrice limosa argillosa
5	14,2	109,53	Incoerente	0	2,01	1,99	0,76	1,47	20,87	Ciottoli prevalenti con

5,8	33	229,96	Incoerente	0	2,23	2,16	1,05	1,47	48,51	poco limo Ciottoli
-----	----	--------	------------	---	------	------	------	------	-------	-----------------------

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1 - lato nord

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	0,37	0,74	0,25	0,24	0,57	1,15	0,53	0,87	0,29	0,84	0,74

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	Robertson (1983)	11,76

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	26,98	88,20	61,76	73,50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	47,22	58,80

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	Meyerhof	1,81

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	Meyerhof	1,89

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	Ohta & Goto (1978) Limi	94,67

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	76,67	100	100	73,29
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	25,59	53	59,14	23,14
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	31,69	61,29	62,98	32,23
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	43,29	79,52	78,71	52,5
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	59,78	100	100	79,13

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasa ki & Iwasaki
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	38,76	31,76	39,52	36,91	41,63	42	35-38	39,85	39,35	51,2	43,69
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	28,68	21,68	29,65	31,13	32,04	0	<30	24,39	28,76	33,62	25,84
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	29,76	22,76	30,7	30,49	33,54	0	<30	27,04	29,9	37,15	28,9
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	32,96	25,96	33,84	30,53	37,33	39,13	30-32	32,69	33,26	42,65	35,43
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	40,86	33,86	41,58	31,19	42,37	42	35-38	41,97	41,55	48,91	46,15

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	457,94	329,28	486,39	488,70	280,80
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	---	47,04	---	---	---
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	---	77,28	114,69	---	---
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	326,09	166,96	246,97	336,52	179,35

[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	497,15	388,08	573,12	543,83	317,55
----------------	-------	------	-------	--------	--------	--------	--------	--------

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	246,96	112,01	292,24	221,57
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	---	39,54	41,75	64,22
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	---	47,31	68,59	81,08
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	125,22	70,33	148,18	131,08
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	291,06	127,11	344,42	254,35

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	Terzaghi-Peck 1948	1,79
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	Terzaghi-Peck 1948	1,42
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	Terzaghi-Peck 1948	1,47
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	Terzaghi-Peck 1948	1,61
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	Terzaghi-Peck 1948	1,84

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	Terzaghi-Peck 1948	2,11
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	Terzaghi-Peck 1948	1,92
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	Terzaghi-Peck 1948	2,00
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	Terzaghi-Peck 1948	2,15

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	(A.G.I.)	0,27
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	(A.G.I.)	0,34
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	(A.G.I.)	0,33
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	(A.G.I.)	0,31
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	2140,52	1211,59
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	343,66	368,98
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	548,01	499,72
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	1130,48	800,09
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	2498,01	1339,53

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	Ohta & Goto (1978) Limi	103,16
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	Ohta & Goto (1978) Limi	94,67
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	Ohta & Goto (1978) Limi	118,94
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	Ohta & Goto (1978) Limi	151,22
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	Ohta & Goto (1978) Limi	185,41

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	Seed e Idriss (1971)	--
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	Navfac 1971-1982	7,03
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	Navfac 1971-1982	1,19
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	Navfac 1971-1982	2,03
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	Navfac 1971-1982	4,20
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	Navfac 1971-1982	7,97

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

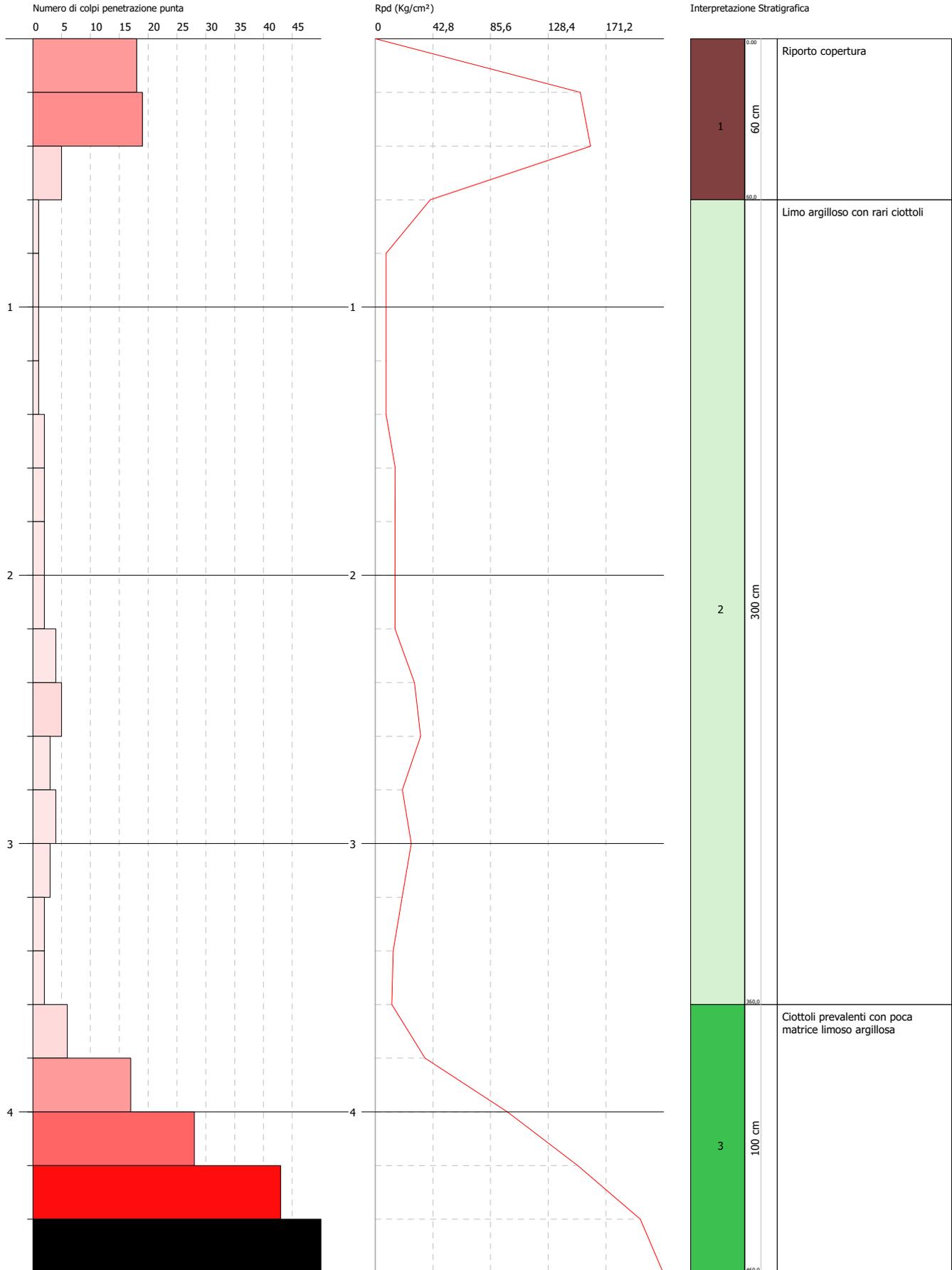
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Riporto copertura	41,16	0,60	41,16	Robertson 1983	82,32
[2] - Limo argilloso con pochi ciottoli	5,88	1,60	5,88	Robertson 1983	11,76
[3] - Ciottoli in matrice limoso argillosa	9,66	3,00	9,66	Robertson 1983	19,32
[4] - Ciottoli prevalenti con poco limo	20,87	5,00	20,87	Robertson 1983	41,74
[5] - Ciottoli	48,51	5,80	48,51	Robertson 1983	97,02

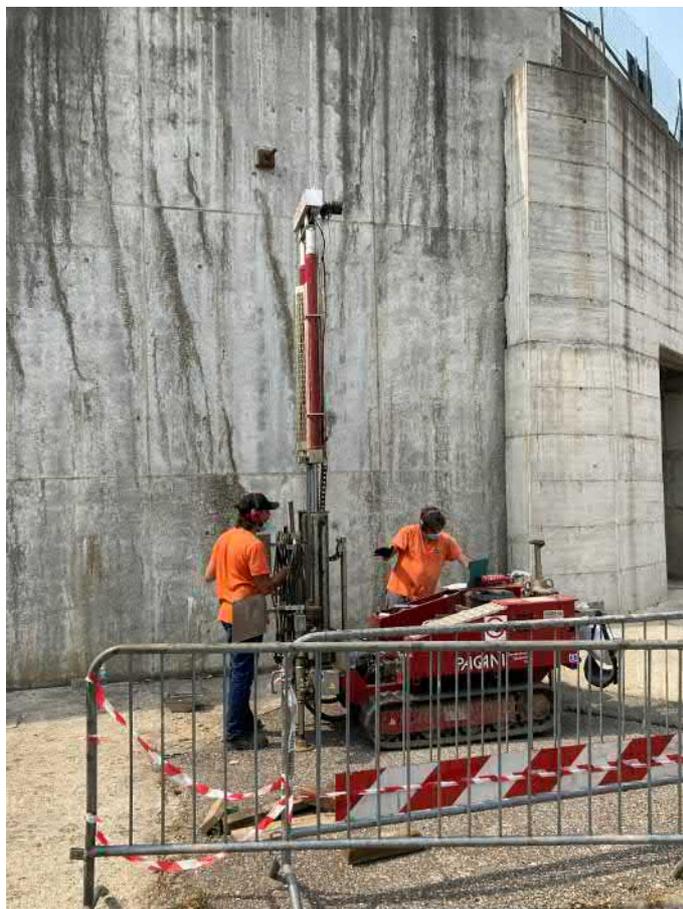
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2 - lato sud
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: COMUNE DI PADERNO DUGNANO
Descrizione: INDAGINI PRELIMINARI SPALLA SX
Località: PONTE SU SEVESO SPONDA SX - VIA CAMPOSANTO

Data: 18/06/2021

Scala 1:20





PROVA ...DPSH2 - lato sud

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/06/2021
 Profondità prova 4,60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	18	0,805	152,18	189,13	7,61	9,46
0,40	19	0,801	159,86	199,64	7,99	9,98
0,60	5	0,847	40,84	48,22	2,04	2,41
0,80	1	0,843	8,13	9,64	0,41	0,48
1,00	1	0,840	8,10	9,64	0,40	0,48
1,20	1	0,836	8,06	9,64	0,40	0,48
1,40	1	0,833	8,03	9,64	0,40	0,48
1,60	2	0,830	14,78	17,82	0,74	0,89
1,80	2	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	4	0,817	29,13	35,64	1,46	1,78
2,60	5	0,814	33,72	41,41	1,69	2,07
2,80	3	0,811	20,16	24,85	1,01	1,24
3,00	4	0,809	26,79	33,13	1,34	1,66
3,20	3	0,806	20,03	24,85	1,00	1,24
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	2	0,801	12,39	15,47	0,62	0,77
3,80	6	0,798	37,06	46,41	1,85	2,32
4,00	17	0,746	98,10	131,50	4,91	6,58
4,20	28	0,694	150,25	216,59	7,51	10,83
4,40	43	0,591	196,73	332,63	9,84	16,63
4,60	50	0,589	213,80	362,85	10,69	18,14

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	14	145,66	Incoerente	0	2,0	1,98	0,06	1,47	20,58	Riporto copertura
3,6	2,33	20,12	Incoerente - coesivo	0	1,66	1,86	0,37	1,47	3,43	Limo argilloso con rari ciottoli
4,6	28,8	218	Incoerente	0	2,21	2,12	0,73	1,47	42,34	Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2 - lato sud

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[2] - Limo argilloso con rari	3,43	3,60	0,21	0,43	0,15	0,14	0,33	0,60	0,31	0,69	0,17	0,19	0,43

Riporto copertura														
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	27,98	20,98	28,96	29,16	31	0	<30	22,17	28,03	28,36	23,28
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	39,1	32,1	39,86	31,76	41,78	42	35-38	40,2	39,7	48,93	44,1

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	323,81	164,64	243,54	334,35	177,90
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	---	27,44	---	---	---
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	464,46	338,72	500,31	497,55	286,70

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	123,48	69,74	146,12	129,79
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	---	34,51	24,35	53,30
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	254,04	114,43	300,61	226,84

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	Terzaghi-Peck 1948	1,60
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	Terzaghi-Peck 1948	1,39
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	Terzaghi-Peck 1948	1,80

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	Terzaghi-Peck 1948	2,00
[2] - Limo argilloso con	3,43	3,60	3,43	Terzaghi-Peck 1948	1,87

rari ciottoli					
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	Terzaghi-Peck 1948	2,12

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	(A.G.I.)	0,31
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	(A.G.I.)	0,35
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	(A.G.I.)	0,27

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	1115,71	793,28
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	207,06	265,45
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	2198,16	1232,69

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	Ohta & Goto (1978) Limi	91,5
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	Ohta & Goto (1978) Limi	97,7
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	Ohta & Goto (1978) Limi	171,72

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	Navfac 1971-1982	4,15
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	Navfac 1971-1982	0,62
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	Navfac 1971-1982	7,18

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Riporto copertura	20,58	0,60	20,58	Robertson 1983	41,16
[2] - Limo argilloso con rari ciottoli	3,43	3,60	3,43	Robertson 1983	6,86
[3] - Ciottoli prevalenti con poca matrice limoso argillosa	42,34	4,60	42,34	Robertson 1983	84,68

Comune di
PADERNO DUGNANO
(Provincia di Milano)

Committente:
Immobiliare Lussi Srl
Via Cavallotti, 171
20099 Sesto san Giovanni (MI)

Relazione Geologica

ai sensi del D.M. 17/01/18 - R1

**Indagine geologico-tecnica di supporto al progetto di
realizzazione di nuovo edificio residenziale
in comune di Paderno Dugnano (MI), via Pasubio, 30.**

Lurago d'Erba (CO), luglio 2019

Dott. Geol. Mario Villa



SOMMARIO

1. Premessa.....	2
2. Inquadramento geografico e vincoli esistenti ai sensi della DGR 2616/2011	4
3. Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico.....	7
4. Indagini geotecniche.....	12
5. Risultati dell'indagine e modello geotecnico del sottosuolo	19
6. Parametri di progetto ed analisi della sismicità del sito	22
7. Conclusioni.....	26

ALLEGATI

- Tav. 1 – Inquadramento geografico**
- Tav. 2 – Fattibilità geologica**
- Tav. 3 – Vincoli**
- Tav. 4 – Inquadramento geologico**
- Tav. 5 – Inquadramento idrogeologico**
- Tav. 6 – Carta della pericolosità sismica locale**
- Tav. 7 – Ubicazione dei punti d'indagine**
- Tav. 8 – Sezione geotecnica**

Tabulati e grafici prove penetrometriche dinamiche
Tabelle letture e grafici prove infiltrometriche

1. Premessa

Su incarico della società Immobiliare Lussi srl con sede in via Cavallotti 171 a Sesto San Giovanni (MI), viene redatta la seguente Relazione Geologica a supporto del progetto di nuova costruzione di un edificio residenziale in via Pasubio, 30 in comune di Paderno Dugnano (MI).

L'area in oggetto è individuabile al foglio 21 mappali 179 e 329 della locale planimetria catastale.

Nell'allegata **Tav. 1 – Inquadramento geografico** è visibile un inquadramento geografico dell'area in oggetto su Carta Tecnica regionale (Tav. B5b5).

La relazione viene redatta inoltre ai sensi del D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento NTC2018, Norme tecniche per le Costruzioni) che fissa le norme tecniche per le indagini sui terreni con indicazioni geologiche e geotecniche riguardo alle scelte del progetto definitivo, considerando anche gli aspetti sismici per la progettazione.

In base ai risultati d'indagine la presente relazione contiene la descrizione delle condizioni geologico-idrogeologiche al contorno e una valutazione delle possibili soluzioni fondazionali che si potranno adottare per l'intervento edilizio in progetto.

L'indagine in sito è consistita nell'esecuzione di:

- *n° 4 prove penetrometriche dinamiche continue necessarie alla valutazione dei parametri geotecnici del sottosuolo;*
- *2 scavi esplorativi per valutare la litologia del sottosuolo;*
- *n° 1 prova infiltrometrica per valutare la permeabilità del sottosuolo.*

L'ubicazione dei punti d'indagine è mostrata nella **Tav. 7 – Ubicazione dei punti d'indagine** allegata alla presente relazione.

Il progetto prevede la demolizione di un fabbricato esistente e la realizzazione di un nuovo fabbricato residenziale costituito da piano interrato e 4 piani fuori terra.

Sulla base dei risultati acquisiti con l'indagine in sito e delle conoscenze geologiche, idrogeologiche e geotecniche locali, saranno affrontate nella presente relazione le seguenti tematiche:

- inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico del sito in esame;
- determinazione dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione;
- determinazione dei parametri sismici dei terreni di fondazione;
- definizione del modello geotecnico del sottosuolo.

Normativa di riferimento:

- ✓ "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 5, della l.r. 12 dell'11 marzo 2005 per il governo del territorio" (approvati con la D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005, D.G.R. n. 8/7374 del 28.05.2008 e D.G.R. n.IX/2616 del 30/11/2011).
- ✓ Legge Regionale 12 ottobre 2015, n. 33 Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche (BURL n. 42, suppl. del 16 Ottobre 2015).
- ✓ D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3, comma1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015
- ✓ "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008).
- ✓ Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- ✓ Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018 (aggiornamento NTC 2008), pubblicato in G.U. il 20 febbraio 2018.

2. Inquadramento geografico e vincoli esistenti ai sensi della DGR 2616/2011

Nella **Tav. 1 – Inquadramento geografico** è visibile un inquadramento geografico dell'area in oggetto su Carta Tecnica regionale (Tavv. B5b5).

L'area oggetto del presente documento è ubicata nella porzione occidentale del territorio comunale di Paderno Dugnano, in corrispondenza della località Cassina Amata.

L'area è inserita in un contesto prevalentemente ad uso residenziale, con localizzate attività produttive/commerciali.

I dintorni dell'area sono caratterizzati da superficie subpianeggiante con debole pendenza verso sud.

Il territorio comunale nell'intorno del sito si trova a quote comprese tra i 170 e i 163m s.l.m.; in particolare l'area si trova a circa 167 m s.l.m. (fonte CTR).

In Fig. 2.1 è visibile un estratto da ortofoto con evidenziata l'area oggetto di intervento.

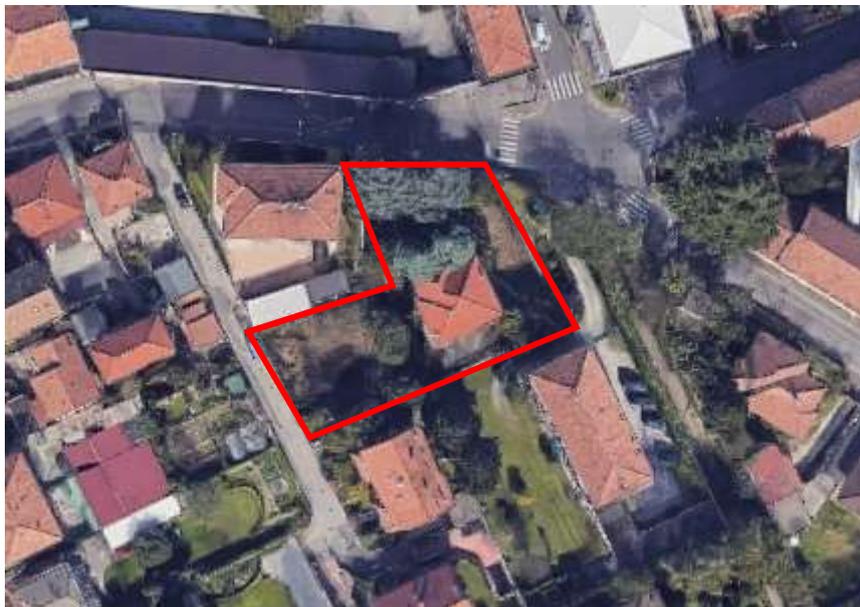


Figura 2.1 – Estratto ortofoto. In rosso l'area in esame.

Come visibile l'area presenta al centro un edificio residenziale che sarà demolito e aree verdi a giardino.

Le valutazioni in merito alla fattibilità dell'intervento e alla compatibilità con gli strumenti urbanistici vigenti sono riportati nella Relazione Geologica redatta dallo scrivente a marzo 2019 ai sensi della DGR IX/2616/2011 (Componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT).

Di seguito si riassumono gli elementi principali.

L'area in oggetto risulta in Classe di Fattibilità 2 – fattibilità con modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso secondo quanto riportato nella componente Geologica del PGT comunale (si veda l'allegata **Tav. 2 – Carta della fattibilità geologica**) e pertanto non sussistono particolari limitazioni alle scelte urbanistiche. In particolare l'area ricade nella sottoclasse 2a – Piana Fluvioglaciale; si tratta di aree con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero.

Nelle norme geologiche di piano allegate al PGT sono descritte come "aree pianeggianti, litologicamente costituite da ghiaie e sabbie, con locali lenti di limi debolmente sabbiosi, da poco a mediamente alterate. Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui." Le problematiche possono essere la "presenza di terreni da granulari sciolti a coesivi, con discrete caratteristiche geotecniche fino a 2.5-6 m di profondità. Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità. Vulnerabilità dell'acquifero di grado elevato."

Si sottolinea inoltre, che l'intervento edilizio in progetto (edificio residenziale) non comporta particolari problematiche per la salvaguardia della falda che comunque si trova ad oltre 30m di profondità.

L'area oggetto di edificazione non risulta gravata da particolari vincoli geologici, idrografici o di natura ambientale.

Per l'area in esame inoltre non sussistono particolari vincoli idrogeologici essendo l'area localizzata al di fuori delle fasce di rispetto dalle opere di captazione di acqua destinata al consumo umano, secondo quanto indicato dai DLgs 152/2006 e DGR 7/12693-042003. Si sottolinea a tal proposito come la natura stessa dell'intervento edificatorio in progetto escluda la possibilità di alterazione della situazione chimico-batterologica della falda sotterranea.

La situazione è riassunta nella **Tavola 3 – Vincoli** allegata alla presente relazione. In tale tavola è presente un estratto della Carta dei Vincoli riportata nella componente geologica di supporto al PGT comunale.

È segnalata la presenza, alcuni metri ad E dell'area, di un canale derivatore secondario (Reticolo idrico minore). L'area risulta esterna alle fasce di rispetto (6m) del corso d'acqua.

Dal punto di vista idraulico l'area in esame si trova al di fuori delle fasce di rispetto per il Fiume Lambro stabilite dal PAI (Piano Assetto Idrogeologico) e dalle fasce del PGRA aggiornato al 2015 (Piano Gestione Rischi Alluvioni, Direttiva alluvioni 2007/60/CE).

3. Inquadramento geomorfologico, geologico ed idrogeologico

I dati utilizzati nella presente relazione sono ricavati dalle conoscenze del sito e dall'analisi della letteratura esistente (in particolar modo si fa riferimento alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale vigente).

3.1 Geomorfologia

Il territorio del Comune di Paderno Dugnano si posiziona nel settore centrale dell'alta pianura milanese ed è caratterizzato da una morfologia sub pianeggiante, con quote da 178 m s.l.m. a 155 m s.l.m.

L'assetto morfologico del territorio si inserisce nel contesto di un paesaggio tipico del Livello fondamentale della Pianura e risulta pertanto caratterizzato da una morfologia pianeggiante, blandamente immersa a Sud, con un gradino morfologico metrico al passaggio con i terrazzi caratteristici dell'Alta pianura. Essi sono rappresentati dai terrazzi di origine fluvioglaciale incisi, in questa porzione di territorio, dal torrente Seveso.

I dintorni dell'area in esame sono circa pianeggianti. La quota della superficie topografica in corrispondenza dell'area in esame è di circa 167 m s.l.m.

Non esistono ulteriori evidenze morfologiche degne di nota, in particolare si segnala l'assenza nell'area e nell'immediato circondario di forme e/o depositi riconducibili all'esistenza di dissesti, sia attivi che quiescenti, quali accumuli di frana, orli di frana, orli di scarpata in erosione, tracce di ruscellamento etc., etc.

3.2 Geologia

L'area di studio può essere inquadrata nel settore della media pianura. Questo settore è costituito prevalentemente da materiali attribuibili al fluvioglaciale e fluviale wurmiano (Era: Quaternaria, Serie: Pleistocene superiore) e l'insieme di queste superfici viene chiamato Livello Fondamentale della Pianura (LFP). Secondo la classica e un po' semplicistica ricostruzione delle fasi glaciali Quaternarie, durante gli ultimi 1,75 Ma,

nella zona in esame, si sono succedute alcune fasi di avanzata e di successivo ritiro della coltre glaciale.

La geologia locale, come già detto, risulta essere prevalentemente costituita dai depositi fluviali e fluvioglaciali wurmiani caratterizzati essenzialmente da sabbie e ghiaie con ciottoli in percentuali variabili.

Da un punto di vista tessiturale vengono distinte da Nord a Sud delle fasce a granulometria decrescente, passando dalla fascia a ghiaie prevalenti, poi a sabbie e ghiaie e infine la fascia a sabbie prevalenti. In direzione Est-Ovest non si hanno differenze significative dal punto di vista granulometrico, mentre si hanno delle radicali differenze litologiche in quanto varia la natura delle zone d'alimentazione. Nel settore orientale della pianura lombarda prevalgono i sedimenti carbonatici derivanti dal disfacimento delle Alpi meridionali carbonatiche d'età mesozoica.

La dinamica evolutiva che ha caratterizzato questa porzione della pianura Padana, infatti, è avvenuta con l'inizio della fase erosiva di tutto l'arco alpino a partire dal piano Messiniano (5.2 Ma), piano in cui si è verificata l'essiccazione di tutti i bacini lacustri mediterranei.

E' iniziata così la deposizione dell'estesa copertura sedimentaria di depositi fluviali e in seguito fluvioglaciali che ha portato alla creazione dell'attuale pianura. L'area in esame è ubicata in corrispondenza di tali depositi noti classicamente anche come "diluvium".

Sulla pianura in formazione si sono formati gli apparati fluviali di smaltimento delle acque alpine. Molti apparati sono tuttora esistenti, come il torrente Seveso, il quale ha costituito una larga fascia di sedimenti fluviali, denominati dalla vecchia letteratura geologica come "alluvium antico". Tali sedimenti sono costituiti da ghiaie, sabbie e limi e formano i classici depositi terrazzati.

Nella **Tav. 4 – Inquadramento geologico**, allegata alla presente relazione, è riportato un estratto dalla tavola Geologia e geomorfologia della componente Geologica del PGT comunale.

Secondo tale tavola i depositi quaternari non cementati affioranti nell'area in oggetto d'intervento appartengono all'Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio – superiore).

Si tratta di depositi in facies fluvioglaciale con profilo di alterazione da poco a mediamente evoluto e copertura loessica generalmente assente. Corrisponde al fluvioglaciale Riss-Wurm degli autori precedenti.

Sono descritti come ghiaie poligeniche a supporto clastico/di matrice, passanti localmente a limi. Si segnala la possibile presenza di strutture da trasporti da correnti trattive. Localmente può essere possibile trovare una coltre di limi debolmente sabbiosi compatti (loess).

Occupano l'intero territorio comunale ad esclusione delle porzioni in corrispondenza del T. Seveso dove affiorano depositi fluviali (Unità Postglaciale).

Dai dati ricavati dalla bibliografia e da quelli ottenuti delle indagini eseguite, si suppone una prevalenza delle frazioni granulari, a determinare un comportamento geotecnico prevalentemente di tipo frizionale, con resistenza al taglio in condizioni drenate e cedimenti di tipo istantaneo.

3.3 Idrogeologia

Idrografia

Per ciò che riguarda l'idrografia superficiale, in corrispondenza dell'area non si segnalano particolari elementi, vista anche la forte antropizzazione.

Il corso d'acqua del Reticolo principale più vicino è rappresentato dal torrente Seveso che scorre ad est dell'area di indagine senza interferire con essa.

Più a nord vi è il Canale Scolmatore delle piene di Nord Ovest (C.S.N.O.) che intercetta le acque del Seveso per limitare le esondazioni nel territorio della città di Milano, contenuto in argini artificiali e orientato circa NE-SW.

Nel territorio di Paderno Dugnano scorre anche il Canale Villaresi, che attraversa, a cielo aperto da ovest a est, il settore settentrionale del territorio comunale, con andamento E-W.

Il Comune di Paderno Dugnano è interessato anche da alcuni canali che, all'interno della relazione geologica a supporto del PGT di Paderno Dugnano, sono denominati canali derivatori, di II ordine o secondari, e canali diramatori, quelli di III ordine o terziari.

Come già anticipato pochi metri ad E dell'area in esame scorre un canale derivatore secondario (Reticolo idrico minore).

Idrogeologia e caratteristiche piezometriche

Attraverso lo studio delle stratigrafie dei pozzi eseguiti per la captazione dell'acqua potabile, diversi autori hanno definito con una certa precisione la stratigrafia dei corpi alluvionali che storicamente costituiscono la Pianura Padana.

Dal punto di vista idrogeologico la ricostruzione della geometria e dei rapporti tra i diversi acquiferi presenti nel sottosuolo dell'area milanese è basata sull'identificazione di "unità idrogeologiche" identificate come:

- unità ghiaioso-sabbiosa: prevalenza di litotipi grossolani e lenti di argille di limitata estensione areale. Costituisce la sede del primo acquifero dell'area milanese (facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Sup.);
- unità sabbioso-ghiaiosa: alternanza di depositi sabbioso-ghiaiosi, sabbiosi e limoso - argillosi, con lenti cementate conglomeratiche o arenitiche. Costituisce la sede dell'acquifero tradizionale ed è separato dal primo acquifero da spessi ed estesi strati di materiale poco permeabile prevalentemente costituito da limi (facies fluviali del Pleistocene Medio);
- unità a conglomerati e arenarie: formata da litologie prevalentemente conglomeratiche, con arenarie in subordine, passanti localmente a ghiaie e sabbie (facies fluviali del Pleistocene Inf.);
- unità sabbioso-argillosa: in prevalenza da argille e limi di colore grigio e giallo con torbe. A questi litotipi sono intercalate lenti più o meno estese di sabbie e ghiaie che formano acquiferi con falde confinate, identificati con la denominazione di "terzo acquifero" o "acquiferi profondi" (facies continentale e transizionale, Pleistocene Inf. - Villafranchiano Sup. e Medio Auct.). La potenzialità di questo acquifero è molto limitata per via della scarsa potenzialità laterale degli strati permeabili. Se ne raccomanda quindi uno sfruttamento attento e riservato solo alle acque per uso potabile. Nel territorio in esame il tetto dell'unità 1 individuato dalla comparsa di argille franche, in corrispondenza di alcuni pozzi pubblici, è posta alle seguenti profondità:

- pozzo 6 di Paderno Dugnano:	66 m
- pozzo 4/2 di Cormano:	70 m
- pozzo 50/1-4 di Paderno Dugnano:	72 m
- pozzo 7 di Paderno Dugnano:	82 m
- pozzo 5 di Cusano Milanino:	90 m

- unità argillosa: formata prevalentemente da argille e limi di colore grigio-azzurro con fossili marini, alle quali sono subordinati livelli sabbiosi, generalmente di modesto spessore (facies marina, Pleistocene Inf. - Calabriano Auct.); è sede degli acquiferi profondi generalmente sconsigliati all'uso potabile per via di presenza di liquidi salati o salmastri. Nel territorio in esame tale unità si rinviene a circa 140-150 m dal p.c.

Idrogeologia dell'area in esame

Dal punto di vista idrogeologico il sito è posizionato in corrispondenza di depositi che costituiscono la parte superiore (primo acquifero) dell'acquifero tradizionale non confinato (unità ghiaioso-sabbiosa).

I dati riportati nella Carta Idrogeologica della Componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al PGT comunale di Paderno Dugnano riportano valori di soggiacenza per l'area in esame pari a circa 33/34 m (si veda l'allegata Tavola 5). La quota piezometrica in corrispondenza dell'area in oggetto è di circa 133/134 m s.l.m. (si veda l'allegata **Tav. 5 – Inquadramento idrogeologico**).

La falda scorre con direzione NW-SE.

Considerando le caratteristiche strutturali in progetto (1 piano interrato) e le condizioni idrogeologiche generali è da escludere un'interazione diretta della falda con le fondazioni.

4. Indagini geotecniche

Nel seguente capitolo si riassumono le indagini geognostiche eseguite in sito.

Le attività sono state eseguite nei mesi di aprile e maggio 2018.

Di seguito si riassumono le indagini eseguite:

- 3 prove penetrometriche dinamiche (PPD o SCPT);
- 2 scavi esplorativi per valutare la litologia del sottosuolo
- 1 prova infiltrometrica per la verifica della permeabilità dei terreni.

L'ubicazione dei punti d'indagine è mostrata nell'allegata **Tav. 7 – Ubicazione dei punti d'indagine.**

4.1 Prove penetrometriche dinamiche

Durante le indagini in situ sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche (PPD, dcpt o scpt: standard cone penetration test); tali prove hanno permesso di caratterizzare il sottosuolo e di ricavare quei dati necessari al calcolo della capacità portante e dei cedimenti del terreno.

La prova penetrometrica dinamica viene eseguita infiggendo verticalmente nel terreno per mezzo di un maglio che cade da un'altezza nota, una punta conica posta all'estremità di una batteria di aste. Il dato risultante è quello della resistenza offerta dai terreni alla penetrazione, necessario per la parametrizzazione geotecnica del sottosuolo.

Le prove sono state effettuate con un penetrometro dinamico modello "Pagani TG 63-100", super - pesante (DPSH) del tipo Meardi, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

peso massa battente	73 Kg
altezza di caduta	0.75 m
lunghezza aste	0.90 m
diametro aste	32 mm
diametro punta conica	51 mm
angolo del cono	60°



Figura 4.1 – Foto PPD3.

L'ubicazione delle prove è visibile in **Tav. 7 – Ubicazione dei punti d'indagine.**

Le prove sono state distribuite nell'area per coprire al meglio l'ingombro dell'edificio in progetto.

Le prove sono state arrestate alla profondità massima di 6,9m dal p.c..

In corrispondenza di tutte le prove si raggiunge la condizione di rifiuto all'avanzamento delle aste indice di terreni dall'elevato grado di addensamento, della presenza di blocchi o di livelli cementati.

Nella seguente tabella vengono specificate le profondità investigate con le rispettive prove:

Prova	Profondità prova (m da p.c.)	Rifiuto meccanico
PPD1	- 6,9	SI
PPD2	- 5,1	SI
PPD3	- 6,9	SI
PPD4	- 6,3	SI

I diagrammi e le tabelle delle prove penetrometriche dinamiche vengono riportati in allegato alla presente relazione.

4.2 Scavo esplorativo

Durante le indagini in situ, ai fini di una corretta valutazione delle caratteristiche litologiche del sottosuolo sono stati realizzati n. 2 scavi esplorativi alla profondità di

circa -3,0m da piano campagna.

L'ubicazione degli scavi è visibile in **Tav. 7 – Ubicazione dei punti d'indagine.**

Nella seguente figura 4.2 sono visibili gli scavi realizzati.



Figura 4.2 – Scavi esplorativi.

La stratigrafia media individuata è la seguente:

- Da 0 a 0,5/0,6m terreno vegetato; limo sabbioso-ghiaioso, poco addensato, marrone;
- Da 0,5/0,6m a 2,0m sabbia con ghiaia e ciottoli (diam. max 20/30cm) limosa/debolmente limosa; clasti in media subarrotondati e poco alterati, sciolto/poco addensato, marrone chiaro;

- Da 2,0m a 3,0m sabbia e ghiaia con ciottoli (diam. max 20/30cm) debolmente limosa; clasti in media subarrotondati e poco alterati, sciolto/poco addensato, marrone chiaro/grigio chiaro.

4.3 Prova di permeabilità

Durante le indagini in situ, ai fini dell'esecuzione della prova infiltrometrica, è stato realizzato uno scavo esplorativo fino alla profondità di circa -0,5m dal piano pavimento dell'interrato esistente (circa -3,0/3,5 da piano campagna).

L'ubicazione dello scavo è visibile in **Tav. 7 – Ubicazione dei punti d'indagine**.

Per dimensionare correttamente un sistema disperdente delle acque meteoriche è necessario stimare la permeabilità del terreno.

La permeabilità del terreno al di sopra della falda (terreno non saturo) può essere stimata mediante numerose metodologie. Una di queste, particolarmente utilizzata per la sua semplicità e affidabilità, è la prova mediante l'utilizzo di "infiltrometri".

Tale prova valuta il tempo necessario affinché un certo volume d'acqua si infiltri nel terreno attraverso una sezione nota.

Tipologia di prova: infiltrometro ad anello singolo aperto

Lo strumento utilizzato è un infiltrometro ad anello singolo aperto.

Tale prova di semplice realizzazione può essere eseguita sia in superficie che in un pozzetto profondo. Ciò permette di valutare il coefficiente di permeabilità del sottosuolo alla profondità di maggiore interesse.

La prova viene eseguita infiggendo verticalmente nel terreno, per 5-10cm mediante battitura, un cilindro metallico aperto di dimensioni predefinite. Il cilindro viene poi riempito d'acqua. Si misura quindi in funzione del tempo la diminuzione del livello dell'acqua dovuta all'infiltrazione della stessa nel terreno (prova a carico variabile) oppure il quantitativo di acqua necessario affinché tale livello rimanga costante (prova a carico costante). La permeabilità che si ottiene è prevalentemente una permeabilità verticale, anche se esistono componenti orizzontali.

La prova può essere eseguita secondo 2 differenti modalità operative a seconda dei materiali presenti e degli scopi dell'indagine:

- umidità naturale: la prova viene condotta senza saturare preventivamente il terreno; in tal modo si simula la capacità di drenaggio del terreno in condizioni naturali alla prima pioggia intensa e/o prolungata. In questo caso sarebbe più opportuno interpretare i risultati non come permeabilità ma come velocità di infiltrazione nel terreno.
- satura: è necessario saturare preventivamente il terreno mediante l'immissione di abbondante acqua; in tal modo si simula la capacità di drenaggio quando il terreno è già saturo, ad esempio dopo una lunga serie di giorni di pioggia o dopo una pioggia molto intensa. In questo caso i risultati possono essere assimilati alla permeabilità effettiva del terreno.

Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova non è standardizzata. L'infiltrometro utilizzato ha le seguenti caratteristiche tecniche:

- Altezza cilindro: 40 cm;
- Diametro interno cilindro: 35 cm;
- Infissione del cilindro: 5 ÷ 10 cm.



Figura 3.1 – Esecuzione prova K1 mediante infiltrometro.

La prova è stata realizzata in corrispondenza di un piano di lavoro orizzontale alla base di uno scavo alla quota di -0,5m da piano interrato (equivalente a circa -3,0/3,5m da p.c.). La superficie del piano deve essere disturbata il meno possibile in modo di poter operare su un terreno il più possibile naturale.

Il cilindro è stato infisso verticalmente mediante battitura per 8cm avendo cura di disturbare il terreno il meno possibile.

La prova è stata realizzata a carico variabile con umidità naturale.

Calcolo della permeabilità

Il calcolo del coefficiente di permeabilità è stato condotto utilizzando la nota legge di Darcy che tiene conto della variazione del gradiente idraulico in conseguenza della diminuzione del livello d'acqua nel cilindro:

$$K = I / i$$

con:

$$I = Q / (t \times A)$$

$$i = (H + l) / l \quad \text{prova ad umidità naturale}$$

$$i = H / l \quad \text{prova a saturazione}$$

dove:

I = infiltrazione

i = gradiente idraulico

Q = quantità di flusso

t = intervallo di prova

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

H = altezza dell'acqua sul piano campagna

l = approfondimento dell'infiltrometro nel terreno

Dalle relazioni precedenti si ricava la seguente formulazione per K:

$$K = (Q \times l) / [(t \times A) \times (H + l)] \quad \text{prova ad umidità naturale}$$

$$K = (Q \times l) / [(t \times A) \times H] \quad \text{prova a saturazione}$$

Risultati

In allegato alla relazione sono visibili le tabelle delle letture effettuate e i grafici tempo-altezza acqua. In allegato è riportato anche il valore di permeabilità per i singoli intervalli di lettura. Avendo i grafici un andamento regolare è stata poi calcolata la media delle permeabilità ottenute nei singoli intervalli di lettura.

La prova è stata ripetuta poi per valutare la variazione del dato aumentando la saturazione e per avere un valore medio.

Le prove eseguite hanno permesso di stimare un valore di permeabilità K del terreno rispettivamente pari a:

prova K1: $4,04 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$.

prova K1bis: $2,64 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$.

Le indagini hanno permesso quindi di stimare un valore di permeabilità K medio del terreno pari a:

$3 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$.

Il valore ottenuto è in accordo con i valori tipici indicati dalla USC System per miscele di ghiaia, sabbia e limo come riportato nelle seguenti tabelle. Questo risultato ben si accorda con il risultato dell'analisi visiva del terreno.

Coefficiente di permeabilità k (m/s)				
10	10^{-2}	10^{-5}	10^{-9}	10^{-11}
ghiaia pulita	ghiaia pulita e sabbia	sabbia e limo	argille	
GW, GP	GW, GP, SW, SP, GM	SM, SL, SC		

Il valore di permeabilità determinato permette di collocare i terreni in esame tra le formazioni a medio-basso grado di permeabilità (si veda tabella seguente).

K (m/s)	10 ¹ 10 ⁰ 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁷ 10 ⁻⁸ 10 ⁻⁹ 10 ⁻¹⁰ 10 ⁻¹¹											
	GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia		Sabbia	Sabbia molto fine	Silt	Argilla				
	varia	Ghiaia grossa e media	Ghiaia e sabbia	Sabbia e argilla — Limi								
GRADI DI PERMEABILITÀ	ELEVATA				BASSA			NULLA				
TIPI DI FORMAZIONI	PERMEABILI				SEMIPERMEABILI			IMPER.				

limiti convenzionali

5. Risultati dell'indagine e modello geotecnico del sottosuolo

5.1 Risultati dell'indagine

Le caratteristiche del sottosuolo di interesse sono state definite in base ai risultati delle prove penetrometriche dinamiche (esame del trend della resistenza di punta) e dal confronto incrociato degli stessi con le caratteristiche geologiche note per il sito dall'analisi della bibliografia esistente.

Sulla base dei dati in possesso sono state individuate 3 unità litotecniche principali, ciascuna contraddistinta da omogenee proprietà geomeccaniche.

L'indagine ha messo in evidenza nei primi 1,8/3,6m terreni poco addensati (Unità litotecnica 1 - Nscpt 3÷9 colpi/30cm) seguiti da livelli moderatamente addensati (Unità litotecnica 2 - Nscpt 13÷23 colpi/30cm) e addensati/molto addensati (Unità litotecnica 3, Nscpt 25÷>50 colpi/30cm; Rifiuto). La litologia media di questi livelli è ipotizzata come una miscela di sabbie e ghiaie in variabile matrice limosa e presenza di ciottoli e blocchi.

Il grado di addensamento cresce velocemente con la profondità fino al raggiungimento della condizione di arresto dell'avanzamento della punta, indice di terreni dalle elevate proprietà geotecniche.

Sulla base dei dati disponibili si suppone una prevalenza delle frazioni granulari, a determinare un comportamento geotecnico prevalentemente di tipo frizionale, con resistenza al taglio in condizioni drenate e cedimenti di tipo istantaneo.

In fase di indagine non è stata individuata la presenza della falda nello spessore investigato.

Da un confronto tra i diagrammi penetrometrici è possibile constatare una buona correlabilità tra le verticali d'indagine.

5.2 Modello geotecnico del sottosuolo

Di seguito si riassume una prima suddivisione in unità litotecniche omogenee del sottosuolo con i principali parametri geotecnici ricavata dall'indagine in situ.

La distribuzione verticale e orizzontale delle unità litotecniche è schematizzata nelle sezioni geotecniche di **Tav. 8 – Sezione geotecnica**.

Ai livelli determinati si attribuiscono i seguenti parametri geotecnici (Tabella 5.1).

I parametri geotecnici vengono ricavati dalla bibliografia esistente e da correlazioni proposte in letteratura in funzione dei valori di N_{spt} , a loro volta ricavati dai valori della prova penetrometrica dinamica (N_{scpt}) tramite la seguente relazione: $N_{spt} = N_{scpt} \times 1,5$ che ben si adatta alle granulometrie individuate.

Tabella 5.1 – Riepilogo dei parametri geotecnici del sottosuolo			
Parametri geotecnici	Unità litotecniche identificate in sito		
	1	2	3
Litologia	Sabbia ghiaia in variabile matrice limosa; poco addensato	Sabbia e ghiaia con ciottoli in variabile matrice limosa; moderatamente addensato	Sabbia e ghiaia con ciottoli e blocchi; addensato/molto addensato
N_{SCPT}	3 ÷ 9	13 ÷ 23	25 ÷ >50 (Rifiuto)
N_{SPT}	4,5 ÷ 13,5	19,5 ÷ 34,5	37,5 ÷ >75 (Rifiuto)
D_r (%)	20 ÷ 40	50 ÷ 70	70 ÷ >85
γ (KN/m³)	16,5 ÷ 17,5	17,5 ÷ 18,5	18,5 ÷ 19,5
γ_w (KN/m³)	17,5 ÷ 18,5	18,5 ÷ 19,5	19,5 ÷ 20,5
φ (°)	26,1 ÷ 30,3	32,5 ÷ 36	>36
φ_k (°)	26,2	32,2	36
c e c_k (kg/cm²)	0 ÷ 0,02	0 ÷ 0,01	0
E (kg/cm²)	52 ÷ 104	204 ÷ 319	>340
E_k (kg/cm²)	72	255	450

Nella tabella: N_{SCPT} è la resistenza penetrometrica dinamica riferita alle prove SCPT, N_{SPT} è la resistenza penetrometrica dinamica riferita alle prove SPT, D_r è la densità relativa, γ è il peso di volume naturale del terreno, γ_w è il peso di volume del terreno saturo, φ è l'angolo di attrito, c è la coesione, E è il modulo di elasticità. φ_k , c_k , E_k valori caratteristici dei parametri.

