

DOTT. GEOLOGO MARIO ALESSANDRO BENIGNA

Via G. Mazzini 132 Lumezzane S.S. (BS)

Telefono 030-820051 cell. 333.6492981

Mail. mariobenigna@hotmail.it

**ACCORDO DI PROGRAMMA PROGETTO PORTELLO
PARCO PUBBLICO - COMPLETAMENTO FASE 4
PROGETTO DEFINITIVO - SCIA art.23
INCROCIO TRA VIALE R. SERRA E A. DE GASPERI
IPER IPERMONTELLO S.P.A.**

COMUNE DI MILANO (BS)

**RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA PERICOLOSITA' SISMICA
CON CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO**

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1. Normative di riferimento	4
2 ESAME DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA ALLEGATA AL P.G.T. VIGENTE	5
2.1 Carta di fattibilità geologica	5
2.2 Carta del rischio idrogeologico	5
2.3 Carta della pericolosità sismica	6
3 DESCRIZIONE DEL SITO, GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA.	6
4 BREVI CONSIDERAZIONI SULL'INTERVENTO.	7
4.1 Relazione sulle indagini con ubicazione, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno.	8
4.2 Prove penetrometriche dinamiche SCPT	8
4.3 Verifica alla liquefazione	10
5 RELAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA	12
5.1 Determinazione del periodo proprio del terreno	12
5.2 Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito	13
5.3 Analisi 1° livello	13
5.4 Analisi 2° livello	14
5.5 Definizione della categoria di terreno e dello spettro di risposta elastico (Testo Unico:Norme tecniche per le costruzioni)	15
6. MODELLO GEOLOGICO	17
7. MODELLO GEOTECNICO	17
8. CONCLUSIONI	19
Allegati: prove penetrometriche SCPT	

Lumezzane 27 maggio 2020

1. Premessa

Su richiesta e per conto della Ipermontebello s.p.a., si è eseguito lo studio geologico e sismico dell'area interessata dalla realizzazione di un nuovo muro di contenimento tra viale Renato Serra incrocio A. De Gasperi, in loc. Portello, in Comune di Milano (MI). L'intervento prevede la realizzazione di un muro in c.a. rettilineo, all'interno del parco pubblico presente. Il muro prevede, in tutto, un'altezza di 6.10 m parapetto compreso. La relazione è stata redatta considerando i contenuti della L.R. 41/97 e della legge della LR 12¹ ed in particolare quanto disposto nell'allegato 5² e **D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374, dall'aggiornamento delle N.T.C. DM. 17.01.2018 e circ. del 21/01/19 pubblicato sulla G.U. del 11/02/19 S.O. n.5,** nonché **la L.R. 33/2015, in materia di costruzioni in zona sismica.** L'area è compresa nella sezione n° B6b2 Milano (C.T.R. alla scala 1:10000).



A tal proposito si sono eseguiti:

- Contatti con il progettista e sopralluogo in data 23/05/2020,
- rilevamento geologico e geomorfologico in data 23/05/2020,
- esecuzione di 3 prove sismiche a stazione singola per la determinazione della frequenza di vibrazione del suolo (Legge regionale 12/2005) in data 23/05/2020,
- esecuzione di n. 3 prove geognostiche SCPT in data 23/05/2020,
- esame della documentazione esistente allegata al PGT del Comune,
- raccolta dati da lavori eseguiti nelle immediate vicinanze in precedenza,

¹ Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12.

² analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei piani di governo del territorio

Si riportano pertanto di seguito gli estratti mappa dell'area interessata dall'intervento, e provenienti dall'esame delle carte del Piano di Governo del Territorio del Comune, attualmente in vigore:

- Carta di fattibilità,
- Carta del rischio idrogeologico,
- Carta della pericolosità sismica.

L'esame della cartografia allegata al PGT del Comune di Milano (MI), evidenzia come l'area ricada in **classe di fattibilità 2, Fattibilità con modeste limitazioni** ²³. La classe di fattibilità 2 si riferisce a: Area stabile coincidente con zone di pianura caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche.

1.1. Normative di riferimento

Ci si è riferiti alle principali normative vigenti:

Circ. del 21/01/19 pubblicato sulla G.U. del 11/02/19 S.O. n.5

Aggiornamento delle N.T.C. DM. 17.01.2018.

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Leggi regionali

- Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. n. 12 del marzo 2005.e **D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374**
- Delibera della Giunta Regionale della Regione Lombardia del 22.03.96 n.6/10350: "Regolamento per i termini e le modalità di controllo da effettuarsi sulle costruzioni in zone sismiche regionali".
- LR. 33/2015, in materia di costruzioni in zona sismica.

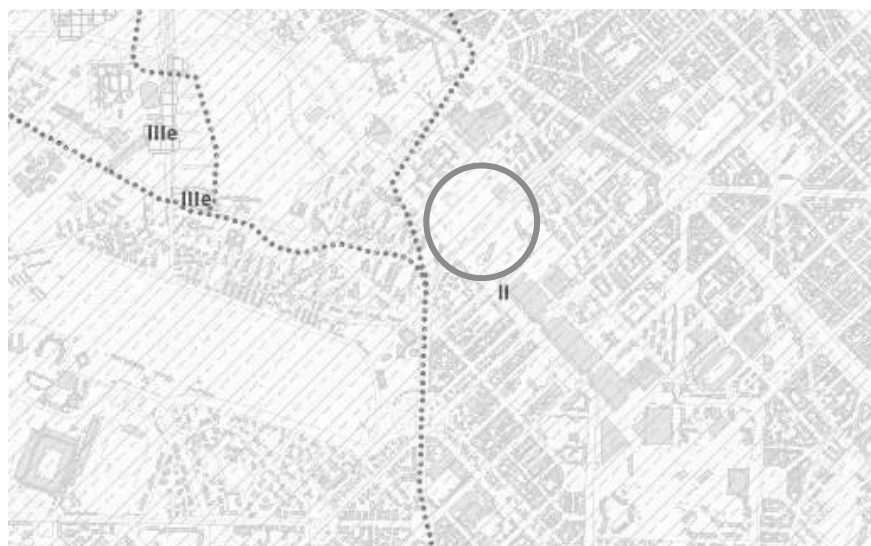
Tali normative, insieme ad altre ad esse collegate ed alle numerose circolari che ne illustrano i principi applicativi, cercano di regolare il tipo di indagine, i calcoli richiesti, le verifiche necessarie ed i professionisti abilitati, per la stesura delle relazioni geologiche e geotecniche riguardanti, tra le altre cose, le opere di fondazione, con particolari prescrizioni per quelle realizzate in zona sismica.