φ_k , c_k , E_k rappresentano i valori caratteristici dei parametri da utilizzare nelle verifiche,

ricavati mediante analisi statistiche.

Il valore della densità relativa ($Dr\%$) è stato ricavato dalla bibliografia e dalle relazioni di Gibbs e Holtz.

Il grado di addensamento è stato valutato in riferimento alla Classificazione AGI.

I valori del peso di volume del terreno (γ) sono stati scelti nell'ambito degli usuali intervalli di variazione, compatibili con la natura granulometrica ed il grado di addensamento del terreno stesso.

L'angolo di attrito interno (φ) è stato ricavato dalla bibliografia e in particolare dalle correlazioni proposte da Meyerhof.: $\varphi = 23.7 + 0.57 N_{spt} - 0.006 (N_{spt})^2$.

φ_k = valore caratteristico dell'angolo d'attrito ricavato dalla formula $\varphi_k = \varphi_{medio}(1 - 1,645 * COV_{\varphi})$ con COV = covarianza.

Il valore della coesione (c), in mancanza di valori di laboratorio, è da considerarsi di prima approssimazione. Il valore è stato scelto nell'ambito dei normali intervalli di variazione proposti in bibliografia, in funzione della litologia presunta e del grado di consistenza del terreno stesso.

c_k = valore caratteristico della coesione ricavato dalla formula $c_k = c_{medio}(1 - 1,645 * COV_c)$ con COV = covarianza. Viste le litologie individuate e le incertezze del calcolo del parametro, nel modello geotecnico a c e c_k sono stati considerati nulli.

Il valore del modulo elastico (E) è stato scelto nell'ambito dei normali intervalli di variazione proposti in bibliografia; si sottolinea come tale parametro nella realtà dipende dalla storia di carico, dal contenuto d'acqua, dalla densità, etc..

E_k = valore caratteristico del modulo elastico = mediana dei valori di E .

Il modulo E è stato calcolato, a seconda della litologia presunta, attraverso le seguenti correlazioni che lo legano ai valori di resistenza penetrometrica e alla litologia predominante (da Bowles - Fondazioni):

$E = 300 (N+6)$ [valido per sabbie limose]

$E = 600 (N + 6)$ [valido per sabbie ghiaiose e ghiaie, con $N < 15$]

$E = 600 (N + 6) + 2000$ [valido per sabbie ghiaiose e ghiaie, con $N \geq 15$]

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

6. Parametri di progetto ed analisi della sismicità del sito

Il territorio comunale ricade nell'ambito di una ampia zona della Regione Lombardia che non risulta essere stata oggetto in passato di eventi sismici di particolare entità. Essa, secondo quanto indicato nell'OPCM 3274/2003 e poi recepito dalla Regione Lombardia in data 7 novembre 2003, n.14964 "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274", risultava inserita in zona sismica 4.

A seguito della revisione/aggiornamento della zonazione sismica lombarda (D.G.R. 11 luglio 2014 n.2129 e DGR n. 5001 del 30 marzo2016), il territorio comunale rimane classificato in zona **sismica 4** con valore di accelerazione massima (Ag max) pari a 0,049194.

Le presenti verifiche sono state eseguite già tenendo conto di questa variazione.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, secondo il D.M. 14/01/08 (NTC2008), e secondo l'aggiornamento delle NTC2018 (D.M. 17/01/18), si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione e in riferimento alle caratteristiche ed alla funzionalità dell'opera in progetto.

Secondo quanto indicato dal Progettista delle Strutture, per l'opera in esame è possibile assumere una Vita nominale (VN) pari a 50 anni ed una Classe d'uso II (coeff. D'uso $C_u=1$), secondo le tabelle di riferimento del D.M. 17/01/18.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Di conseguenza il Periodo di riferimento dell'opera (VR) corrisponde a 50anni ($VR=VN \cdot C_u$).

La categoria topografica di riferimento per il sito in esame è la categoria T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Per quanto riguarda gli scenari di pericolosità sismica locale, nonostante lo studio geologico comunale non attribuisca alcuno scenario sismico, cautelativamente si ritiene

attribuibile lo scenario Z4a (Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/coesivi); a tale scenario si attribuiscono amplificazioni litologiche e geometriche.

Nell'allegata **Tav.6 – Carta della Pericolosità Sismica Locale** è visibile un estratto dalla Tav.5 - Carta Sismica della componente geologica del PGT vigente.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

La stratigrafia del terreno, emersa dai dati disponibili, è costituita prevalentemente da depositi ghiaioso-sabbiosi con variabile matrice fine con addensamento crescente con la profondità.

Il profilo del sottosuolo, ricostruito sulla base della litologia e dei valori di Vs30 ricavati dalle Nspt dell'indagine in sito, è classificabile cautelativamente in categoria C (dato indicativo in mancanza di indagini specifiche complete e mirate).

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo l'aggiornamento NTC2018 (tabella 3.2.II), il profilo sismostratigrafico di **categoria C** è così descrivibile: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Sulla base dei dati tipici del progetto e del sito in esame sopra descritto, mediante apposito software (Geostru – Parametri sismici) sono stati ricavati i seguenti parametri sismici sito specifici secondo le procedure del D.M. 17/01/18.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 45,573387
longitudine: 9,151725
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11816	Lat: 45,5566	Lon: 9,1390	Distanza: 2110,619
Sito 2	ID: 11817	Lat: 45,5592	Lon: 9,2101	Distanza: 4814,606
Sito 3	ID: 11595	Lat: 45,6091	Lon: 9,2066	Distanza: 5828,697
Sito 4	ID: 11594	Lat: 45,6066	Lon: 9,1353	Distanza: 3904,043

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: 0,018 g
Fo: 2,556
Tc*: 0,159 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,023 g
Fo: 2,535
Tc*: 0,188 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,047 g
Fo: 2,656
Tc*: 0,279 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,057 g
Fo: 2,693
Tc*: 0,299 [s]

Coefficienti Sismici Fondazioni

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,920
St: 1,000
Kh: 0,005
Kv: 0,003
Amax: 0,265

	Beta:	0,200
SLD:	Ss:	1,500
	Cc:	1,820
	St:	1,000
	Kh:	0,007
	Kv:	0,003
	Amax:	0,335
	Beta:	0,200
SLV:	Ss:	1,500
	Cc:	1,600
	St:	1,000
	Kh:	0,014
	Kv:	0,007
	Amax:	0,695
	Beta:	0,200
SLC:	Ss:	1,500
	Cc:	1,560
	St:	1,000
	Kh:	0,017
	Kv:	0,009
	Amax:	0,838
	Beta:	0,200

Ai sensi delle NTC2018 è da verificare se i terreni siano potenzialmente soggetti a liquefazione in caso di sisma. Viste le condizioni geologiche e idrogeologiche al contorno (profondità della falda >15m), la litologia presunta per il sottosuolo e le condizioni sismiche dell'area in esame si ritiene che il terreno possa essere considerato non soggetto a liquefazione, sulla base di quanto indicato nelle NTC2018.

7. Conclusioni

Sulla base dei dati raccolti e dei risultati dell'indagine in situ non esistono controindicazioni di natura geologica, geotecnica e idrogeologica in merito alla fattibilità dell'intervento edificatorio in esame.

In particolare si rileva quanto segue:

- l'area di intervento alle condizioni attuali non è a rischio idrogeologico, né esistono indizi in base ai quali si possa ipotizzare che in futuro l'area possa evolvere verso una condizione di dissesto idrogeologico;
- l'area risulta inserita in classe di **fattibilità 2** con modeste limitazioni;
- gli interventi edilizi non comporteranno sensibili variazioni nel contesto geologico-idrogeologico generale in cui l'area stessa è inserita;
- l'intervento non interferisce direttamente o indirettamente con il normale deflusso delle acque dei corsi d'acqua presenti nell'intorno dell'area;
- l'intervento non interferisce con la principale circolazione idrica sotterranea, né interferisce negativamente sulla qualità delle acque destinate al consumo umano; non si esclude tuttavia la possibilità che siano presenti occasionali venute d'acqua nel primo sottosuolo;
- il territorio comunale risulta inserito in **zona sismica 4**; lo scenario di pericolosità sismica è Z4a e il suolo classificabile in **categoria C**;
- non sono presenti dissesti in corrispondenza dell'area o nell'immediato circondario;
- l'esecuzione di scavi e riporti non dovrebbe essere di entità tale da comportare una sensibile modificazione della morfologia del sito;
- valutati gli scavi e riporti previsti e la situazione attuale dell'area, l'intervento non provoca una sostanziale modifica nell'equilibrio delle forze geostatiche agenti sull'area e pertanto non dovrebbe determinare una diminuzione della stabilità dell'area stessa;
- l'intervento previsto non andrà ad interferire in maniera significativa con gli edifici limitrofi esistenti.

Si considerano sufficienti le conoscenze dell'area per valutare positivamente la compatibilità del progetto con le strutture già esistenti e con l'assetto geologico e idrogeologico dell'area ai sensi della DGR 2616/2011.

- ✓ Le indagini realizzate hanno evidenziato la presenza di terreni con basso grado di addensamento fino a una profondità massima di 3,6m; al di sotto il grado di addensamento cresce rapidamente evidenziando livelli dalle buone/ottime caratteristiche geotecniche. La litologia del sottosuolo è stata ricostruita come una miscela di sabbia e ghiaia con variabile contenuto di ciottoli e matrice limosa. I terreni risultano idonei all'imposta di fondazioni dirette qualora esse siano adeguatamente dimensionate ai carichi di progetto.
- ✓ L'indagine non ha rilevato la presenza della falda freatica sino alle massime profondità investigate, in accordo con i dati bibliografici disponibili (falda a profondità maggiori di 30m). Tuttavia non si esclude che in occasione di forti e prolungate precipitazioni possano formarsi venute d'acqua subsuperficiali e/o possa ristagnare acqua in prossimità delle strutture interrato.
- ✓ Ai sensi delle NTC 2018 sono stati individuati i parametri geotecnici e sismici del sottosuolo ed è stato ricostruito il modello geotecnico che dovrà essere utilizzato come base per le verifiche geotecniche che dovranno essere oggetto di una specifica Relazione Geotecnica ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

Sarà cura della D.L. avvisare lo scrivente qualora si dovessero rinvenire anomalie in merito alla granulometria, alla resistenza dei terreni e/o alle condizioni della falda freatica, riscontrabili durante le operazioni di scavo.

Lurago d'Erba (CO), luglio 2019.

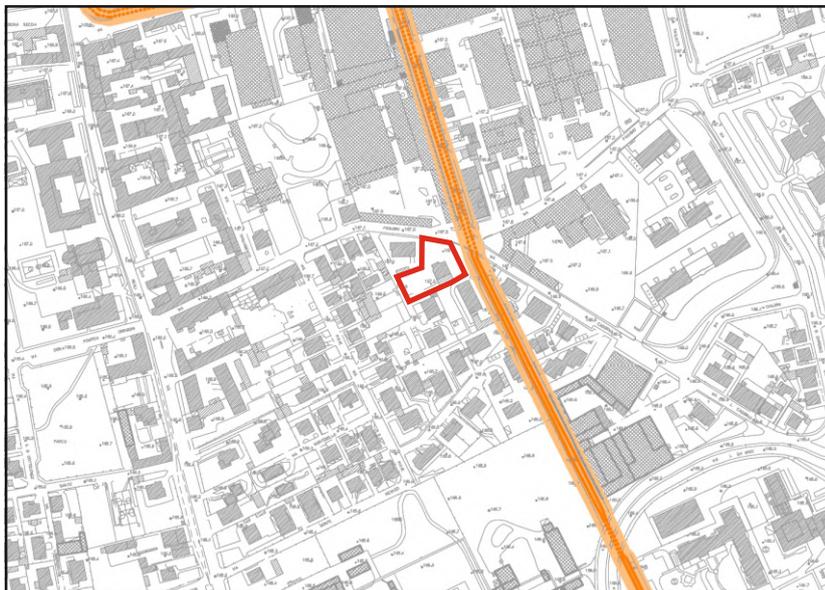
Dott. Geol. Mario Villa



ALLEGATI

Estratto dalla componente geologica, idrogeologica e sismica
di supporto al PGT comunale.

Tav. 6 - Carta dei vincoli



Legenda

RETICOLO IDRICO DI COMPETENZA DEI CONSORZI DI BONIFICA
(D.G.R. 25 ottobre 2012 n. IX/4287 - ALLEGATO D e D.G.R. 6 aprile 2011
n. IX/1542 - ALLEGATO A):

Canali derivatori (secondo ordine)



Tratti a cielo aperto attivi



Tratti tombinati/intubati/coperti attivi

FASCIA DI RISPETTO DEI CANALI DEL CONSORZIO
ai sensi della D.G.R. 6 aprile 2011 n. IX/1542



Canali derivatori (secondari) - 6 m



Area in esame

Estratto non in scala

Committente: Lussi Immobiliare Srl
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Pasubio, 30

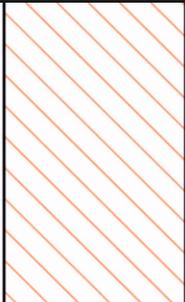
Tav. 3 - Vincoli

Estratto dalla componente geologica, idrogeologica e sismica
di supporto al PGT comunale.

Tav.1 - Geologia e geomorfologia



Legenda

<p>ALLOGRUPPO DI BESNATE (Pleistocene medio - superiore) Depositi fluvio-glaciali con profilo di alterazione da poco a mediamente evoluto. Copertura loessica in genere assente. (Riss - Würm A.A.)</p>		<p>Ghiaie poligeniche a supporto clastico/di matrice, passanti localmente a limi. Strutture da trasporto da correnti trattive. In superficie locale presenza di limi debolmente sabbiosi compatti (loess alterato).</p>
--	---	---

ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

 Idrografia naturale ed artificiale

 Area in esame

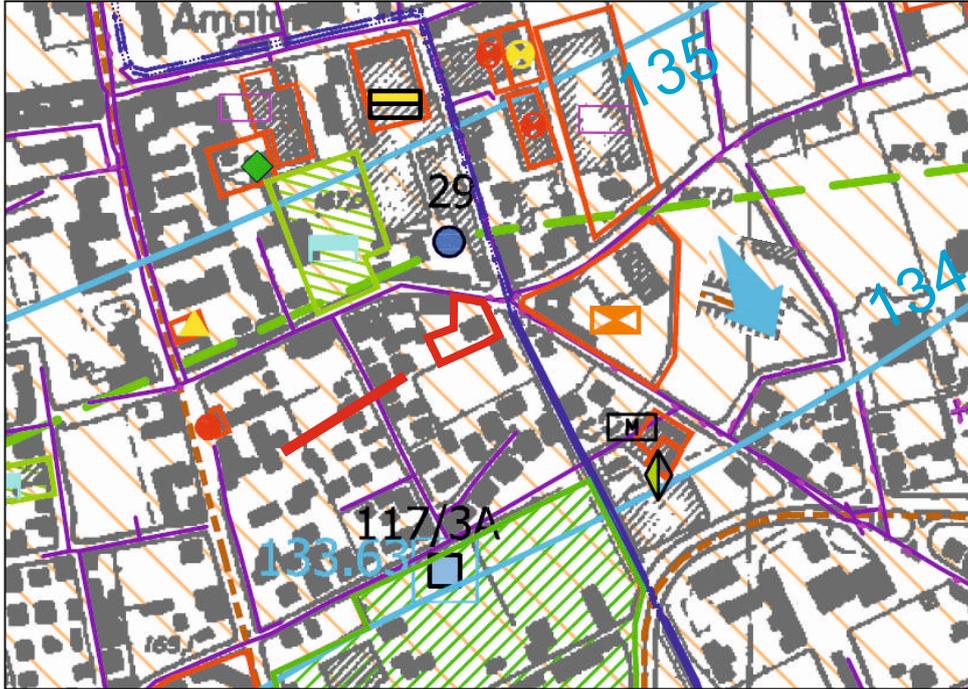
Estratto non in scala

Committente: Lussi Immobiliare Srl
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Pasubio, 30

Tav. 4 - Inquadramento geologico

Estratto dalla componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al PGT comunale.

Tav. 2 - Caratteri idrogeologici e vulnerabilità dell'acquifero



Legenda

Grado di vulnerabilità						Caratteristiche degli acquiferi
EE	E	A	M	B	BB	
						Acquifero libero in materiale alluvionale con corso d'acqua sospeso rispetto alla piezometrica media della falda (alimentazione naturale)
						Acquifero libero in materiale alluvionale con locale presenza di copertura superficiale in corrispondenza dei depositi appartenenti all'Allogruppo di Besnate, soggiacenza < 35 m.

EE:estremamente elevato E:elevato A:alto M:medio B:basso BB:molto basso

- 1 - - - - - Traccia delle sezioni idrogeologiche
- — — — — Limiti comunali
- 148.93 Punti di misura (pozzi e piezometri) e relative quote piezometriche
- 138- Linee isopiezometriche riferite ad aprile 2007 e relative quote (m s.l.m.)
- ↘ Principali direzioni di flusso idrico sotterraneo
- — — — — Idrografia

PRINCIPALI SOGGETTI AD INQUINAMENTO

- 0151660006 Codice SIF
- 6 ● Pozzi pubblici di captazione a scopo idropotabile e relativo numero identificativo
- 25 ● Pozzi privati

PRODUTTORI REALI E POTENZIALI DI INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

- — — — — Principali dorsali della rete fognaria comunale
- ▨ Aree interessate da specifiche indagini ambientali (concluse e in corso)
- ▨ Aree oggetto di Piano di Caratterizzazione e/o bonifica ai sensi dell'ex D.M. 471/99 o del D.Lgs 152/06 e s.m.i.
- Perimetro delle attività produttive



Area in esame

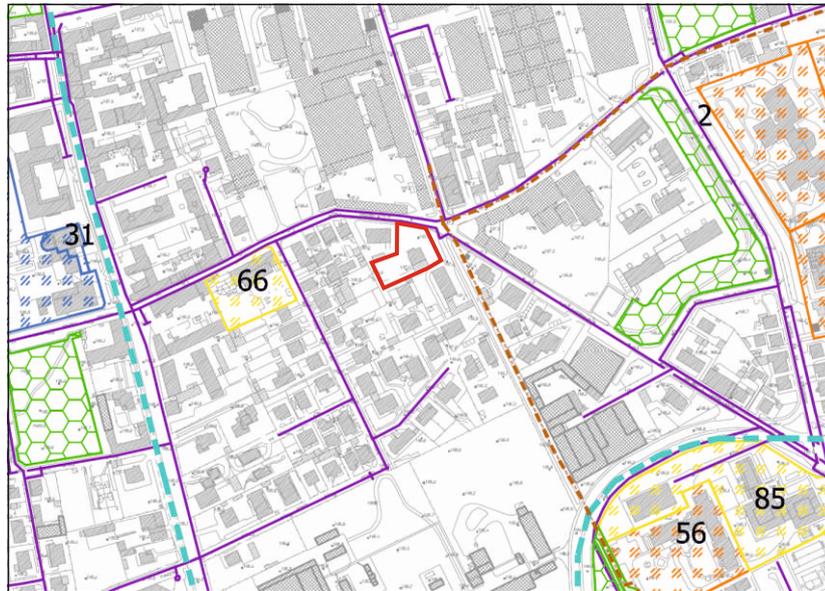
Estratto non in scala

Committente: Lussi Immobiliare Srl
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Pasubio, 30

Tav. 5 - Inquadramento idrogeologico

Estratto dalla componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al PGT comunale.

Tav. 5 - Carta sismica



Legenda

EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori

Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti

Strutture ricreative e di aggregazione, sportive e culturali, locali di spettacolo e intrattenimento in genere

Edifici aperti al culto, oratori, conventi, cimiteri

Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio suscettibili di grande affollamento

OPERE INFRASTRUTTURALI

ACQUEDOTTO

— Rete acquedottistica

GAS

- - - Rete di adduzione principale in alta pressione

- - - Ferrovia, linea FNM Milano-Como

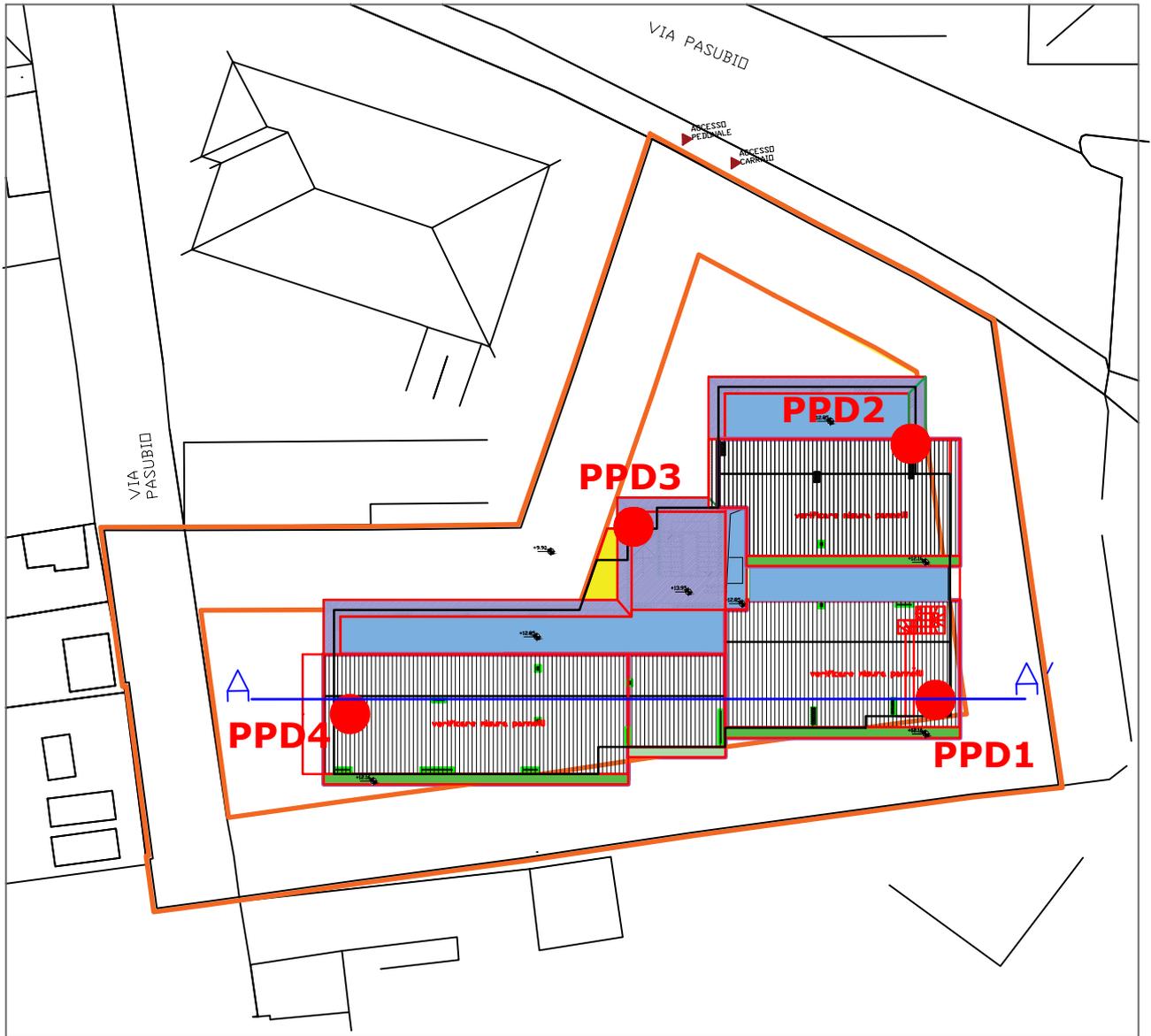
- - - Strade di intenso traffico

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	POSSIBILI EFFETTI INDOTTI	CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA	LIVELLO DI APPROFONDIMENTO per edifici di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003
Z3a 	Zona di ciglio H > 10 m e pendio sottostante  Ciglio di scarpata	Amplificazioni topografiche	H2	2
Z2.1 	Zone con possibile presenza di terreni di fondazione particolarmente scidenti - Ambiti estrattivi dismessi	Fenomeni di addensamento disomogenei con conseguenti cedimenti differenziali	H2	3
Z5 	Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche difformi	Cedimenti differenziali e distorsioni angolari	H2	3

 Area in esame
Estratto non in scala

Committente: Lussi Immobiliare Srl
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Pasubio, 30

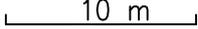
Tav. 6 - Carta della Pericolosità Sismica Locale



LEGENDA

● **PPD1** Ubicazione prova penetrometrica dinamica

A — A' Traccia della sezione geotecnica

Scala 1:400  10 m



Committente: Lussi Immobiliare Srl
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Pasubio, 30

Tav 7 - Ubicazione dei punti d'indagine

Tabulati e grafici
prove penetrometriche dinamiche

Prova penetrometrica dinamica

PPD1

Committente: **Immobiliare Lussi Srl**

Data: **31 gennaio 2019**

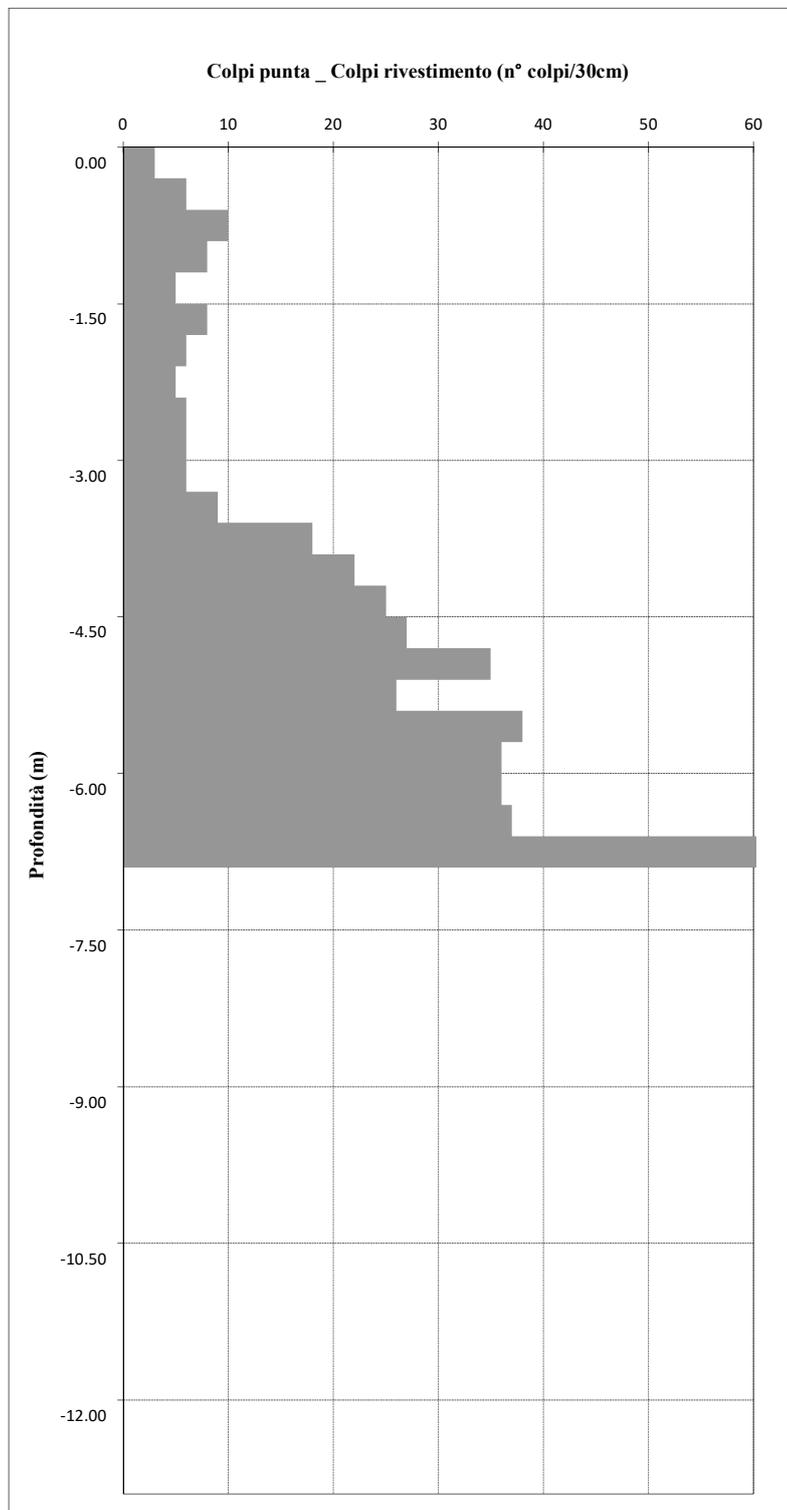
Località: **Paderno Dugnano (MI)**

Quota inizio: **p.c.**

Indirizzo: **via Pasubio, 30**

Falda: **-**

Attrezzatura: **Pagani TG 63/100**



Quota		Colpi Punta (Nscpt)	Colpi Rivestimento (Nscpt)
0.00	-0.30	3	
-0.30	-0.60	6	
-0.60	-0.90	10	
-0.90	-1.20	8	
-1.20	-1.50	5	
-1.50	-1.80	8	
-1.80	-2.10	6	
-2.10	-2.40	5	
-2.40	-2.70	6	
-2.70	-3.00	6	
-3.00	-3.30	6	
-3.30	-3.60	9	
-3.60	-3.90	18	
-3.90	-4.20	22	
-4.20	-4.50	25	
-4.50	-4.80	27	
-4.80	-5.10	35	
-5.10	-5.40	26	
-5.40	-5.70	38	
-5.70	-6.00	36	
-6.00	-6.30	36	
-6.30	-6.60	37	
-6.60	-6.90	100	
-6.90	-7.20		
-7.20	-7.50		
-7.50	-7.80		
-7.80	-8.10		
-8.10	-8.40		
-8.40	-8.70		
-8.70	-9.00		
-9.00	-9.30		
-9.30	-9.60		
-9.60	-9.90		
-9.90	-10.20		
-10.20	-10.50		
-10.50	-10.80		
-10.80	-11.10		
-11.10	-11.40		
-11.40	-11.70		
-11.70	-12.00		
-12.00	-12.30		
-12.30	-12.60		
-12.60	-12.90		

Dott. Geol. Mario Villa

Via delle Querce, 27 - 22040 Lurago d'Erba (CO)
 tel. 0312245181 - fax. 0312251886 - cell. 3407007749
 P.IVA 04963990967

Carta tecnica regionale

Estratto Tavola: B5b5



LEGENDA

 Area in esame

Scala 1:20.000:

1 km

Committente: Lussi Immobiliare Srl
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Pasubio, 30

Tav. 1 - Inquadramento geografico

Prova penetrometrica dinamica

PPD2

Committente: **Immobiliare Lussi Srl**

Data: **31 gennaio 2019**

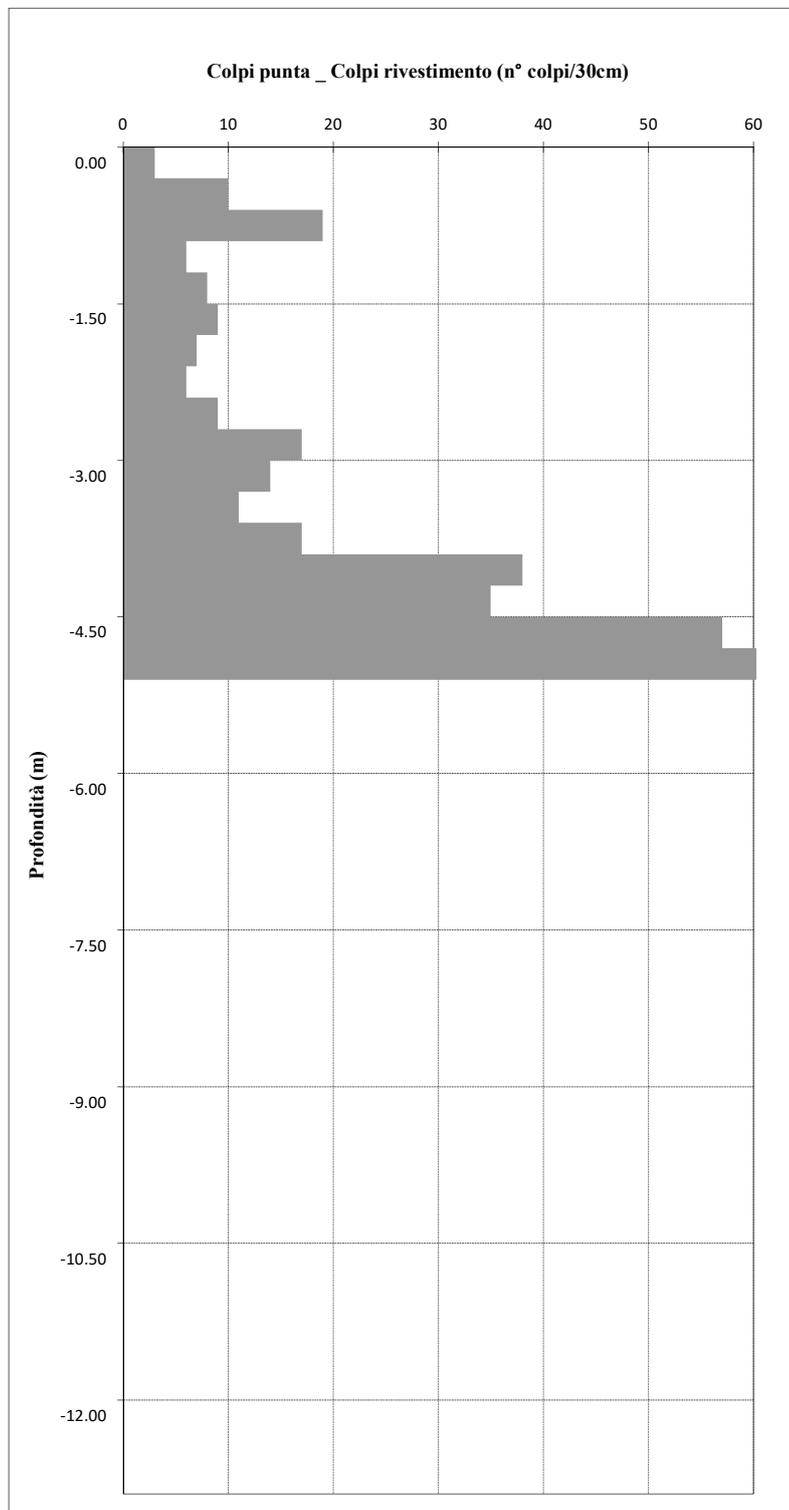
Località: **Paderno Dugnano (MI)**

Quota inizio: **p.c.**

Indirizzo: **via Pasubio, 30**

Falda: **-**

Attrezzatura: **Pagani TG 63/100**



Quota		Colpi Punta (Nscpt)	Colpi Rivestimento (Nscpt)
0.00	-0.30	3	
-0.30	-0.60	10	
-0.60	-0.90	19	
-0.90	-1.20	6	
-1.20	-1.50	8	
-1.50	-1.80	9	
-1.80	-2.10	7	
-2.10	-2.40	6	
-2.40	-2.70	9	
-2.70	-3.00	17	
-3.00	-3.30	14	
-3.30	-3.60	11	
-3.60	-3.90	17	
-3.90	-4.20	38	
-4.20	-4.50	35	
-4.50	-4.80	57	
-4.80	-5.10	100	
-5.10	-5.40		
-5.40	-5.70		
-5.70	-6.00		
-6.00	-6.30		
-6.30	-6.60		
-6.60	-6.90		
-6.90	-7.20		
-7.20	-7.50		
-7.50	-7.80		
-7.80	-8.10		
-8.10	-8.40		
-8.40	-8.70		
-8.70	-9.00		
-9.00	-9.30		
-9.30	-9.60		
-9.60	-9.90		
-9.90	-10.20		
-10.20	-10.50		
-10.50	-10.80		
-10.80	-11.10		
-11.10	-11.40		
-11.40	-11.70		
-11.70	-12.00		
-12.00	-12.30		
-12.30	-12.60		
-12.60	-12.90		

Dott. Geol. Mario Villa

Via delle Querce, 27 - 22040 Lurago d'Erba (CO)
 tel. 0312245181 - fax. 0312251886 - cell. 3407007749
 P.IVA 04963990967

Prova penetrometrica dinamica

PPD3

Committente: **Immobiliare Lussi Srl**

Data: **31 gennaio 2019**

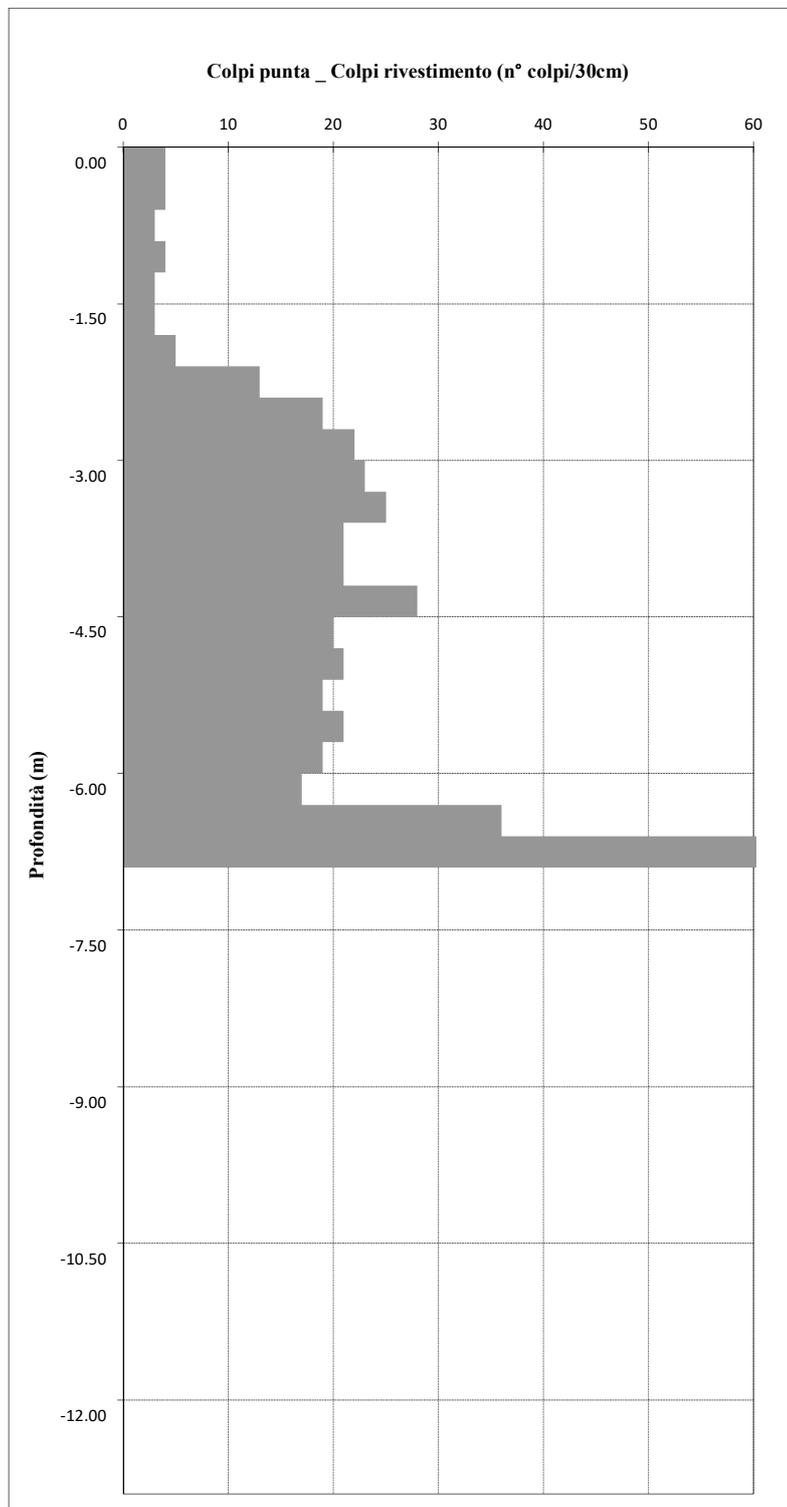
Località: **Paderno Dugnano (MI)**

Quota inizio: **p.c.**

Indirizzo: **via Pasubio, 30**

Falda: **-**

Attrezzatura: **Pagani TG 63/100**



Quota		Colpi Punta (Nscpt)	Colpi Rivestimento (Nscpt)
0.00	-0.30	4	
-0.30	-0.60	4	
-0.60	-0.90	3	
-0.90	-1.20	4	
-1.20	-1.50	3	
-1.50	-1.80	3	
-1.80	-2.10	5	
-2.10	-2.40	13	
-2.40	-2.70	19	
-2.70	-3.00	22	
-3.00	-3.30	23	
-3.30	-3.60	25	
-3.60	-3.90	21	
-3.90	-4.20	21	
-4.20	-4.50	28	
-4.50	-4.80	20	
-4.80	-5.10	21	
-5.10	-5.40	19	
-5.40	-5.70	21	
-5.70	-6.00	19	
-6.00	-6.30	17	
-6.30	-6.60	36	
-6.60	-6.90	100	
-6.90	-7.20		
-7.20	-7.50		
-7.50	-7.80		
-7.80	-8.10		
-8.10	-8.40		
-8.40	-8.70		
-8.70	-9.00		
-9.00	-9.30		
-9.30	-9.60		
-9.60	-9.90		
-9.90	-10.20		
-10.20	-10.50		
-10.50	-10.80		
-10.80	-11.10		
-11.10	-11.40		
-11.40	-11.70		
-11.70	-12.00		
-12.00	-12.30		
-12.30	-12.60		
-12.60	-12.90		

Dott. Geol. Mario Villa

Via delle Querce, 27 - 22040 Lurago d'Erba (CO)
 tel. 0312245181 - fax. 0312251886 - cell. 3407007749
 P.IVA 04963990967

Prova penetrometrica dinamica

PPD4

Committente: **Immobiliare Lussi Srl**

Data: **31 gennaio 2019**

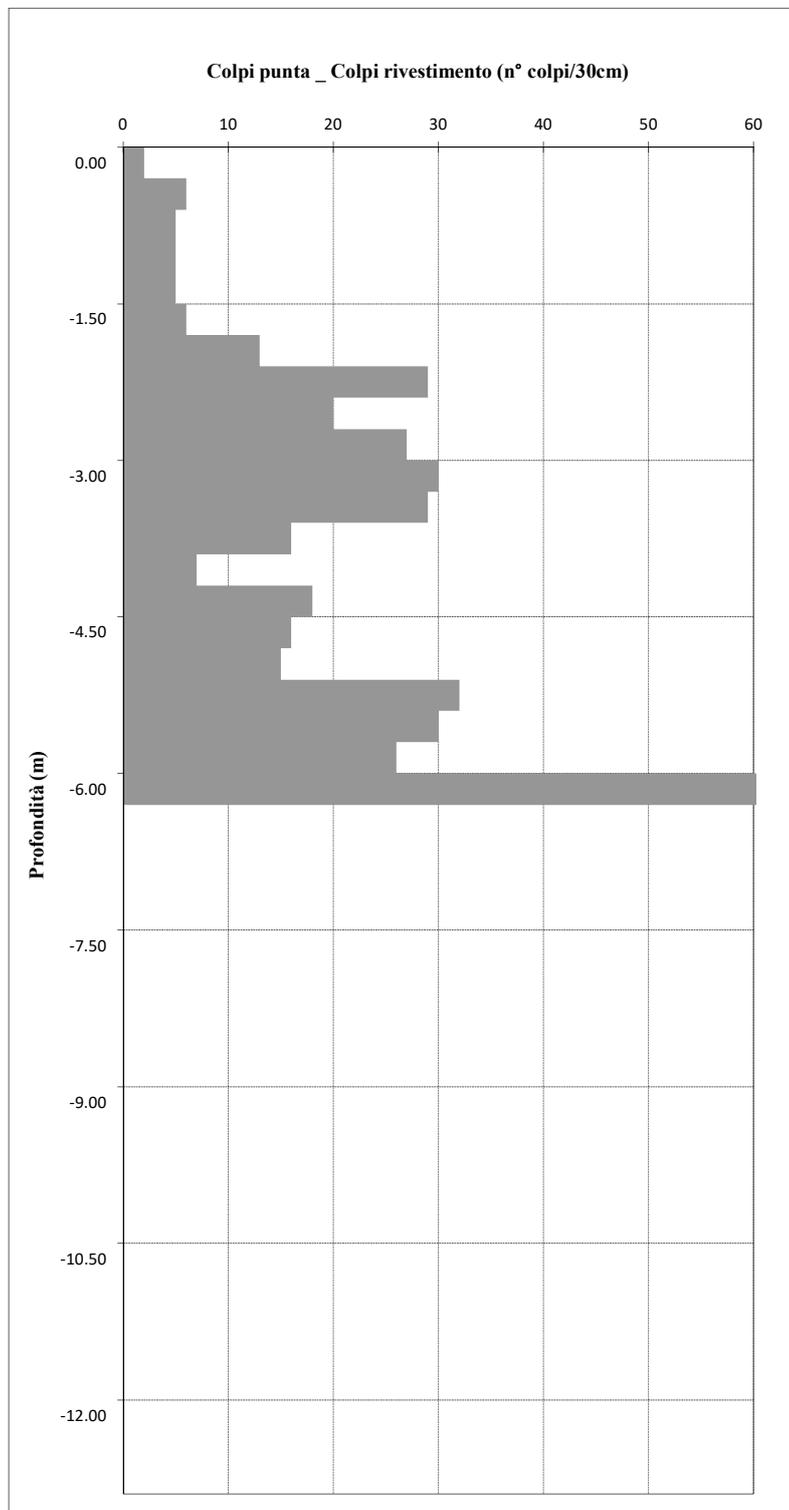
Località: **Paderno Dugnano (MI)**

Quota inizio: **p.c.**

Indirizzo: **via Pasubio, 30**

Falda: **-**

Attrezzatura: **Pagani TG 63/100**



Quota		Colpi Punta (Nscpt)	Colpi Rivestimento (Nscpt)
0.00	-0.30	2	
-0.30	-0.60	6	
-0.60	-0.90	5	
-0.90	-1.20	5	
-1.20	-1.50	5	
-1.50	-1.80	6	
-1.80	-2.10	13	
-2.10	-2.40	29	
-2.40	-2.70	20	
-2.70	-3.00	27	
-3.00	-3.30	30	
-3.30	-3.60	29	
-3.60	-3.90	16	
-3.90	-4.20	7	
-4.20	-4.50	18	
-4.50	-4.80	16	
-4.80	-5.10	15	
-5.10	-5.40	32	
-5.40	-5.70	30	
-5.70	-6.00	26	
-6.00	-6.30	100	
-6.30	-6.60		
-6.60	-6.90		
-6.90	-7.20		
-7.20	-7.50		
-7.50	-7.80		
-7.80	-8.10		
-8.10	-8.40		
-8.40	-8.70		
-8.70	-9.00		
-9.00	-9.30		
-9.30	-9.60		
-9.60	-9.90		
-9.90	-10.20		
-10.20	-10.50		
-10.50	-10.80		
-10.80	-11.10		
-11.10	-11.40		
-11.40	-11.70		
-11.70	-12.00		
-12.00	-12.30		
-12.30	-12.60		
-12.60	-12.90		

Dott. Geol. Mario Villa

Via delle Querce, 27 - 22040 Lurago d'Erba (CO)
 tel. 0312245181 - fax. 0312251886 - cell. 3407007749
 P.IVA 04963990967

Caratteristiche tecniche strumentali

Committente: **Immobiliare Lussi Srl**

Data: **31 gennaio 2019**

Località: **Paderno Dugnano (MI)**

Indirizzo: **via Pasubio, 30**

Attrezzatura: **Pagani TG 63/100**

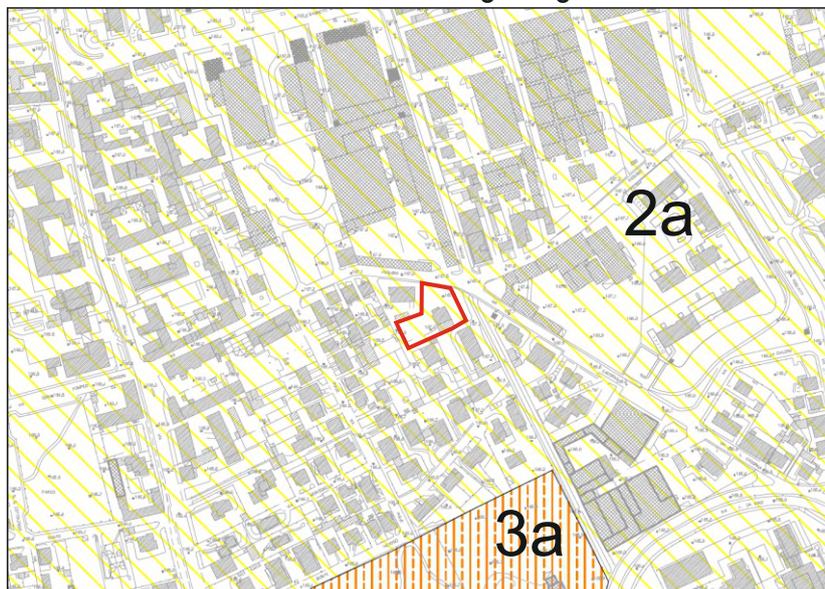
Peso maglio: 73 kg
Altezza di caduta: 75 cm
Diametro aste: 32 mm
Peso aste: 6,3 kg al m
Diametro rivestimento: 48 mm
Diametro punta conica: 51 mm
Angolo di apertura punta: 60°
Area di base punta: 20,43 cm²

Dott. Geol. Mario Villa

Via delle Querce, 27 - 22040 Lurago d'Erba (CO)
tel. 0312245181 - fax. 0312251886 - cell. 3407007749
P.IVA 04963990967

Tabelle letture e grafici
prove infiltrometriche

Estratto dalla componente geologica, idrogeologica e sismica
di supporto al PGT comunale.
Tav. 6 - Fattibilità geologica



Legenda

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA D.G.R. IX/2616/2011	PRINCIPALI CARATTERISTICHE	PROBLEMATICHE GENERALI	PARERE SULLA EDIFICABILITÀ
<p>Classe 3a e 3a* Siti condizionati da attività antropica/industriale</p> <p>FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</p>	<p>Aree ambientalmente degradate condizionate da attività antropica/industriale attuale e pregressa, costituenti siti da sottoporre a verifica ambientale, siti in corso di verifica/bonifica o siti già oggetto di bonifica, in alcuni casi situate in zone potenzialmente allagabili (3a*)</p>	<p>Contaminazione accertata o potenziale dei suoli, potenziale rischio idraulico</p>	<p>Favorevole con consistenti limitazioni connesse alla verifica dello stato di salubrità dei suoli (Regolamento Locale di Igiene). La tipologia edificatoria può essere condizionata dall'entità di contaminazione dei suoli e dai limiti raggiunti al termine degli interventi di bonifica.</p>
<p>Classe 2a Piana fluvio-glaciale</p> <p>FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI</p>	<p>Aree pianeggianti litologicamente costituite da ghiaie e sabbie con locali lenti di limi debolmente sabbiosi, da poco a mediamente alterate. Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui</p>	<p>Presenza di terreni da granulari sciolti a coesivi, con discrete caratteristiche geotecniche fino a 2.5-6 m di profondità. Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità. Vulnerabilità dell'acquifero di grado elevato</p>	<p>Favorevole con limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero</p>

 Area in esame
Estratto non in scala

Committente: Lussi Immobiliare Srl
Località: Paderno Dugnano (MI) - Via Pasubio, 30

Tav. 2 - Fattibilità geologica

PROVA DI PERMEABILITA' MEDIANTE INFILTROMETRO

Località: Paderno Dugnano via Pasubio, 30

Prova: K1

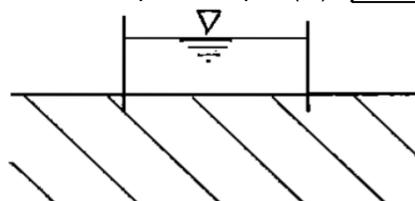
Data: 21/02/2019

Committente: LUSSI IMMOBILIARE SRL

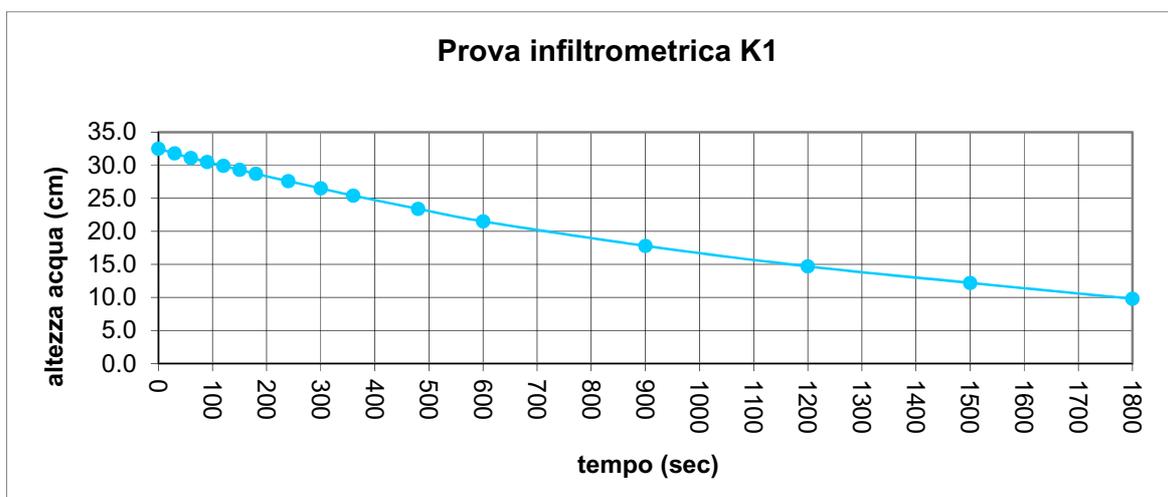
MODALITA' DI PROVA: Infiltrometro ad anello singolo - prova a carico variabile

Tempo (s)	h (altezza livello acqua) (cm)	abbassamenti (cm)	Coeff. di Permeabilità K (m/s)
0	32.5		
30	31.8	0.7	4.65E-05
60	31.1	0.7	4.73E-05
90	30.5	0.6	4.12E-05
120	29.9	0.6	4.19E-05
150	29.3	0.6	4.26E-05
180	28.7	0.6	4.32E-05
240	27.6	1.1	4.06E-05
300	26.5	1.1	4.18E-05
360	25.4	1.1	4.32E-05
480	23.4	2	4.12E-05
600	21.5	1.9	4.16E-05
900	17.8	3.7	3.57E-05
1200	14.7	3.1	3.41E-05
1500	12.2	2.5	3.11E-05
1800	9.8	2.4	3.37E-05

Caratteristiche strumentazione utilizzata	
Diametro (cm)	35.0
Area (cmq)	961.6
Altezza (cm)	40.0
Profondità d'infissione (cm)	8.0
Profondità di prova da p.c. (m)	0.5



Coeff. di permeabilità medio (m/s): 4.04E-05



Dott. Geol. Mario Villa

Via delle Querce, 27 - 22040 Lurago d'Erba (CO)
tel. 0312245181 - fax. 0312251886 - cell. 3407007749
P.IVA 04963990967

PROVA DI PERMEABILITA' MEDIANTE INFILTROMETRO

Località: Paderno Dugnano via Pasubio, 30

Prova: K1bis

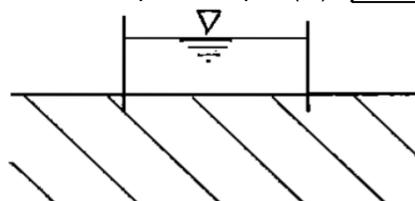
Data: 21/02/2019

Committente: LUSSI IMMOBILIARE SRL

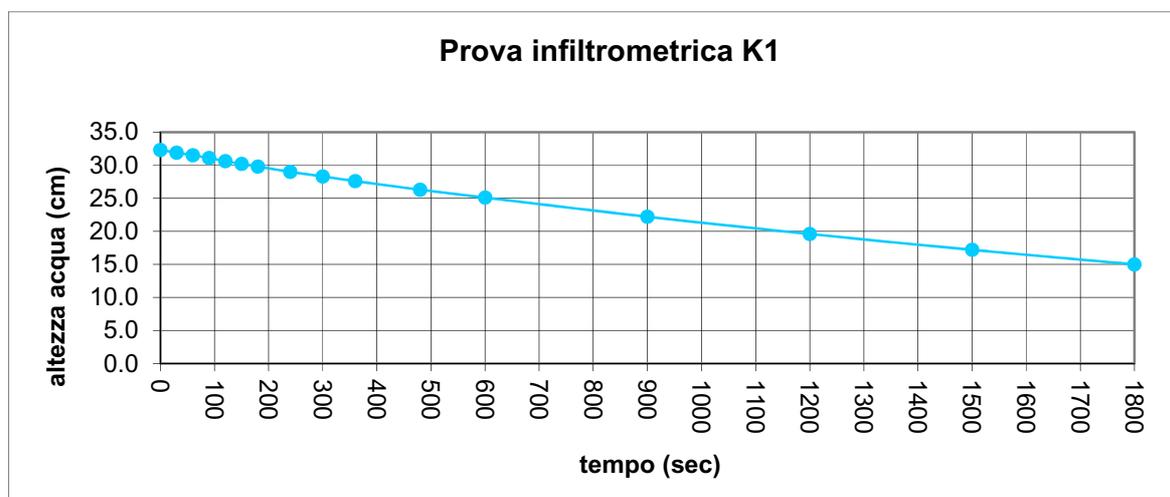
MODALITA' DI PROVA: Infiltrometro ad anello singolo - prova a carico variabile

Tempo (s)	h (altezza livello acqua (cm))	abbassamenti (cm)	Coeff. di Permeabilità K (m/s)
0	32.3		
30	31.9	0.4	2.66E-05
60	31.5	0.4	2.69E-05
90	31.1	0.4	2.71E-05
120	30.6	0.5	3.43E-05
150	30.2	0.4	2.78E-05
180	29.8	0.4	2.81E-05
240	29.0	0.8	2.85E-05
300	28.3	0.7	2.55E-05
360	27.6	0.7	2.60E-05
480	26.3	1.3	2.48E-05
600	25.1	1.2	2.37E-05
900	22.2	2.9	2.44E-05
1200	19.6	2.6	2.40E-05
1500	17.2	2.4	2.42E-05
1800	15.0	2.2	2.43E-05

Caratteristiche strumentazione utilizzata	
Diametro (cm)	35.0
Area (cmq)	961.6
Altezza (cm)	40.0
Profondità d'infissione (cm)	8.0
Profondità di prova da p.c. (m)	0.5



Coeff. di permeabilità medio (m/s): 2.64E-05



Dott. Geol. Mario Villa

Via delle Querce, 27 - 22040 Lurago d'Erba (CO)
tel. 0312245181 - fax. 0312251886 - cell. 3407007749
P.IVA 04963990967

Green Life s.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1 e R3) E GEOTECNICA (R2)

ai sensi delle NTC 2018 e D.G.R. 5001/2016

**Nuovo edificio residenziale
in Via F.lli Casati
Comune di Paderno Dugnano (MI)**

Documento: Relazione rev.01	Data: marzo -2021
Redato da : Dott. Geol A. Lategana	Rif0821



 **Studio di
Consulenza Ambientale**
Dott. Geol. A. Lategana
Geologia - Idrogeologia - Geotecnica - Geotermia - Bonifiche siti contaminati
www.cons-ambientale.it info@cons-ambientale.it tel. 029956440 - 3384409156

Sede Operativa : Via Dante, 11 – 20024 -Garbagnate Milanese (MI)
Tel. 029956440 – Cell. 3384409156 – Fax 029956440
Piva 13151270157
www.cons-ambientale.it

INDICE

1. PREMESSA-FINALITA' DELL'INDAGINE	4
2. INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO	5
3. INQUADRAMENTO AMBIENTALE	9
3.1 Geologia e Geomorfologia	9
3.2 Idrogeologia	10
3.3 Modello geologico del sottosuolo	11
4. INDAGINI PENETROMETRICHE	12
4.1 Metodologia impiegata	12
4.2 Esecuzione delle prove penetrometriche	12
4.3 Stratigrafia penetrometrica e modello geotecnico del sottosuolo	13
5. INQUADRAMENTO SISMICO	16
5.1 Indagine geofisica MASW	16
5.1.1 Elaborazione dati	18
5.2 Caratterizzazione sismica	21
5.2.1 Categoria del sottosuolo e condizioni topografiche	21
5.2.2 Parametri sismici	23
5.3 Potenziale di liquefazione	24
6. VERIFICHE GEOTECNICHE	26
6.1 Calcolo della resistenza di progetto Rd	26
6.2 Calcolo dei cedimenti	28
7. CONCLUSIONI- RACCOMANDAZIONI PROGETTUALI	31

TAVOLE

Tavola 1 – Ubicazione indagini e traccia sezioni litotecniche

ALLEGATI

Allegato 1 – Elaborati prove penetrometriche

Allegato 2 – Dati indagine sismica di riferimento per l'area di progetto

2. INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO

Il sito ricade catastralmente nel mappale 171-389p Fo 1 del Comune di Paderno Dugnano.



Figura 2.1 – Estratto Carta Tecnica regionale - In rosso l'area di interesse

Secondo lo studio geologico a supporto del PGT comunale, l'area ricade nella classe **2a -Fattibilità con modeste limitazioni** per vulnerabilità idrogeologica così descritta:

“Classe 2a – Piana fluvio-glaciale

Principali caratteristiche: aree pianeggianti, litologicamente costituite da ghiaie e sabbie, con locali lenti di limi debolmente sabbiosi, da poco a mediamente alterate. Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui.

Problematiche generali: presenza di terreni da granulari sciolti a coesivi, con discrete caratteristiche geotecniche fino a 2.5-6 m di profondità. Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità. Vulnerabilità dell'acquifero di grado elevato.

Parere sull'edificabilità: favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero.

Tipo di intervento ammissibile: sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali. Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione (così come definiti dall'art. 27 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 “Legge per il governo del territorio”), nel rispetto delle normative vigenti.

Indagini di approfondimento preventive necessarie: si rende necessaria la verifica idrogeologica e litotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie (IGT); in particolare dovrà essere

valutata la stabilità dei versanti di scavo (SV) nel caso di opere di tipo 3, 4, 5, 6 al fine di prevedere le opportune opere di protezione degli scavi durante i lavori di cantiere. Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera (secondo quanto indicato nell'art. 2 delle Norme geologiche di Piano).

La modifica di destinazione d'uso di aree esistenti inserite in zona "produttiva" necessita la verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento Locale d'Igiene (ISS); qualora venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs 152/06 "Norme in materia ambientale" (Piano di Caratterizzazione Ambientale/PCA con analisi di rischio, Progetto Operativo degli interventi di Bonifica/POB).

Interventi da prevedere in fase progettuale: quale norma generale per ogni tipo di opera gli interventi da prevedere, già in fase progettuale, saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti/ sistemi per la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di primo sottosuolo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche del sito (RE-CO).

Per gli ambiti produttivi soggetti a cambio di destinazione d'uso, dovranno essere previsti interventi di bonifica (BO) qualora venga accertato uno stato di contaminazione del suolo ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i..

Norme sismiche da adottare per la progettazione: la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni", definendo la pericolosità sismica di base in accordo alle metodologie dell'allegato A del decreto. Nel caso di edifici strategici e rilevanti (di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) ricadenti in aree PSL, la definizione delle azioni sismiche di progetto dovrà avvenire a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello - metodologie di cui all'allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616/2011".

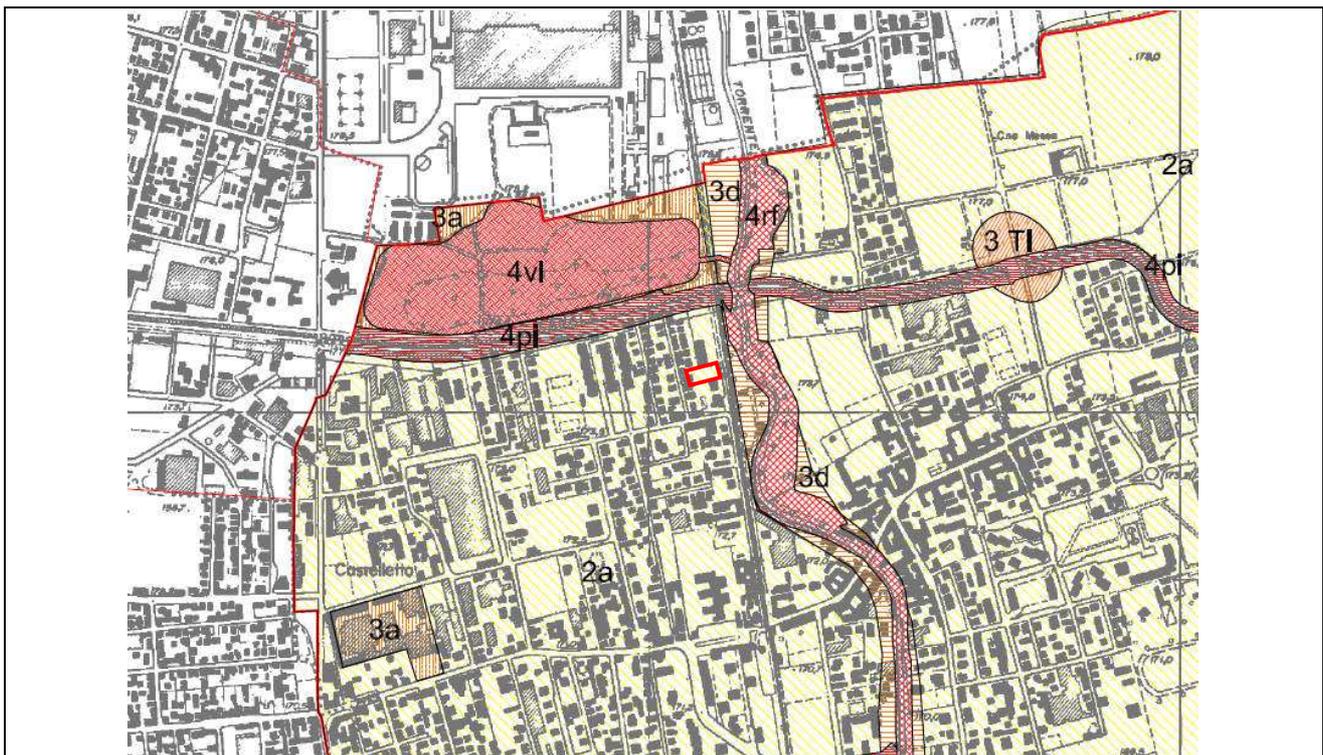


Figura 2.2 – Estratto Carta Fattibilità PGT Comunale - In rosso l'area di interesse

In base alla Normativa del Piano di Governo del Territorio del Comune di Paderno Dugnano, l'azzoneamento dell'area di progetto ricade negli "Ambiti Residenziali di Recente Formazione" – Art.27 NTA.

Il sito non ricade in aree sottoposte a vincoli geologici, idrogeologici o idraulici (Figura 2.3)

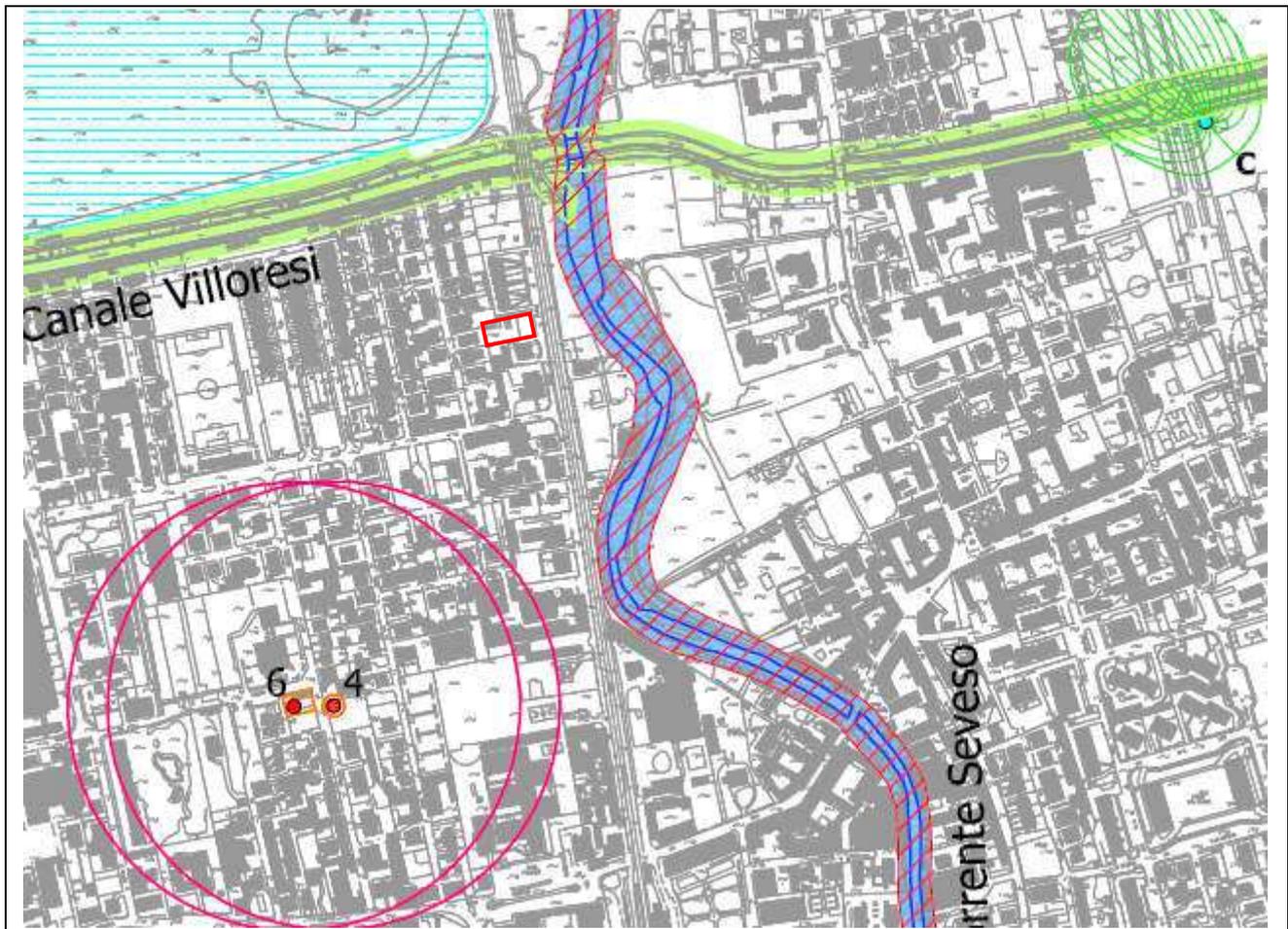


Figura 2.3 – Estratto Carta dei Vincoli PGT Comunale - In rosso l'area di interesse

Il sito è ubicato nelle vicinanze del torrente Seveso che scorre a circa 50 m ad est con andamento nord sud.

Si evidenzia che con decreto n. 484 del 30 dicembre 2020 del Segretario generale dell'ADBPO è stata approvata la variante di aggiornamento della delimitazione delle Fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po: torrente Seveso da Lucino alla confluenza nella Martesana in Milano.

In base anche a tale variante di aggiornamento (successivo alla redazione dello studio geologico a supporto del PGT) si conferma che il sito di studio non ricade all'interno di aree esondabili (Figura 2.4) pertanto si possono ritenere valide le indicazioni di fattibilità geologica precedentemente enunciate.

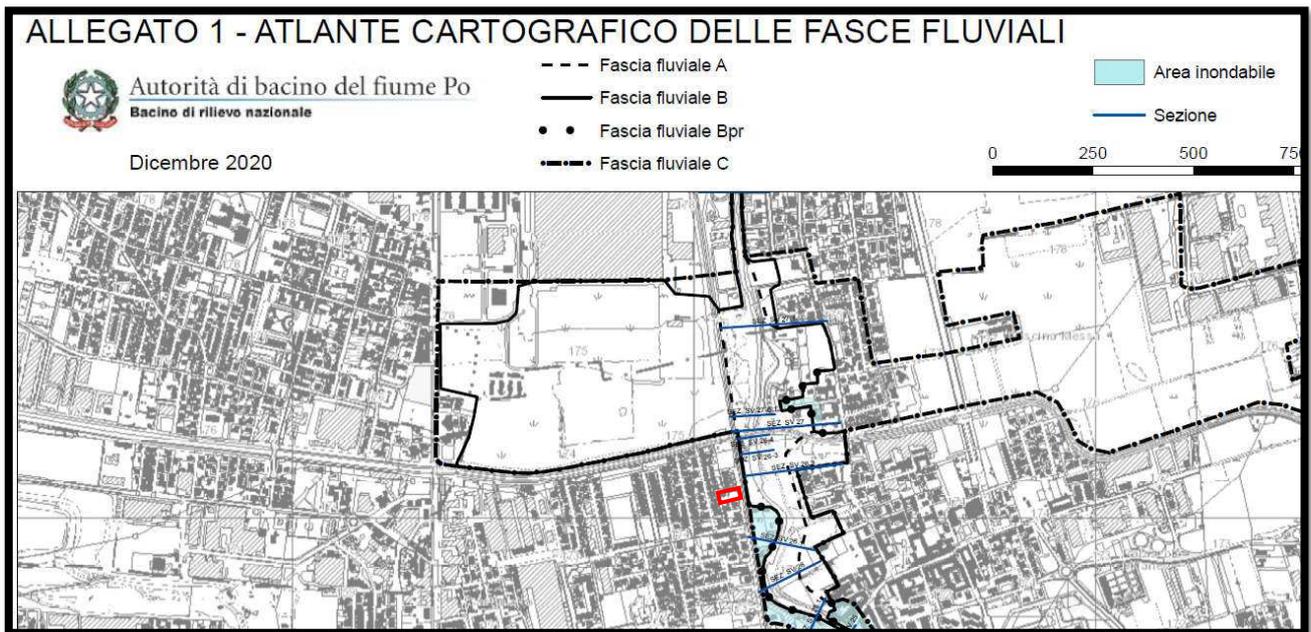


Figura 2.4 – Estratto PAI torrente Seveso (2020) - In rosso l'area di interesse

3. INQUADRAMENTO AMBIENTALE

3.1 Geologia e Geomorfologia

Il territorio di Paderno è relativamente omogeneo dal punto di vista geologico. Affiorano con continuità depositi d'origine alluvionale (sedimenti sciolti eterometrici) prodotti dall'azione sedimentaria dei corsi d'acqua durante le fasi intermedie e finali del Pleistocene.

Sulla base delle informazioni contenute nella Carta Geologica d'Italia 1:50000 Progetto CARG nei pressi dell'area di progetto affiorano le seguenti unità stratigrafiche (Figura 2.1) così descrivibili dalla più antica alla più recente:

Unità di Guanzate -BEZ (Pleistocene medio-superiore)

Questa unità rientra nel più articolato Supersistema di Besnate che comprende i depositi coevi alle glaciazioni precedenti l'ultima avanzata glaciale. Nel territorio di Paderno Dugnano sono rappresentati da depositi fluvioglaciali, cioè depositati da corsi d'acqua provenienti dagli scaricatori glaciali; si tratta di ghiaie, con assente o debole organizzazione dei ciottoli, a supporto di matrice. L'alterazione è sempre abbastanza contenuta, con spessori variabili tra 1 e 4 metri di profondità circa; l'alterazione, che ha diverso grado a seconda delle litologie, interessa circa il 50% dei ciottoli.

Alcune indagini geologico-geotecniche per la realizzazione di interventi edificatori, messe a disposizione dall'amministrazione comunale, hanno evidenziato come sia presente, a tetto di questa unità, un livello di spessore variabile tra 1 e 2,5 m di materiale a forte componente limosa e argillosa, con ridotta quantità di ciottoli rispetto alla ghiaia sottostante. Questo livello può essere interpretato, oltre che come al normale prodotto dell'alterazione dei ciottoli, anche con la presenza di una coltre loessica, in parte alterata, di spessore variabile. Questa unità è presente nella zona a Est rispetto alla valle del torrente Seveso.

Sistema di Cantù -LCN (Pleistocene superiore)

I depositi di questa unità sono stati depositi in concomitanza dell'ultima fase di avanzata glaciale e, analogamente ai precedenti, sul territorio di Paderno Dugnano sono rappresentati da depositi fluvioglaciali. Si differenziano dai precedenti, perché, pur analoghi da un punto di vista delle caratteristiche sedimentarie (ghiaie e sabbie) hanno un'alterazione meno spinta, che si concentra nel primo metro o metro e mezzo di profondità.

Sistema del Po -POI (Pleistocene superiore – Olocene)

Rappresenta i depositi postglaciali; nel territorio sono in pratica concentrati nella sola valle del Seveso; presentano alterazione assente. Sono costituiti principalmente da sabbie e ghiaie fini, con netta prevalenza della componente sabbiosa.

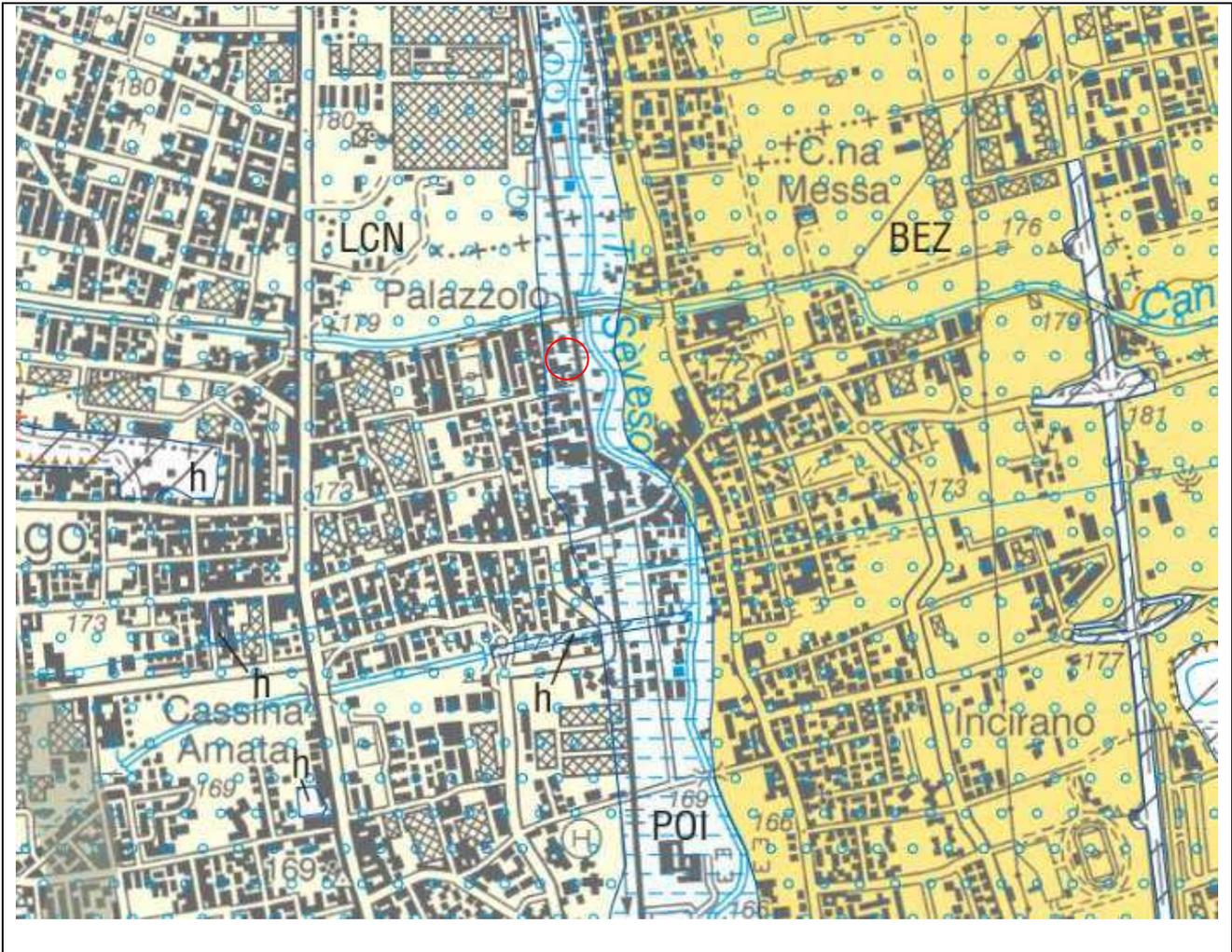


Figura 3.1 – Estratto da Carta Geologica d'Italia 1:50000 Progetto CARG (cerchio rosso sito di studio)

3.2 Idrogeologia

In base dello studio geologico di supporto al PGT e relative sezioni idrogeologiche di dettaglio è stato appurato che il limite tra i gruppi acquiferi A e B (miscele di ghiaie e sabbie con poca presenza di granulometrie fini, sede della falda freatica con intercalazioni conglomeratiche ed arenacee, e banchi limosi o sabbioso limosi) e i gruppi C e D, (falde profonde con consistenti livelli a granulometria fine intercalati da orizzonti di sabbie medio-fine e livelli torbosi, riconducibili all'Unità sabbioso-argillosa) è situato intorno ai 110 - 115 di profondità.

Non è invece distinguibile, nella zona considerata, una distinzione né tra i gruppi acquiferi A e B, costituenti l'"acquifero tradizionale" né tra i sottostanti acquiferi C e D.

Data l'estrema eterogeneità di facies non possono essere definite con precisione le caratteristiche dell'acquifero; le unità del primo e secondo acquifero sono prevalentemente ghiaiose e sabbiose, con una consistente componente conglomeratica soprattutto nel settore Est, mentre gli acquiferi più profondi hanno una prevalenza di componenti più fini.

La morfologia della superficie piezometrica in corrispondenza dell'area di progetto presenta una direzione di flusso diretto da NNW verso SSE mentre la **profondità della falda freatica sulla base degli ultimi dati disponibili oscillerebbe tra i 25-30 metri da p.c. circa** (Figura 3.2).

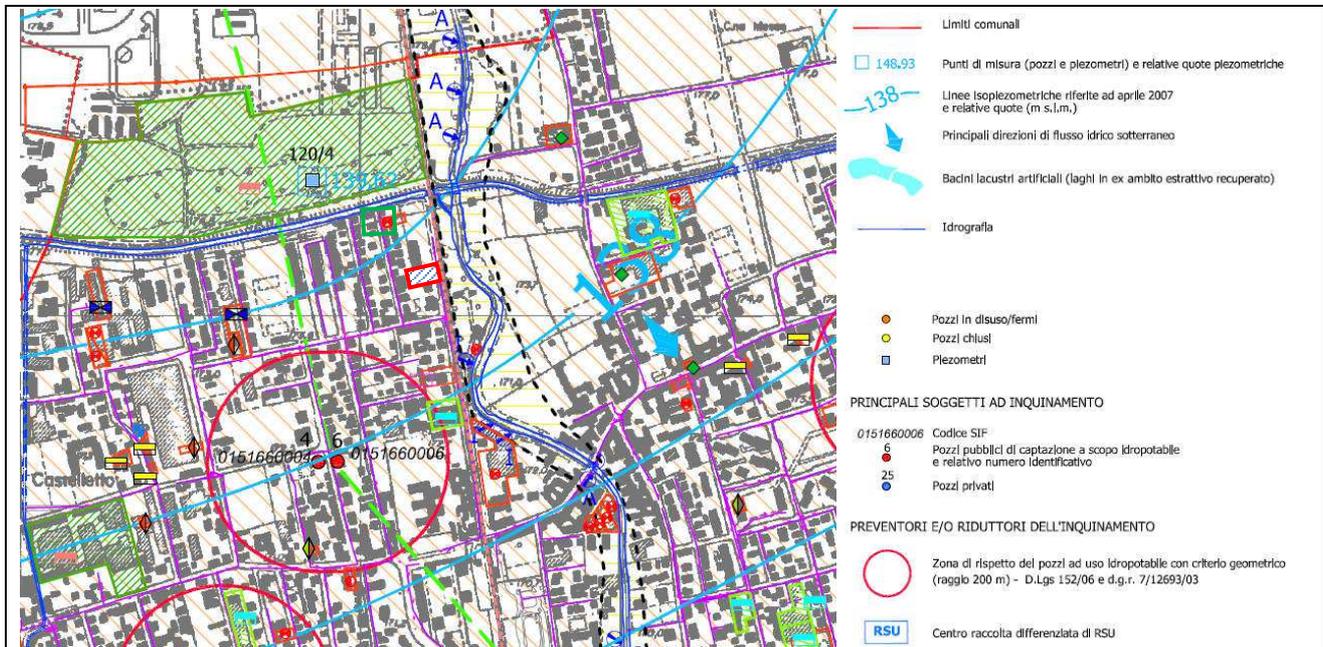


Figura 3.2 – Estratto da Carta Idrogeologica allegata al PGT comunale (nel rettangolo rosso il sito di studio)

3.3 Modello geologico del sottosuolo

Depositi fluvioglaciali e fluviali terrazzati quaternari, costituiti da sedimenti alluvionali sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e argillosi tardo pleistocenici. All'interno dei livelli con litologie più grossolana (sabbie e ghiaie) possibile presenza di lenti costituite da granulometrie più fini (sabbie fini, sabbie limose ghiaiose). Il grado di addensamento del sottosuolo varia da sciolto ad addensato con la profondità.

La profondità della falda è a circa 25-30 metri da piano campagna.

4. INDAGINI PENETROMETRICHE

4.1 Metodologia impiegata

Le indagini penetrometriche sono state condotte tramite SCPT (Standard Conic Penetration Test) con apparecchiatura DPSH (S. Heavy), avente le seguenti caratteristiche tecniche:

<i>Peso massa battente</i>	73,00 kg
<i>Altezza caduta libera</i>	0,75 m
<i>Peso sistema battuta</i>	0,63 kg
<i>Diametro punta conica</i>	51,00 mm
<i>Area base punta conica</i>	20,43 cm ²
<i>Angolo apertura punta</i>	60°
<i>Lunghezza delle aste</i>	0.9 m
<i>Peso aste per metro</i>	6,31 kg
<i>Profondità giunzione 1a asta</i>	0.30 m
<i>Avanzamento punta</i>	0.30 m
<i>Numero di colpi per punta</i>	N=(30)
<i>Energia specifica per colpo</i>	8,93 kg/ cm ²

L'indagine è avvenuta per infissione di aste di lunghezza pari a 90 cm con conteggio dei colpi di maglio necessari all'infissione di progressive di 30 cm. Il numero di colpi è in stretta relazione con la resistenza all'avanzamento della punta e delle aste, ossia con lo stato di addensamento delle terre attraversate e con la litologia.

I dati di campagna sono riportati su diagrammi penetrometrici (Allegato 1) che mettono in relazione il numero di colpi (NSCPT) con i metri di avanzamento. Interpretando questi diagrammi vengono individuati gli strati che assumono omogenea resistenza all'avanzamento delle aste.

Il numero di colpi NSCPT viene quindi moltiplicato per un fattore necessario per standardizzare i valori secondo la normativa NSPT (Standard Penetration Test). Dai valori di NSPT, tramite software dedicato, si ricavano i parametri geotecnici propri del materiale e del loro stato tensionale (densità relativa, angolo di attrito, peso di volume, modulo di deformazione drenato, contenuto d'acqua, ecc).

4.2 Esecuzione delle prove penetrometriche

Nell'area di progetto sono state realizzate due prove penetrometriche, tutte le prove si spinte fino a rifiuto avanzamento con le seguenti profondità di indagine da piano campagna:

Prova	Profondità (m)
P1	5.7 - Rifiuto
P2	6.9 - Rifiuto

Nella Tavola 1 è riportata la planimetria del sito con l'ubicazione esatta dei punti di esecuzione dei test.

In Allegato 1 è riportata la stratigrafia di ogni prova con indicazione delle profondità, del numero di colpi per unità di avanzamento (30 cm) e della resistenza dinamica all'avanzamento alla punta calcolata attraverso la “formula olandese”:

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

dove:

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]

M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = δ / N

P = peso totale aste e sistema battuta

δ = avanzamento punta

N= numero di colpi



Figura 4.1 – Prova penetrometriche P1

4.3 Stratigrafia penetrometrica e modello geotecnico del sottosuolo

Gli esiti delle prove penetrometriche consentono di realizzare quattro sezioni litotecniche (Figura 4.2) con la definizione di tre Unità Geotecniche (UG), di seguito descritte.

Come zero di riferimento è stato impostato il piano campagna della prova P1.

Unità UG1

E' stata riscontrata in tutti i sondaggi fino alle seguenti profondità:

<i>Sondaggio</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Quota della base rispetto al P.C. (m)</i>	<i>Quota del tetto rispetto al P.C. (m)</i>
1	5.1	5.1	0
2	6.3	6.3	0

Unità costituita da sabbia limosa.

Dal punto di vista geotecnico si tratta di terreni molto sciolti (Nspt tra 5 e 6)

Tabella riassuntiva dei parametri geotecnici medi dell'UG1.

	MIN	MAX
NSPT	16	17
DR%	44	45
φ°	31	32
E'kg/cm²	209	218
Ysat	1.97	1.97
Yd	1.55	1.56

Nspt= n° colpi prova SPT, DR%=densità relativa, φ° =angolo di attrito efficace,
E'=modulo di deformazione drenato,
Ysat,Yd=peso di volume saturo e secco (t/m³).