³ Norme Tecniche di attuazione, e PGT del 2019. Le immagini sono pertanto tratte dalla documentazione allegata alla componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del PGT in attuazione alla L.R. 11 Marzo 2005 n.12. del Comune di Milano.

2 Esame della cartografia geologica allegata al P.G.T. vigente

2.1 Carta di fattibilità geologica

L'esame della carta di fattibilità geologica, e le relative norme tecniche di attuazione attribuiscono all'area in esame la classe di fattibilità 2. **Fattibilità con modeste limitazioni.** Si tratta di aree nelle quali, in generale, sono ammissibili tutte le categorie di opere edificatorie. La morfologia è pianeggiante e la litologia è sabbioso ghiaiosa con falda generalmente a quota > dei 5 m.



Tale carta evidenzia come l'area sia sostanzialmente stabile, senza quindi particolari problematiche di fattibilità. L'intervento è comunque tale da non creare problemi all'eventuale falda sottostante.

2.2 Carta del rischio idrogeologico

Nella carta idrologica e idrogeologica viene evidenziato il reticolo idrico minore e principale nonché la presenza di eventuali pozzi e sorgenti. Questo permette di attribuire al substrato valori perlomeno indicativi di permeabilità e trasmissività. Dall'esame di tale carta non risultano presenti nelle immediate vicinanze elementi che potrebbero interferire con la struttura. I depositi presenti vengono classificati come a vulnerabilità moderata.



Tale carta non evidenzia problematiche idrogeologiche al contorno. E' presente il torrente Olona, intubato.

2.3 Carta della pericolosità sismica

La carta della pericolosità sismica locale individua attraverso la perimetrazione, le aree in grado di determinare gli effetti sismici locali, quali amplificazioni. L'intervento sarà effettuato su un'area interessata dalla presenza di depositi fluviali e ricadente in zona Z4a.

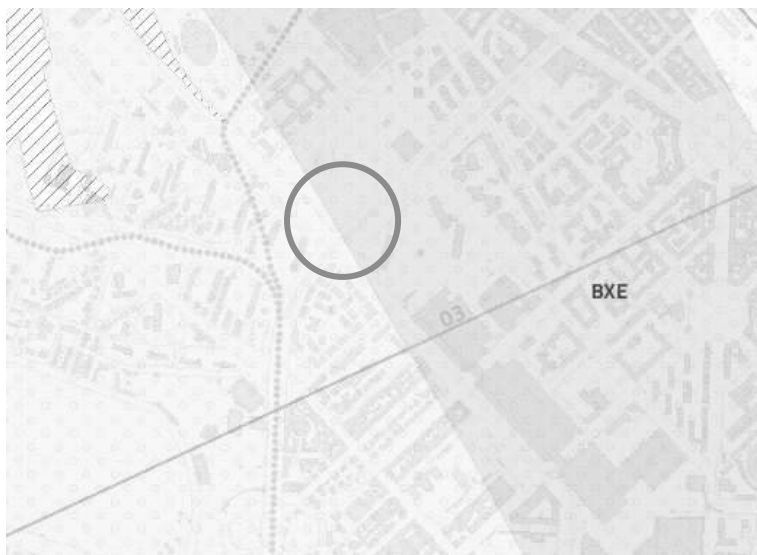


Si rammenta inoltre che l'ordinanza del 20 marzo 2003 n. 3274, e la L.R. n. 12 dell'11 Marzo 2005 classificava il Comune di Milano come comune sismico di quarta categoria, (zona 4).

Con D.G.R. del 11/7/2014 n. X/2489 (aggiornamento delle zone sismiche in Lombardia) l.r.1/2000, art 103, comma 108, lettera d, il Comune di Milano viene declassato in terza categoria (zona 3).

3 Descrizione del sito, geomorfologia e geologia.

L'area indagata è ubicata nel Comune di Milano (MI), in loc. Portello, tra viale R. Serra a sud, e A. del Gasperi a occidente, a una quota di 120 m circa s.l.m., su un'area pianeggiante



Al contorno il sito è caratterizzato da intensa urbanizzazione con edifici a schiera disposti anche su più piani e edifici di tipo commerciale e artigianale.

Da un punto di vista geomorfologico l'area non presenta forme di particolare rilievo. A seguito della coltivazione intensiva prima, e dell'antropizzazione poi, eventuali ondulazioni originarie sono state del tutto cancellate.

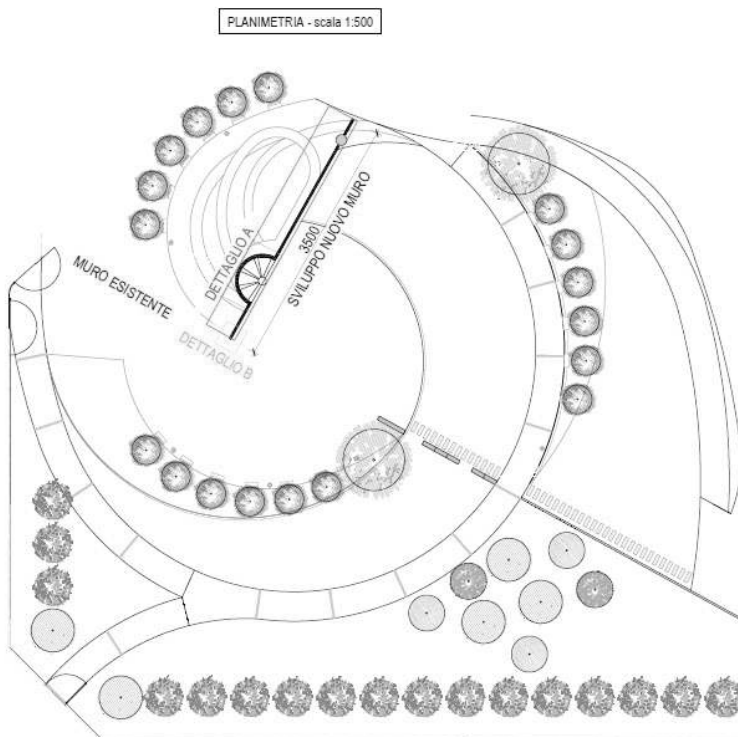
Da un punto di vista geologico l'area è contraddistinta dalla presenza di depositi quaternari, fluvioglaciali, caratterizzati dalla presenza di ghiaie e ghiaie sabbiose poligeniche con matrice sabbioso e sabbioso limosa, ricoperte da una coltre eluvio colluviale di materiale fine, limoso argilloso anche metrico, che localmente può

caratterizzarsi in sabbie, con caratteristiche geotecniche variabili. L'orizzontalità dell'area, risultato di precedenti interventi, denota la presenza di materiale di riporto anche qui di spessore non noto.