Unità UG2

E' stata riscontrata in tutti i sondaggi fino alle seguenti profondità:

<i>Sondaggio</i>	<i>Spessore (m)</i>	<i>Quota della base rispetto al P.C. (m)</i>	<i>Quota del tetto rispetto al P.C. (m)</i>
1	-	Fondo foro-Rifiuto	5.1
2	-	Fondo foro-Rifiuto	6.3

Unità costituita da sabbia con ghiaia

Dal punto di vista geotecnico si tratta di terreni mediamente addensati (Nspt tra 25 e 29).

Tabella riassuntiva dei parametri geotecnici medi dell'UG2:

	MIN	MAX
NSPT	16	17
DR%	44	45
φ°	31	32
E'kg/cm²	209	218
Ysat	1.97	1.97
Yd	1.55	1.56

Nspt= n° colpi prova SPT, DR%=densità relativa, φ° =angolo di attrito efficace,
E'=modulo di deformazione drenato,
Ysat,Yd=peso di volume saturo e secco (t/m³).

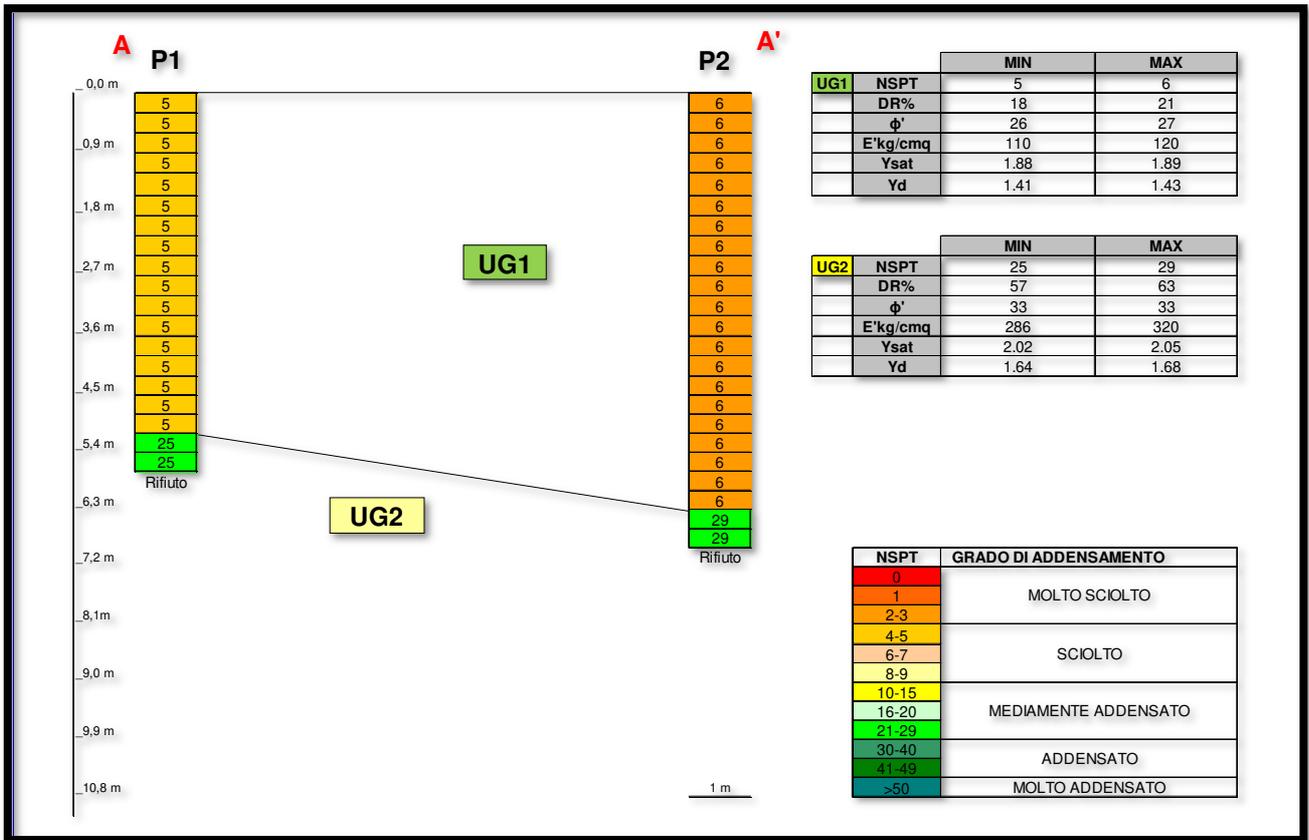


Figura 4.2 – Sezioni litotecniche A-A' - Modello geotecnico del sottosuolo (traccia sezioni Tavola 1)

5. INQUADRAMENTO SISMICO

La normativa nazionale divide il territorio italiano in 4 zone sismiche sulla base dell'intensità del sisma atteso nella quale la zona 1 corrisponde al valore più alto di intensità; con tale classificazione si definisce a rischio sismico tutto il territorio italiano. La D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 ha emanato l'aggiornamento della classificazione sismica per i Comuni della Regione Lombardia.

Il comune di Paderno Dugnano ricade nella **zona 4 a sismicità più bassa**.

L'analisi di primo livello effettuata nello Studio Geologico a supporto del PGT non assegna, erroneamente, nessuna classe di pericolosità sismica al sito di studio; applicando quanto previsto dalla d.g.r. n. 8/1566/05 e s.m.i. "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio in attuazione dell'art.57 della l.r. 11 marzo 2005" l'area di interesse ricade nella classe di **pericolosità sismica Z4 – Amplificazioni litologiche e geometriche** *Z4a -Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi-soggetta a possibili effetti di amplificazioni litologiche e geometriche.*

Secondo tale normativa occorre entrare nel merito dell'analisi di secondo livello negli scenari PSL Z4 solo per le aree del territorio comunale la cui destinazione d'uso preveda l'edificazione di nuove costruzioni di carattere strategico e rilevante (elenco tipologico di cui al D.d.u.o. 22 maggio 2019 - n. 7237) pertanto non si è resa necessaria l'applicazione della verifica degli effetti litologici riportata nel punto 2.2.2 dell'Allegato 5 alla dgr 30 novembre 2011 n. IX/2616 e s.m.i..

Nei prossimi paragrafi sono riportati i risultati di un'indagine sismica realizzata a Varedo in Via Pier della Francesca a circa 700 m - NNE dal sito di studio che può essere utilizzata come riferimento per la caratterizzazione sismica dell'area di progetto.

5.1 Indagine geofisica MASW

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki D.J., 1999; Park C.B., Miller R.D., 2006; Roma V., 2006):

- Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1.5 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata sia dalle condizioni logistiche che dalla necessità di ricostruire al meglio lo spettro di velocità delle onde superficiali di Rayleigh).

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 6 e 12 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni in punti differenti ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva o ReMi) acquisendo in totale 10 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata per l'esecuzione della prova MASW.

n°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS "GEODE" a 24 bit
24	Geofoni verticali	"Geospace" con $f_0 = 4.5$ Hz
1	Cavo sismico	L = 60 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico

Tabella 5.1- Caratteristiche strumentazione

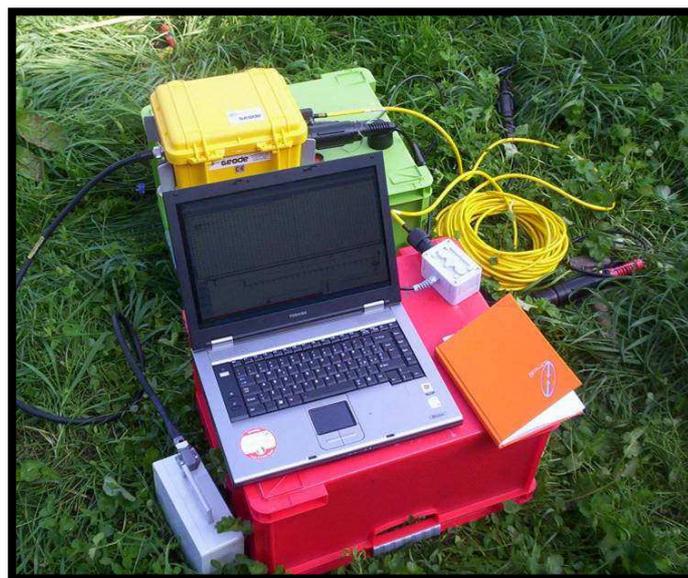


Figura 5.1 – Strumentazione utilizzata per la prova MASW.



Figura 5.2 - Vista dello stendimento MASW effettuato.

5.1.1 Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (SurfSeis 5.0 della Kansas University, Park C. B., 2016).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “phase velocity-frequency (c-f)” che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

In questo grafico è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Inoltre la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il “modo fondamentale” delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 40 Hz e di ottenere informazioni sia “superficiali” che “profonde”.

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (si veda la curva di dispersione riportata in allegato).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “fitting” con i valori sperimentali.

L’analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall’andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

Dall’inversione della curva di dispersione (relativa al “modo fondamentale” delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell’area investigata.

MASW 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.7	215	0.7
2	0.8	219	1.5
3	1.0	185	2.6
4	1.3	200	3.9
5	1.6	309	5.5
6	2.1	344	7.6
7	2.6	288	10.1
8	3.2	326	13.3
9	4.0	456	17.3
10	5.0	478	22.3
11	6.3	406	28.6
12	7.4	605	36.0

Figura 5.3 – Modello sismico monodimensionale

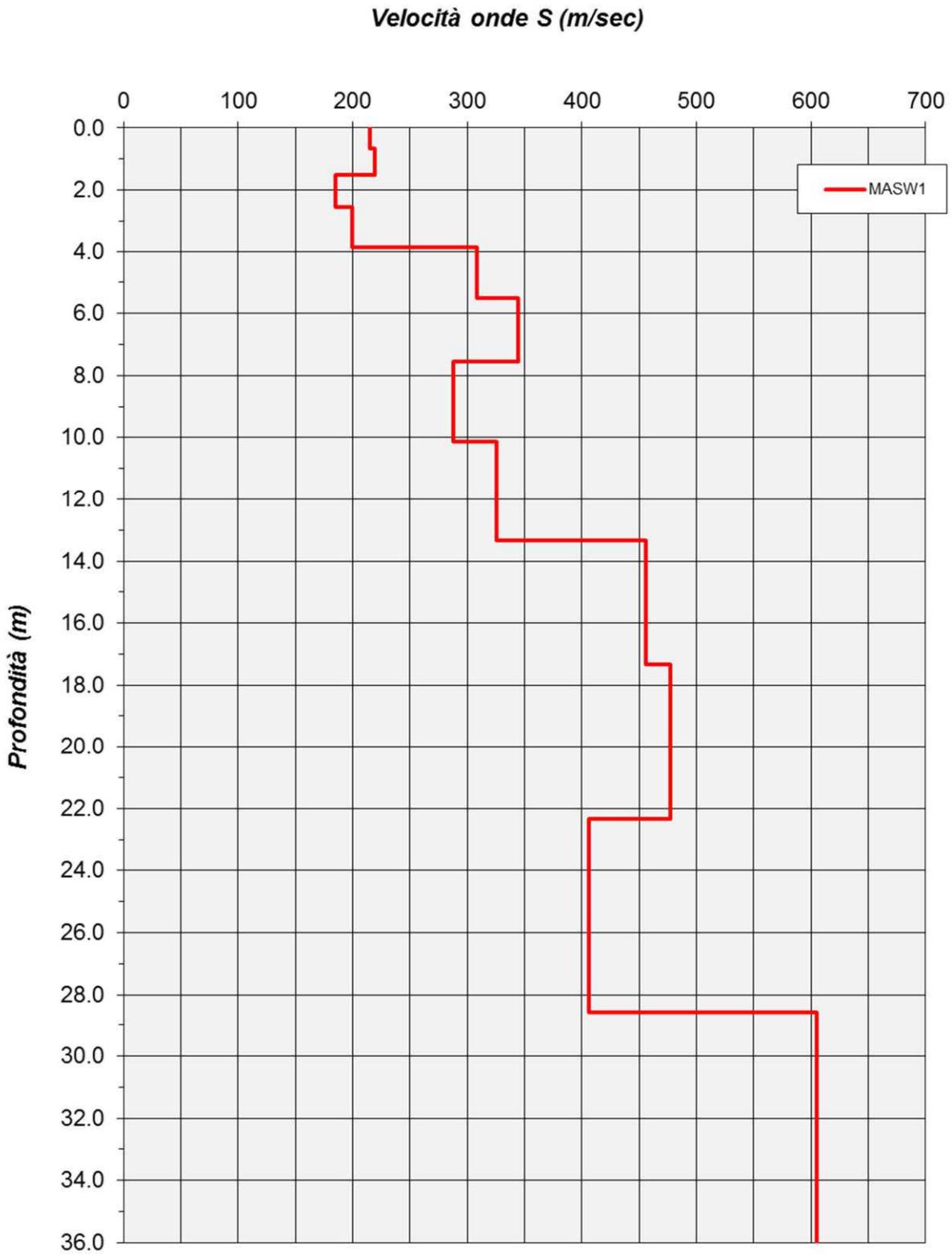


Figura 5.4 – Profilo velocità onde S

5.2 Caratterizzazione sismica

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

5.2.1 Categoria del sottosuolo e condizioni topografiche

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) contenute nel DM 14 Gennaio 2018 prevedono ai fini della classificazione sismica un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Figura 5.5) dove in linea generale si ha un aumento dell'amplificazione sismica passando dalla classe A alla classe E.

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

Figura 5.5 – Categorie stratigrafiche

A partire dal modello sismico monodimensionale ricostruito attraverso l'indagine geofisica (Cap. 5.1), è possibile calcolare il valore delle $V_{s,eq}$, che rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio fino alla profondità del bedrock sismico H (substrato con $V_S > 800$ m/s).

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro $V_{s,30}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nella seguente equazione (D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni"):

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

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, N il numero di strati e H la profondità del substrato con $V_S > 800$ m/s.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (si è assunta come quota di calcolo [q.r.] il piano di esecuzione dello stendimento sismico coincidente con l'attuale p.c.):

Profondità di posa delle fondazioni da q.r. [m]	$V_{S,eq} = V_{S,30}$ [m/s]	Categoria sottosuolo
0.5	354	C
1.0	361	B
1.5	367	B

Tabella 5.6 – Categoria sottosuolo per diverse profondità posa fondazioni

In base alla tipologia di indagini realizzate in sito, i risultati e profondità di posa delle fondazioni è possibile affermare che si dovrà utilizzare cautelativamente **la CATEGORIA di sottosuolo C**;

Ai fini della valutazione dell'azione sismica le NTC introducono dei parametri che riguardano l'amplificazione sismica e considerano due parametri (**S_s** e **C_c**) variabili in funzione della categoria di terreno (Figura 5.7).

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Figura 5.7 – Espressioni calcolo S_s e C_c

Le NTC considerano inoltre le eventuali influenze della topografia sull'azione sismica individuando le categorie topografiche di Figura 5.8 al fine di assegnare il valore del Coefficiente S_T.

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

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Figura 5.8 – Coefficiente S_T

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio dalla sommità fino alla base dove S_T assume valore unitario.

La zona esaminata appartiene alla categoria T1 quindi S_T è pari a 1,0

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 di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di capo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (Categoria stratigrafica A), nonché di ordinata dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

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

- a_g accelerazione 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.

5.2.2 Parametri sismici

Sito in esame

latitudine: 45,586854 [°]

longitudine: 9,156063 [°]

Le coordinate geografiche espresse sono in ED50

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Categoria sottosuolo : C

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11594	Lat: 45,6066	Lon: 9,1353	Distanza: 2722,735
Sito 2	ID: 11595	Lat: 45,6091	Lon: 9,2066	Distanza: 4642,502
Sito 3	ID: 11817	Lat: 45,5592	Lon: 9,2101	Distanza: 5214,950
Sito 4	ID: 11816	Lat: 45,5566	Lon: 9,1390	Distanza: 3613,964

Parametri sismici

	Probabilità di superamento (%)	Tr (anni)	a _g (g)	F _o (-)	T _c * (s)
Operatività (SLO)	81	30	0,018	2,557	0,159
Danno (SLD)	63	50	0,023	2,535	0,188
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,047	2,654	0,279
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,057	2,692	0,299

Coefficienti sismici

	S _s (-)	C _c (-)	S _t (-)	K _h (-)	K _v (-)	A _{max} (m/s ²)	Beta (-)
SLO	1,500	1,920	1,000	0,005	0,003	0,264	0,200
SLD	1,500	1,820	1,000	0,007	0,003	0,334	0,200
SLV	1,500	1,600	1,000	0,014	0,007	0,696	0,200
SLC	1,500	1,560	1,000	0,017	0,009	0,839	0,200

Tutti i parametri sono stati elaborati con il software Geostru; tali parametri dovranno essere validati dal progettista strutturale nel corso della progettazione.

5.3 Potenziale di liquefazione

Con il termine liquefazione si definisce il fenomeno di perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Il DM 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semi-empirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2018, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato.

Al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza di almeno uno dei seguenti casi:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a 0.1g ($a < 1 \text{ m/s}^2$);

-
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
 - depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$.

Per l'area in esame risulta:

- Ubicazione sito ED50: Lat 45,586854- Long 9,156063;
- Accelerazione massima orizzontale $a_{max}=0.071g$ ($a_{max}=ag*S$ – per SLV VR=50 anni, categorie sottosuolo C, categoria topografica T1);

Poiché i valori di a_{max} risultano inferiori a 0.10g (condizione di esclusione prevista dalle NTC18) e la profondità media della falda è superiore a 15 m da p.c., si può assumere che **i terreni che costituiscono l'area in esame non sono soggetti a fenomeni di liquefazione in condizioni sismiche.**

6. VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente capitolo sono riportati delle verifiche geotecniche sulla base di tipologia e piano di posa delle fondazioni comunicate dallo strutturista.

6.1 Calcolo della resistenza di progetto R_d

Per il calcolo della resistenza di progetto R_d , la normativa impone l'utilizzo di coefficienti parziali riduttivi da applicare ai valori caratteristici dei parametri meccanici del terreno secondo due approcci (§ 6.4.2.1 – NTC2018).

Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
- SLU di tipo strutturale (STR)

accertando che sia verificata la condizione $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

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

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

Approccio 1:

- Combinazione 1: (azioni A1 + materiali M1 + resistenze R1)
- Combinazione 2: (azioni A2 + materiali M2 + resistenze R2)

Approccio 2:

(azioni A1 + materiali M1+ resistenze R3).

E' stato utilizzato l'approccio 2 dove è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

I coefficienti parziali dei parametri di resistenza del terreno (M) sono unitari e la resistenza globale del sistema (R) è ridotta tramite il coefficiente del gruppo R3, pari a 2.3 (tab. 6.4.1 NTC 2018).

Una volta conosciuti ed elaborati i parametri geotecnici caratteristici, così come definiti nel capitolo 3, è stata calcolata la resistenza di progetto; la valutazione è eseguita sulla base dell'equazione proposta da Brinch-Hansen (1970); l'equazione adottata, nella sua forma più generale, è la seguente:

$$R_k = 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma + c N_c s_c d_c + q N_q s_q d_q$$

$$R_d = R_k/2.3$$

dove:

Rk	[kPa]	= resistenza allo stato limite ultimo;
Rd	[kPa]	= resistenza di progetto che non deve essere superata dalle azioni di progetto Ed (Ed<Rd);
γ	[kN/mc]	= peso di volume;
B	[m]	= larghezza della fondazione;
c	[kPa]	= coesione;
q	[kPa]	= $\gamma \times D$ = sovraccarico dovuto al rinterro;
D	[m]	= profondità di incasso della fondazione;
N γ , Nc, Nq	[-]	= fattori di capacità portante;
S γ sc, sq	[-]	= fattori forma;
d γ , dc, dq	[-]	= fattori profondità.

Le valutazioni sono state elaborate considerando che le fondazioni si intersteranno prevalentemente sull'unità UG1 a circa 1.2 metri dall'attuale piano campagna per i quali si è fatto riferimento ai seguenti valori caratteristici:

$$\begin{aligned}\phi' &= 26^\circ \\ c &= 0 \\ N_{SPT} &= 5 \\ \gamma &= 17 \text{ KN/m}^3\end{aligned}$$

Nella tabella successiva sono riportati i risultati per la platea in progetto e carichi massimi allo Stato Limite Ultimo (SLU) indicati dal progettista.

Fondazione	Rk (kPa)	Rd (kPa)	Ed (kPa)	Condizioni di verifica Ed<Rd
Platea 10.9 x 21.5 m	1151	500	140	Verificata

Tabella 6.1- Calcolo Rd e verifica Rd>Ed

6.2 Verifiche dei cedimenti

Per la verifica allo SLE il fattore limitante è rappresentato dal cedimento e dalle distorsioni massimi compatibili con la funzionalità dell'opera (il cedimento massimo compatibile, tenendo conto delle incertezze legate alla schematizzazione geotecnica, è stato impostato pari a 40-45 mm per le fondazioni continue tipo platea).

Il cedimenti per la platea in progetto sono stati valutati facendo ricorso al programma di calcolo "Settle 3" della Rocscience ipotizzando un comportamento rigido della struttura di fondazione.

Il carico massimo in condizioni SLE fornito dal progettista risulta pari a circa 100 kPa, a cui è stata sottratta la pressione litostatica presente alla quota media di fondazione (-1.2 m da p.c.), ovvero:

$$Ed = (100) - P_{lito}(21) = 79 \text{ kPa.}$$

I risultati sono i seguenti (si vedano anche le figure di seguito riportate tratte dall'output del software di calcolo):

<i>Fondazione= platea 10.9 x21.5 m</i>	
<i>Quota di imposta fondazionale = -1.2 m da p.c.</i>	
<i>Ed</i> <i>[kPa]</i>	<i>Cedimento immediato massimo</i> <i>calcolato [mm]</i>
70	28-29
80	32-33
85	34-35

Tabella 6.2- Sintesi calcolo dei cedimenti

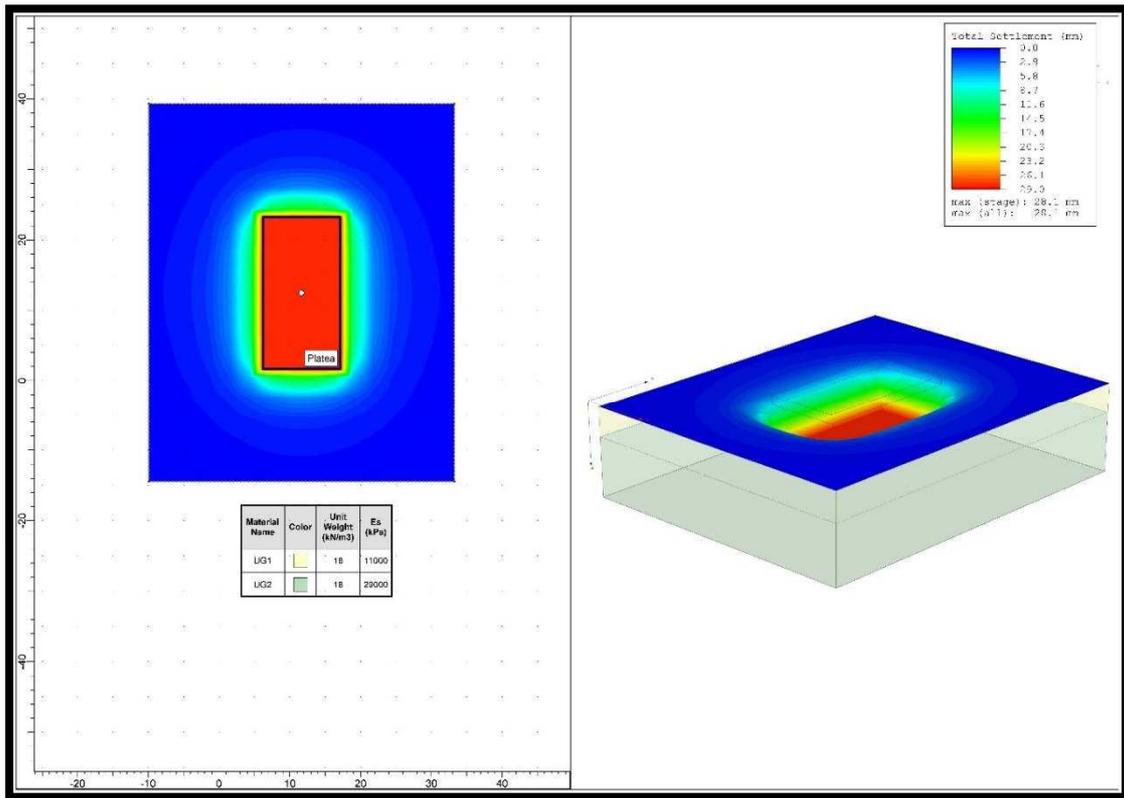


Figura 6.1- Analisi dei cedimenti – SLE=70 kPa

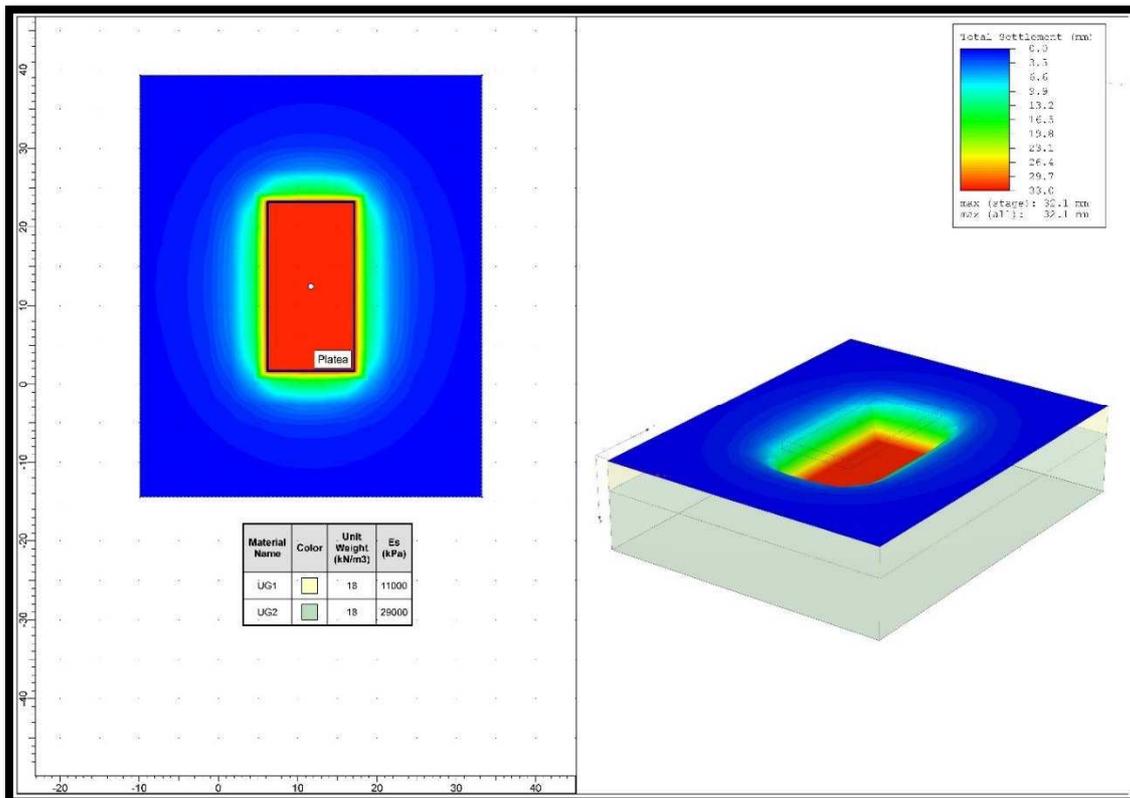


Figura 6.2- Analisi dei cedimenti – SLE=80 kPa

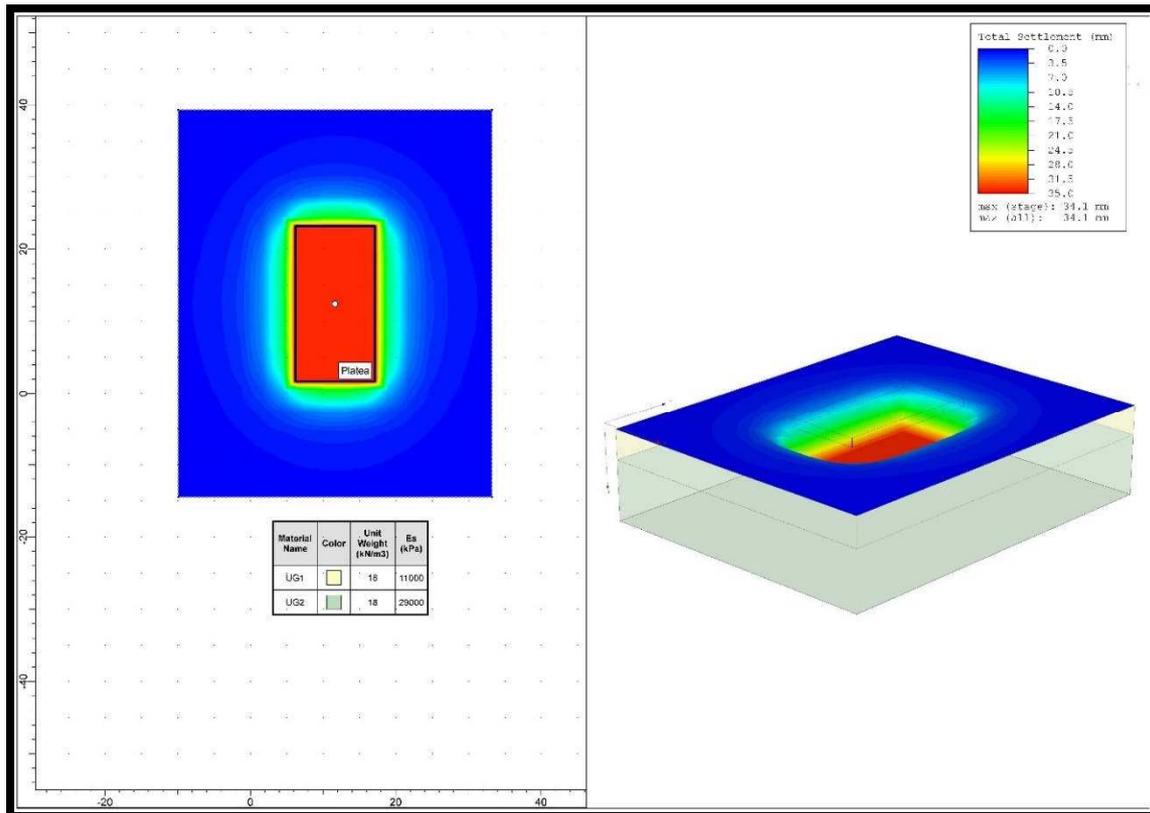


Figura 6.3- Analisi dei cedimenti – SLE=85 kPa

Il comportamento della struttura nei confronti dei cedimenti dovrà essere valutato dal progettista strutturale delle opere.

In particolare, si raccomanda una volta scelta la tipologia di fondazione definitiva di valutare i carichi reali di esercizio in funzione dei cedimenti previsti e, più in generale, ammissibili dalle strutture in progetto. Si raccomanda inoltre di valutare gli eventuali cedimenti differenziali a cui sarà soggetta la struttura.

7. CONCLUSIONI- RACCOMANDAZIONI PROGETTUALI

La società Green Life s.r.l. ha in progetto la realizzazione di un edificio residenziale in corrispondenza del lotto di terreno in Via F.lli Casati a Paderno Dugnano (MI) e hanno incaricato il presente Studio Professionale di redigere una relazione geologica e geotecnica ai sensi della normativa vigente a completamento della documentazione tecnica per il dimensionamento strutturale del nuovo fabbricato; nello specifico il progetto prevede la costruzione di una palazzina di quattro piani fuori terra di cui il primo destinato ad autorimessa.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico e geotecnico il sottosuolo dell'area di progetto, in data 26/02/21, sono state eseguite in corrispondenza dell'area di futura edificazione n°2 prove penetrometriche dinamiche standard (S.C.P.T.).

È stata, inoltre, realizzata un'indagine sismica con il metodo MASW per determinare il modello di distribuzione di velocità di propagazione delle onde Sh nel sottosuolo dal quale dedurre le caratteristiche dinamiche dei terreni presenti e calcolare il parametro Vs30.

In base ai risultati dell'indagine sismica di riferimento per il sito di progetto si può affermare che per le fondazioni poste a -1.2 m dall'attuale piano campagna **si dovrà utilizzare cautelativamente la CATEGORIA di sottosuolo C.**

In corrispondenza dell'area di progetto possono essere esclusi fenomeni di liquefazione del terreno nel corso di eventi sismici.

Nel corso degli scavi temporanei per la messa in opera delle fondazioni dovranno essere adottate tutte le precauzioni per garantire la sicurezza degli operai.

Nel corso di eventuali scavi di profondità superiore a 1,5 metri da p.c. dovrà essere valutato il più corretto sistema di avanzamento, previo accertamento delle condizioni locali nel corso degli scavi con presa visione diretta sul posto dell'assetto litostratigrafico di dettaglio e dell'entità reale dello scavo. In ogni caso, data la natura granulometrica del terreno le pareti degli scavi non dovranno superare un angolo di scarpa di 60°.

Qualora gli scavi possano interferire con strutture esistenti, al fine di evitare eventuali danneggiamenti, si dovranno mettere in opera adeguate opere di sostegno provvisorie e/o definitive (berlinese).

Modello geologico geotecnico del sottosuolo

Il modello geologico e geotecnico del sottosuolo desunto dalle prove in sito può essere così sintetizzato:

- Depositi fluvioglaciali e fluviali terrazzati quaternari, costituiti da sedimenti alluvionali sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e argillosi tardo pleistocenici. All'interno dei livelli con litologie più grossolana (sabbie e ghiaie) possibile presenza di lenti costituite da granulometrie più fini (sabbie fini, sabbie limose ghiaiose). Il grado di addensamento del sottosuolo varia da sciolto ad addensato con la profondità.
La profondità della falda è a circa 25-30 metri da piano campagna.
- Sottosuolo costituito da due unità geotecniche:
 - ❖ Tra 0 e 6,3 circa da p.c. – **Unità geotecnica UG1** Sabbia ghiaiosa limosa e sabbia ghiaiosa con i seguenti valori caratteristici.

	UG1
NSPT	5
DR%	18
φ°	26
γ	17
Nspt= n° colpi prova SPT, DR%=densità relativa, φ° =angolo di attrito efficace, γ =peso di volume KN/m ³	

❖ da 6,3 m – **Unità geotecnica UG2** con i seguenti valori caratteristici. Sabbia con ghiaia

	UG2
NSPT	25
DR%	57
φ°	33
γ	18
Nspt= n° colpi prova SPT, DR%=densità relativa, φ° =angolo di attrito efficace, γ =peso di volume KN/m ³	

Nel presente documento è stata effettuata una verifica geotecnica (Cap. 6); si ricorda che la scelta finale della tipologia ed il dimensionamento strutture e fondazioni spetta al progettista incaricato che è in grado di valutare la compatibilità tra le capacità portanti del terreno, i carichi di esercizio e i cedimenti ammissibili.

Dott. Geol. A. Lategana

25/05/2021



Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005 s.m.i

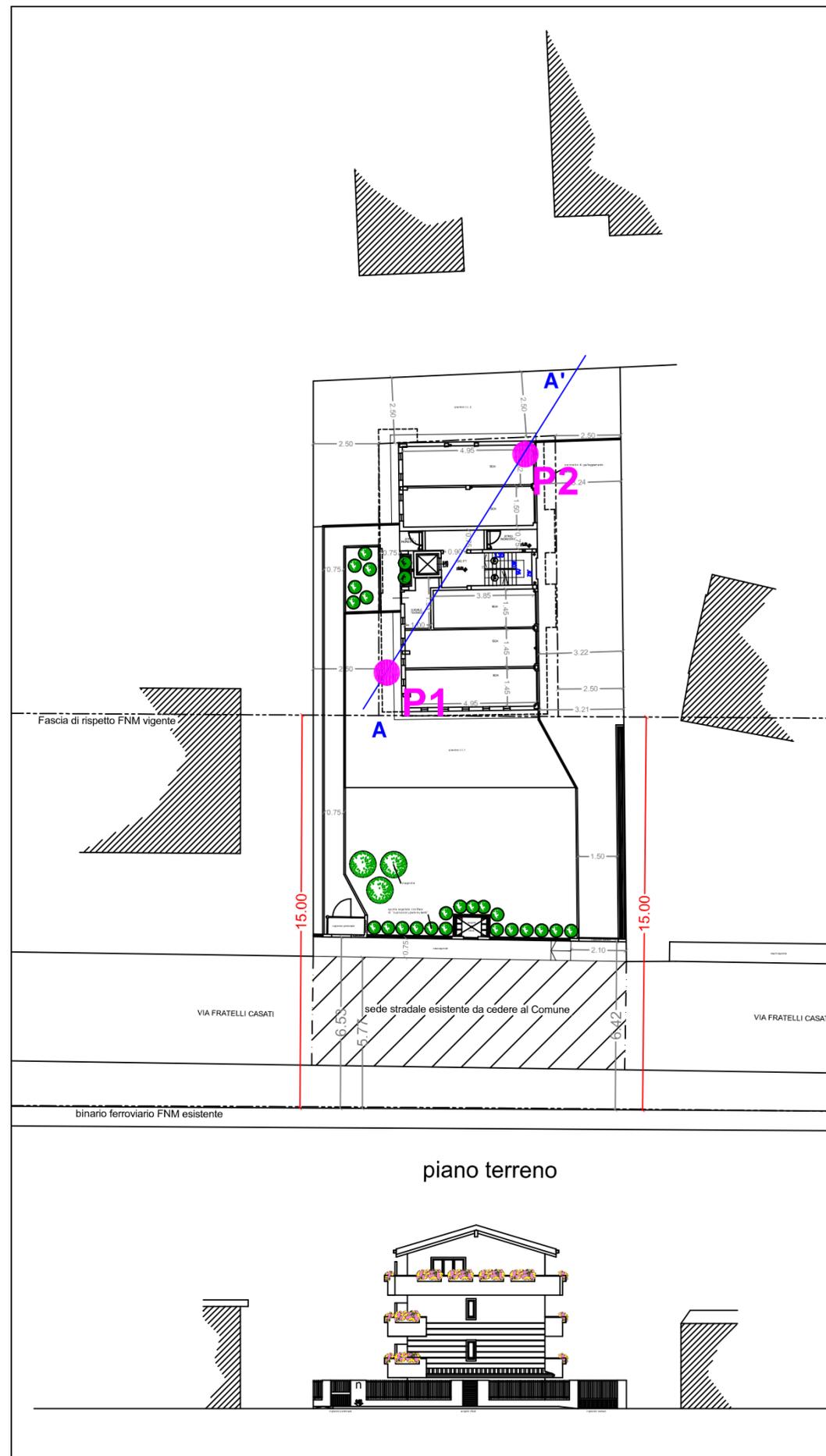


LEGENDA

 Area di progetto

 Ubicazione indagine penetrometrica

 Traccia sezione litotecnica (sezioni nel testo)



Titolo: <i>Relazione geologica e geotecnica ai sensi delle NTC2018. Nuova edificio in Via F.lli Casati a PAderno Dugnano (MI)</i>		Fig. 0821
Oggetto: Planimetria stato di progetto - Ubicazione indagini		TAVOLA n°: 1
Committente: Green Life s.r.l.	Data: marzo 2021	
<small>Studio di Consulenza Ambientale Dott. Geol. A. Lategana Via Dante 11 - 20124 - Garbagnate Milanese (MI) Tel 029594480 - 3384499156 em.ail: info@cons-ambientale.it www.cons-ambientale.it</small>	Redatto: <i>AL</i>	Scala: 1 :200

ALLEGATO 1

Elaborati prove penetrometriche



**Studio di
Consulenza Ambientale**
Dott. Geol. A. Lategana
Geologia - Idrogeologia - Geotecnica - Geotermia - Bonifiche siti contaminati
www.cons-ambientale.it info@cons-ambientale.it tel. 029956440 - 3384409156

Sede Operativa : Via Dante, 11 – 20024 -Garbagnate Milanese (MI)
Tel. 029956440 – Cell. 3384409156 – Fax 029956440
Piva 13151270157
www.cons-ambientale.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : ETR
 - lavoro : Edificio residenziale
 - località : Via F.lli Casati - Paderno Dugnano (MI)

- data prova : 26/02/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0.00 - 0.30	1	8.2	1	3.00 - 3.30	6	40.6	4
0.30 - 0.60	4	32.9	1	3.30 - 3.60	5	33.8	4
0.60 - 0.90	4	32.9	1	3.60 - 3.90	5	32.0	5
0.90 - 1.20	5	38.4	2	3.90 - 4.20	4	25.6	5
1.20 - 1.50	4	30.7	2	4.20 - 4.50	3	19.2	5
1.50 - 1.80	3	23.0	2	4.50 - 4.80	3	18.2	6
1.80 - 2.10	4	28.8	3	4.80 - 5.10	6	36.3	6
2.10 - 2.40	4	28.8	3	5.10 - 5.40	19	115.0	6
2.40 - 2.70	4	28.8	3	5.40 - 5.70	25	143.8	7
2.70 - 3.00	5	33.8	4	5.70 - 6.00	100	575.1	7

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG63-100**

- M (massa battente)= **73.00** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.4300** cm² - D(diam. punta)= **51.00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : ETR
- lavoro : Edificio residenziale
- località : Via F.lli Casati - Paderno Dugnano (MI)

- data prova : 26/02/2021
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	5.10	N	4.1	1	6	2.6	1.2	2.9	5.3	4	1.14	5
			Rpd	28.9	8	41	18.6	8.1	20.8	37.1			
2	5.10	5.70	N	22.0	19	25	20.5	----	----	----	22	1.14	25
			Rpd	129.4	115	144	122.2	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1.14$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

		NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA										
n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0.00	5.10	5	118	43	18	26	110	1.88	1.41	---	---	---	---	---	1.41	
2	5.10	5.70	25	180	158	57	33	286	2.02	1.64	---	---	---	---	---	6.47	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

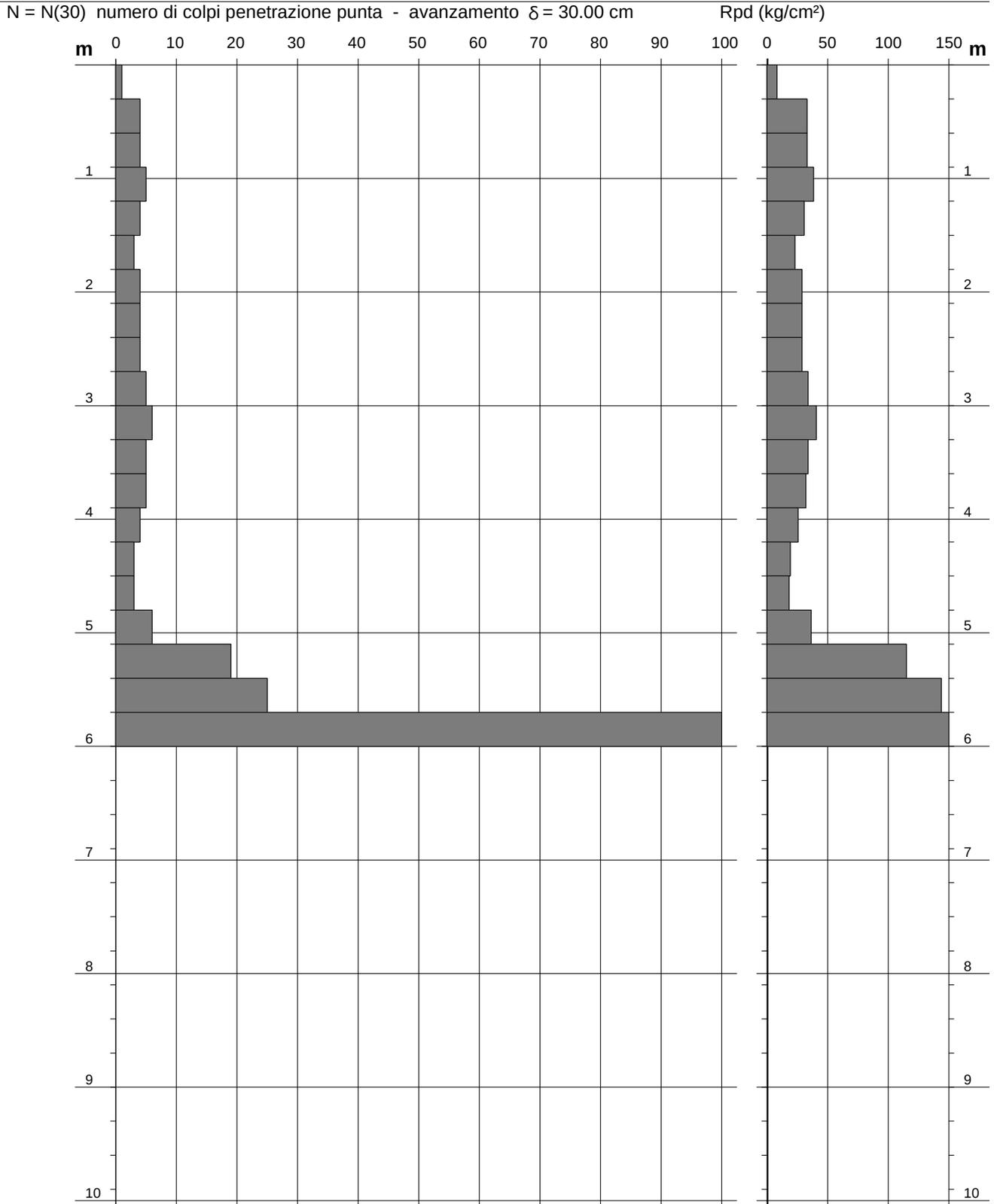
DIN 1

Scala 1: 50

- committente : ETR
 - lavoro : Edificio residenziale
 - località : Via F.lli Casati - Paderno Dugnano (MI)