In particolare nell' area in studio il substrato originario non è visibile essendo la zona intensamente urbanizzata. Le prove eseguite sul piazzale esistente evidenziano la presenza di depositi con addensamento variabile, a struttura lentiforme, con tutta probabilità riporti superficiali, e alternanze di limi e sabbie con ghiaie.

4 Brevi considerazioni sull'intervento.

L'intervento in questione consiste nella realizzazione di un nuovo muro in c.a., posizionato, in lato meridionale del Parco Industria Alfa Romeo Portello, all' interno di un' area verde, dove sorgeva un vecchio stabilimento di automobili. La struttura sarà in c.a con altezza pari a circa 6.10 m parapetto compreso.



L'area di intervento risulta attualmente in fase di sistemazione, e si è potuto rilevare la presenza di ghiaie e sabbie miste a materiale di riporto.

In considerazione della lunghezza del manufatto si è ritenuto opportuno eseguire n. 3 prove SCPT, e n. 3 prove sismiche a stazione singola, per la determinazione della frequenza di vibrazione del suolo.

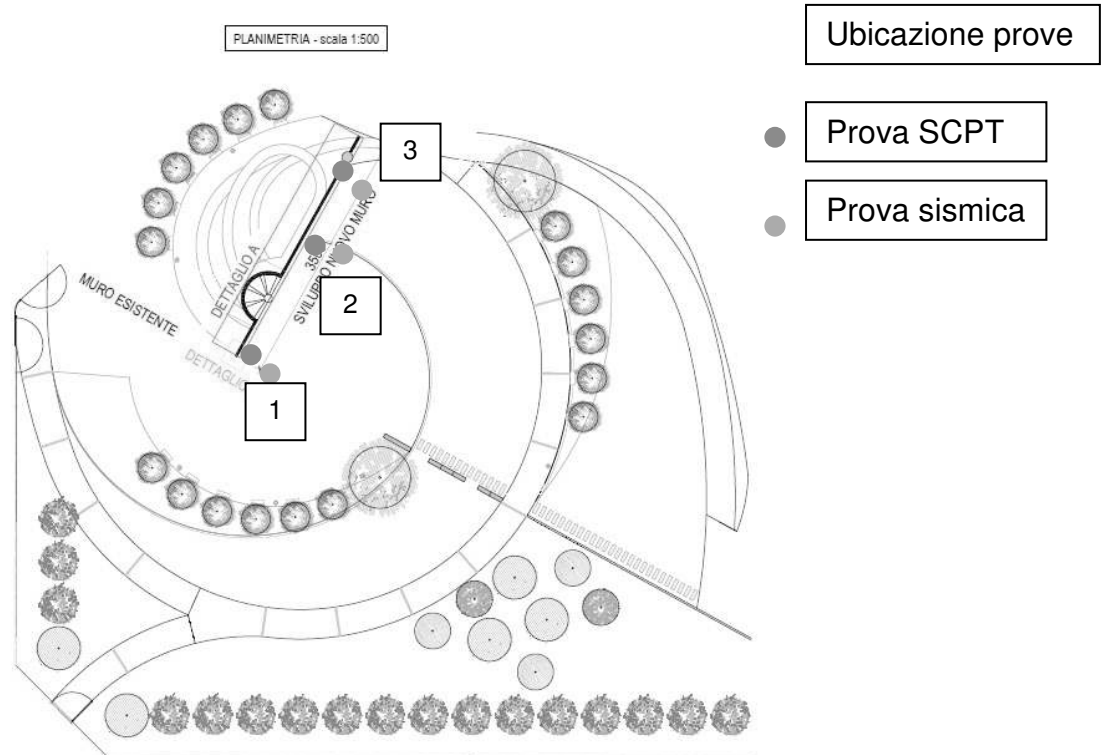
Per lo studio geologico si è fatto riferimento al PGT del Comune di Milano (MI) aggiornato all'anno 2019.

Dall' esito delle prove è emersa una litologia costituita, con tutta probabilità (anche prendendo come

riferimento sondaggi eseguiti nelle vicinanze) da riporti superficiali di spessore variabile, e alternanze lentiformi di limi sabbiosi e ghiaie sabbiose dalle medie caratteristiche geotecniche.

4.1 Relazione sulle indagini con ubicazione, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno.

Al fine di verificare la stratigrafia dei depositi, si sono eseguite tre prove SCPT spinte fino a - 10.00m circa dal p.c., e n. 3 prove sismiche a stazione singola per la determinazione della frequenza di vibrazione del suolo. Le prove evidenziano la presenza di depositi a componente granulare e costituiti prevalentemente da alternanze di riporti e sabbia limosa con ghiaia.



4.2 Prove penetrometriche dinamiche SCPT

Per la caratterizzazione dal punto di vista geotecnico dell'area, e al fine di ricostruirne la geometria dei depositi, si sono eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche a punta conica SCPT utilizzando un penetrometro dinamico SCPT (tipo Meardi) che ha le seguenti caratteristiche standard: peso del maglio 73 kg, altezza di caduta 75 cm, peso aste per m 7.0 Kg. I valori ottenuti sono stati trasformati poi in N_{SPT} mediante una costante.

In allegato sono riportati i diagrammi relativi al numero di colpi necessari per un affondamento della punta del penetrometro con avanzamento di 30 cm secondo gli standard, il numero di colpi per tratti omogenei, l'angolo di attrito, l'addensamento e i parametri E per terreni granulari. Le prove SCPT eseguite, e spinte fino al rifiuto, si sono svolte per ciascun lotto nella parte centrale, dove verranno posizionati i nuovi edifici. Non è stata rilevata la presenza di acqua di falda, ma di umidità sulle aste.

Le prove evidenziano depositi dalle buone caratteristiche geotecniche nei lotti 4-3, caratteristiche che diminuiscono passando ai lotti 2 e 1.

Prova SCPT n.1 piano campagna

Correlazioni prova SPT

Profondità (m)	N° Colpi SPT	Ipotesi granulare				Ipotesi granulare			
		Dr (%)	ϕ' (°)			ϕ' (°)			
			Gibbs & Holtz 1957	Peck- Hanson	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Mitchell & Katti (1981)
0.0-0.60	30	60-65	35	28	36	36	39	32	36
0.60-2.70	16	40-45	31	24	32	31	36	30	30
2.70-4.80	7	20-25	29	22	30	29	32	<30	25
4.80- 10.2	26	45-50	34	27	35	29	38	32	34
>10.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Moduli di deformazione

Profondità (m)	N° Colpi SPT	M ₀ (Kg/cm ²) t. coesivi			E ₀ (Kg/cm ²)		
		Vesic (1970)	Stroud e Butler (1975)	Buisman-Sanglerat	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Bowles (1982) Sabbia Media
0.0-0.60	30	-	-	-	390	240	220
0.60-2.70	16	-	-	-	290	135	160
2.70-4.80	7	-	-	-	65	62	---
4.80- 10.2	26	-	-	-	365	200	200
>10.2	-	-	-	-	-	-	-

Dr = densità relativa in %, ϕ' = angolo di attrito efficace (°), Cu = coesione non drenata (Kg/cm²) E₀ = modulo di deformazione drenato (Kg/cm²) M₀ = Modulo edometrico, (Kg/cm²)

Prova SCPT n.2 più 5 m dal p.c.

Correlazioni prova SPT

Profondità (m)	N° Colpi SPT	Ipotesi granulare				Ipotesi granulare			
		Dr (%)	ϕ' (°)			ϕ' (°)			
			Gibbs & Holtz 1957	Peck- Hanson	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Mitchell & Katti (1981)
0.0-0.90	37	70-75	37	30	38	35	41	35-38	38
0.90-3.60	7	20-25	29	22	30	30	32	<30	25
3.60-4..50	26	50-55	34	27	35	30	38	32-35	34
4.50-7.50	8	20-25	29	22	30	28	32	<30	26
7.50-9.30	48	75-80	40	33	41	30	42	35-38	41
>9.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Moduli di deformazione

Profondità (m)	N° Colpi SPT	M ₀ (Kg/cm ²) t. coesivi			E ₀ (Kg/cm ²)		
		Vesic (1970)	Stroud e Butler (1975)	Buisman-Sanglerat	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Bowles (1982) Sabbia Media
0.0-0.90	37	-	-	-	430	290	260
0.90-3.60	7	-	-	-	---	58	---
3.60-4..50	26	-	-	-	360	210	200
4.50-7.50	8	-	-	-	---	65	---
7.50-9.30	48	-	-	-	500	380	300
>9.30	-	-	-	-	-	-	-

Dr = densità relativa in %, ϕ' = angolo di attrito efficace (°), Cu = coesione non drenata (Kg/cm²) E₀ = modulo di deformazione drenato (Kg/cm²) M₀ = Modulo edometrico, (Kg/cm²)

Prova SCPT n.3 più 5 m dal p.c.

Correlazioni prova SPT

Profondità (m)	N° Colpi SPT	Ipotesi granulare				Ipotesi granulare			
		Dr (%)	ϕ' (°)				ϕ' (°)		
			Gibbs & Holtz 1957	Peck-Hanson	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Mitchell & Katti (1981) Shioi-Fukuni 1982
0.0-0.60	51	80-85	41	34	42	37	42	>38	42
0.60-2.10	23	50-55	33	26	34	33	38	30-32	33
2.10-3.90	7	20-25	28	21	29	29	32	<30	25
3.90-5.10	20	45-50	32	25	33	30	37	30-32	32
5.20-9.90	8	20-25	29	22	30	28	33	<30	26
>9.90	Rif.	-	-	-	-	-	-	-	-

Moduli di deformazione

Profondità (m)	N° Colpi SPT	M ₀ (Kg/cm ²)			E ₀ (Kg/cm ²)		
		Vesic (1970)	Stroud e Butler (1975)	Buisman-Sanglerat	Tan e Altri 91	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Bowles (1982) Sabbia Media
0.0-0.60	51	-	-	-	509	408	330
0.60-2.10	23	-	-	-	347	189	193
2.10-3.90	7	-	-	-	---	54	---
3.90-5.10	20	-	-	-	323	164	177
5.20-9.90	8	-	-	-	---	68	---
>9.90	-	-	-	-	-	-	-

Dr = densità relativa in %, ϕ' = angolo di attrito efficace (°), Cu = coesione non drenata (Kg/cm²) E₀ = modulo di deformazione drenato (Kg/cm²) M₀ = Modulo edometrico, (Kg/cm²)

Le prove evidenziano una stratigrafia caratterizzata da addensamento dei depositi variabile. I depositi risultano a componente prevalentemente granulare e costituiti da alternanze di riporti e sabbie limose con ghiaie. Come evidenziato dalle prove, il piano di appoggio della fondazione coincide con la presenza di depositi dalle caratteristiche geotecniche scarse.

4.3 Verifica alla liquefazione

In senso stretto 'liquefazione' è lo stato fisico in cui può venire a trovarsi un terreno **sabbioso saturo** quando la sua resistenza al taglio si riduce drasticamente per effetto dell'incremento e dell'accumulo delle pressioni interstiziali.

Durante lo scuotimento sismico (carico dinamico e ciclico) si realizzano condizioni non drenate \Rightarrow l'acqua rimane intrappolata nei vuoti e la pressione interstiziale con variazione di Δu e conseguente variazione della resistenza al taglio:

$$\tau = \sigma' \operatorname{tg} \phi' = (\sigma - u - \Delta u) \operatorname{tg} \phi'$$

Se la deformazione di taglio γ indotta dalla sollecitazione è maggiore di γ_v , la Δu media è progressivamente crescente \Rightarrow la resistenza al taglio può ridursi drasticamente fino ad annullarsi (per $\Delta u = \sigma'$ iniziale) e il terreno tende a comportarsi come un fluido viscoso.

La liquefazione è influenzata da:

- comportamento contraente o dilatante, funzione dello stato di addensamento (Dr , e) e della pressione media efficace di confinamento ($\sigma' 0$),

- distribuzione granulometrica (D50, U_c, C_F),
- storia tensionale (OCR),
- grado di saturazione (S_r),
- condizioni di drenaggio (impedito o semimpedito, ad es. dalla presenza di stati drenanti intercalati ai terreni liquefacibili),
- sforzi di taglio statici preesistenti e resistenza residua (τ_D , τ_r),

La liquefazione può verificarsi quando sono verificate simultaneamente le seguenti condizioni:

- Profondità dello strato < 15÷20 m dal p.c.
- Profondità della falda < 5 m,
- Densità relativa $D_r < 60\%$,
- Diametro medio $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$,
- Magnitudo > 5.5 PGA > 0.15 g durata > 15-20 sec.

Nel nostro caso le prove eseguite confermano quanto rilevato dal PGT del Comune di Milano, con falda oltre i 13.00 m dal p.c.