- data prova : 26/02/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : ETR
 - lavoro : Edificio residenziale
 - località : Via F.lli Casati - Paderno Dugnano (MI)

- data prova : 26/02/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0.00 - 0.30	2	16.4	1	3.60 - 3.90	3	19.2	5
0.30 - 0.60	2	16.4	1	3.90 - 4.20	3	19.2	5
0.60 - 0.90	2	16.4	1	4.20 - 4.50	5	32.0	5
0.90 - 1.20	5	38.4	2	4.50 - 4.80	4	24.2	6
1.20 - 1.50	9	69.1	2	4.80 - 5.10	6	36.3	6
1.50 - 1.80	7	53.7	2	5.10 - 5.40	6	36.3	6
1.80 - 2.10	6	43.2	3	5.40 - 5.70	8	46.0	7
2.10 - 2.40	6	43.2	3	5.70 - 6.00	8	46.0	7
2.40 - 2.70	5	36.0	3	6.00 - 6.30	9	51.8	7
2.70 - 3.00	4	27.1	4	6.30 - 6.60	18	98.6	8
3.00 - 3.30	4	27.1	4	6.60 - 6.90	32	175.3	8
3.30 - 3.60	5	33.8	4	6.90 - 7.20	100	547.7	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG63-100**

- M (massa battente)= **73.00** kg - H (altezza caduta)= **0.75** m - A (area punta)= **20.4300** cm² - D(diam. punta)= **51.00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : ETR
 - lavoro : Edificio residenziale
 - località : Via F.lli Casati - Paderno Dugnano (MI)

- data prova : 26/02/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	6.30	N	5.2	2	9	3.6	2.2	3.0	7.4	5	1.14	6
			Rpd	34.8	16	69	25.6	14.1	20.8	48.9			
2	6.30	6.90	N	25.0	18	32	21.5	----	----	----	25	1.14	29
			Rpd	136.9	99	175	117.8	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1.14$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

			NATURA GRANULARE							NATURA COESIVA							
n°	H1	H2	Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0.00	6.30	6	127	50	21	27	120	1.89	1.43	---	---	---	---	---	1.68	
2	6.30	6.90	29	210	177	63	33	320	2.05	1.68	---	---	---	---	---	6.85	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

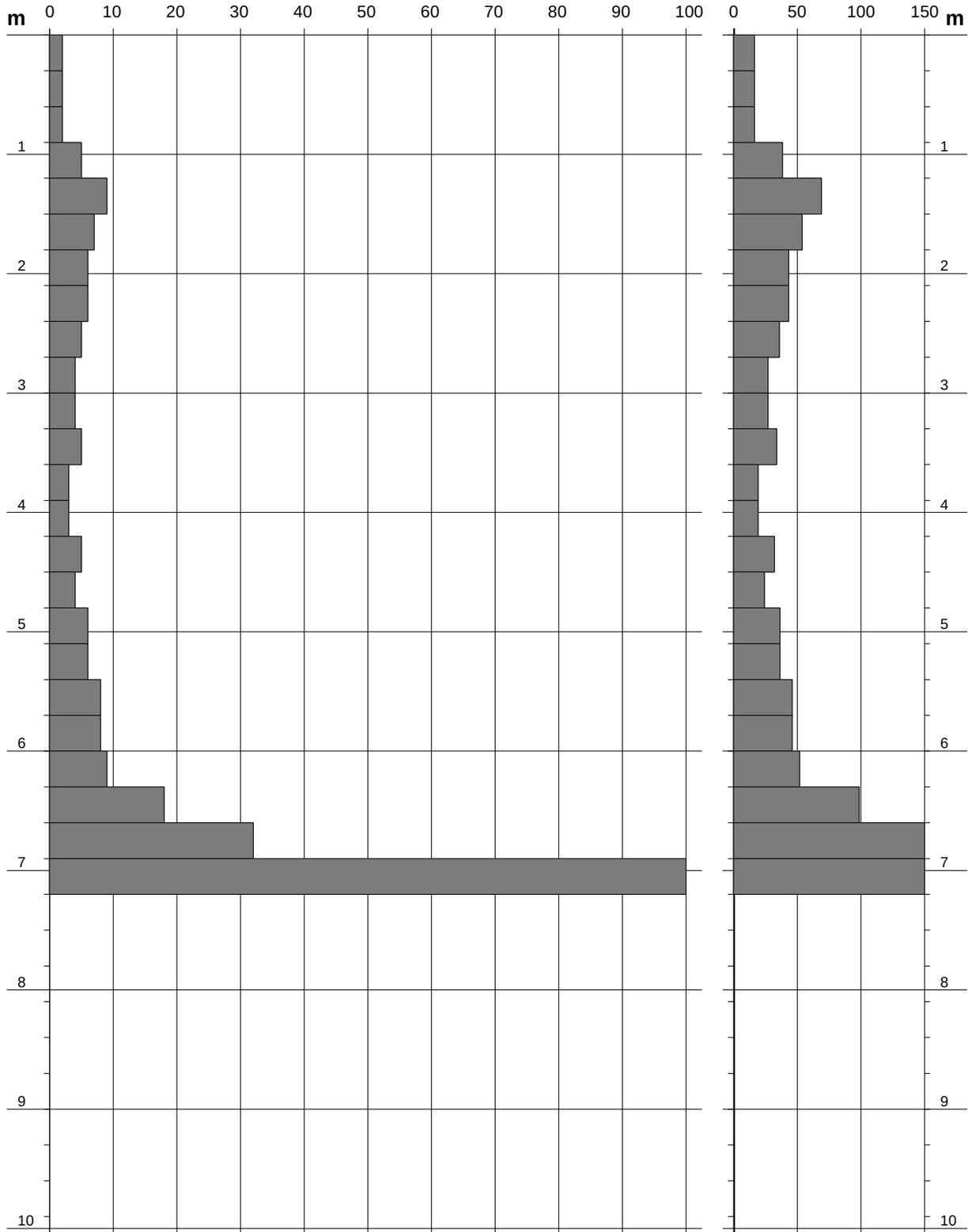
- committente : ETR
 - lavoro : Edificio residenziale
 - località : Via F.lli Casati - Paderno Dugnano (MI)

- data prova : 26/02/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30.00$ cm

Rpd (kg/cm²)



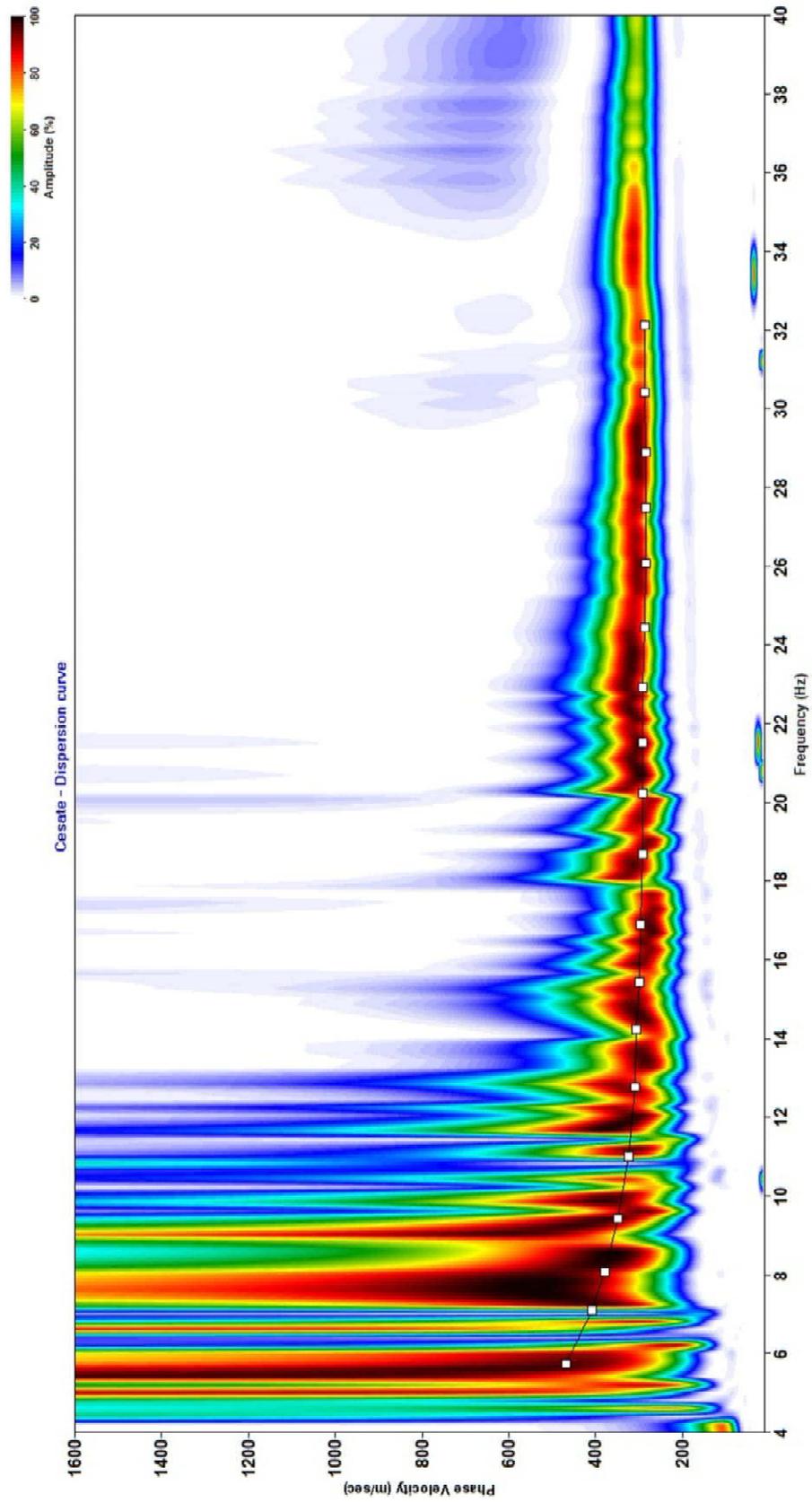
ALLEGATO 2

Dati indagine sismica di riferimento per l'area di progetto



Sede Operativa : Via Dante, 11 – 20024 -Garbagnate Milanese (MI)
Tel. 029956440 – Cell. 3384409156 – Fax 029956440
Piva 13151270157
www.cons-ambientale.it

CURVA DI DISPERSIONE e PICKING



COMMITTENTE:

GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL – PADERNO DUGNANO (MI)

3365_20

PROGETTO DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE

IN VIA EDISON A PADERNO DUGNANO

- RELAZIONE GEOLOGICA (R1) AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018/NTC 2018 -

- RELAZIONE GEOLOGICA (R3) AI SENSI DELLA DGR 2616/2011 -

MONZA, 22 GIUGNO 2020

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	3
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	4
5	POZZI IDROPOTABILI E VINCOLI.....	5
6	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E VINCOLI.....	5
7	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – SEZIONE IDROGRAFICA	7
8	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PROFILO DI PIENA	7
9	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PRESCRIZIONI E PARERE	8
10	FATTIBILITA' GEOLOGICA.....	8
11	ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	9
12	SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	11
13	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI.....	11
14	APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO	13
14.1	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	13
14.2	PARAMETRI SISMICI.....	15
14.3	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	17
15	ALLEGATI	19

ALLEGATI

Tavola 1:	Stralcio della carta geologica
Tavola 2:	Stralcio della carta idrogeologica
Tavola 3:	Stralcio della carta dei vincoli
Tavola 4:	Stralcio della carta di pericolosità sismica locale
Tavola 5:	Stralcio della carta di fattibilità geologica
Tavola 6:	Ubicazione delle prove penetrometriche
	Grafici delle prove penetrometriche
	Elaborato grafico della prova sismica MASW

1 PREMESSA

La società *Galimberti Costruzioni S.r.l.* di Paderno Dugnano (MI) ci ha affidato l'incarico per la stesura di una relazione geologica in supporto al progetto di un edificio residenziale a Paderno Dugnano, in via Edison.

La presente relazione geologica (R1+R3), redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della D.G.R. 2616/2011, costituisce uno studio geologico, idrogeologico, idraulico e sismico finalizzato alla verifica della fattibilità dell'intervento in progetto e fornisce ai progettisti tutte le indicazioni necessarie alla redazione del progetto esecutivo.

Il programma delle indagini ha previsto l'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche continue SCPT in data 4 novembre 2015.

Inoltre, per identificare la categoria sismica di sottosuolo, così come richiesto dalle NTC 2018, abbiamo preso in considerazione una prova sismica MASW, da noi eseguita nel 2008 in via Cazzaniga, poco distante dall'area di intervento.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- P.G.T. comunale;
- D.G.R. 2129/2014;
- L.R. 33/2015;
- D.G.R. 5001/2016;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 – D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare applicativa delle NTC 2018 – 11/02/2019;
- D.G.R. 2616/2011;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – D.Lgs. 49/2010;
- D.G.R. 19/06/2017, n. X/6738.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Paderno Dugnano si posiziona nel settore centrale dell'alta pianura milanese ed è caratterizzato da una morfologia subpianeggiante, con quote topografiche digradanti verso S da circa 178 m s.l.m. a 155 m s.l.m..

L'assetto morfologico del territorio è costituito da estese piane fluvioglaciali e fluviali di età quaternaria, dove non si rilevano particolari evidenze morfologiche.

L'intensa urbanizzazione ha inoltre modificato o cancellato la struttura originaria della pianura, rendendo scarsamente distinguibili caratteri ed elementi morfologici già di per sé poco evidenti (orli di terrazzo e paleoalvei relitti).

Gli elementi morfologici di maggiore interesse sono legati al reticolo idrografico superficiale, qui caratterizzato dal torrente Seveso, che attraversa longitudinalmente il territorio comunale, e dalla rete dei canali artificiali del Consorzio di Bonifica Est Ticino - Villorosi (il cui canale principale è situato nella porzione N del comune). Nel settore NW del comune è inoltre presente il Canale Scolmatore delle Piene di Nord Ovest – Ramo Seveso, opera idraulica (recentemente soggetto ad ampliamento) realizzata con lo scopo di regolare le portate di piena del torrente Seveso e quindi per ridurre gli episodi di esondazione all'interno della città di Milano.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche litostratigrafiche dei sedimenti che caratterizzano il territorio in esame e l'area di intervento.

Allogruppo di Besnate (Pleistocene medio – Pleistocene superiore; corrisponde al Riss-Würm degli autori precedenti).

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali in genere ad alta energia di sedimentazione, con profilo di alterazione da poco a mediamente evoluto (spessore massimo di 3 m) e copertura loessica in genere assente, costituiti da ghiaie poligeniche a supporto clastico/di matrice sabbiosa debolmente limosa, passanti localmente a limi. In superficie possono essere presenti depositi fini discontinui.

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie dei pozzi esistenti in territorio di Paderno Dugnano e limitrofi, si riconoscono nel sottosuolo varie unità idrogeologiche, distinguibili per la loro omogeneità e continuità laterale.

Esse si succedono, dalla più profonda alla più superficiale, secondo il seguente schema:

Unità argillosa

È costituita da depositi fini in facies marina, litologicamente caratterizzata da argille grigio/azzurre talora fossilifere e limi sabbiosi, con intercalazioni di ghiaie e sabbie nettamente subordinate. Nei livelli permeabili sono presenti falde acquifere profonde di tipo confinato, generalmente riservate all'uso idropotabile e captate dai pozzi più profondi dell'area (Paderno D. n. 50/1÷4). Nel territorio in esame, il limite superiore di tale unità si rinvia a circa 140÷150 m dal p.c..

Unità sabbioso-argillosa

È costituita da depositi fini in facies transizionale, litologicamente caratterizzati da argille, argille sabbiose e limi, cui si intercalano livelli di ghiaie sabbiose e sabbie. Localmente sono presenti livelli torbosi. Al suo tetto l'unità è delimitata dall'unità ghiaioso-sabbiosa, mentre alla base sono presenti sequenze prevalentemente argillose con rare intercalazioni grossolane. In questa unità sono presenti acquiferi di tipo semiconfinato e confinato nei livelli ghiaiosi intercalati alle successioni meno permeabili. Generalmente le falde idriche contenute in questa unità risultano indipendenti dalle strutture idriche superiori per la presenza di strati continui a bassa permeabilità, che garantiscono una migliore qualità delle acque ed un isolamento delle falde da possibili infiltrazioni di inquinanti provenienti dalla superficie. Dall'esame delle stratigrafie dei pozzi e dall'interpretazione generale delle sezioni idrogeologiche, il tetto dell'unità 1 individuato dalla comparsa di livelli di argille franche, in corrispondenza di alcuni pozzi pubblici del territorio in esame, è posto a profondità variabili tra 66 e 90 metri.

Unità ghiaioso-sabbiosa

È presente con continuità nel territorio considerato ed è costituita da depositi in facies fluviale formati da ghiaie e sabbie con locali intercalazioni di ghiaie cementate e arenarie (rilevabili nelle stratigrafie dei pozzi 6, 50/1-4 e 7 di Paderno). All'interno di tale unità sono presenti orizzonti a bassa permeabilità rappresentati da sabbie limose, limi e argille, generalmente caratterizzati da una limitata estensione laterale e di spessore variabile, via

via più frequenti con la profondità. Tali livelli a bassa permeabilità determinano localmente la compartimentazione dell'acquifero superiore. L'unità ghiaioso-sabbiosa è sede dell'acquifero di tipo libero, tradizionalmente utilizzato dai pozzi ad uso potabile e da pozzi privati, più suscettibile ad inquinamenti (elevata vulnerabilità).

5 POZZI IDROPOTABILI E VINCOLI

Sul territorio comunale sono presenti pozzi pubblici ad uso idropotabile, ma l'area oggetto di intervento non risulta compresa all'interno della zona di rispetto di alcun pozzo.

Le zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile sono individuate con criterio geometrico e hanno raggio pari a 200 metri e centro nei rispettivi punti di captazione.

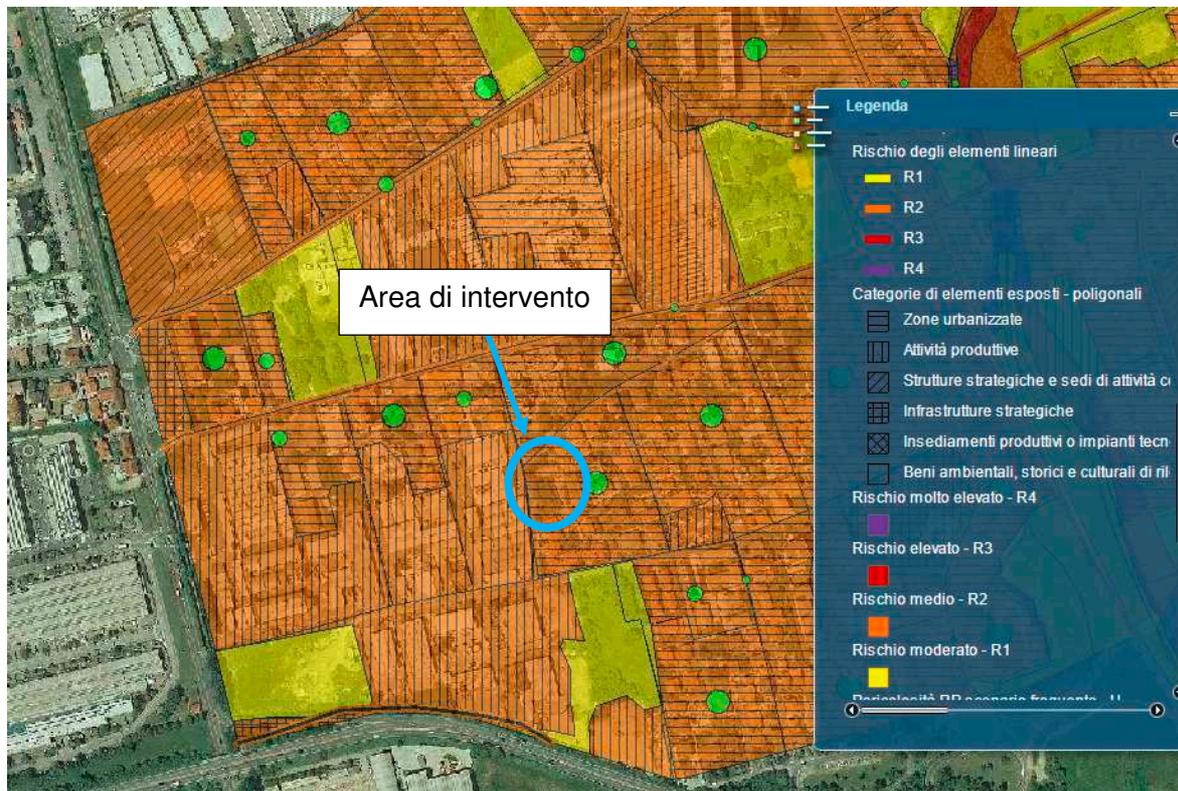
6 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E VINCOLI

Nel territorio in cui è inserita l'area di intervento l'idrografia è rappresentata dal Torrente Seveso, classificato nel Reticolo Idrico Principale, e dal Derivatore Val Seveso, appartenente al Reticolo Idrico Minore.

La tavola 3 mostra i due corsi d'acqua e le loro fasce di rispetto, individuate a 10 metri dalla sponda del Seveso e a 6 metri dalla sponda del Derivatore.

L'intervento dista circa 515 metri dal Seveso e circa 380 metri dal Derivatore, pertanto non è vincolato dal punto di vista idraulico (vincoli di polizia idraulica).

Tuttavia, la figura sottostante, estratta dal GeoPortale della Lombardia e riguardante la mappatura del rischio idraulico della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – DLgs 49/2010 – “Adozione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Padano (PGRA) e del Progetto di Variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)”, mostra che l'area di intervento ricade nell'ambito delle aree allagabili dal Seveso, con scenario di pericolosità raro e rischio medio R2.



7 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – SEZIONE IDROGRAFICA

Per la determinazione della sezione idrografica di riferimento nel settore in esame facciamo riferimento al “Geoportale AIPo – Rilievi topografici”, che individua la seguente sezione:

- sezione SV18.1 – Progr. (km) 38,730;



8 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PROFILO DI PIENA

Il “Piano per la valutazione e la Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)” dell’Autorità di Bacino del Fiume Po fornisce i profili di piena dei corsi d’acqua del reticolo principale. Per la sezione idrografica descritta nel capitolo precedente otteniamo i seguenti valori:

Sez.	Progr. (km)	T = 10 anni Quota idrica (m s.m.)	T = 100 anni Quota idrica (m s.m.)	T = 500 anni Quota idrica (m s.m.)
SV 19 (m)	32.693	158.30	159.60	160.30
SV 19 (v)	32.693	158.10	158.90	159.20
SV 18.1	32.789	157.90	158.80	159.10
SV 18	32.983	157.20	158.10	158.50

9 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA – PRESCRIZIONI E PARERE

Tenendo in considerazione che le condizioni di allagamento si verificano per eventi catastrofici con tempi di ritorno di 500 anni (scenario di pericolosità raro), riportiamo le prescrizioni progettuali per la mitigazione del rischio idraulico in oggetto, da seguire per le opere di nuova realizzazione interessate dal potenziale fenomeno di allagamento.

Tali prescrizioni vengono indicate al fine di garantire la compatibilità degli interventi, secondo anche quanto riportato nell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011:

1) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture:

- realizzare le superfici abitabili sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento, ossia ad una quota superiore a 159,10 metri s.l.m.;
- in alternativa è possibile realizzare una recinzione perimetrale del lotto con muretto che raggiunga una quota minima di sicurezza maggiore di 159,10 metri s.l.m.

2) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

3) Impermeabilizzazione dei locali interrati.

10 FATTIBILITA' GEOLOGICA

Il confronto e le relazioni reciproche tra le informazioni sin qui definite porta all'elaborazione di uno strumento cartografico riassuntivo chiamato Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di Piano allegata alla "Componente geologica, idrogeologica e sismica" del P.G.T. comunale.

In essa il territorio viene distinto in aree omogenee in funzione del grado e del tipo di rischio ambientale cui esso è sottoposto.

L'intervento in progetto ricade in "classe 2a - fattibilità con modeste limitazioni".

Classe 2a – Piana fluvioglaciale:

Principali caratteristiche: aree pianeggianti, litologicamente costituite da ghiaie e sabbie, con locali lenti di limi debolmente sabbiosi, da poco a mediamente alterate. Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui.

Problematiche generali: presenza di terreni da granulari sciolti a coesivi, con discrete caratteristiche geotecniche fino a 2.5-6 m di profondità. Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità. Vulnerabilità dell'acquifero di grado elevato.

Parere sull'edificabilità: favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero.

Tipo di intervento ammissibile: sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali. Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione (così come definiti dall'art. 27 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio"), nel rispetto delle normative vigenti.

Indagini di approfondimento preventive necessarie: si rende necessaria la verifica idrogeologica e litotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie.

Interventi da prevedere in fase progettuale: quale norma generale per ogni tipo di opera gli interventi da prevedere, già in fase progettuale, saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti/sistemi per la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di primo sottosuolo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche del sito.

11 ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Metodologia di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT)

La prova penetrometrica standard (Standard Cone Penetration Test) consiste nel misurare il numero di colpi necessario ad infiggere per 30 cm nel terreno una punta conica collegata alla superficie da una batteria di aste.

Le misure vengono fatte senza soluzione di continuità a partire da piano campagna: ogni 30 cm di profondità si rileva perciò un valore del numero di colpi necessario all'infissione.

Caratteristiche tecniche:

- altezza di caduta della mazza: 75 cm;
- peso della mazza: 73 kg;

- punta conica: conicità 60°, $\phi = 51$ mm;
- aste: $\phi = 34$ mm.

Il risultato viene dato in forma di grafico, con una linea rappresentante la resistenza che il terreno ha opposto alla penetrazione alla punta (RP).



Esecuzione della prova P1.



Esecuzione della prova P2.



Esecuzione della prova P3.

12 SOGGIACENZA DELLA FALDA

In questa zona di Paderno Dugnano la falda freatica si attesta ad una profondità maggiore di 20 metri dal piano stradale.

Considerando che la quota di scavo per la realizzazione delle nuove fondazioni saranno a – 3,15 metri dal piano strada, si assicura che non interferirà con la superficie di falda.

13 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

Il piano di inizio indagini coincide con il piano campagna, posto all'incirca a piano strada.

Le prove penetrometriche effettuate hanno rilevato il seguente andamento geomeccanico: dal piano di inizio indagini a circa – 2,5/3 metri, il terreno è costituito da sabbia limosa, avente un grado di consistenza scarso (Unità geotecnica 1); da tale profondità al termine delle prove (– 9 metri), è presente ghiaia sabbiosa bene addensata (Unità geotecnica 2).

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche.

I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati sono quelli consigliati da diversi Autori (Peck, Hanson e Thornburn, 1953; K.

Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982) e sono stati definiti in modo moderatamente cautelativo.

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

$$N_{spt} = 1,5 \times N_{scpt}$$

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

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times Cr \times Cd \times Cn$$

- dove: $N'(60)$ = valore di resistenza normalizzato
 Cr = fattore di correzione funzione della profondità
 Cd = fattore di correzione funzione del diametro del foro
 Cn = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno
 1.08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura

La stima del valore della densità relativa (Dr) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986):

$$Dr \cong \sqrt{N_{60}/60}$$

La valutazione del valore dell'angolo d'attrito mobilizzabile, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da Shmertmann, 1977.

Sono state quindi riconosciute due unità geotecniche, suddivise per spessore e aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

- **Dal piano di inizio prove a circa – 2,5/3 metri**
Unità 1
- $N_{SPT} = 6$
 $\Phi = 27^\circ$
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
 $D_r = 20 \%$

- **Da circa – 2,5/3 metri a – 9 metri**

Unità 2

$N_{SPT} = 30$

$\Phi = 34^\circ$

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

$D_r = 70 \%$

N.B.: N_{SPT} = numero colpi/10 cm;
 Φ = angolo di attrito del materiale;
 γ = peso di volume;
 D_r = densità relativa.

14 APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO

14.1 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

In adempimento a quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” e in accordo con la D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica", viene richiesta l'analisi della sismicità secondo le modalità indicate in All. 5 della D.G.R. IX/2616/2011.

Secondo la classificazione sismica vigente (Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129), il comune di Paderno Dugnano risulta inserito in zona sismica 4.

Per l'area di intervento nel P.G.T. comunale non viene individuato alcuno scenario di pericolosità sismica locale PSL; tuttavia, visto il contesto geologico e geomorfologico di questo territorio, è ragionevole attribuire lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a.

Si rammenta che gli scenari sono definiti nella classificazione indicata nella Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616/2011, qui sotto allegata:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Per la valutazione numerica degli effetti di amplificazione sismica sito-specifica 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, come illustrato nella tabella seguente:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Nel caso specifico, considerando che non è stato individuato alcuno scenario di PSL e che l'opera in progetto non riguarda un edificio strategico e rilevante, è richiesto esclusivamente l'approfondimento sismico di 1° livello.

14.2 PARAMETRI SISMICI

Per quanto concerne la determinazione dei parametri di scuotimento sismico dell'area di progetto, facendo riferimento al D.M. 17/01/18 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", la sismicità di base del sito è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento nazionale, le cui coordinate sono le seguenti:

Sito in esame

latitudine:	45,562435
longitudine:	9,157834
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 11816	Lat: 45,5566	Lon: 9,1390	Distanza: 1602,823
Sito 2 ID: 11817	Lat: 45,5592	Lon: 9,2101	Distanza: 4088,659
Sito 3 ID: 11595	Lat: 45,6091	Lon: 9,2066	Distanza: 6426,611
Sito 4 ID: 11594	Lat: 45,6066	Lon: 9,1353	Distanza: 5210,672

Come prima fase si determinano i parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito oggetto di intervento; i parametri sismici per periodi di ritorno di riferimento T_r sono quelli riportati nella seguente tabella:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	a_g [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.177	2.556	0.159
S.L.D.	50.0	0.226	2.535	0.188
S.L.V.	475.0	0.461	2.656	0.279
S.L.C.	975.0	0.559	2.693	0.3

Dove a_g = accelerazione orizzontale massima al 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.

Inoltre, le NTC 2018 calcolano i coefficienti sismici k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta \times (a_{max}/g)$$

$$k_v = \pm 0,5 \times K_h$$

- β = Coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;
 a_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g = Accelerazione di gravità.

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	a_{max} [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2655	0.2	0.0054	0.0027
S.L.D.	0.339	0.2	0.0069	0.0035
S.L.V.	0.6915	0.2	0.0141	0.0071
S.L.C.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086

Per la scelta dei parametri progettuali, vista l'importanza dell'opera, abbiamo assegnato ai manufatti una vita nominale V_n (2.4.1 - NTC2018) maggiore di 50 anni e una classe d'uso "II" (2.4.2 – NTC2018). Ne consegue che il periodo di riferimento V_r per le azioni sismiche è pari a $V_n \times C_u$ (coefficiente d'uso = 1 per classe d'uso II) = 50 anni.

L'azione sismica di progetto tiene inoltre conto della categoria di sottosuolo di riferimento (3.2.2 – NTC2018); sono previste cinque classi di terreni, identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche rilevate nei primi 30 metri, e definite dalla velocità delle onde S (tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018).

Come condizione topografica al contorno, dovrà essere considerata la categoria T1, propria dei terreni pianeggianti.

Le NTC2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ; a tale scopo abbiamo preso in considerazione una prova sismica MASW da noi eseguita nel 2008 in via Cazzaniga, poco distante dall'area di intervento.

La prova ha fornito come risultato $V_s = 355 \text{ m/s}$, corrispondente alla **categoria sismica di sottosuolo C**.

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

14.3 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa depositi sabbiosi e sabbioso-limosi saturi che durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino a che la nuova configurazione del terreno non è compatibile con la diminuita resistenza al taglio.

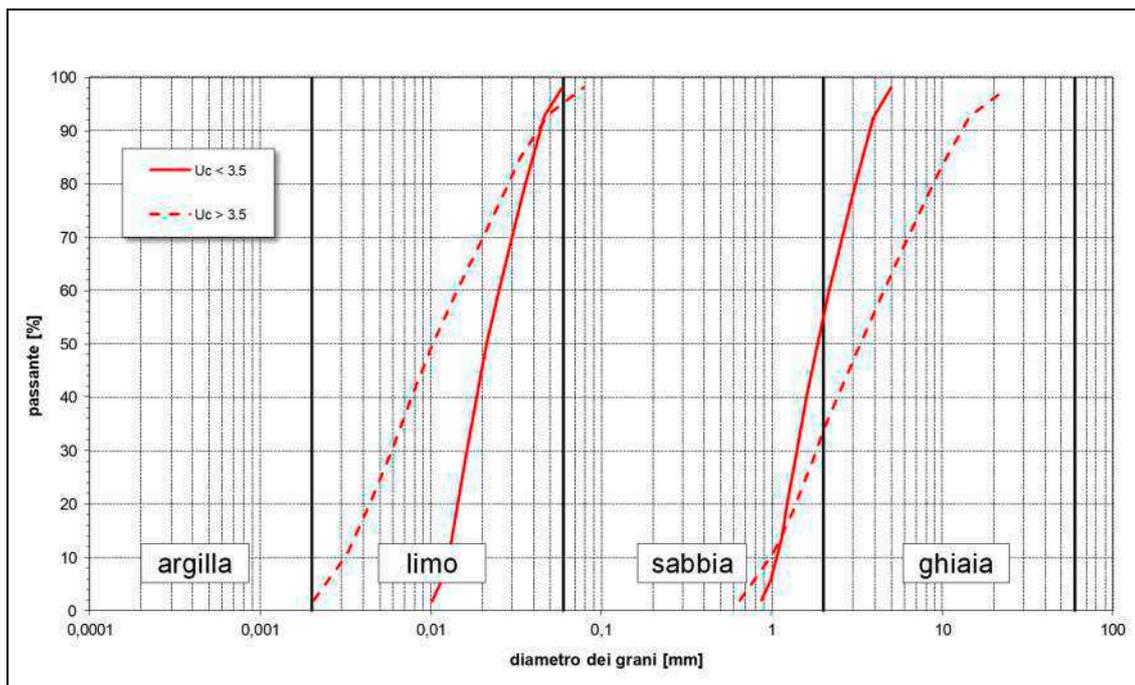
I parametri che governano il fenomeno sono rappresentati in generale da:

- condizioni di drenaggio e grado di saturazione del deposito;
- granulometria del deposito;
- stato di addensamento;
- intensità, forma spettrale e durata delle sollecitazioni cicliche;
- stato tensionale iniziale;
- storia tensionale e deformativa del deposito;
- fenomeni di aging.

In caso di accertata liquefacibilità del terreno di fondazione occorrerà valutare le deformazioni indotte e le conseguenze delle stesse sulla funzionalità delle opere previste in progetto.

Ai sensi del D.M. 17/01/18, i terreni di fondazione sono da non ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in occasione dell'evento sismico e la verifica a liquefazione può essere omessa quando si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) l'accelerazione massima attesa a piano campagna in condizioni di free-field è inferiore a 0.1 g;
- 2) la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m da p.c.;
- 3) sono presenti depositi sabbiosi puliti con resistenza penetrometrica dinamica normalizzata (N1)60 superiore a 30 o con resistenza penetrometrica statica normalizzata $qc_{1N} > 180$;
- 4) sono presenti terreni con distribuzione granulometrica esterna ai limiti indicati nel grafico seguente

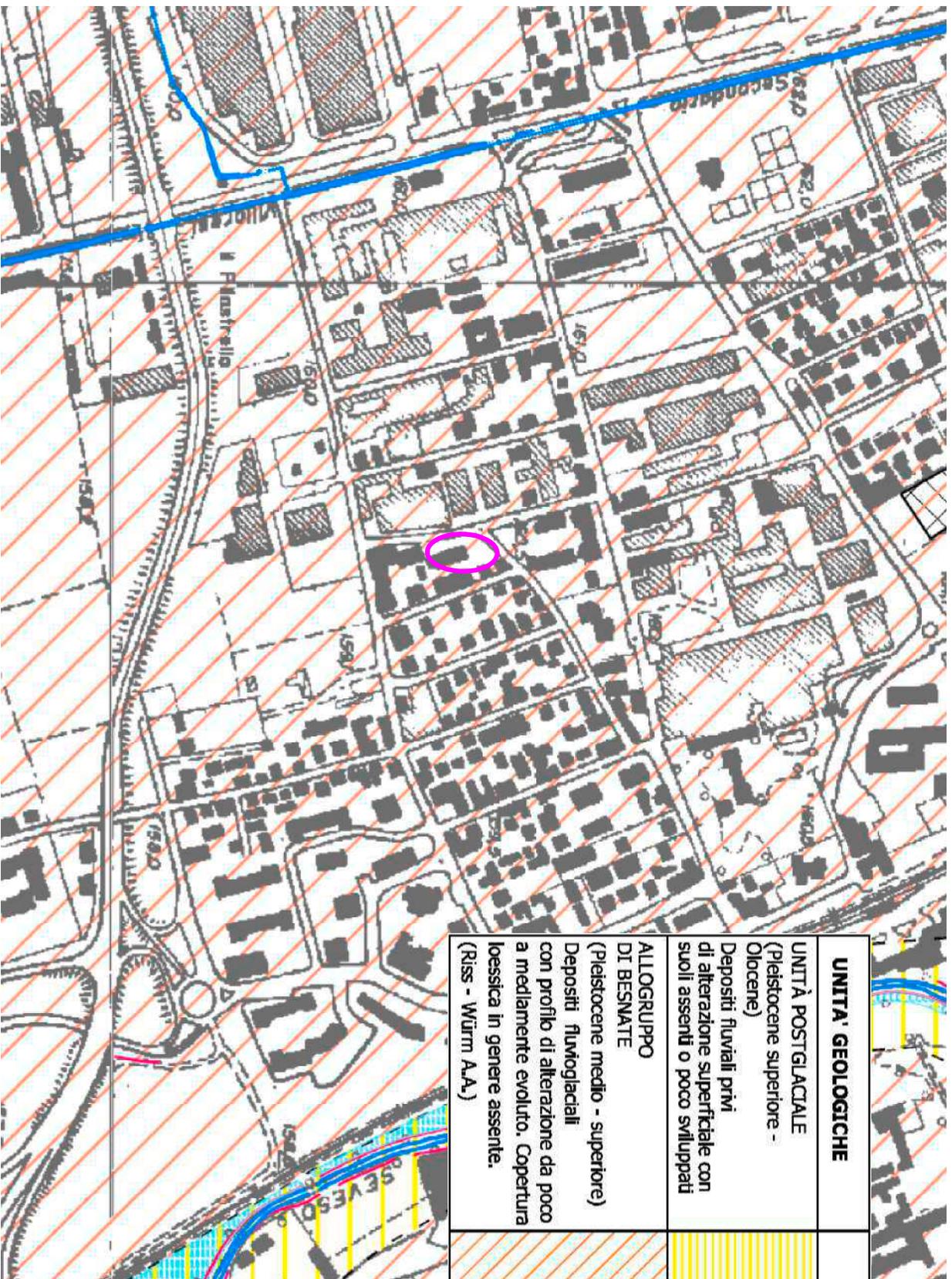


Nel caso in esame, i terreni di fondazione non sono da ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in quanto è verificata la condizione 2), ossia "profondità media stagionale della falda superiore a 15 m da p.c.".

Dott. Geol. Fabio Fusina

Fabio Fusina

15 ALLEGATI



AREA DI INTERVENTO

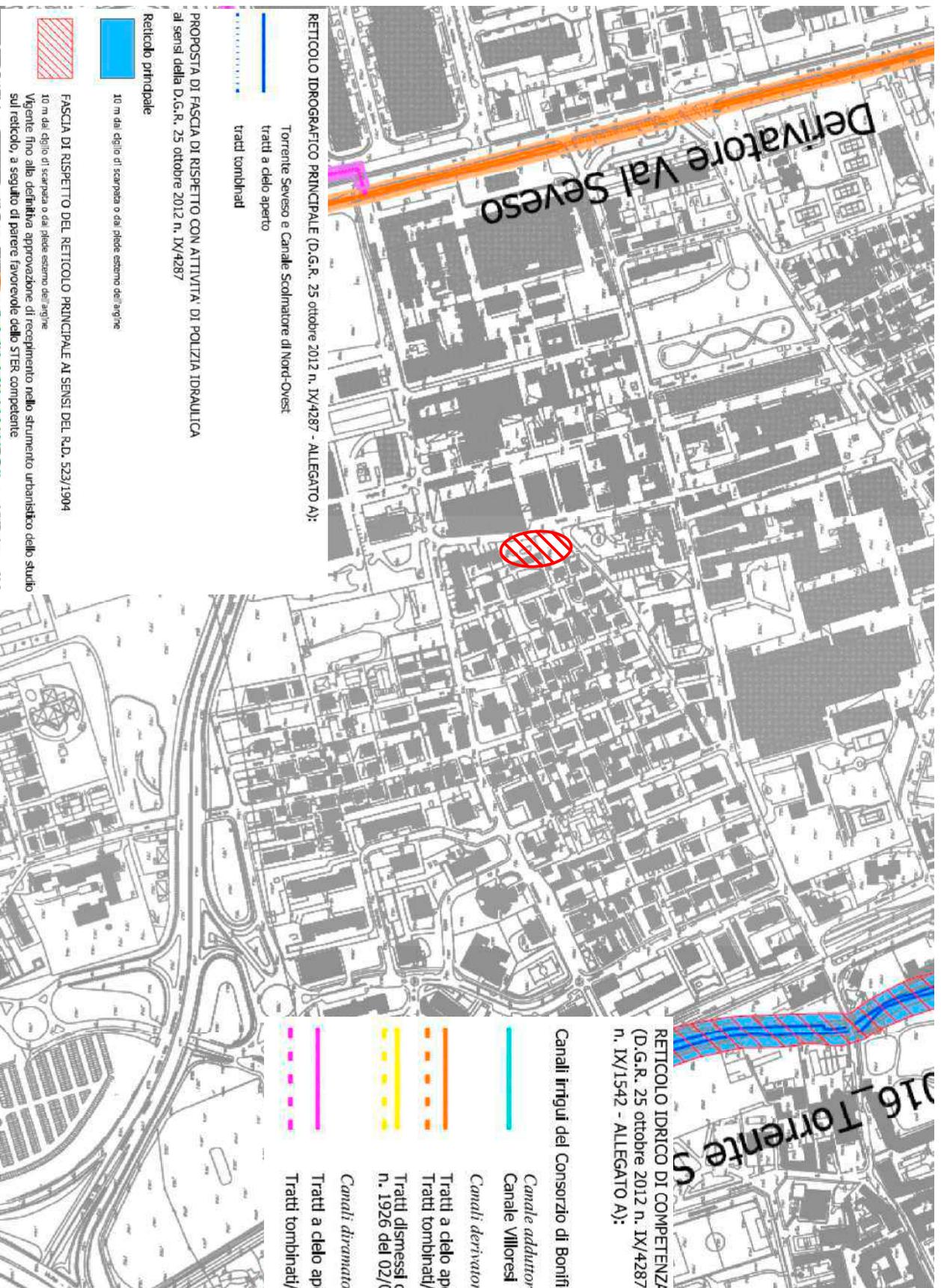
UNITA' GEOLOGICHE		LITOLOGIA
UNITA' POSTGLACIALE (Pleistocene superiore - Olocene) Depositi fluviali privi di alterazione superficiale con suoli assenti o poco sviluppati		Ghiaie a supporto clastico e di matrice passanti a sabbie debolmente limose generalmente sciolte.
ALLOGRUPPO DI BESNATE (Pleistocene medio - superiore) Depositi fluvio-glaciali con profilo di alterazione da poco a mediamente evoluto. Copertura loessica in genere assente. (Riss - Würm A.A.)		Ghiaie poligeniche a supporto clastico/di matrice, passanti localmente a limi. Strutture da trasporto da correnti trattive. In superficie locale presenza di limi debolmente sabbiosi compatti (loess alterato).