5 Relazione sulla pericolosità sismica

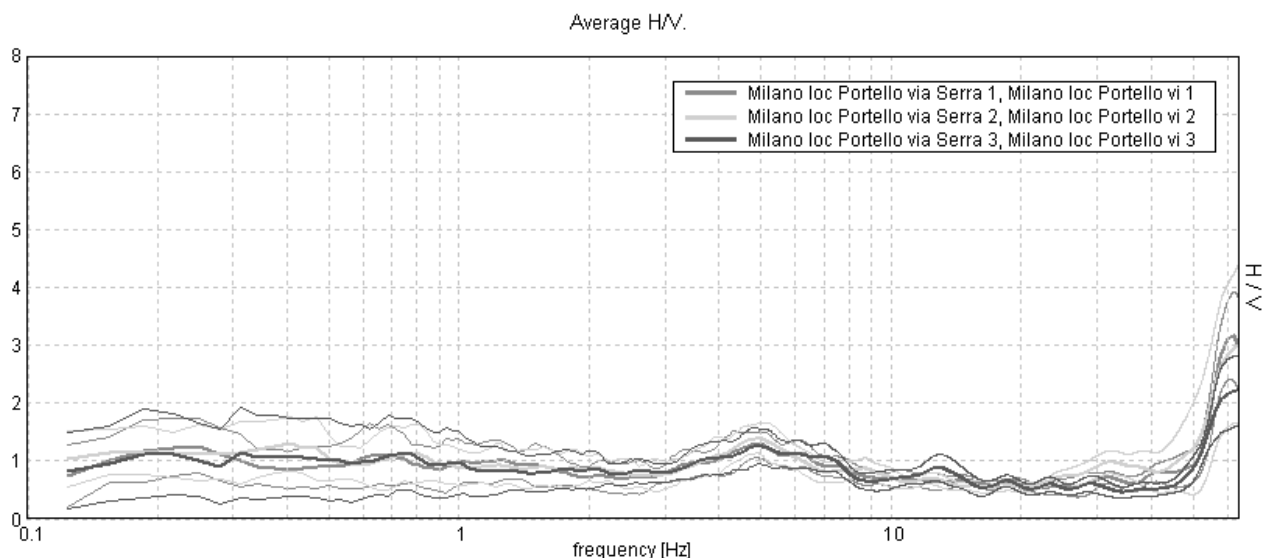
5.1 Determinazione del periodo proprio del terreno

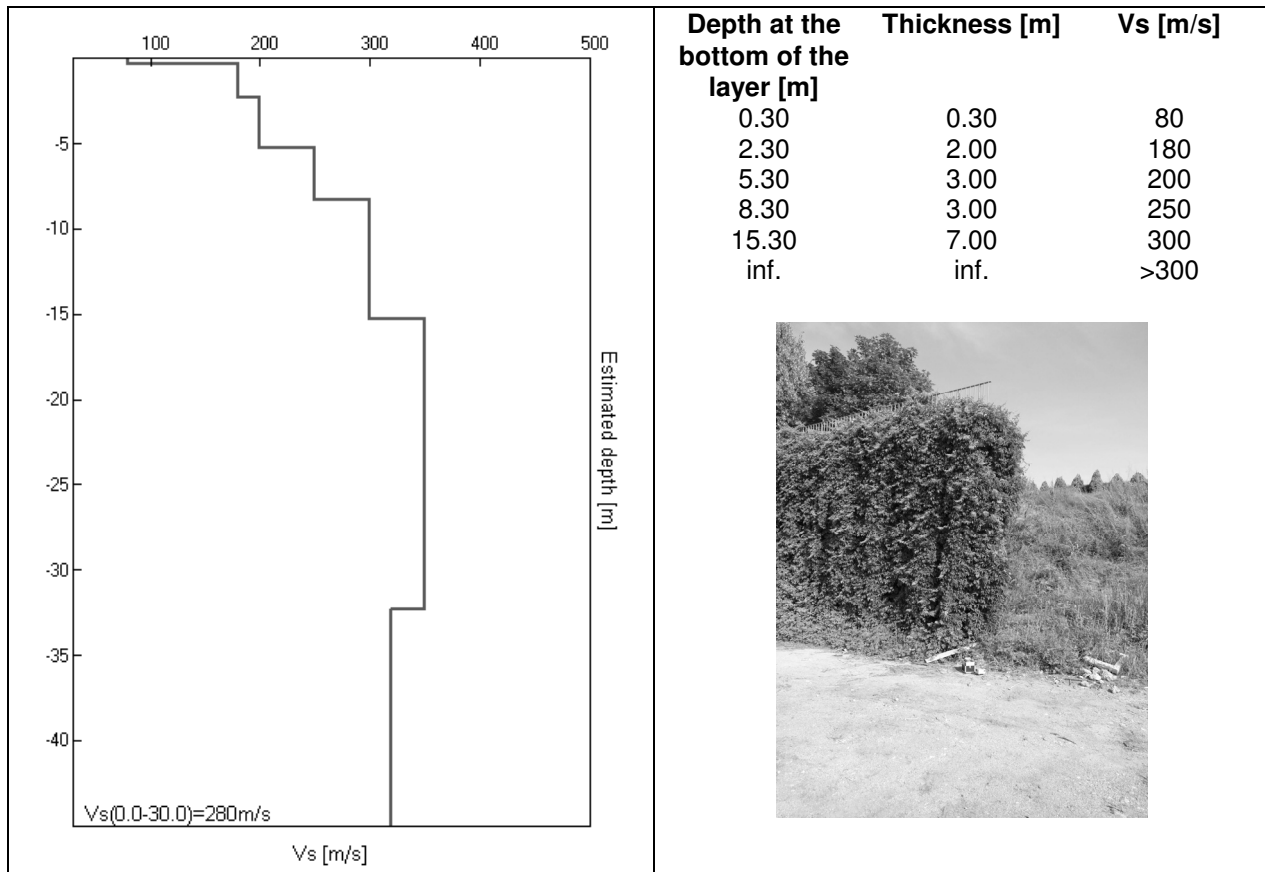
La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio è basata sulla misura a stazione singola del tremore sismico. Questa misura, attraverso i rapporti spettrali porta alla determinazione immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale, che il V_{s30} .

La validità pratica del metodo è quella di fornire le frequenze proprie del modo di vibrare di un sito. Si può quindi verificare se queste frequenze ricadano all'interno di quelle tipiche di terremoti di piccola magnitudo per valutare la possibile instaurazione di effetti di amplificazione locale.

Misura 1-2-3

I test eseguiti mostrano una curva dei rapporti spettrali sostanzialmente piatta a indicare uniformità nella litologia. Non sono evidenti picchi, se non uno, poco evidente, a circa 5 Hz, che si colloca a circa 15.00 m di profondità, a indicare un cambio nell'addensamento della stessa. Di conseguenza si è in presenza di un terreno con $V_{s30} \sim 280$ m/s e $V_{eq} = 297$ m/sec e per l'area indagata, considerando il picco a 5.00 Hz, il periodo T significativo è di 0.20s, mentre il periodo T , ricavabile considerando il profilo delle velocità ottenuto con la prova sismica, è di 0.43s. Le velocità tendono a collocare l'area in categoria C. Il sito ricade pertanto in categoria C.





5.2 Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito⁴

Si applica la procedura secondo quanto disposto dalla L.R. 12 per il PGT all. 5 per l'analisi e la valutazione degli effetti sismici locali.

La finalità dell'analisi sismica proposta dalla Legge Regionale 12 è individuare se nel sito in esame possono instaurarsi amplificazioni locali maggiori rispetto a quelle descritte dallo spettro di risposta dalla normativa nazionale.

5.3 Analisi 1° livello

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento.

La zona è caratterizzata da depositi fluviali antichi e ascrivibile alla classe di pericolosità Z4a con amplificazioni litologiche e morfologiche.

Dal punto di vista dell'amplificazione morfologica non si evidenzia nessun tipo di forma che potrebbe dare luogo a questo tipo di fenomeno, mentre dovranno essere prese in considerazione eventuali amplificazioni litologiche.

⁴ finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei piani di governo del territorio

Tab. 1

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche

Tab. 2

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Classe di PERICOLOSITA' SISMICA
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°

5.4 Analisi 2° livello

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (nel nostro caso litologiche Z4a) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

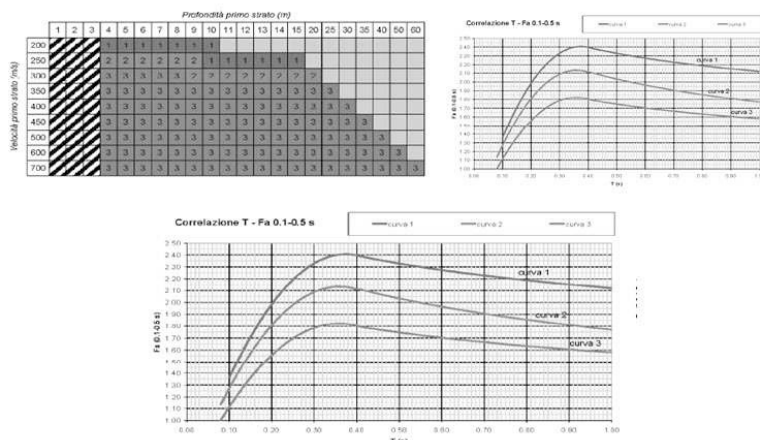
- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, **considerando una variabilità di ± 0.1** che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s , utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Tabella 3:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374	intervallo	B	C	D	E
Milano	0.1 - 0.5	1,4	1.8	2.2	2.0



Con riferimento alla scheda litologica sabbiosa II, e considerando i periodi T pari 0.20 s, e 0.02 s, l' Fa è inferiore al valore di soglia per un suolo di tipo C,

$$Fa = 1.61 < 1.8 \quad Fa = 1.69 < 1.8$$

La normativa nazionale è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si dovrà applicare lo spettro previsto dalla normativa.

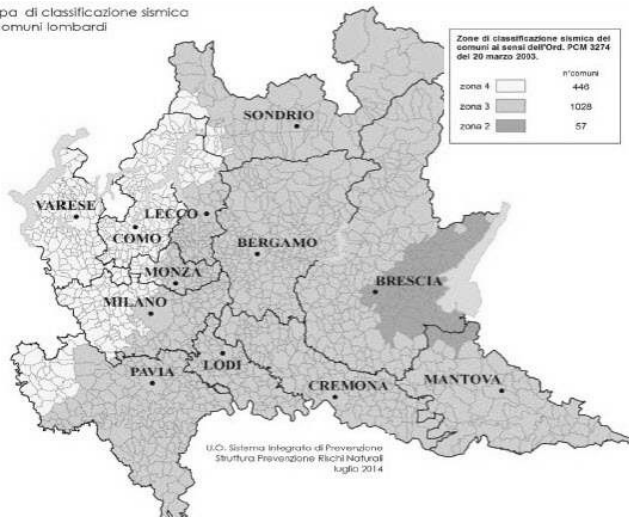
5.5 Definizione della categoria di terreno e dello spettro di risposta elastico (Testo Unico: Norme tecniche per le costruzioni)

Il territorio del Comune di Milano (BS) secondo la nuova ordinanza è stato inserito nelle zone sismiche **in fascia 8** (Nelle Norme NTC 2008 e nella circolare 2009⁵, si è suddiviso il territorio regionale in fasce⁶ caratterizzate da severità sismica omogenea. In particolare sono state individuate **8 fasce** nelle quali i comuni presentavano valori di accelerazione massima attesa al suolo (Gruppo di Lavoro, 2004) e valori dell'ordinata spettrale massima (NTC, 2008) compresi in un range del $\pm 10\%$ dal valore medio, nel nostro caso 0.357-0.395). 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. Il 20 marzo del 2004 era stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "**Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica**", pubblicata sul **supplemento**

⁵ Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008. Gazzetta Ufficiale, n. 47 del 26 febbraio 2009, Supplemento Ordinario n. 27, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

⁶ definizione di procedure per la valutazione degli effetti sismici di sito nel territorio lombardo (rapporto integrativo dell'aprile 2009, individuazione degli accelerogrammi registrati)

Mappa di classificazione sismica
dei comuni lombardi



ordinario 72 alla GU n° 105 dell' 8 maggio 2003, con la quale sono stati approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche" e la 3316⁷ poi 3452; era stata poi approvata la nuova legge "Norme Tecniche per le Costruzioni" 2005. **Con il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008** sono state approvate le nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni**. La parte relativa alla **determinazione delle azioni sismiche** rappresenta una delle principali novità del nuovo testo normativo che abbandona il concetto di "Zone Sismiche", il documento

introduce un nuovo metodo di calcolo che considera la *maglia elementare di riferimento* come più preciso parametro per la classificazione sismica del territorio.