— Idrografia naturale ed artificiale



NORD

FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 0392/2028619 - Fax 0392/230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fushinasti.it	
COMMITTENTE: GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL	CANTIERE: PADERNO DUGNANO (MI) - VIA EDISON
TITOLO: TAV. 1 - STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA	
DATA: GIUGNO 2020	



AREA DI INTERVENTO

NORD



RETTICOLO IDRICO DI COMPETENZA DEI CONSORZI DI BONIFICA
 (D.G.R. 25 ottobre 2012 n. IX/4287 - ALLEGATO D e D.G.R. 6 aprile 2011 n. IX/1542 - ALLEGATO A):

Canali irrigui del Consorzio di Bonifica Est Ticino - Villoresi

Canale adduttore principale
 Canale Villorresi

Canali derivatori (secondo ordine)

Tratti a cielo aperto attivi
 Tratti tombinati/intubati/coperti attivi

Tratti dismessi con Det. del Consorzio Est Ticino-Villorresi n. 1926 del 02/05/2012

Canali derivatori (terzo ordine)

Tratti a cielo aperto attivi
 Tratti tombinati/intubati/coperti attivi

RETTICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE (D.G.R. 25 ottobre 2012 n. IX/4287 - ALLEGATO A):

Torrente Seveso e Canale Scalinatore di Nord-Ovest
 tratti a cielo aperto
 tratti tombinati

PROPOSTA DI FASCIA DI RISPETTO CON ATTIVITA' DI POLIZIA IDRAULICA
 ai sensi della D.G.R. 25 ottobre 2012 n. IX/4287

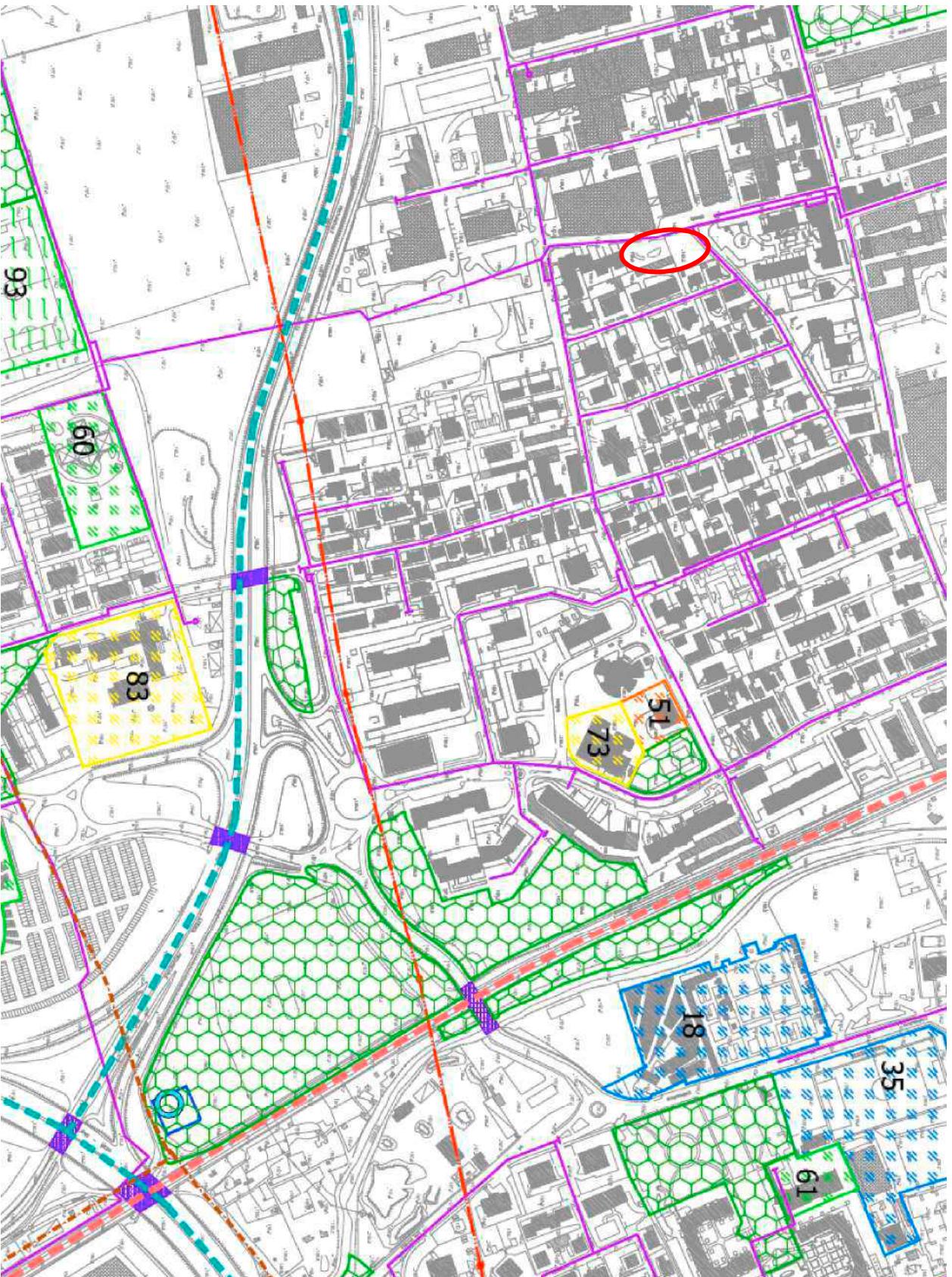
Reticolo principale

10 m dal ciglio di scarpata o dal piede esterno dell'argine

FASCIA DI RISPETTO DEL RETTICOLO PRINCIPALE AI SENSI DEL R.D. 523/1904

10 m dal ciglio di scarpata o dal piede esterno dell'argine
 Vigente fino alla definitiva approvazione di recepimento nello strumento urbanistico dello studio sul reticolo, a seguito di parere favorevole dello STER competente

<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20090 Monza Tel. 0392020819 - Fax 0392203111 - Cell. 34897213807 Email: info@fusina.it</p>	
<p>COMITENTE: GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL</p>	<p>CANTIERE: PADERNO DUGNANO (MI) - VIA EDISON</p>
<p>TITOLO: STRALCIO DELLA CARTA DEI VINCOLI</p>	<p>DATA: giugno 2020</p>



○ AREA DI INTERVENTO
LOCALE

NORD



□ NESSUNO SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

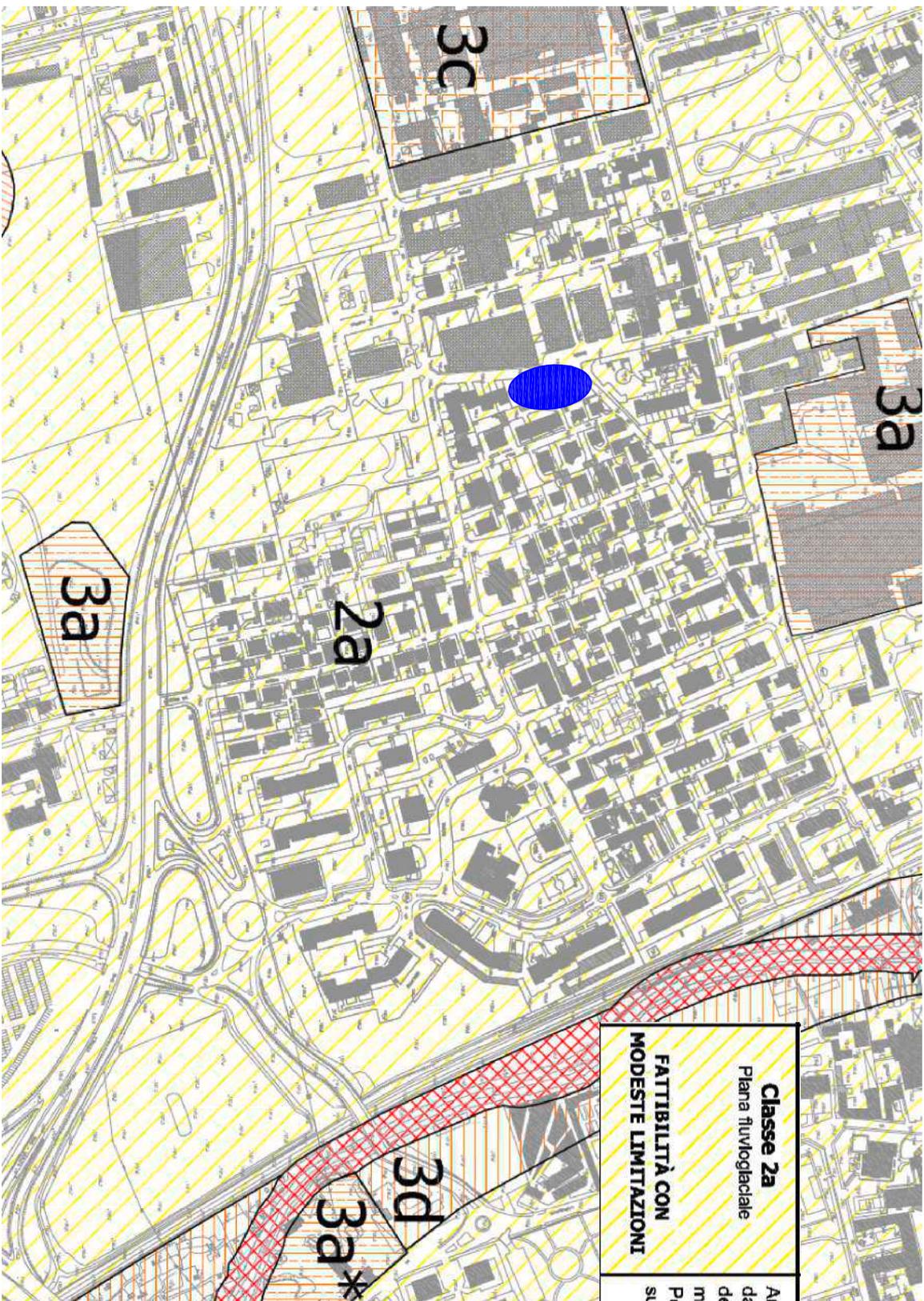
--- Strade di intenso traffico

--- Rete acquedottistica

Parco, giardini pubblici, aree verdi, attrezzate e non attrezzate, aree dedicate alla forestazione urbana
Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adatti al commercio suscettibili di grande affollamento
8 - Casahieri
21 - Cap



FUSINA S.R.L.	
Via Bocconi, 6 - 20900 Monza	
Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/713807	
E-mail info@fusinasrl.it	
COMMITTENTE:	GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL
CANTIERE:	PADERNO DUGNANO (MI) - VIA EDISON
TITOLO:	TAV. 4 - STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
DATA:	GIUGNO 2020



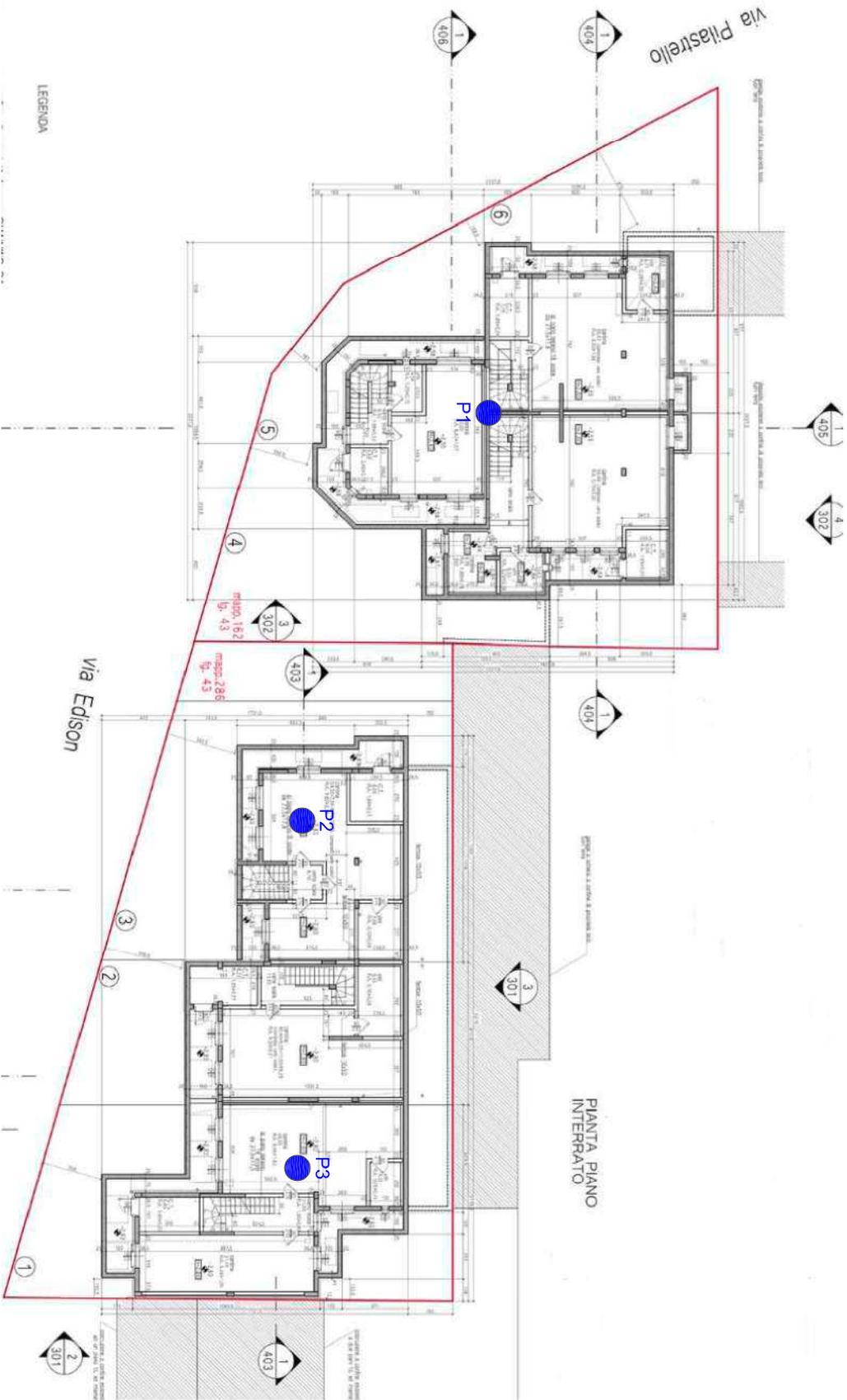
AREA DI INTERVENTO

Classe 2a
 Piana fluvio-glaciale
**FATTIBILITÀ CON
 MODESTE LIMITAZIONI**

Aree pianeggianti **localmente** costituite da ghiaie e sabbie con **locali** leniti di limi debolmente sabbiosi, da poco a mediamente alterate.
 Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui

NORD

<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20900 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2230311 - Cell. 348/7213807 E-mail info@fusinastill</p>
<p>COMMITTENTE: GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL</p>
<p>CANTIERE: PADERNO DUGNANO (MI) - VIA EDISON</p>
<p>TITOLO: TAV. 5 - STRALCIO DELLA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA</p>
<p>DATA: GIUGNO 2020</p>

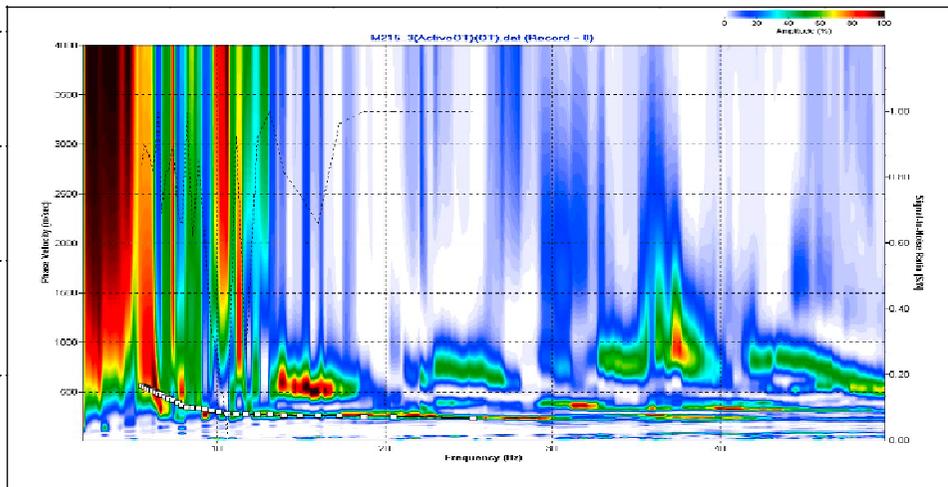


● PROVE PENETROMETRICHE



<p>FUSINA S.R.L. Via Bocconi, 6 - 20090 Monza Tel. 039/2028619 - Fax 039/2203011 - Cell. 348/7213807 E-mail: info@fusina.it</p>
<p>COMMITTENTE: GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL</p>
<p>CANTIERE: PADERNO DUGNANO (MI) - VIA EDISON</p>
<p>TITOLO: TAV.6 - UBICAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE</p>
<p>DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 4 NOVEMBRE 2015</p>

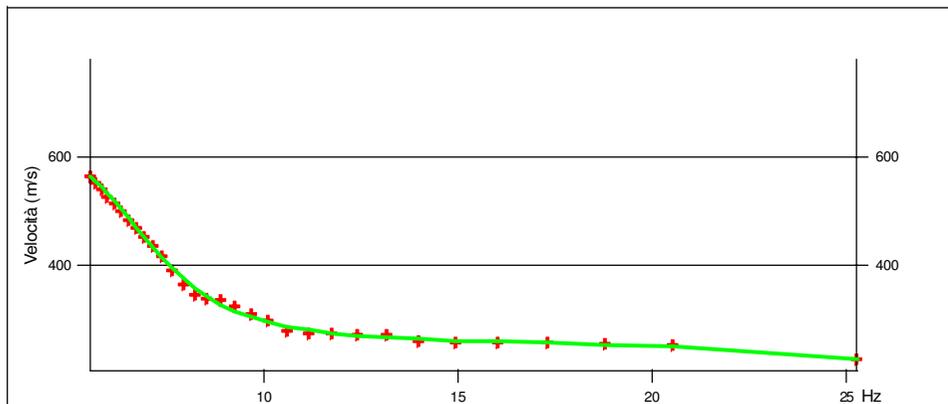
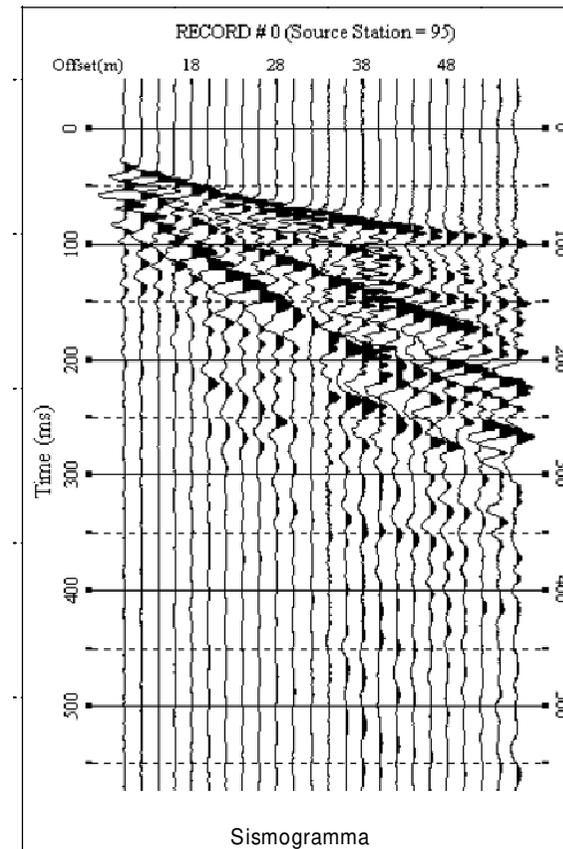
LEGENDA



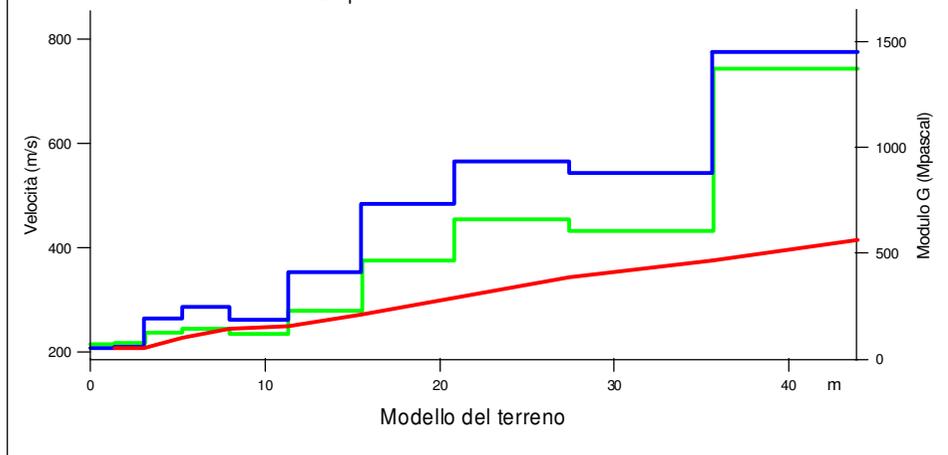
LEGENDA

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

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



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	H/Vi	VsX	G
0	1.4	207	.0067	207	73
1.4	3.1	211	.0082	209	76
3.1	5.3	265	.0081	229	124
5.3	8	286	.0094	245	146
8	11.3	262	.0129	250	121
11.3	15.5	352	.012	271	230
15.5	20.8	484	.0109	305	464
20.8	27.4	566	.0116	343	661
27.4	35.6	544	.0151	375	604
35.6	43.8	776	.0106	415	1369

VALORE CALCOLATO VS30 = 355 m/s

PROVA SISMICA VS30

Paderno Dugnano - via Cazzaniga

Fusiona Srl

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Marzo 2008

FUSINA S.R.L.

INDAGINI NEL SOTTOSUOLO

COMMITTENTE:

GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL – PADERNO DUGNANO (MI)

3365_20

PROGETTO DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE

IN VIA EDISON A PADERNO DUGNANO

- RELAZIONE GEOTECNICA (R2) AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018/NTC2018 -

MONZA, 22 GIUGNO 2020

Via Boccioni, 6 - 20900 Monza (MB)
Tel. 039/2028619 – Fax 039/2230311 – Cell. 348/7213807 – E-mail info @fusinasrl.it
C.F. e P.IVA 03014210961 - R.E.A. 1624114

1.	PREMESSA.....	2
2.	RIFERIMENTI.....	2
3.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	3
4.	SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	5
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI.....	5
6.	PROGETTO	7
7.	CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO.....	7
8.	CALCOLO DEI CEDIMENTI	9
9.	COEFFICIENTE DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO DI WINKLER.....	10
10.	APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO	10
11.	ALLEGATI	13

1. PREMESSA

La società *Galimberti Costruzioni S.r.l.* di Paderno Dugnano (MI) ci ha affidato l'incarico per la stesura di una relazione geotecnica in supporto al progetto di un edificio residenziale a Paderno Dugnano, in via Edison.

Il programma delle indagini ha previsto l'esecuzione di tre prove penetrometriche dinamiche continue SCPT in data 4 novembre 2015.

Inoltre, per identificare la categoria sismica di sottosuolo, così come richiesto dalle NTC 2018, abbiamo preso in considerazione una prova sismica MASW, da noi eseguita nel 2008 in via Cazzaniga, poco distante dall'area di intervento.

L'interpretazione delle indagini, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa del D.M. 17/01/2018, è stata finalizzata principalmente alla definizione delle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione.

L'obiettivo è stato quello di fornire ai progettisti tutti i valori necessari affinché venga da essi verificata la relazione $R_d > E_d$, come indicato nelle NTC 2018 paragrafo 2.3.

Fanno parte della presente relazione tecnica i seguenti allegati:

- ubicazione delle indagini;
- stralcio della carta di pericolosità sismica locale;
- grafici delle prove penetrometriche;
- elaborato grafico della prova sismica.

2. RIFERIMENTI

Normative

- P.G.T. comunale;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 17 Gennaio 2018;
- Circolare esplicativa delle NTC 2018.

Riferimenti bibliografici

- Skempton A.W. (1986). "*Standard Penetration Test Procedures*" Géotechnique 36, n°2.
- Cestelli Guidi C. (1980). "*Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni*". Settima Edizione, Hoepli. Vol. 2, pp. 144-188.
- Cestari F. (1990). "*Prove Geotecniche in Sito*". Geo-Graph. Pp. 207-284.
- R. Lancellotta (1993). "*Geotecnica*". Zanichelli.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Metodologia di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue (SCPT)

La prova penetrometrica standard (Standard Cone Penetration Test) consiste nel misurare il numero di colpi necessario ad infiggere per 30 cm nel terreno una punta conica collegata alla superficie da una batteria di aste.

Le misure vengono fatte senza soluzione di continuità a partire da piano campagna: ogni 30 cm di profondità si rileva perciò un valore del numero di colpi necessario all'infissione.

Caratteristiche tecniche:

- altezza di caduta della mazza: 75 cm;
- peso della mazza: 73 kg;
- punta conica: conicità 60°, $\phi = 51$ mm;
- aste: $\phi = 34$ mm.

Il risultato viene dato in forma di grafico, con una linea rappresentante la resistenza che il terreno ha opposto alla penetrazione alla punta (RP).



Esecuzione della prova P1.



Esecuzione della prova P2.



Esecuzione della prova P3.

4. SOGGIACENZA DELLA FALDA

In questa zona di Paderno Dugnano la falda freatica si attesta ad una profondità maggiore di 20 metri dal piano stradale.

Considerando che la quota di scavo per la realizzazione delle nuove fondazioni saranno a – 3,15 metri dal piano strada, si assicura che non interferirà con la superficie di falda.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

Il piano di inizio indagini coincide con il piano campagna, posto all'incirca a piano strada.

Le prove penetrometriche effettuate hanno rilevato il seguente andamento geomeccanico: dal piano di inizio indagini a circa – 2,5/3 metri, il terreno è costituito da sabbia limosa, avente un grado di consistenza scarso (Unità geotecnica 1); da tale profondità al termine delle prove (– 9 metri), è presente ghiaia sabbiosa bene addensata (Unità geotecnica 2).

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche.

I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati sono quelli consigliati da diversi Autori (Peck, Hanson e Thornburn, 1953; K. Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982) e sono stati definiti in modo moderatamente cautelativo.

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

$$N_{spt} = 1,5 \times N_{scpt}$$

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

$$N'(60) = N_{SPT} \times 1.08 \times Cr \times Cd \times Cn$$

dove: $N'(60)$ = valore di resistenza normalizzato

Cr = fattore di correzione funzione della profondità

Cd = fattore di correzione funzione del diametro del foro

Cn = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

1.08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura

La stima del valore della densità relativa (D_r) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986):

$$D_r \cong \sqrt{N_{60}/60}$$

La valutazione del valore dell'angolo d'attrito mobilizzabile, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da Shmertmann, 1977.

Sono state quindi riconosciute due unità geotecniche, suddivise per spessore e aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

- **Dal piano di inizio prove a circa – 2,5/3 metri**
Unità 1
 $N_{SPT} = 6$
 $\Phi = 27^\circ$
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
 $D_r = 20 \%$
- **Da circa – 2,5/3 metri a – 9 metri**
Unità 2
 $N_{SPT} = 30$
 $\Phi = 34^\circ$
 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 $D_r = 70 \%$

N.B.: N_{SPT} = numero colpi/10 cm;
 Φ = angolo di attrito del materiale;
 γ = peso di volume;
 D_r = densità relativa.

6. PROGETTO

Sulla base delle indicazioni forniteci dai progettisti, riportiamo le caratteristiche principali dell'intervento edilizio.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo edificio residenziale, costituito da un piano seminterrato e tre piani fuori terra + sottotetto.

Per il calcolo delle resistenze agli stati limite (capitolo 7), consideriamo la seguente tipologia fondazionale:

- Fondazioni dirette continue;
- Quota di imposta a circa – 3,15 metri;
- Larghezza minima pari a 1,20 metri;
- Altezza minima pari a 0,50 metri.

7. CALCOLO DELLA RESISTENZA DI PROGETTO

Per il calcolo della resistenza di progetto R_d , la normativa impone l'utilizzo di coefficienti parziali riduttivi, da applicare ai valori caratteristici dei parametri meccanici del terreno, secondo due approcci (6.4.2.1 – NTC2018). Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e SLU di tipo strutturale (STR), accertando che la condizione $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi. Si è scelto di utilizzare l'approccio 2, dove è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Approccio 2: (azioni A1 + materiali M1 + resistenze R3)

Una volta conosciuti ed elaborati i parametri geotecnici, calcoliamo il carico limite; la valutazione è eseguita sulla base dell'equazione proposta da *Brinch-Hansen (1970)*; l'equazione adottata, nella sua forma più generale, è la seguente:

$$R_k = 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma + c N_c s_c d_c + q N_q s_q d_q$$

dove:

R_k	[kPa]	= resistenza a rottura;
γ	[kN/mc]	= peso di volume;
B	[m]	= larghezza della fondazione;
c	[kPa]	= coesione;
q	[kPa]	= $\gamma \times D$ = sovraccarico dovuto al rinterro;
D	[m]	= profondità di incasso della fondazione;
N_γ, N_c, N_q	[-]	= fattori di capacità portante;
$S_\gamma s_c, s_q$	[-]	= fattori forma;
d_γ, d_c, d_q	[-]	= fattori profondità.

Per l'effetto sismico abbiamo utilizzato il metodo *Paolucci & Pecker (1997)*.

Per la tipologia fondazionale considerata si ottengono i seguenti risultati:

- Condizioni statiche, resistenza limite $R_k = 7,77 \text{ kg/cm}^2$;
- Condizioni sismiche, resistenza limite $R_k = 7,73 \text{ kg/cm}^2$.

Per il calcolo del valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, l'approccio impone il coefficiente parziale $R_3 = 2,3$.

Ne consegue che la resistenza di progetto R_d (Stato Limite Ultimo) che non deve essere superata dalle azioni di progetto E_d è:

- Condizioni statiche, R_d (SLU) = $3,38 \text{ kg/cm}^2$ (deve risultare $R_d > E_d$);
- Condizioni sismiche, R_d (SLU) = $3,36 \text{ kg/cm}^2$ (deve risultare $R_d > E_d$).

Per il calcolo dei cedimenti, prendiamo in considerazione il carico di esercizio (Stato Limite di Esercizio), ovvero considerando le azioni non amplificate dai coefficienti A_1 . Dividiamo quindi il valore di progetto R_d per il valore medio dei coefficienti di amplificazione delle azioni (A_1), che, nel caso dell'approccio considerato, possiamo quantificare in **1,4**.

Verificheremo quindi i cedimenti per una pressione sul terreno da parte delle fondazioni pari a:

- $SLE = 2,40 \text{ kg/cm}^2$.

8. CALCOLO DEI CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti utilizziamo il metodo di *Burland & Burbidge*, basato su un'analisi statistica di oltre 200 casi reali, comprendenti fondazioni di dimensioni variabili tra 0.8 e 135 m. L'espressione per il calcolo dei cedimenti è la seguente:

$$s = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{vo} \cdot B^{0.7} \cdot \frac{I_C}{3} + (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B^{0.7} \cdot I_C \right],$$

dove: q' = pressione efficace lorda (kPa),

σ'_{vo} = tensione verticale efficace alla quota di imposta della fondazione (kPa),

B = larghezza della fondazione (m),

I_c = indice di compressibilità,

f_s, f_H, f_t = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti.

I valori dei cedimenti forniti dall'equazione sopra esposta sono espressi in mm.

Il valore medio di I_c è dato da:

$$I_C = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}},$$

dove N_{AV} rappresenta la media dei valori N_{SPT} all'interno di una profondità significativa, z_i , deducibile da dati tabulati da *Burland & Burbidge (1984)* e reperibili in letteratura tecnica.

Se lo strato compressibile ha uno spessore H inferiore ai valori di z_i , nell'equazione per il calcolo del cedimento se ne tiene conto tramite il fattore f_H dalla seguente relazione:

$$f_H = \frac{H}{z_i} \cdot \left(2 - \frac{H}{z_i} \right).$$

Il fattore di forma f_s è dato da:

$$f_s = \left(\frac{1.25 \cdot L/B}{L/B + 0.25} \right)^2.$$

Infine, il fattore correttivo f_t è dato da:

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right),$$

in cui t = tempo espresso in anni (≥ 3);

R_3 = costante pari a 0,3 nel caso di carichi statici.

Calcolo dei cedimenti - Burland & Burbidge (1984)		
	Tempo, 0 sec	Tempo, 15 anni
Pressione: 2,40 kg/cm ² (SLE)	s _i = 8 mm	s _t = 12 mm

9. COEFFICIENTE DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO DI WINKLER

Il valore del coefficiente di Winkler è il parametro che permette di determinare la rigidità di una fondazione; viene calcolato con il metodo di *Bowles (1982)*, in funzione dei cedimenti massimi e della pressione sul terreno R_d . Il risultato ottenuto è:

- $K_w = 2,8 \text{ kg/cm}^3$.

10. APPROFONDIMENTO SISMICO DI PRIMO LIVELLO

Nella relazione geologica (R1+R3) da noi redatta al fine di verificare la fattibilità geologica dell'intervento in oggetto, abbiamo svolto la caratterizzazione sismica del sito, che qui riportiamo nei suoi valori più significativi.

Pericolosità sismica locale:

Secondo la classificazione sismica vigente (Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129), il comune di Paderno Dugnano risulta inserito in zona sismica 4.

Come riportato nella "Componente geologica, idrogeologica e sismica" del P.G.T. comunale, per l'area di intervento non viene individuato alcuno scenario di pericolosità sismica locale PSL; tuttavia, visto il contesto geologico e geomorfologico di questo territorio, è ragionevole attribuire lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a.

Per la valutazione numerica degli effetti di amplificazione sismica sito-specifica 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, come illustrato nella tabella seguente:

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Nel caso specifico, considerando lo scenario di PSL e considerando che l'opera in progetto non è un edificio strategico e/o rilevante, è richiesto esclusivamente l'approfondimento sismico di 1° livello.

Parametri sismici:

Sito in esame

latitudine: 45,562435
 longitudine: 9,157834
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 11816 Lat: 45,5566 Lon: 9,1390 Distanza: 1602,823
 Sito 2 ID: 11817 Lat: 45,5592 Lon: 9,2101 Distanza: 4088,659
 Sito 3 ID: 11595 Lat: 45,6091 Lon: 9,2066 Distanza: 6426,611
 Sito 4 ID: 11594 Lat: 45,6066 Lon: 9,1353 Distanza: 5210,672

I parametri delle azioni sismiche di progetto proprie del sito sono i seguenti:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.177	2.556	0.159
S.L.D.	50.0	0.226	2.535	0.188
S.L.V.	475.0	0.461	2.656	0.279
S.L.C.	975.0	0.559	2.693	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

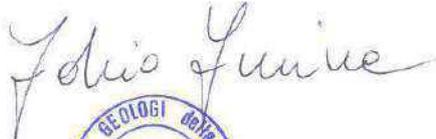
S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2655	0.2	0.0054	0.0027
S.L.D.	0.339	0.2	0.0069	0.0035
S.L.V.	0.6915	0.2	0.0141	0.0071
S.L.C.	0.8385	0.2	0.0171	0.0086

- vita nominale dell'edificio V_n (2.4.1 - NTC2018) maggiore di 50 anni;
- classe d'uso "II" (2.4.2 – NTC2018);
- periodo di riferimento V_r per le azioni sismiche è pari a $V_n \times C_u$ (coefficiente d'uso = 1 per classe d'uso II) = 50 anni;
- come condizione topografica al contorno, deve essere considerata la categoria T1, propria dei terreni pianeggianti;
- le NTC2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ; a tale scopo abbiamo preso in considerazione una prova sismica MASW da noi eseguita nel 2008 in via Cazzaniga, poco distante dall'area di intervento. La prova ha fornito come risultato $V_{sEq.} = 355 \text{ m/s}$, corrispondente alla **categoria sismica di sottosuolo C**.

Verifica alla liquefazione:

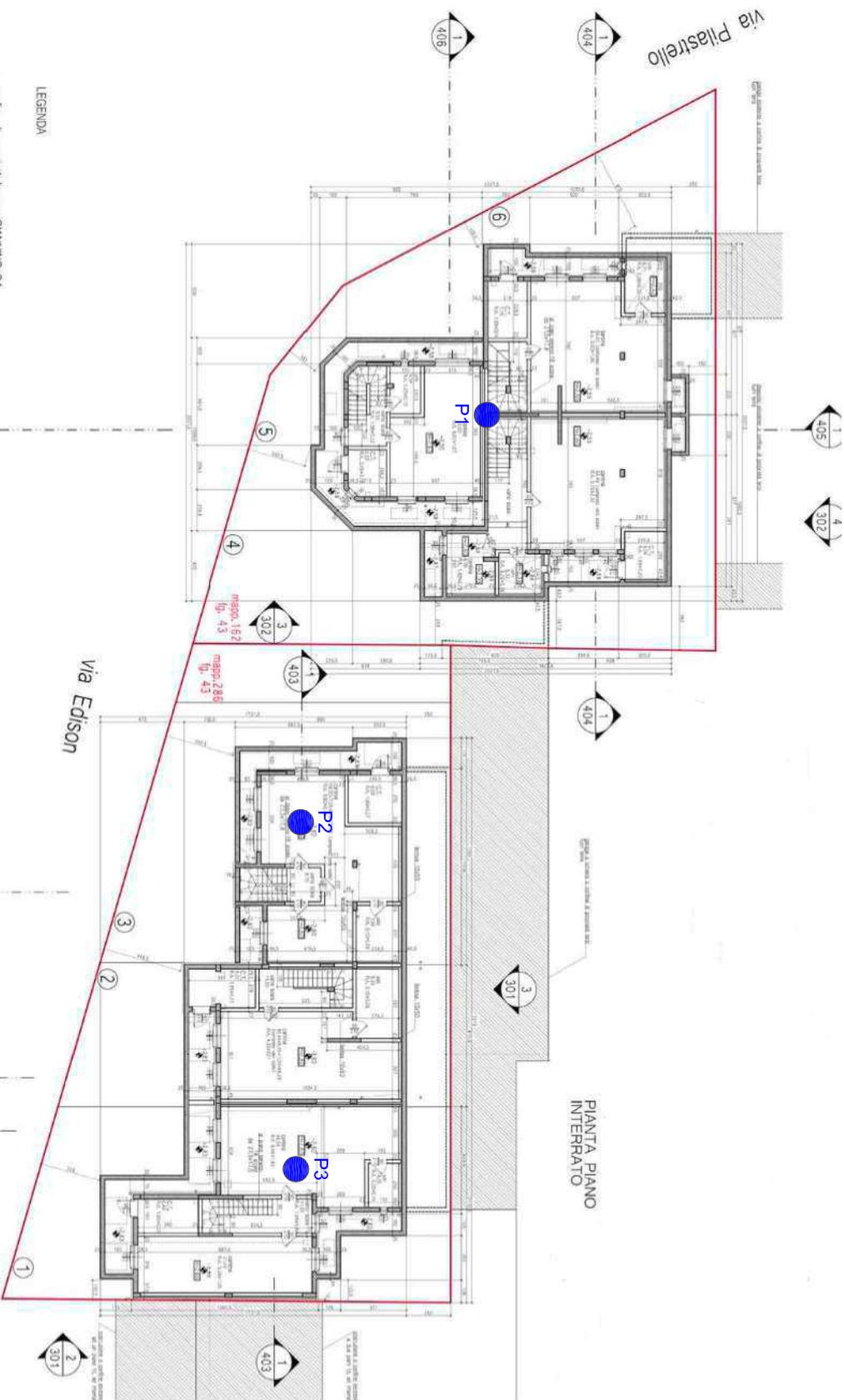
- Nel caso in esame, i terreni di fondazione non sono da ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in quanto è verificata la condizione 2) indicata nel capitolo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, ossia "profondità media stagionale della falda superiore a 15 m da p.c.".