Secondo queste norme i nuovi edifici saranno calcolati secondo la norma in parte riferibile all'Eurocodice 8 e l'azione sulle fondazioni non più con le tensioni ammissibili ma con gli stati limite. Viene introdotto in sostituzione dei coefficienti di fondazione α l'effetto del sito e sono previste cinque classi di terreni (A, B, C, D, E + S1 e S2), identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche, rilevate nei primi 30 m, e definite da parametri indicati nell'EC8, e precisamente: velocità delle onde S, numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata; vengono inserite specifiche norme per il progetto delle fondazioni e delle opere di sostegno. 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. Con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129, nonché la L.R. 33/2015, **in materia di costruzioni in zona sismica**, la Regione Lombardia, ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni. Il Comune di Milano (BS) è stato inserito in terza categoria.

C-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.

Con le nuove norme tecniche 2018 il par. 3.2.2. indica come 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/sec, definita dall'espressione,

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

⁷ 3316 (Modifiche ed integrazioni agli allegati 2, 3 e 4 dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003)

hi = spessore iesimo strato *Vsi* = vel. onde nell' iesimo strato *N* = numero di strati *H* = prof. substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiori a 800 m/s

Nei riguardi della liquefazione il suolo non è liquefacibile per assenza di falda.

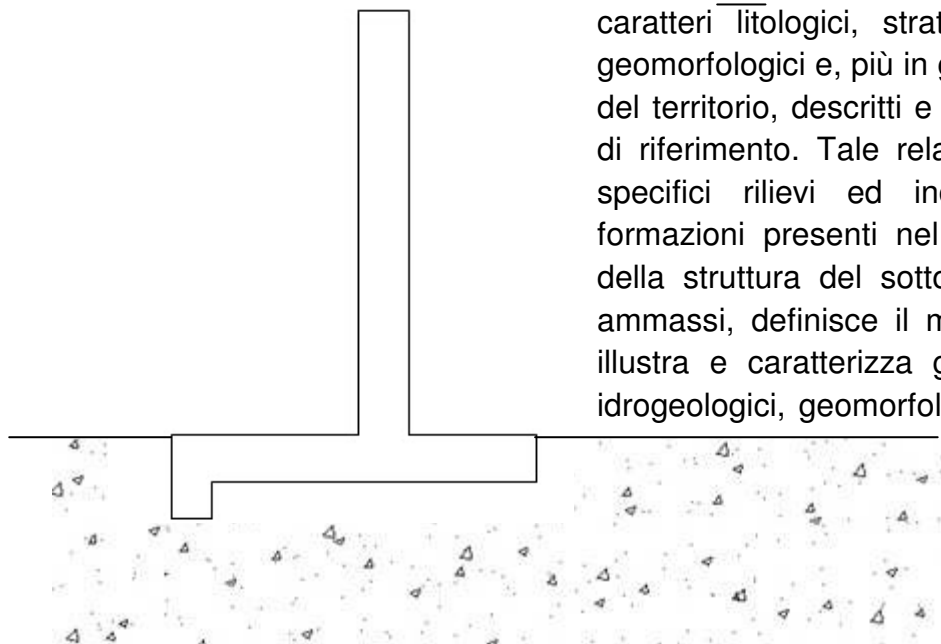
I terreni appartengono alla classe sismica C e categoria topografica T1.

Coordinate geografiche del sito in esame, in ED50.

latitudine: 45,487323 [°] longitudine: 9,144161 [°]

6. Modello geologico

Il paragrafo 6.2.1. del SUP. ORD. n.8 serie generale n. 42 del 20/2/2018 recita: "Il Modello Geologico è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi tipi di 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. 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.

Limi sabbiosi e ghiaie
sabbiose

7. Modello geotecnico

L'Eurocodice 7 ("*Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules*"), introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU (stati limite ultimi ovvero potenziale presenza di una superficie di rottura) o di SLE (stati limite di esercizio ossia deformazioni di tipo elastico o di consolidazione a prescindere dallo stato di rottura). Lo stesso concetto fa parte della più ampia trattazione agli stati limite (SL),

volta ad armonizzare la progettazione strutturale con quella geotecnica.

Nelle nuove norme tecniche 2018, il paragrafo 6.2.2. del SUP. ORD. n.8 serie generale n. 42 del 20/2/2018 recita che 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. 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,

Dalla correlazione dei risultati delle prove in sito, e in laboratorio si è elaborato un modello geotecnico che prevede delle superfici piano parallele al versante dei depositi (approssimando l'interpretazione) nell'intorno in esame.

Per **volume significativo** si intende il volume entro il quale l'incremento della tensione verticale efficace $\Delta\sigma_v'(z)$ eccede di oltre il 10 % la tensione verticale efficace preesistente $\sigma'_{vo}(z)$ in assenza di sovraccarichi:

$$\Delta\sigma_v' \geq 1/10 \sigma'_{vo}(z)$$

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. Il **volume significativo da indagare** è costituito dalla massa di terreno entro la quale si risentono gli effetti dell'intervento. Nel nostro caso modifiche dello stato tensionale per aumenti di pressione (es. fondazioni) o scarichi tensionali (scavi) e variazioni nel regime delle acque sotterranee per drenaggi o impermeabilizzazioni indotti dalle opere

Sulla base della stratigrafia dello scavo eseguito e della prova sismica, si è modellizzato il terreno nell'area interessata dell'intervento. A tal proposito si considera, per uno spessore di 10.00 m, un livello costituito da ghiaia sabbiosa mediamente addensata, seguito da ghiaia sabbioso limosa ad addensamento maggiore. Superficialmente si considera la presenza di riporti ghiaioso limosi.

Il substrato presenta pertanto medie capacità portanti. I valori del modello geotecnico risultano comunque conservativi.

Modello geotecnico ai parametri caratteristici

Spessori	Litologia	γ nat t/mc	ϕ' (°)	Cu Kg/cm²	E' Kg/cm²
0.00-5.00	Riporti e limi sabbiosi	1.80-1.90	27	0	80

USCS=Classificazione litologica secondo l'USCS γ =peso di volume del terreno espresso in kN/mc o in t/mc Dr=densità relativa in % ϕ' angolo d'attrito interno del terreno espresso in gradi ° Cu=coesione del terreno espressa in kg/cm² o in KPa E=modulo di deformazione

Come evidenziato dalle prove, il piano di appoggio della fondazione coincide con la presenza di depositi dalle caratteristiche geotecniche scarse.