Dott. Geol. Fabio Fusina

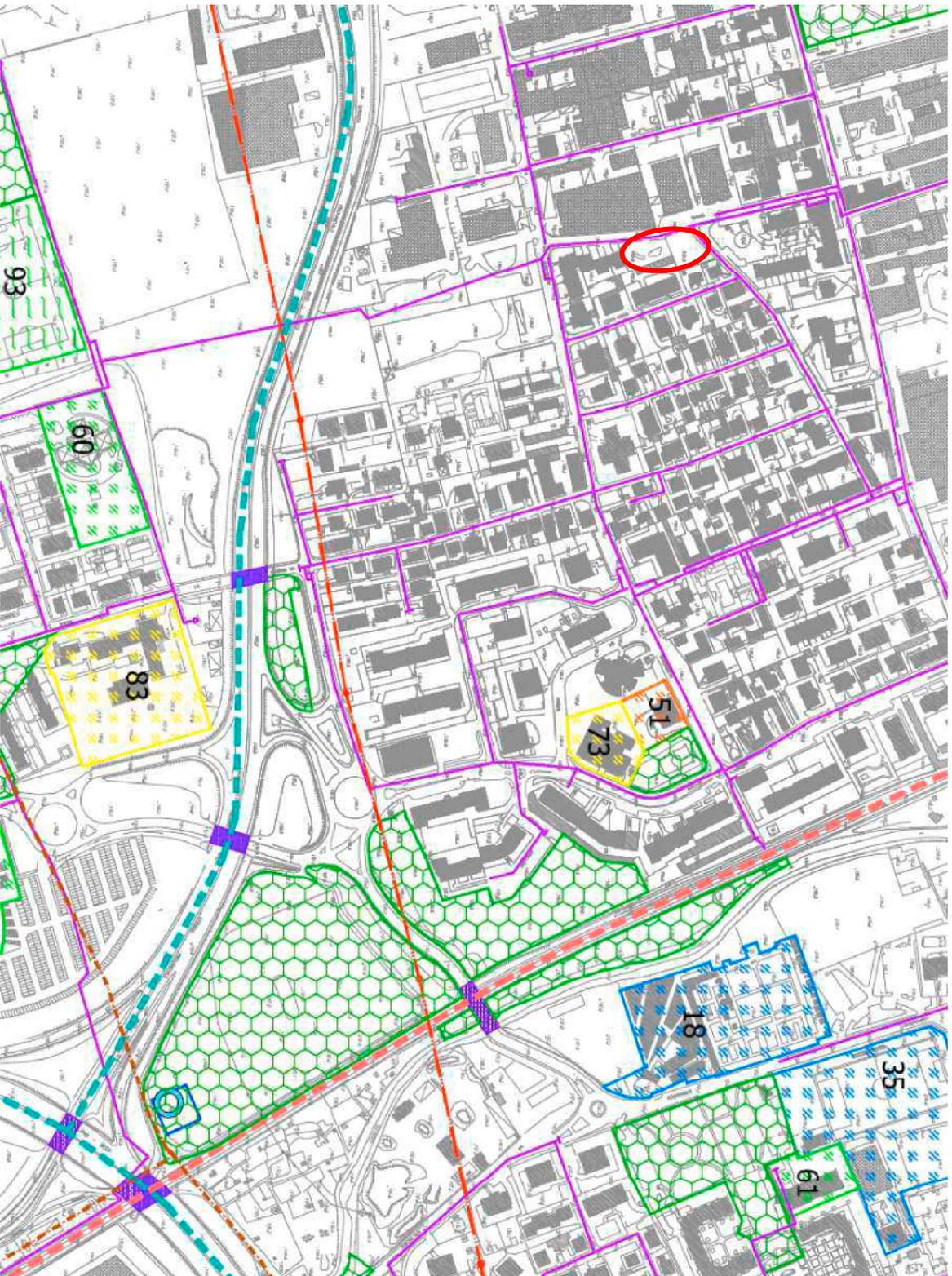



11. ALLEGATI

PROVE PENETROMETRICHE



<p>FUSINA S.R.L. Via Boscanti, 6 - 29020, Mantova Tel. 039/2029819 - Fax 039/2230311 - Cell. 346/7213987 E-mail info@fusinasrl.it</p>
<p>COMMITTENTE: GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL</p>
<p>CANTIERE: FADERNO DUGNANO (MN) - VIA EDISON</p>
<p>TITOLO: UBICAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE</p>
<p>DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 4 NOVEMBRE 2015</p>



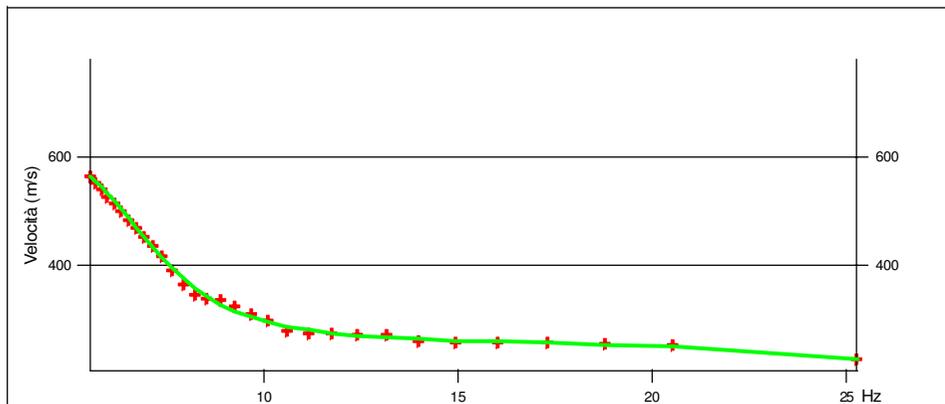
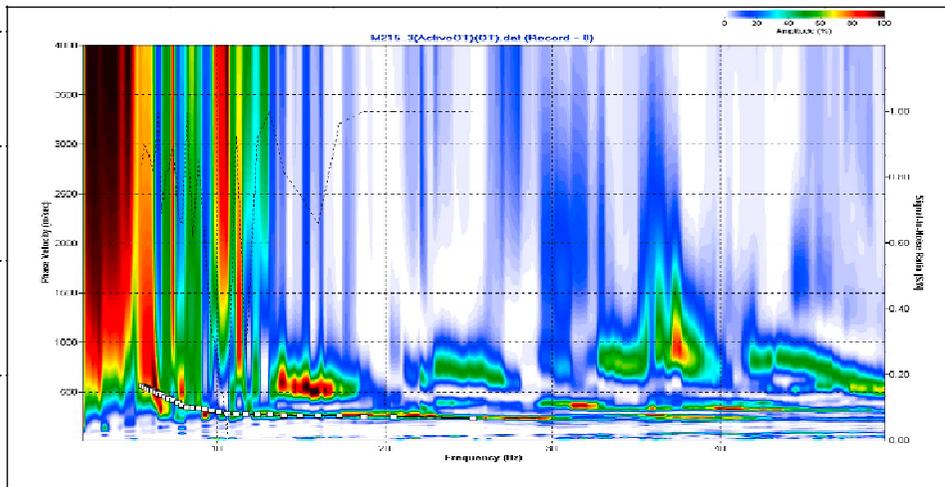
○ AREA DI INTERVENTO

NORD
↓

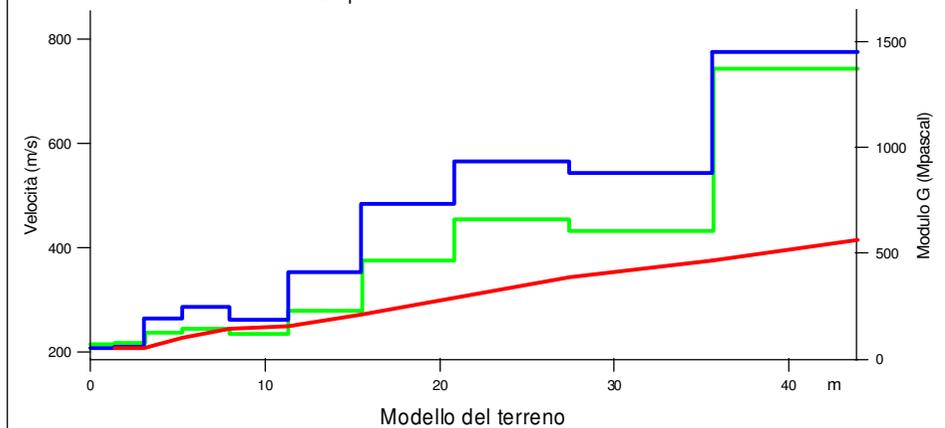
□ NESSUNO SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

- Strade di Intenso traffico
- Rete acquedottistica
- Parchi, giardini pubblici, aree verdi, attrezzate e non attrezzate, aree destinate alla forestazione urbana
- Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi adibiti al commercio suscettibili di grande affollamento
- 8 - Canali
- 21 - CUP

FUSINA S.R.L.	
Via Bocconi, 6 - 20080 Monza	
Tel. 0392928019 - Fax 0392250311 - Cell. 3497213807	
E-mail info@fusinasrl.it	
COMMITTENTE:	GALIMBERTI COSTRUZIONI SRL
CANTIERE:	PADERNO DUGNANO (MI) - VIA EDISON
TITOLO:	STRALCIO DELLA CARTA DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
DATA:	GIUGNO 2020



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

LEGENDA

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

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

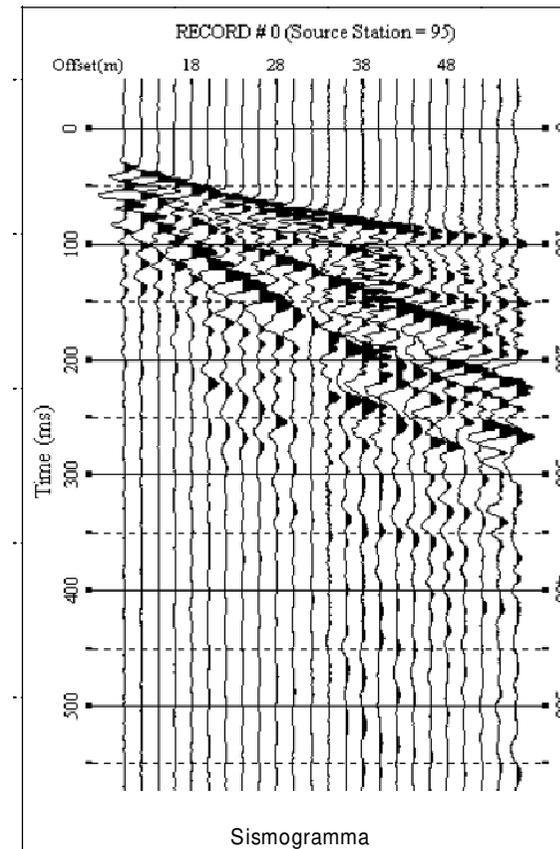


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	H/Vi	VsX	G
0	1.4	207	.0067	207	73
1.4	3.1	211	.0082	209	76
3.1	5.3	265	.0081	229	124
5.3	8	286	.0094	245	146
8	11.3	262	.0129	250	121
11.3	15.5	352	.012	271	230
15.5	20.8	484	.0109	305	464
20.8	27.4	566	.0116	343	661
27.4	35.6	544	.0151	375	604
35.6	43.8	776	.0106	415	1369

VALORE CALCOLATO VS30 = 355 m/s

PROVA SISMICA VS30

Paderno Dugnano - via Cazzaniga

Fusiona Srl

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

Marzo 2008

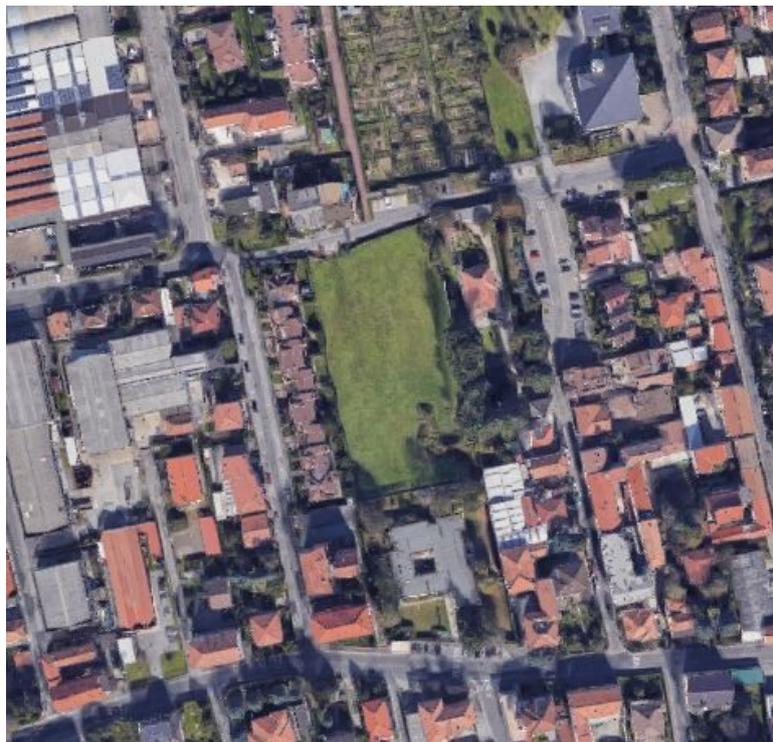


Via Liguria 1 – 20900 Monza
Telefono e fax 039 837656
geotecnnoindagini@pec.it

Dott. Geol. Riccardo Cortiana
r.cortiana@geotecnnoindagini.it

Dott. Geol. Filippo Valentini
f.valentini@geotecnnoindagini.it

BRUEDIL srl



*RELAZIONE GEOLOGICA R1
RELAZIONE GEOTECNICA R2
RELAZIONE GEOLOGICA R3*

*ai sensi del p.to 6.2.1 del D.M. 17.01.18
ai sensi del p.to 6.2.2 del D.M. 17.01.18
ai sensi della DGR IX/2616/2011*

**PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVI EDIFICI RESIDENZIALI IN VIA
ALBERTI NEL COMUNE DI PADERNO DUGNANO (MI) - AMBITO R1**

Monza, marzo 2022

A cura di: Dott. Geol. R. Cortiana
Dott. Geol. F. Valentini

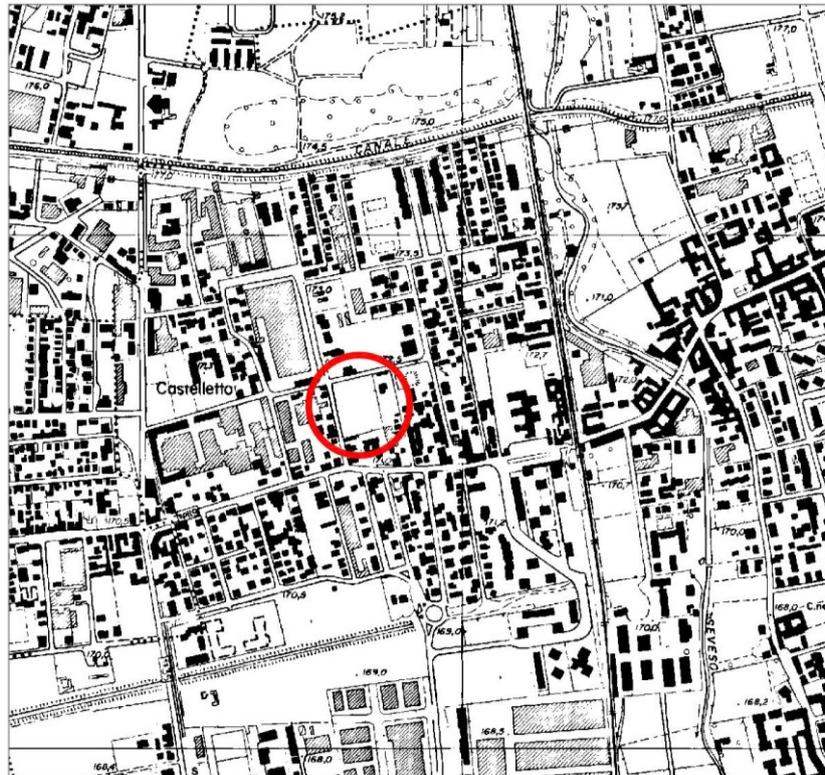


INDICE

1	PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO	10
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	11
4	INQUADRAMENTO SISMICO	12
4.1	RIFERIMENTI NORMATIVI CLASSIFICAZIONE SISMICA	12
4.1.1	OPCM 28 aprile 2006	12
4.1.2	Normativa regionale D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129	13
4.2	RIFERIMENTI NORMATIVI PROGETTAZIONE	13
4.2.1	D.M. 17 Gennaio 2018	13
5	INDAGINE SISMICA	19
5.1	Prova MASW	19
5.2	Indagine in sito	19
5.3	Elaborazione dei dati	20
6	ANALISI RISCHIO SISMICO	22
6.1	Analisi di I livello	22
7	INDAGINE GEOGNOSTICA	23
8	PARAMETRI GEOTECNICI.....	27
9	CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE E DEI CEDIMENTI PREVEDIBILI	29
9.1	Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).....	29
9.2	Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)	32
10	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	34
11	CONCLUSIONI	35

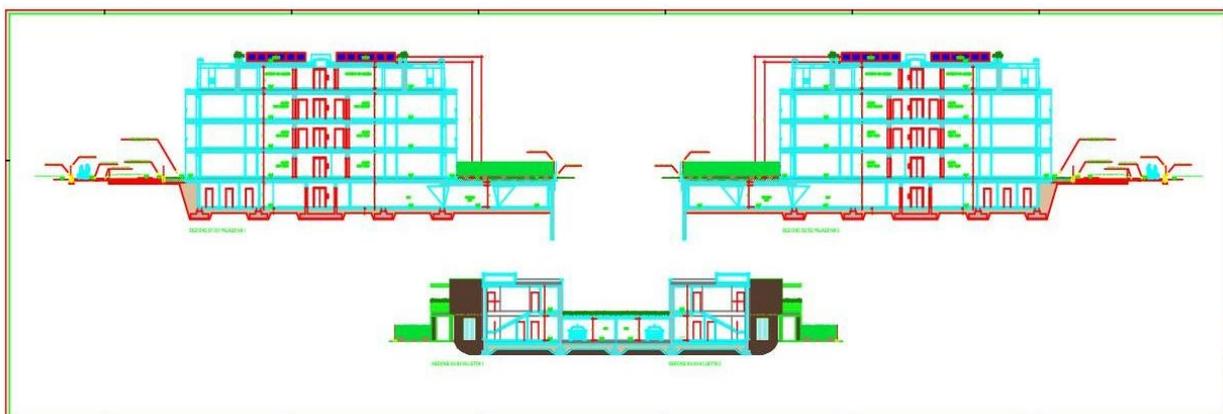
1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione, redatta su incarico della BRUEDIL srl, con sede in viale Toscanini 5 a Paderno Dugnano (MI), illustra i risultati di una campagna di indagini geognostiche realizzata presso un'area ubicata in via Alberti a Paderno Dugnano (MI), in previsione della realizzazione di un nuovo intervento edilizio.



Corografia area di studio

Nell'area oggetto di studio è prevista la realizzazione di un nuovo complesso residenziale che risulterà costituito da due palazzine di quattro piani fuori terra e da due villette di uno/due piani fuori terra. Per le due palazzine è inoltre prevista la presenza di un piano interrato comune che sarà adibito a box auto, mentre per le villette non sono previsti piani interrati.

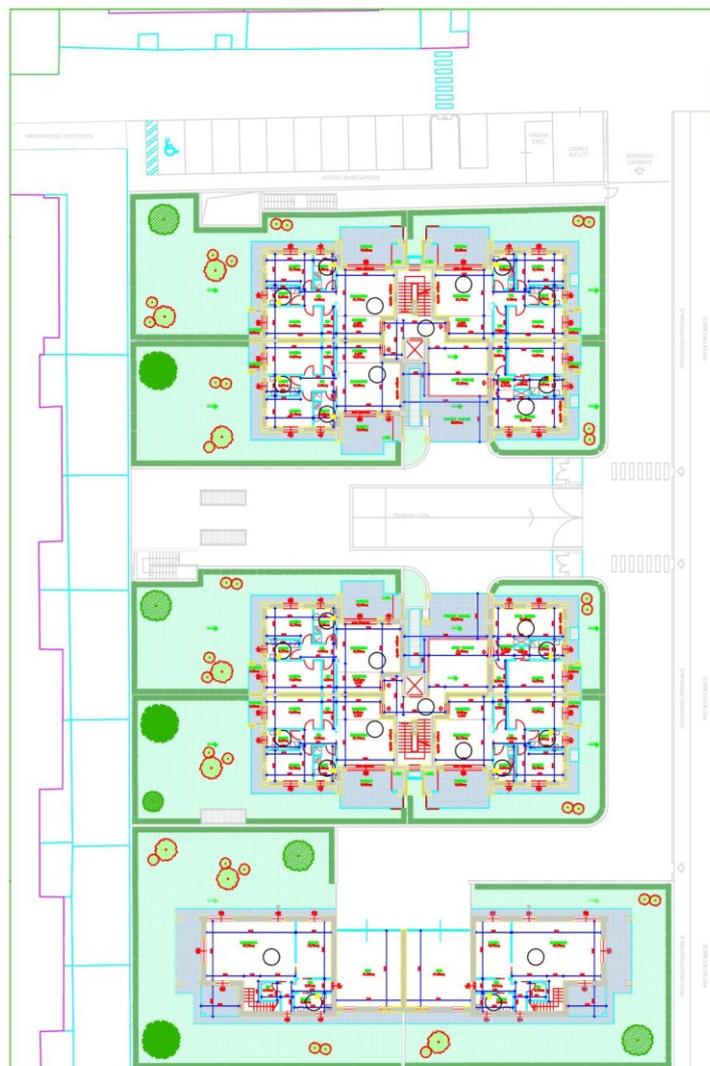


Sezioni opere in progetto



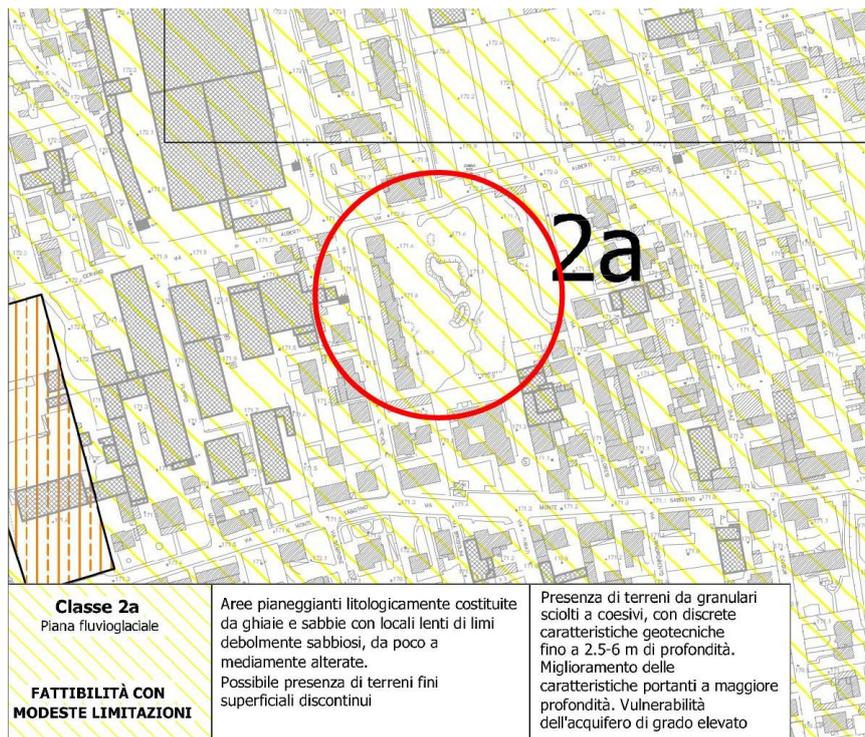
Prospetti opere in progetto

È previsto l'utilizzo di fondazioni dirette continue del tipo a trave rovescia impostate ad una profondità di almeno 4 m da p.c. per le due palazzine e impostate a circa 1.0 m da p.c. per le villette.



Planimetria opere in progetto – piano terra

Secondo la carta della fattibilità geologica, allegata alla componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T vigente del comune di Paderno Dugnano, l'area in esame appartiene alla **classe di fattibilità 2**, ovvero *fattibilità con modeste limitazioni*.



Estratto Carta della fattibilità allegata al PGT vigente

Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni. Include tutte le aree che presentano deboli limitazioni alla variazione di destinazione d'uso che necessitano di approfondimenti di tipo geologico-tecnico; gli interventi permessi in queste aree necessitano di approfondimenti finalizzati alla realizzazione di opere di sistemazione o bonifica o al miglioramento delle esistenti. Gli approfondimenti dovranno inoltre escludere la possibilità che variazioni alla destinazione d'uso incidano negativamente sulle aree limitrofe.

In particolare, l'area ricade nella sottoclasse 2a, la quale presenta le caratteristiche sotto riportate:

Classe 2a – Piana fluvioglaciale

Principali caratteristiche: aree pianeggianti, litologicamente costituite da ghiaie e sabbie, con locali lenti di limi debolmente sabbiosi, da poco a mediamente alterate. Possibile presenza di terreni fini superficiali discontinui.

Problematiche generali: presenza di terreni da granulari sciolti a coesivi, con discrete caratteristiche geotecniche fino a 2.5-6 m di profondità. Miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità. Vulnerabilità dell'acquifero di grado elevato.

Parere sull'edificabilità: favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero.

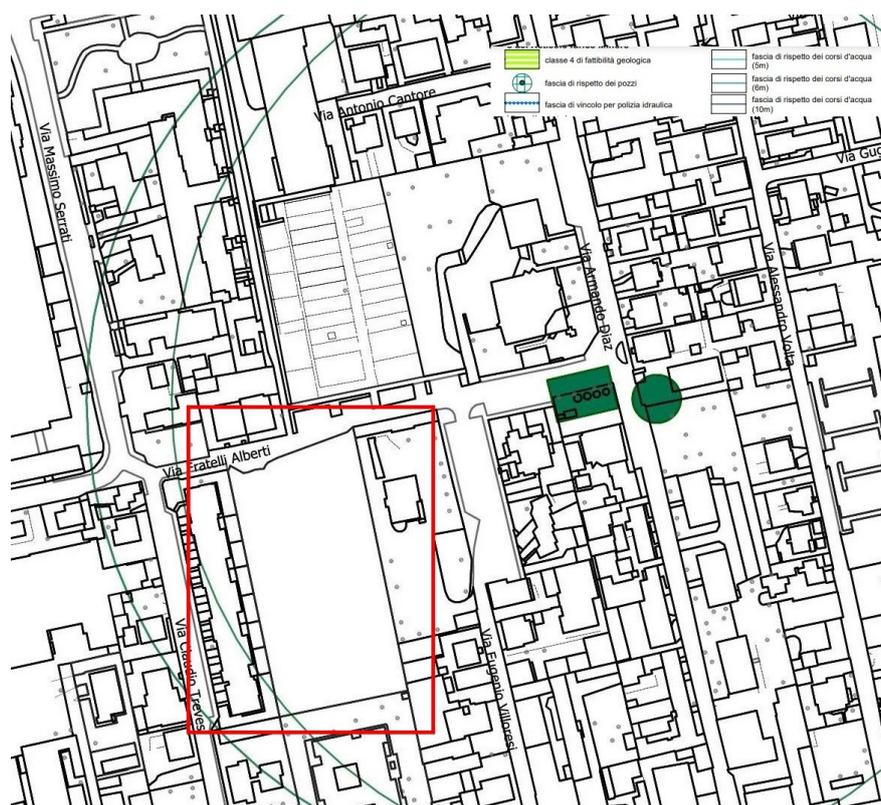
Tipo di intervento ammissibile: sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali. Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione (così come definiti dall'art. 27 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio"), nel rispetto delle normative vigenti.

Indagini di approfondimento preventive necessarie: si rende necessaria la verifica idrogeologica e litotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie (IGT); in particolare dovrà essere valutata la stabilità dei versanti di scavo (SV) nel caso di opere di tipo 3, 4, 5, 6 al fine di prevedere le opportune opere di protezione degli scavi durante i lavori di cantiere. Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera (secondo quanto indicato nell'art. 2 delle Norme geologiche di Piano). La modifica di destinazione d'uso di aree esistenti inserite in zona

“produttiva” necessita la verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento Locale d’Igiene (ISS); qualora venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs 152/06 “Norme in materia ambientale” (Piano di Caratterizzazione Ambientale/PCA con analisi di rischio, Progetto Operativo degli interventi di Bonifica/POB). Interventi da prevedere in fase progettuale: quale norma generale per ogni tipo di opera gli interventi da prevedere, già in fase progettuale, saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti/sistemi per la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di primo sottosuolo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche del sito (RE-CO). Per gli ambiti produttivi soggetti a cambio di destinazione d’uso, dovranno essere previsti interventi di bonifica (BO) qualora venga accertato uno stato di contaminazione del suolo ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i..

Norme sismiche da adottare per la progettazione: la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, definendo la pericolosità sismica di base in accordo alle metodologie dell’allegato A del decreto. Nel caso di edifici strategici e rilevanti (di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) ricadenti in aree PSL, la definizione delle azioni sismiche di progetto dovrà avvenire a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello – metodologie di cui all’allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616/2011.

Inoltre, come mostrato dalla Carta dei Vincoli allegata al PGT vigente nel comune di Paderno Dugnano sotto riportata, l’area in esame ricade all’interno di una fascia di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile.



Estratto Carta dei Vincoli allegata al PGT vigente

Zona di Rispetto

Zona di rispetto delle attuali fonti di approvvigionamento idrico a scopo potabile definita con criterio geometrico (raggio $r=200$ m), sottoposta a limitazioni d’uso previste dall’art. 94 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dalla d.g.r. n. 7/12693 del 10 aprile 2003 a salvaguardia delle opere di captazione (tutela idrogeologica delle aree di potenziale alimentazione).

In particolare nella zona di rispetto sono vietati l’insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività (comma 4):

- a) dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

- c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- d) la dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- e) aree cimiteriali;
- f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
- g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- h) gestione di rifiuti;
-) stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- l) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- m) pozzi perdenti;
- n) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 Kg/ettaro di azoto presente negli affluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. E' comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Comma 5. Per gli insediamenti o le attività di cui al comma 4, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

Comma 6. In assenza di diversa individuazione da parte della Regione della zona di rispetto, la medesima ha un'estensione di 200 m di raggio rispetto al punto di captazione o di derivazione.

La Delibera di Giunta Regionale 10 aprile 2003 n. 7/12693, formula criteri ed indirizzi in merito:

- alla realizzazione di strutture e all'esecuzione di attività ex novo nelle zone di rispetto dei pozzi esistenti;
- all'ubicazione di nuovi pozzi destinati all'approvvigionamento potabile. In particolare, in riferimento alla pianificazione comunale, l'All.1, punto 3 di cui alla delibera regionale sopraccitata, fornisce le direttive per la disciplina delle seguenti attività all'interno delle zone di rispetto:
 - realizzazione di fognature;
 - realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione;
 - realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
 - pratiche agricole.

In particolare per quanto riguarda la realizzazione di fognature (punto 3.1) la delibera cita le seguenti disposizioni:

- i nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:
 - costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;
 - essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento. Ai fini della tenuta, tali tratti potranno in particolare essere realizzati con tubazioni in cunicolo interrato dotato di pareti impermeabilizzate, avente fondo inclinato verso l'esterno della zona di rispetto, e corredato di pozzetti rompitratta i quali dovranno possedere analoghe caratteristiche di tenuta ed essere ispezionabili, oggetto di possibili manutenzioni e con idonea capacità di trattamento. In alternativa, la tenuta deve essere garantita con l'impiego di manufatti in materiale idoneo e valutando le prestazioni nelle peggiori condizioni di esercizio, riferite nel caso specifico, alla situazione di livello liquido all'intradosso dei chiusini delle opere d'arte.
 - nella zona di rispetto di una captazione da acquifero non protetto:
 - non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;
 - è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.
 - per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella zona di rispetto sono richieste le verifiche di collaudo. I progetti e la realizzazione delle fognature devono essere conformi alle condizioni evidenziate e la messa in esercizio delle opere interessate è subordinata all'esito favorevole del collaudo.

Nelle zone di rispetto:

- per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;
- le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata, in particolare dovranno avere una distanza non inferiore a 5 m dalla superficie freatica, qualora l'acquifero freatico sia oggetto di captazione. Tale distanza dovrà essere determinata tenendo conto delle oscillazioni piezometriche di lungo periodo (indicativamente 50 anni).

In tali zone non è inoltre consentito:

- la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo (stoccaggio di sostanze pericolose ai sensi dell'art. 21, comma 5, lettera i) del D.lg. 152/99);
- l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini, a meno di non utilizzare sostanze antiparassitarie che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando che:

- le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda, prevedendo allo scopo un manto stradale o un cassonetto di base impermeabili e un sistema per l'allontanamento delle acque di dilavamento che convogli gli scarichi al di fuori della zona indicate o nella fognatura realizzata in ottemperanza alle condizioni in precedenza riportate;
- lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose;
- lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

Nei tratti viari o ferroviari che attraversano la zona di rispetto è vietato il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato, in particolare dovrà essere mantenuta una distanza di almeno 5 m dalla superficie freatica, qualora l'acquifero freatico sia oggetto di captazione. Tale distanza dovrà essere determinata tenendo conto delle oscillazioni piezometriche di lungo periodo (indicativamente 50 anni).

Nelle zone di rispetto è inoltre vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi di origine urbana o industriale. Inoltre l'utilizzo di antiparassitari è limitato a sostanze che presentino una ridotta mobilità all'interno dei suoli.

Per i nuovi insediamenti e per le aziende che necessitano di adeguamenti delle strutture di stoccaggio, tali strutture non potranno essere realizzate all'interno delle aree di rispetto, così come dettato dall'art. 9 punto 7 del regolamento attuativo della legge regionale n. 37 del 15 dicembre 1993 «Norme per il trattamento la maturazione l'utilizzo dei reflui zootecnici».

L'attuazione degli interventi o delle attività di cui all'art. 94 comma 4 del D.Lgs. 152/06 e di cui al punto 3 – All. 1 della d.g.r. 7/12693/2003 entro le zone di rispetto è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che accerti la compatibilità dell'intervento (SCID) con lo stato di vulnerabilità della risorsa idrica e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Scopo della presente relazione è verificare la fattibilità, per quanto attiene le problematiche geologico-tecniche ed idrogeologiche, del nuovo intervento in progetto: si tratta in sostanza di verificare, con maggiore puntualità rispetto alle indicazioni generali dettate dalla perizia geologica a supporto del P.G.T. vigente, ed in ottemperanza delle prescrizioni dettate dalla perizia stessa, la fattibilità dell'intervento in oggetto.

Nel mese di marzo 2022, così come previsto dai punti 6.2.1¹ e 6.2.2² delle nuove Norme Tecniche Costruzioni 2018 (D.M. 17/01/2018), è stato condotto nell'area in esame un accurato studio geologico e

¹ 6.2.1. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

geotecnico, consistito nell'esecuzione di 5 prove penetrometriche di tipo dinamico e di una indagine sismica MASW al fine di ottenere l'identificazione della categoria di sottosuolo dell'area in esame (punto 3.2.2 NTC 2018).

Sulla base dei risultati delle suddette prove sono state eseguite le valutazioni di capacità portante e cedimenti prevedibili, una volta identificati i principali parametri geotecnici dei terreni, secondo le nuove Norme Tecniche Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

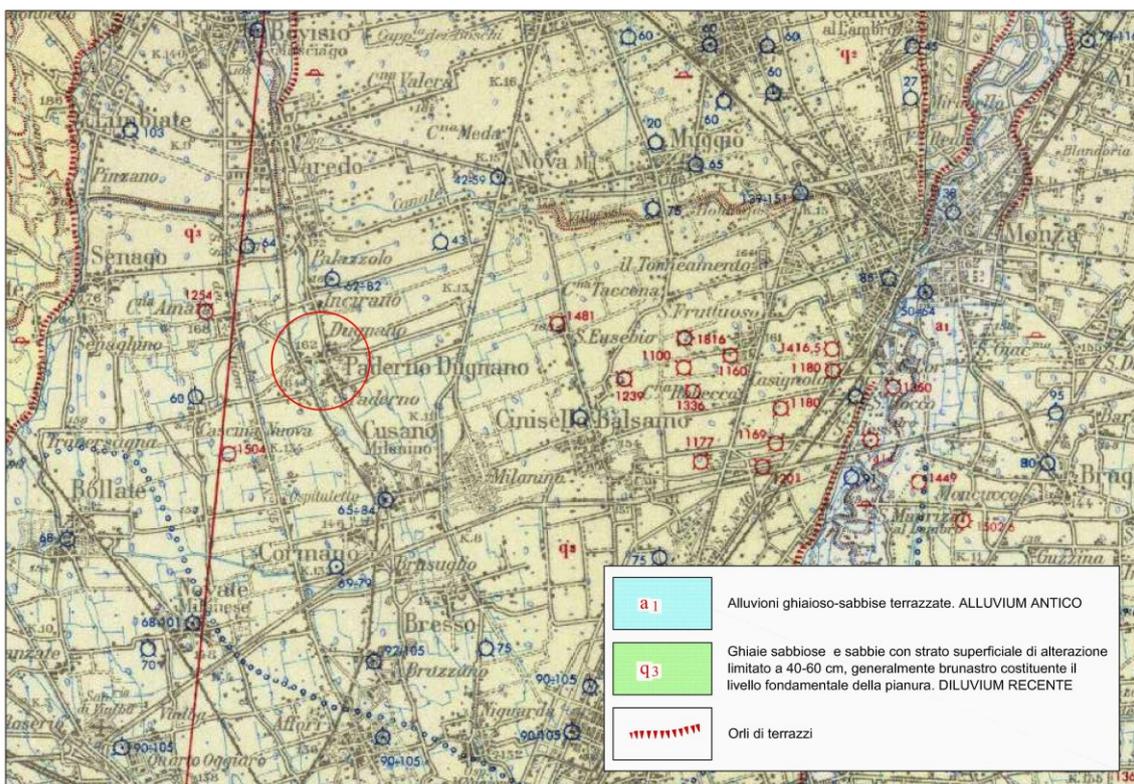
² 6.2.2. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2. Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista. Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito. Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità. Deve inoltre essere specificato se la resistenza caratteristica si riferisce alle discontinuità o all'ammasso roccioso. Per la verifica delle condizioni di sicurezza e delle prestazioni di cui al successivo § 6.2.4, la scelta dei valori caratteristici delle quote piezometriche e delle pressioni interstiziali deve tenere conto della loro variabilità spaziale e temporale. Le prove di laboratorio, sulle terre e sulle rocce, devono essere eseguite e certificate dai laboratori di prova di cui all'art. 59 del DPR 6 giugno 2001, n. 380. I laboratori su indicati fanno parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO

L'area lombarda ha subito le più importanti trasformazioni in un'epoca geologicamente recente, dal Miocene Superiore in poi, quando hanno avuto inizio intense fasi erosive culminate con la genesi di profondi canyons scavati allo sbocco nella Pianura Padana dai corpi glaciali che percorrevano le vallate alpine. Ciò è avvenuto in concomitanza con l'alternanza di episodi di trasgressione e regressione marina che si sono succeduti in questo periodo; tale fase è durata fino a tutto il Pleistocene Inferiore. Con il Pleistocene Superiore si è avuta la sedimentazione di depositi di origine glaciale e fluvioglaciale apportati dai corpi glaciali provenienti dalla catena alpina; si è così formata una spessa coltre di sedimenti di origine glaciale (nelle aree pedemontane) e fluvioglaciale ed alluvionale (nelle aree di pianura). In seguito si è assistito ad un susseguirsi di cicli di erosione e di deposito corrispondenti ad un'alternanza di fasi glaciali (Mindel, Riss e Würm) e interglaciali che si sono succedute fino ai giorni nostri; questo ha dato origine ad una tipica morfologia a cordoni morenici (visibili nella zona dell'alta pianura lombarda) e a terrazzi (visibile nella media e bassa pianura lombarda).

Nella zona oggetto di studio, ubicata nella media pianura lombarda, tali forme non sono visibili e la morfologia che si osserva è data da una superficie pianeggiante che costituisce il cosiddetto Livello Fondamentale della Pianura. Nell'area in esame i depositi fluvioglaciali e alluvionali formano una coltre dello spessore di alcune centinaia di metri e sono costituiti da ghiaie e sabbie con subordinata matrice limosa e rare intercalazioni argillose; frequenti sono i ciottoli di dimensioni centimetriche, generalmente con un grado elevato di arrotondamento.

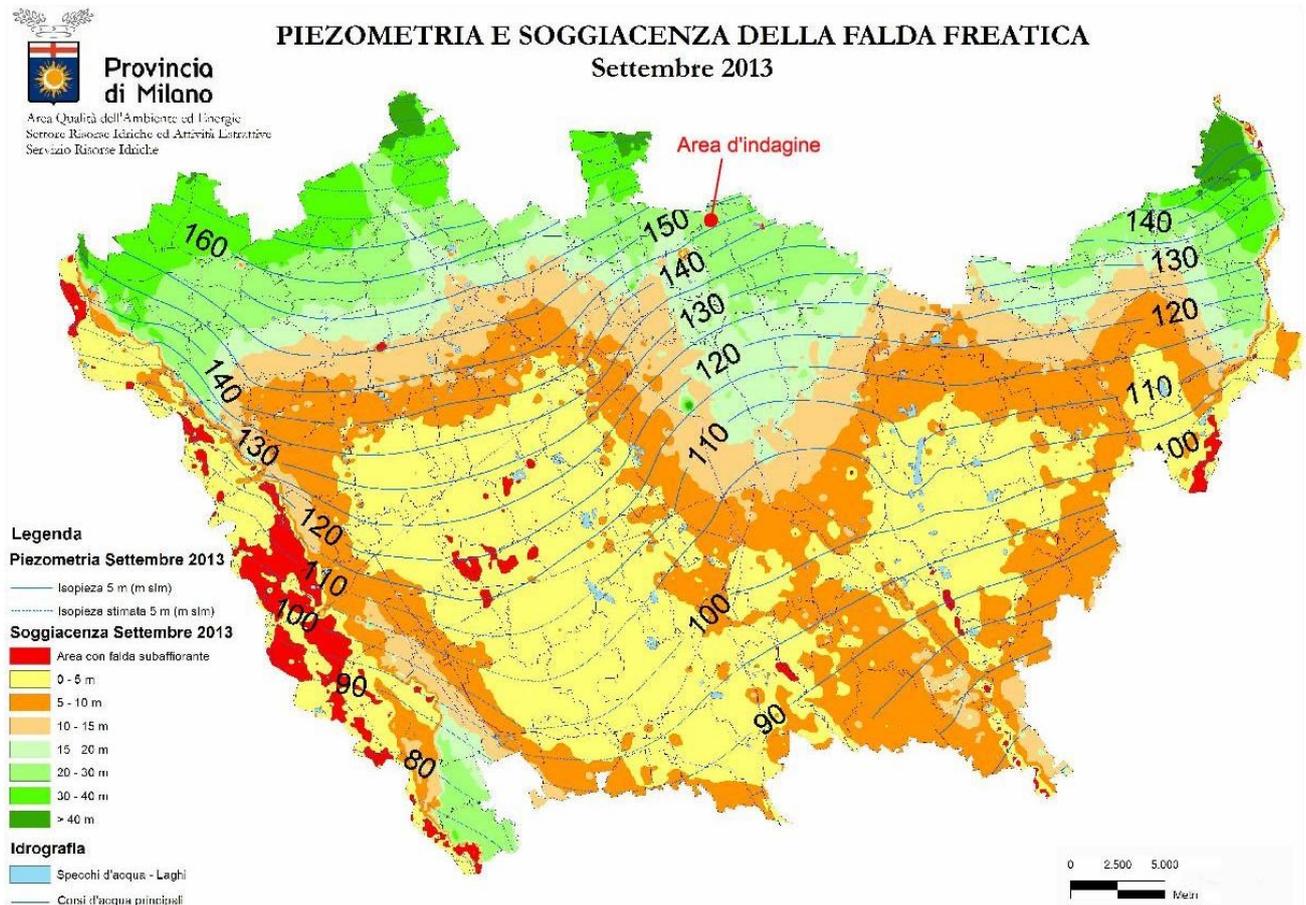


Estratto Carta Geologica d'Italia (Foglio 45 – Milano)

Il territorio del comune di Paderno Dugnano, come si osserva dalla Carta Geologica d'Italia (Foglio 45 Milano) in scala 1:100.000 e dalla Carta Geologica della Lombardia in scala 1:250.000, è caratterizzato dalla presenza di depositi fluvioglaciali appartenenti alle alluvioni fluvioglaciali del periodo Würm (DILUVIUM RECENTE) generalmente caratterizzato da ghiaie e sabbie con subordinata matrice limosa e rare intercalazioni argillose; frequenti sono i ciottoli di dimensioni centimetriche, generalmente con un grado elevato di arrotondamento.

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Secondo i dati reperiti presso il SIF (Sistema Informativo Falda) della Provincia di Milano la soggiacenza media della falda nell'area indagata si attesta a profondità comprese tra 20 e 30 m dal p.c..



Nella zona considerata quindi non si avranno problemi di interferenza tra la falda freatica e gli interventi di progetto.

4 INQUADRAMENTO SISMICO

Le azioni sismiche attese in un certo sito si prevedono, su base probabilistica, tramite la pericolosità sismica che è funzione delle caratteristiche di sismicità regionali e del potenziale sismogenetico delle sorgenti sismiche; la valutazione della pericolosità sismica porta poi alla valutazione del rischio sismico di un sito in termini di danni attesi a cose e persone come prodotto degli effetti di un evento sismico.

La pericolosità sismica valutata all'interno di un sito deve essere stimata come l'accelerazione orizzontale massima al suolo in un dato periodo di tempo, definendo i requisiti progettuali antisismici per le nuove costruzioni nel sito stesso.

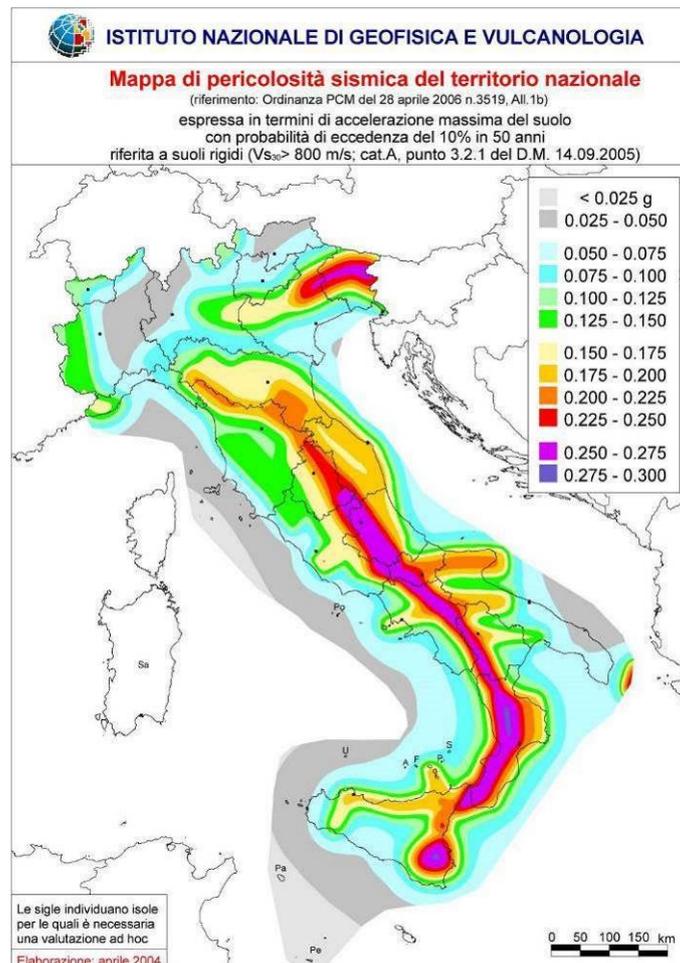
4.1 RIFERIMENTI NORMATIVI CLASSIFICAZIONE SISMICA

4.1.1 OPCM 28 aprile 2006

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/05/06 Serie Generale Anno 147° – n. 108 (*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*) adotta come riferimento ufficiale una nuova mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri generali per la classificazione delle zone sismiche. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

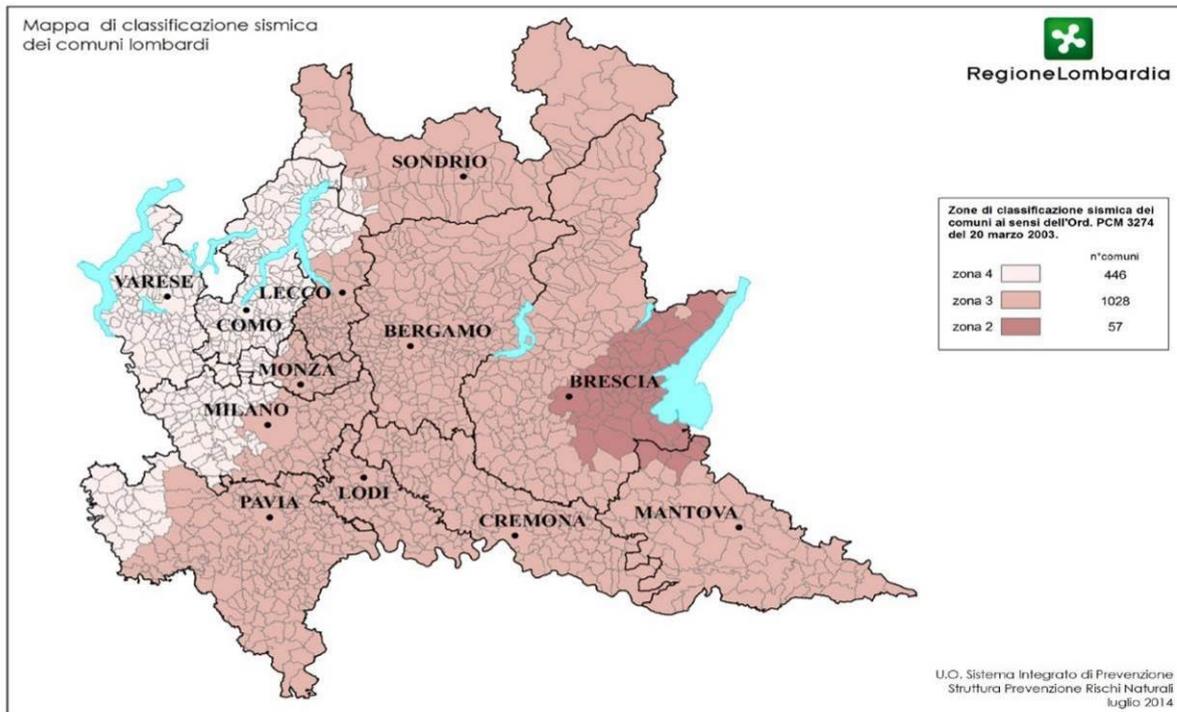
- ❖ Allegato 1A – *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*
- ❖ Allegato 1B – *Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.*

La mappa, riportata nell'Allegato 1B (vedasi figura di seguito riportata), rappresenta graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{S30} > 800$ m/s).



4.1.2 Normativa regionale D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129

La Regione Lombardia con D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129 *Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia* (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) e pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione in data 16 luglio 2014 ha provveduto alla nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia così come previsto dall'ordinanza **O.P.C.M. 3519/06** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".



Secondo la classificazione vigente il comune di Paderno Dugnano si trova in **zona 4** caratterizzata da una A_g pari a 0,049194.

4.2 RIFERIMENTI NORMATIVI PROGETTAZIONE

4.2.1 D.M. 17 Gennaio 2018

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 di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S e (T) , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

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

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

Per i valori di a_g , F_0 e T^*c , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A (pericolosità sismica) e B (tabella dei parametri che definiscono l'azione sismica) al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Secondo l'allegato A l'azione sismica sulle costruzioni viene valutata a partire da una pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (categoria di sottosuolo A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1).

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta con sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; i risultati dello studio di pericolosità devono essere forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata in funzione delle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo e morfologiche della superficie; tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003

La Regione Lombardia con D.G.R. n. 14964 del 7/11/03 prende atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata ordinanza 3274/03 ed impone l'obbligo della progettazione antisismica per i comuni che ricadono in zona 2, zona 3 ed in zona 4 esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal D.D.U.O. n. 19904 del 21/11/03.

D.G.R. n IX/2616 del 30 novembre 2011

Per l'analisi della pericolosità sismica dell'area in esame si è fatto riferimento all'Allegato 5 (Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio)

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Tale allegato illustra la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale che prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1° livello, riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale – PSL).

2° livello, caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima di risposta sismica nei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa)

3° livello, definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite.

Il primo livello è obbligatorio per tutti i comuni.

riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale – PSL).

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10.000 e 1:2.000) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.). Perciò, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di 1° livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche.

Lo studio consiste nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 – 1:2.000 rappresentata dalla:

- *carta geologica con le relative sezioni, in cui viene rappresentato il modello geologico e tettonico dell'area, le formazioni, le discontinuità e i lineamenti tettonici in essa presenti;*
- *carta geomorfologica, in cui vengono distinte le varie forme e i processi (dinamica dei versanti, dinamica fluviale, etc.) in atto, quiescenti o relitti presenti nell'area in esame;*

- carta della pericolosità sismica locale (PSL), derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle situazioni tipo Z1, Z2, Z4 e gli elementi lineari delle situazioni tipo Z3, Z5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (Tabella 1). In particolare per lo scenario Z3a si evidenzierà il ciglio della scarpata, per lo scenario Z3b la linea di cresta sommitale e per lo scenario Z5 il limite di contatto tra i litotipi individuati. Gli scenari Z1 e Z2 nell'analisi di 1° livello sono evidenziati sulla base del fenomeno prioritario che li caratterizza, quali fenomeni di instabilità e liquefazione e/o cedimenti: si sottolinea che le prescrizioni da assegnare a questi scenari in fase di pianificazione riguardano, oltre al fenomeno prioritario, anche i fenomeni di possibile amplificazione sismica che dovranno essere valutati in fase di progettazione sulla base degli interventi adottati per risolvere le problematiche prioritarie.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

TABELLA 1 – SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

In riferimento alle diverse situazioni tipo, riportate nella suddetta tabella, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale – PSL) si effettua l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e conseguentemente dei successivi livelli di approfondimento necessari.

All'interno delle aree classificate come scenario Z1 o Z2 non è necessario realizzare l'analisi di 2° livello ma si passa immediatamente all'analisi di 3° livello.

All'interno delle aree classificate come scenario Z3 o Z4, si potrà realizzare (nei casi sotto riportati) l'analisi di 2° livello e, conseguentemente ai suoi risultati, si potrà realizzare (dove necessario) l'analisi di 3° livello in fase progettuale.

Lungo le aree classificate come scenario Z5 non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzione a cavallo dei due litotipi; in fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

Il secondo livello è obbligatorio in fase pianificatoria:

consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;

- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

Il terzo livello è obbligatorio in fase progettuale:

Consiste nella definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul Geoportale della Regione Lombardia, il cui utilizzo è dettagliato nell'allegato 5.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);*
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici, mentre in zona sismica 4 nel caso di costruzioni di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.*

5 INDAGINE SISMICA

5.1 Prova MASW

L'indagine sismica è stata realizzata per determinare le proprietà fisiche del sottosuolo e le caratteristiche dinamiche del litotipo da indagare, attraverso la determinazione di un modello di distribuzione di velocità di propagazione delle onde Sh nel sottosuolo. Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh (onde Sh), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase. Nel metodo di indagine MASW le onde superficiali generate in un punto della superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Attraverso questo metodo si ottiene un grafico (curva di dispersione) che descrive l'andamento delle velocità di fase in funzione delle frequenze nel range compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi si ottengono informazioni sulla parte superficiale del suolo, sui primi 30-50 m di profondità, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

1. calcolo della curva di dispersione apparente sperimentale
2. calcolo della curva di dispersione apparente numerica
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Mediante l'analisi delle onde di Rayleigh viene determinato il parametro V_{s30} , che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 m di profondità.

5.2 Indagine in sito

L'analisi delle onde superficiali nell'area di studio è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 22 geofoni con spaziatura pari a 2.0 m.



Ubicazione stendimento sismico

Sono stati utilizzati 22 geofoni da 4.5 Hz e un sismografo a 24 bit (EEG BR24) in modo da ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, mentre come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 6 kg battente su un piattello metallico. La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 m dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).



Vista stendimento sismico

5.3 Elaborazione dei dati

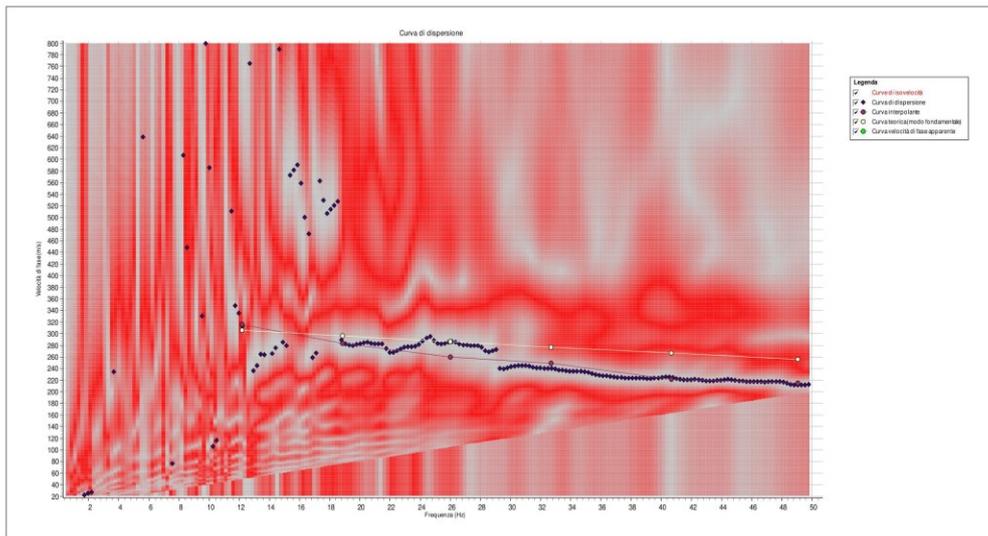
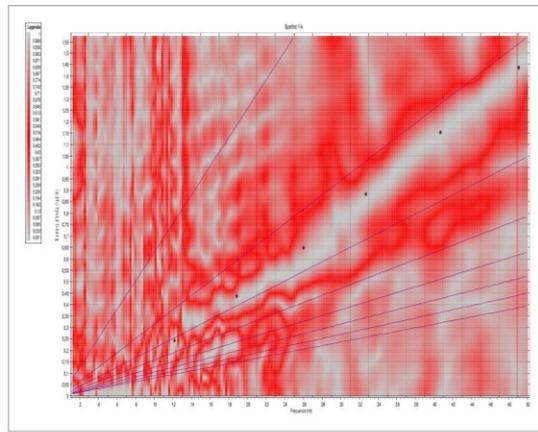
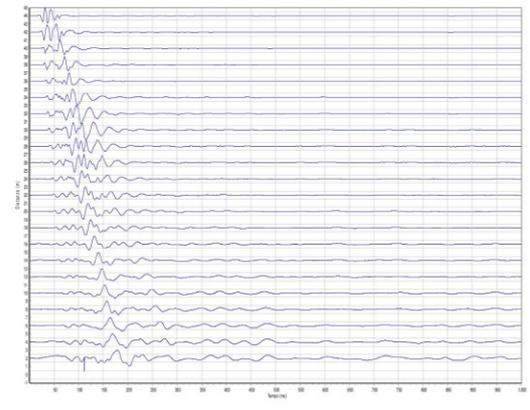
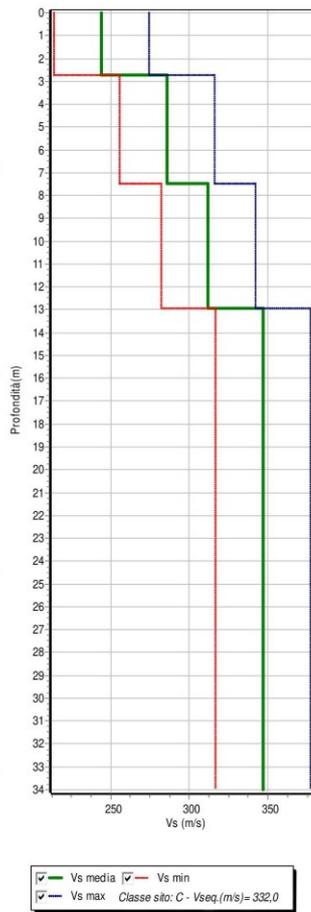
La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica sopra descritta utilizzando un software specifico. La prima fase consiste nell'elaborazione di tutte le registrazioni acquisite tramite l'analisi spettrale dei singoli sismogrammi allo scopo di ottenere lo spettro del segnale di velocità sismica in funzione della frequenza. Successivamente si seleziona lo spettro dal quale viene estrapolata la curva di attenuazione del segnale (curva di dispersione) dalla quale tramite una procedura di inversione si risale al modello stratigrafico in termini di velocità delle onde di taglio (V_s) da cui il valore relativo ai primi 30 m di sottosuolo ($V_{s,eq}$). Per l'elaborazione del profilo sismico vedasi anche grafici allegati.

Il valore del parametro $V_{s,30}$, necessario ai fini della caratterizzazione sismica del sito, è quindi risultato:

$$V_{s,eq} = 332 \text{ m/s}$$

Il valore di $V_{s,eq}$ così ricavato consente di classificare l'area in esame nella **categoria di sottosuolo C**, mentre la morfologia sub-pianeggiante, facendo riferimento alla tabella riportata nei paragrafi precedenti, l'inserisce nella **categoria topografica T1**.

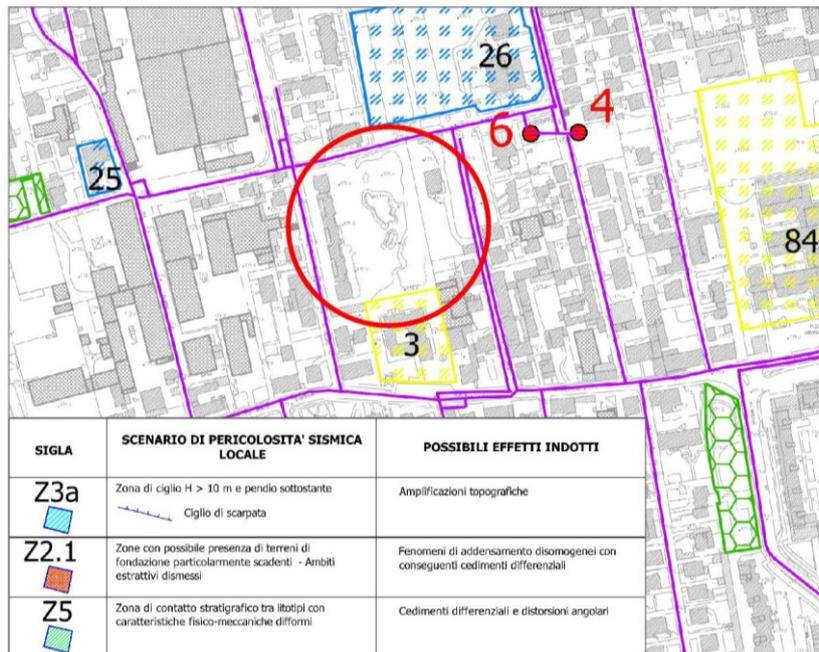
N.	H(m)	Vs(m/s)
1	2,72	244,0
2	7,48	286,0
3	12,92	312,0
4	34,0	347,0



Elaborazione profilo sismico Masw

6 ANALISI RISCHIO SISMICO

6.1 Analisi di I livello



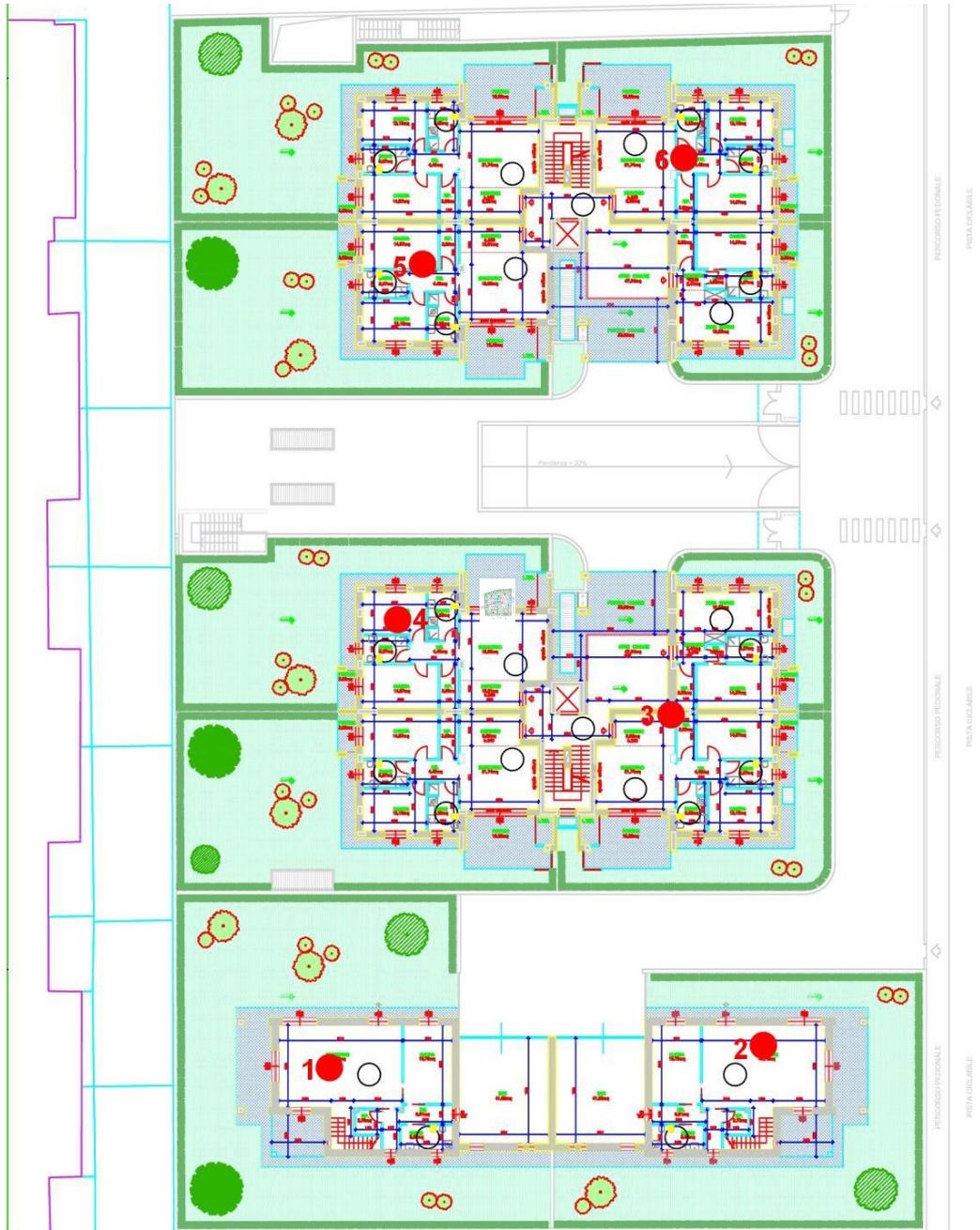
Carta della Pericolosità Sismica Locale allegata al PGT vigente

Secondo la Carta di PSL allegata al PGT vigente del comune di Paderno Dugnano, nell'area in esame non è presente alcun scenario di pericolosità sismica locale.

L'area in esame ricade in zona sismica 4 pertanto non è obbligatorio realizzare l'analisi di secondo livello.

7 INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica di campagna è stata condotta mediante l'esecuzione di 6 prove penetrometriche dinamiche continue S.C.P.T. la cui ubicazione è di seguito riportata.



Ubicazione indagini geognostiche

L'indagine è stata eseguita con penetrometro superpesante tipo Meardi AGI avente le seguenti caratteristiche:

peso del maglio	73	kg
altezza di caduta	75	cm
angolo al vertice della punta conica	60	°
diametro del cono	50.8	mm
peso delle aste	4.6	kg/ml



Penetrometro utilizzato

L'ubicazione dei punti di prova permette di ricostruire correttamente il profilo stratigrafico dell'area in esame.

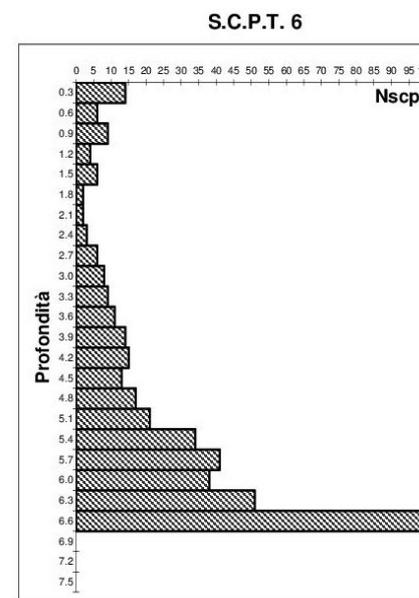
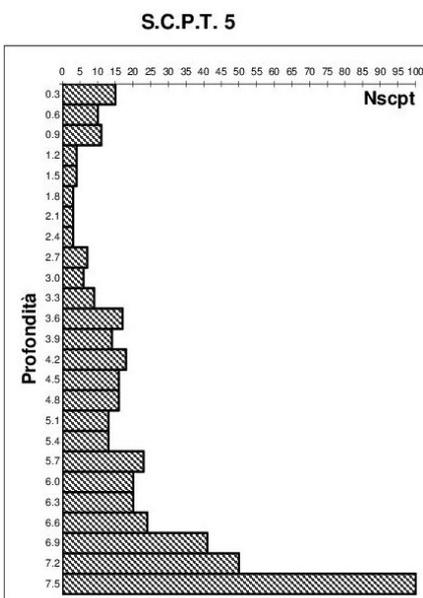
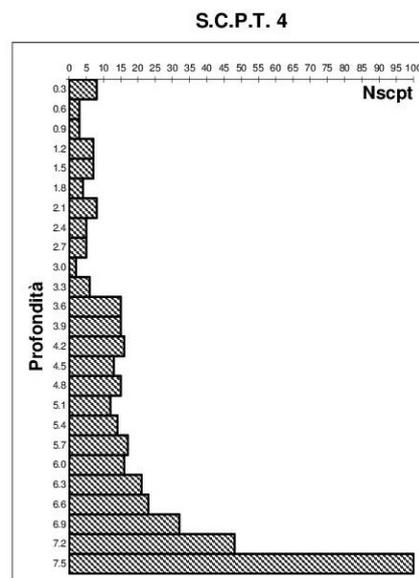
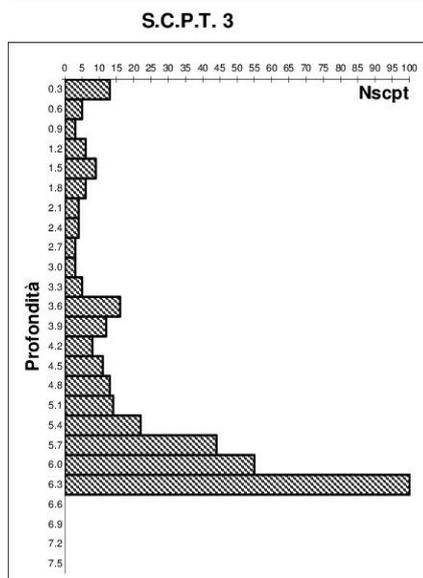
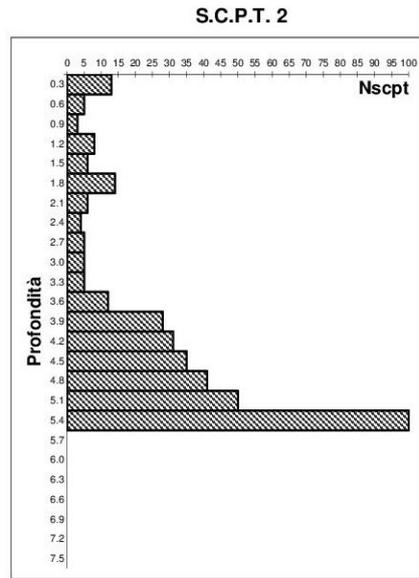
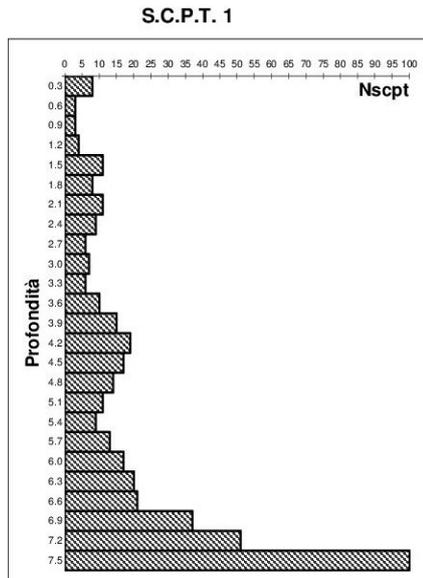
Il terreno è stato indagato a partire dalla quota di piano campagna fino alle seguenti profondità:

Prova S.C.P.T.	Profondità (m) da p.c.
1	7.5
2	5.4
3	6.3
4	7.5
5	7.5
6	6.6

Le prove si sono interrotte alle profondità sopra indicate per la presenza di depositi fortemente addensati che hanno determinato il rifiuto alla penetrazione dinamica.

Durante l'esecuzione delle verticali penetrometriche non è stata individuata la presenza di acqua di falda, a conferma dei dati idrogeologici in nostro possesso.

Profondità (m)	S.C.P.T. 1	S.C.P.T. 2	S.C.P.T. 3	S.C.P.T. 4	S.C.P.T. 5	S.C.P.T. 6
0.3	8	13	13	8	15	14
0.6	3	5	5	3	10	6
0.9	3	3	3	3	11	9
1.2	4	8	6	7	4	4
1.5	11	6	9	7	4	6
1.8	8	14	6	4	3	2
2.1	11	6	4	8	3	2
2.4	9	4	4	5	3	3
2.7	6	5	3	5	7	6
3.0	7	5	3	2	6	8
3.3	6	5	5	6	9	9
3.6	10	12	16	15	17	11
3.9	15	28	12	15	14	14
4.2	19	31	8	16	18	15
4.5	17	35	11	13	16	13
4.8	14	41	13	15	16	17
5.1	11	50	14	12	13	21
5.4	9	100	22	14	13	34
5.7	13		44	17	23	41
6.0	17		55	16	20	38
6.3	20		100	21	20	51
6.6	21			23	24	100
6.9	37			32	41	
7.2	51			48	50	
7.5	100			100	100	



Elaborazioni dati prove penetrometriche

8 PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla base del grado di addensamento rilevato nel corso delle indagini, possono essere riconosciute le seguenti litozone:

- LITOZONA A: grado di addensamento basso con caratteristiche geotecniche da scarse a modeste ($N_{spt} < 5$).
- LITOZONA B: grado di addensamento medio-basso con caratteristiche geotecniche da modeste a discrete ($5 < N_{spt} < 10$).
- LITOZONA C: grado di addensamento medio-alto con caratteristiche geotecniche da discrete a buone ($10 < N_{spt} < 20$).
- LITOZONA D: grado di addensamento alto con caratteristiche geotecniche da buone a ottime ($N_{spt} > 20$).

La seguente tabella indica la successione delle litozone precedentemente individuate nelle prove eseguite, le profondità indicate si riferiscono alla quota di piano campagna.

SCPT 1

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	Φ ($^\circ$)	E (Kg/cm^2)	$K's$ (kN/m^3)
A	0.0 – 1.2	3 – 4	5 - 7	1.70	26.5 - 27	75 - 115	$8.5 - 10.5 \times 10^3$
B	1.2 – 3.6	6 – 8	10 - 14	1.75 – 1.80	29 – 30.5	195 - 270	$16.0 - 24.0 \times 10^3$
C	3.6 – 6.0	13 – 15	23 - 26	1.85	33.5 - 34.5	360 - 385	$44.0 - 49.5 \times 10^3$
D	6.0 – 7.5	> 20	> 33	> 1.90	> 36	> 445	$> 71.5 \times 10^3$

SCPT 2

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	Φ ($^\circ$)	E (Kg/cm^2)	$K's$ (kN/m^3)
A	0.0 – 0.9	3 – 5	5 - 8	1.70	26.5 - 28	75 - 155	$8.5 - 13.0 \times 10^3$
B	0.9 – 3.3	5 – 6	8 - 10	1.70 – 1.75	28 - 29	155 - 195	$13.0 - 16.0 \times 10^3$
C	3.3 – 3.6	12	21	1.85	33	345	41.5×10^3
D	3.6 – 5.4	> 28	> 43	> 2.00	> 38.5	> 510	$> 122.5 \times 10^3$

SCPT 3

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	Φ ($^\circ$)	E (Kg/cm^2)	$K's$ (kN/m^3)
A	0.0 – 0.9	3 – 5	5 - 8	1.70	26.5 - 28	75 - 155	$8.5 - 13.0 \times 10^3$
B	0.9 – 1.8	6 – 8	10 - 14	1.75 – 1.80	29 – 30.5	195 - 270	$16.0 - 24.0 \times 10^3$
A	1.8 – 3.3	3 – 4	5 - 7	1.70	26.5 - 27	75 - 115	$8.5 - 10.5 \times 10^3$
C	3.3 – 5.1	12 – 13	21 - 23	1.85	33 – 33.5	345 - 360	$41.5 - 44.0 \times 10^3$
D	5.1 – 6.3	> 22	> 35	> 1.95	> 36.5	> 460	$> 82.5 \times 10^3$

SCPT 4

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	Φ ($^\circ$)	E (Kg/cm^2)	$K's$ (kN/m^3)
A	0.0 – 0.9	3	5	1.70	26.5	75	8.5×10^3
B	0.9 – 3.3	5 – 7	8 - 12	1.70 – 1.75	28 - 30	155 - 225	$13.0 - 19.5 \times 10^3$
C	3.3 – 6.0	13– 15	23 - 26	1.85	33.5 - 34.5	360 - 385	$44.0 - 49.5 \times 10^3$
D	6.0 – 7.5	> 21	> 34	> 1.95	> 36	> 455	$> 76.5 \times 10^3$

SCPT 5

Litozona	Profondità (m)	N _{SCPT}	N _{SPT}	γ (T/m ³)	Φ (°)	E (Kg/cm ²)	K's (kN/m ³)
C	0.0 – 0.9	11 – 12	20 - 21	1.85	32.5 - 33	335 - 345	38.5 – 41.5 x 10 ³
A	0.9 – 2.4	3 – 4	5 - 7	1.70	26.5 - 27	75 - 115	8.5 – 10.5 x 10 ³
B	2.4 – 3.3	6 – 7	10 - 12	1.75	29 - 30	195 - 225	16.0 – 19.5 x 10 ³
C	3.3 – 5.4	13 - 15	23 - 26	1.85	33.5 - 34.5	360 - 385	44.0 – 49.5 x 10 ³
D	5.4 – 7.5	> 20	> 33	> 1.90	> 36	> 445	> 71.5 x 10 ³

SCPT 6

Litozona	Profondità (m)	N _{SCPT}	N _{SPT}	γ (T/m ³)	Φ (°)	E (Kg/cm ²)	K's (kN/m ³)
B	0.0 – 1.5	5 – 6	8 - 10	1.70 – 1.75	28 - 29	155 - 195	13.0 – 16.0 x 10
A	1.5 – 2.4	2 – 3	4 - 5	1.65 – 1.70	25.5 - 26.0	30 - 75	5.4 – 8.5 x 10
B	2.4 – 3.3	6 – 8	10 - 14	1.75 – 1.80	29 – 30.5	195 - 270	16.0 – 24.0 x 10
C	3.3 – 4.8	12 - 13	21 - 23	1.85	33 – 33.5	345 - 360	41.5 – 44.0 x 10 ³
D	4.8 – 6.6	> 21	> 34	> 1.95	> 36	> 455	> 76.5 x 10 ³

dove:

- N_{SPT}** = numero di colpi SPT
γ = peso di volume del terreno (T/m³)
Φ = angolo di attrito del terreno (°)
E = modulo di deformazione (o di Young) in kg/cm²
K's = stima del modulo di reazione del sottofondo (o di Winkler) in kN/m³

Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza di sedimenti caratterizzati da un grado di addensamento generalmente medio-basso e da caratteristiche geotecniche da scarse/modeste a discrete (Litozone A e B) fino alla profondità di 3.3/3.6 m da p.c.. Solo oltre tale quota si osserva, col passaggio alle Litozone C e D, un miglioramento delle caratteristiche geotecniche con presenza di sedimenti prevalentemente ben addensati fino alle massime profondità investigate.

Alla quota d'imposta delle fondazioni delle palazzine, circa 4.0 m dal p.c., le prove penetrometriche hanno rivelato la presenza di sedimenti caratterizzati da un alto grado di addensamento e da buone caratteristiche geotecniche.

Alla quota d'imposta delle fondazioni delle villette, circa 1.0 m dal p.c., le prove penetrometriche hanno rivelato la presenza di sedimenti caratterizzati invece da un medio-basso grado di addensamento e da modeste/discrete caratteristiche geotecniche.

Durante l'esecuzione dell'indagine non è stata riscontrata presenza di acqua di falda, a conferma dei dati idrogeologici in nostro possesso.

9 CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE E DEI CEDIMENTI PREVEDIBILI

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle presenti norme.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- sicurezza antincendio: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- durabilità: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- robustezza: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Le opere strutturali devono essere verificate, salvo diversa indicazione riportata nelle specifiche parti delle presenti norme:

- a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi;
- b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese;
- c) quando necessario, nei confronti degli effetti derivanti dalle azioni termiche connesse con lo sviluppo di un incendio.

Le verifiche delle opere strutturali devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta – ove specificato dalle presenti norme – in base a specifiche indagini. Laddove necessario, la struttura deve essere verificata nelle fasi intermedie, tenuto conto del processo costruttivo previsto; le verifiche per queste situazioni transitorie sono generalmente condotte nei confronti dei soli stati limite ultimi.

Per le opere per le quali nel corso dei lavori si manifestino situazioni significativamente difformi da quelle di progetto occorre effettuare le relative necessarie verifiche.

9.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione:

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

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

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

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

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

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

Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle [6.2.2°] e [6.2.3] rispettivamente in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri geotecnici di progetto X_k/γ_M e dei parametri geometrici di progetto a_d . Il coefficiente parziale di sicurezza γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla [6.2.2b] con $\gamma_E = \gamma_F$.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1, la verifica della condizione [6.2.1] deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

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

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

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

Per le verifiche nei confronti di stati limite ultimi non espressamente trattati nei successivi paragrafi, da 6.3 a 6.11, si utilizza l'Approccio 1 con le due combinazioni (A1+M1+R1) e (A2+M2+R2). I fattori parziali per il gruppo R1 sono sempre unitari; quelli del gruppo R2 possono essere maggiori o uguali all'unità e, in assenza di indicazioni specifiche per lo stato limite ultimo considerato, devono essere scelti dal progettista in relazione alle incertezze connesse con i procedimenti adottati.

La verifica di stabilità globale in questo caso viene effettuata secondo l'Approccio 2 e sarà quindi effettuata solamente nei confronti dello SLU di tipo geotecnico (GEO) e tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabella 6.2. Il per le azioni e i parametri geotecnici, accertando che la condizione $E_d \leq R_d$ sia soddisfatta.

Approccio 2: A1+M1+R3

dove:

A rappresenta le azioni

M rappresenta la resistenza dei materiali (terreno)

R rappresenta la resistenza globale del terreno.

Azioni (A)

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

Nella valutazione della combinazione delle azioni i coefficienti di combinazione ψ_{ij} devono essere assunti come specificato nel Capitolo 2.

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1} .

Resistenze (M)

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

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

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

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

Valori caratteristici dei parametri geotecnici

La scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici avviene in due fasi. La prima fase comporta l'identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali. Identificati i parametri geotecnici appropriati, la seconda fase del processo decisionale riguarda la valutazione dei valori caratteristici degli stessi parametri.

Nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli Eurocodici, la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato.

Nel caso in esame i valori caratteristici vengono ricavati, utilizzando la seguente formula:

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

dove:

x_k è il valore caratteristico desiderato

\bar{x} (**con barra**), il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione;

t è il valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità $u = 95\%$

s è la deviazione standard del campione

n è il numero di dati

Opera in progetto	Tipo di fondazione	Quota imposta fondazioni da p.c. (m)	Larghezza fondazione (m)	ϕ_m (°)	ϕ_k (°)	γ_m (T/m ³)	γ_k (T/m ³)
Palazzine	Trave rovescia	4.0	1.5	34.5	33	1.85	1.85
Villette	Trave rovescia	1.0	1.5	30.5	29	1.80	1.75

dove

ϕ_m e γ_m rappresentano i valori medi

ϕ_k e γ_k i valori caratteristici.

Valori di progetto dei parametri geotecnici

Nel calcolo della capacità portante saranno utilizzati i parametri geotecnici di progetto ottenuti dividendo i valori caratteristici per i coefficienti parziali riportati nella colonna M1 (vedasi Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni).

Opera in progetto	Tipo di fondazione	Quota imposta fondazioni da p.c. (m)	Larghezza fondazione (m)	ϕ_k (°)	ϕ_d (°)	γ_k (T/m ³)	γ_d (T/m ³)
Palazzine	Trave rovescia	4.0	1.5	33	33	1.85	1.85
Villette	Trave rovescia	1.0	1.5	29	29	1.75	1.75

dove ϕ_d e γ_d rappresentano i valori di progetto.

Calcolo della capacità portante

Per il calcolo della capacità portante è stata utilizzata la formula di Meyerhof che, nel caso di carico verticale su un terreno prevalentemente incoerente con angolo di attrito $\phi > 10^\circ$, presenta la seguente espressione:

$$q_{ult} = q N_q S_q d_q + c N_c S_c d_c + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

dove:

$S_c S_q S_\gamma$ sono fattori di forma

$d_c d_q d_\gamma$ sono fattori di profondità

$N_c N_q N_\gamma$ sono fattori di portata

Nel caso in esame il valore della coesione c è uguale a zero, in quanto si tratta di un terreno a comportamento prevalentemente frizionale, per cui l'espressione della capacità portante si riduce a:

Introducendo i valori dei parametri geotecnici di progetto nella formula di Meyerhof e tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nella tabella di seguito riportata

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

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

si ottiene un valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d) pari a:

Opera in progetto	Tipo di fondazione	Quota imposta fondazioni da p.c. (m)	Larghezza fondazione (m)	R_d (kg/cm ²)
Palazzine	Trave rovescia	4.0	1.5	2.75
Villette	Trave rovescia	1.0	1.5	1.50

Nel prossimo paragrafo si procederà alla verifica delle pressioni di contatto agenti sui terreni di fondazione in termini di cedimenti ammissibili. Tale trattazione viene sviluppata in relazione alla geometria della fondazione e alle caratteristiche geotecniche del terreno in esame, al fine di ottenere il valore di pressione che le nuove opere potranno esercitare sul terreno fondale senza determinare cedimenti superiori ai valori ammissibili per l'opera stessa.

Tale trattazione consentirà di ricavare il valore di pressione allo stato limite d'esercizio.

9.2 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Per effetto delle azioni trasmesse in fondazione, i terreni subiscono deformazioni che provocano spostamenti del piano di posa. Le componenti verticali degli spostamenti (cedimenti) assumono in genere valori diversi sul piano di posa di un manufatto. Si definisce cedimento differenziale la differenza dei cedimenti tra punti di una stessa fondazione, di fondazioni distinte con sovrastrutture comuni e di fondazioni distinte con sovrastrutture staticamente indipendenti. In base alla evoluzione nel tempo si distinguono i cedimenti immediati e i cedimenti differiti. Questi ultimi sono caratteristici dei terreni a grana fine, poco permeabili, e dei terreni organici. I cedimenti e gli spostamenti delle fondazioni e del terreno circostante possono essere

valutati con metodi empirici o analitici. Nel caso di terreni a grana media o grossa, i parametri anzidetti possono essere valutati sulla base dei risultati di indagini geotecniche in sito.

Le verifiche relative alle deformazioni (cedimenti) e agli spostamenti si effettuano adoperando i valori caratteristici dei parametri. Pertanto, si assegnano valori unitari ai coefficienti delle azioni (A) e dei parametri di resistenza (M).

La combinazione delle azioni (SLE, Stato Limite d'Esercizio) da considerare è la Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$Nd = G1 + G2 + P + \Psi_{21}Q_{k1} + \Psi_{22}Q_{k2} + \Psi_{23}Q_{k3} + \dots$$

dove:

Gi-esimo = azioni permanenti

P = precompressione

Q = azioni variabili

Ψ = coefficienti di combinazione che dipendono dalla natura dell'azione e della categoria dell'edificio.

Allo stato attuale non sono noti i carichi dell'opera in progetto e quindi risulta impossibile sviluppare la verifica degli Stati Limite d'Esercizio, per la quale occorre conoscere i carichi che verranno a prodursi sugli strati di fondazione per ricavare l'entità dei cedimenti attesi e procedere alla verifica e confronto con i cedimenti ammissibili d'esercizio per l'opera in esame. Occorrerà, una volta noti i carichi, che il Progettista strutturale dell'opera ricavi la combinazione delle azioni di progetto tenendo conto delle condizioni di carico più severe, considerando distintamente l'incidenza dei carichi permanenti e variabili, ai quali attribuirà i rispetti coefficienti di riduzione previsti dal D.M. 14/01/008.

In questa fase si è proceduto alla determinazione della pressione massima esercitabile dalle opere di fondazione in progetto sui terreni affinché i cedimenti totali (a 50 anni dalla costruzione) risultino inferiori a 30 mm, (valore di riferimento per strutture in c.a. come quelle in progetto) e affinché i cedimenti differenziali risultino inferiori a 10 mm.

Calcolo dei cedimenti

Per il calcolo dei cedimenti dei terreni di fondazione si è fatto riferimento alla relazione di Burland e Burbidge.

$$S = f_s f_h f_t [\sigma_{vo} B^{0.7} I_c/3 + (q' - \sigma_{vo}) B^{0.7} I_c]$$

dove:

f_s f_h f_t sono fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e della componente viscosa dei cedimenti.

B è la larghezza delle fondazioni

I_c è l'indice di compressibilità (tiene conto dei valori NSPT ricavati nel corso delle prove)

q' è la pressione efficace lorda (kPa)

σ_{vo} è la tensione verticale efficace agente alla quota d'imposta delle fondazioni (kPa)

Utilizzando il valore della pressione limite ricavato con il fattore di sicurezza **γ_R = 2.3** previsto dalla normativa, per le fondazioni ipotizzate si otterrebbero cedimenti immediati e totali elevati e non compatibili con le strutture in progetto.

Le caratteristiche dei terreni presenti permettono pertanto di adottare il seguente valore di pressione di esercizio **P_E**:

Opera in progetto	Tipo di fondazione	Larghezza fondazione (m)	Profondità fondazione da 0.00 (m)	P _E (kg/cm ²)	Cedimenti immediati (mm)	Cedimenti totali (mm)
Palazzine	Trave rovescia	1.5	3.5	2.00	11 - 13	< 20
Villette	Trave rovescia	1.5	1.0	1.00	14 - 16	13 - 27

I cedimenti teorici calcolati, immediati, assoluti e differenziali, sono compatibili con le strutture in progetto.

10 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Secondo il D.M. 17/01/2018 (articolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione") è possibile non effettuare la verifica alla liquefazione quando si manifesta almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

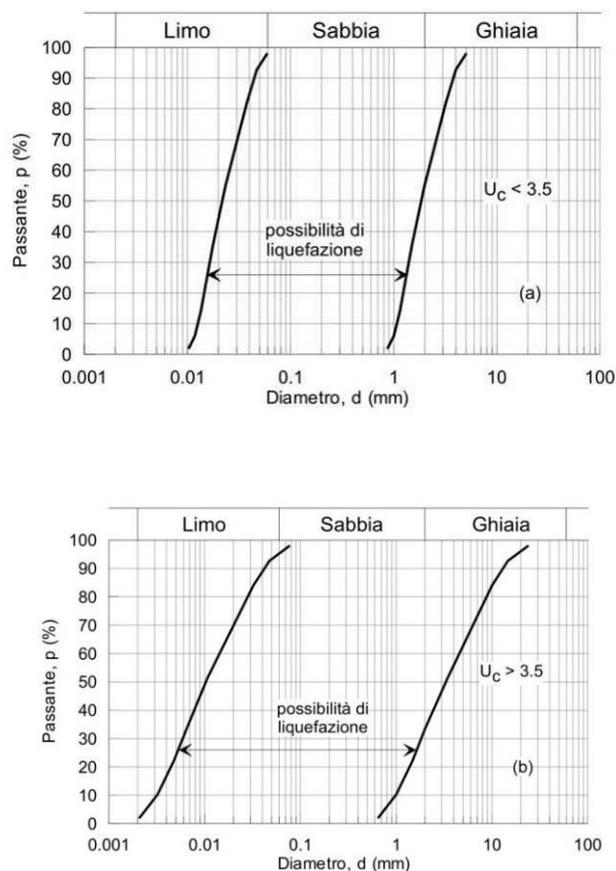


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nell'area in esame la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m rispetto al piano campagna; il manifestarsi di tale condizione esclude, per l'area oggetto di studio, la verifica alla liquefazione.

11 CONCLUSIONI

L'area in esame, sita in via Alberti nel comune di Paderno Dugnano (MI), è caratterizzata dalla presenza, in affioramento, di sedimenti appartenenti al DILUVIUM RECENTE (fluvioglaciale Würm): si tratta di depositi alluvionali derivanti dagli scaricatori glaciali, connessi con l'ultima fase glaciale quaternaria, quindi con clasti poligenici, arrotondati, eteromorfi.

Nell'area oggetto di studio è prevista la realizzazione di un nuovo complesso residenziale che risulterà costituito da due palazzine a tre piani fuori terra e da due villette a due piani fuori terra.

Per le due palazzine è inoltre prevista la presenza di un piano interrato comune che sarà adibito a box auto, mentre per le villette non sono previsti piani interrati.

E' previsto l'utilizzo di fondazioni dirette continue del tipo a trave rovescia impostate ad una profondità di almeno 4.5 m da p.c. per le due palazzine e impostate a circa 1.5 m da p.c. per le villette.

Nel mese di marzo 2022 è stata condotta un'analisi dell'area con esecuzione di 6 prove penetrometriche di tipo dinamico (S.C.P.T.) e di un'indagine sismica MASW.

Dal punto di vista geotecnico le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza di sedimenti caratterizzati da un grado di addensamento generalmente medio-basso e da caratteristiche geotecniche da scarse/modeste a discrete (Litozone A e B) fino alla profondità di 3.3/3.6 m da p.c.. Solo oltre tale quota si osserva, col passaggio alle Litozone C e D, un miglioramento delle caratteristiche geotecniche con presenza di sedimenti prevalentemente ben addensati fino alle massime profondità investigate.

Alla quota d'imposta delle fondazioni delle palazzine, circa 4.0 m dal p.c., le prove penetrometriche hanno rivelato la presenza di sedimenti caratterizzati da un alto grado di addensamento e da buone caratteristiche geotecniche.

Alla quota d'imposta delle fondazioni delle villette, circa 1.0 m dal p.c., le prove penetrometriche hanno rivelato la presenza di sedimenti caratterizzati invece da un medio-basso grado di addensamento e da modeste/discrete caratteristiche geotecniche.

I calcoli hanno dimostrato che sarà possibile utilizzare fondazioni dirette continue del tipo a trave rovescia impostate alle profondità indicate utilizzando il valore di pressione di esercizio riportato nel capitolo 9.

Il profilo sismico di tipo MASW effettuato nell'area in esame ha permesso di stimare una V_{s30} pari a 332 m/s, il sottosuolo dell'area ricade pertanto all'interno della categoria C. Sulla base delle caratteristiche topografiche del territorio, l'area rientra mediamente nella categoria **T1** (*Superficie pianeggiante, con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

Secondo i dati reperiti presso il SIF (Sistema Informativo Falda) della Provincia di Milano la soggiacenza media della falda nell'area indagata si attesta a una profondità comprese tra 20 e 30 m dal p.c.

Il tecnico incaricato
Dott. Geol. Riccardo Cortiana