8. Conclusioni

Su richiesta e per conto della Ipermontebello s.p.a., si è eseguito lo studio geologico e sismico dell'area interessata dalla realizzazione di un nuovo muro di contenimento tra viale Renato Serra incrocio A. De Gasperi, in loc. Portello, in Comune di Milano (MI). L'intervento prevede la realizzazione di un muro in c.a. rettilineo, all'interno del parco pubblico presente. Il muro prevede, in tutto, un'altezza di 6.10 m parapetto compreso. La relazione è stata redatta considerando i contenuti della L.R. 41/97 e della legge della LR 12 ed in particolare quanto disposto nell'allegato 5 e **D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374, dall'aggiornamento delle N.T.C. DM. 17.01.2018 e circ. del 21/01/19 pubblicato sulla G.U. del 11/02/19 S.O. n.5, nonché la L.R. 33/2015, in materia di costruzioni in zona sismica.** L'area è compresa nella sezione n° B6b2 Milano (C.T.R. alla scala 1:10000).

L'esame della cartografia allegata al PGT del Comune di Milano (MI), evidenzia come l'area ricada in **classe di fattibilità 2, Fattibilità con modeste limitazioni 2**. La classe di fattibilità 2 si riferisce a: Area stabile coincidente con zone di pianura caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche.

Da un punto di vista geologico l'area è contraddistinta dalla presenza di depositi fluviali caratterizzati dalla presenza di limi, limi sabbiosi e ghiaie sabbiose poligeniche, ricoperte da una coltre di materiale di riporto, con caratteristiche geotecniche variabili.

Le prove eseguite consistono in tre prove penetrometriche dinamiche SCPT, spinte fino a 10.0 m di profondità, e tre prove sismiche a stazione singola. Queste hanno evidenziato una litologia a carattere granulare, senza presenza di acqua.

Il nuovo muro, in c.a. presenterà una lunghezza complessiva di 35 m e sarà vincolato, in lato sud, a quello esistente, mentre in lato nord, per 10,0 m circa, sarà parzialmente interrato.

In virtù di quanto emerso dalle indagini è consigliabile eseguire una bonifica del piano di fondazione asportando i riporti ed eventuale materiale limoso presente, sostituendolo con stabilizzato per almeno 1.00 m effettuando al contempo un addensamento del piano di fondazione, mediante rullaggio. All'atto dello scavo, le scarpate laterali che si verranno a formare, è preferibile non superino un'inclinazione di 40° gradi. Sulle stesse è consigliabile posizionare un telo impermeabile, che permette di allontanare rapidamente le acque di pioggia evitando l'insorgere di pressioni interne che determinano una diminuzione della resistenza al taglio dei depositi. E' inoltre necessario porre in atto opere di drenaggio a tergo del manufatto, realizzando al contempo fori nell'opera che permettono alle acque di pioggia di non accumularsi.

I terreni appartengono alla classe sismica C e categoria topografica T1.

Rimango a disposizione per ogni chiarimento si rendesse necessario.

Dott. Geologo Mario A. Benigna



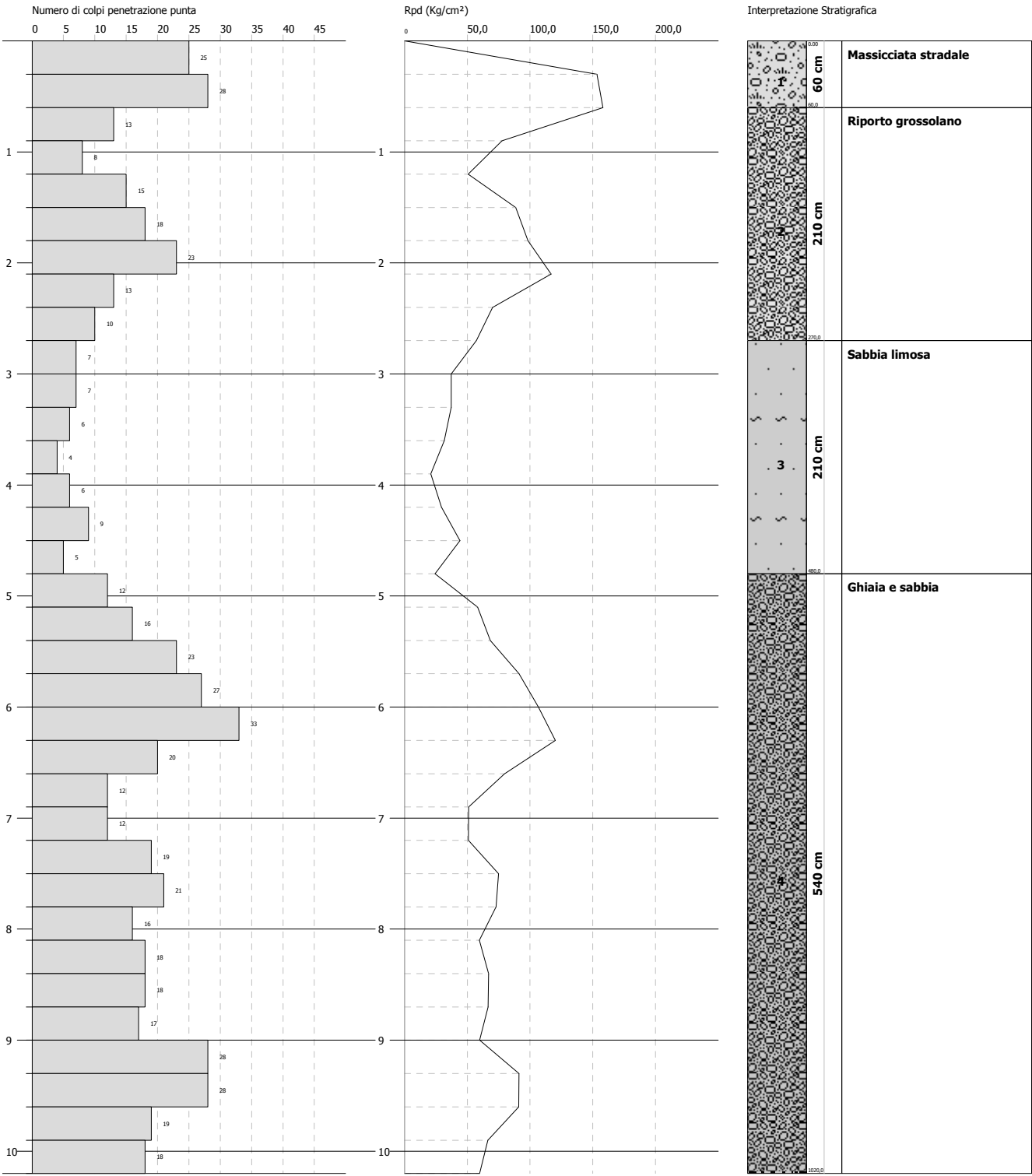
ALLEGATI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 1
 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere: Viale Renato Serra - Viale Alcide De Gasperi
 Località: Milano - (MI)

Data: 23/05/2020

Scala 1:53

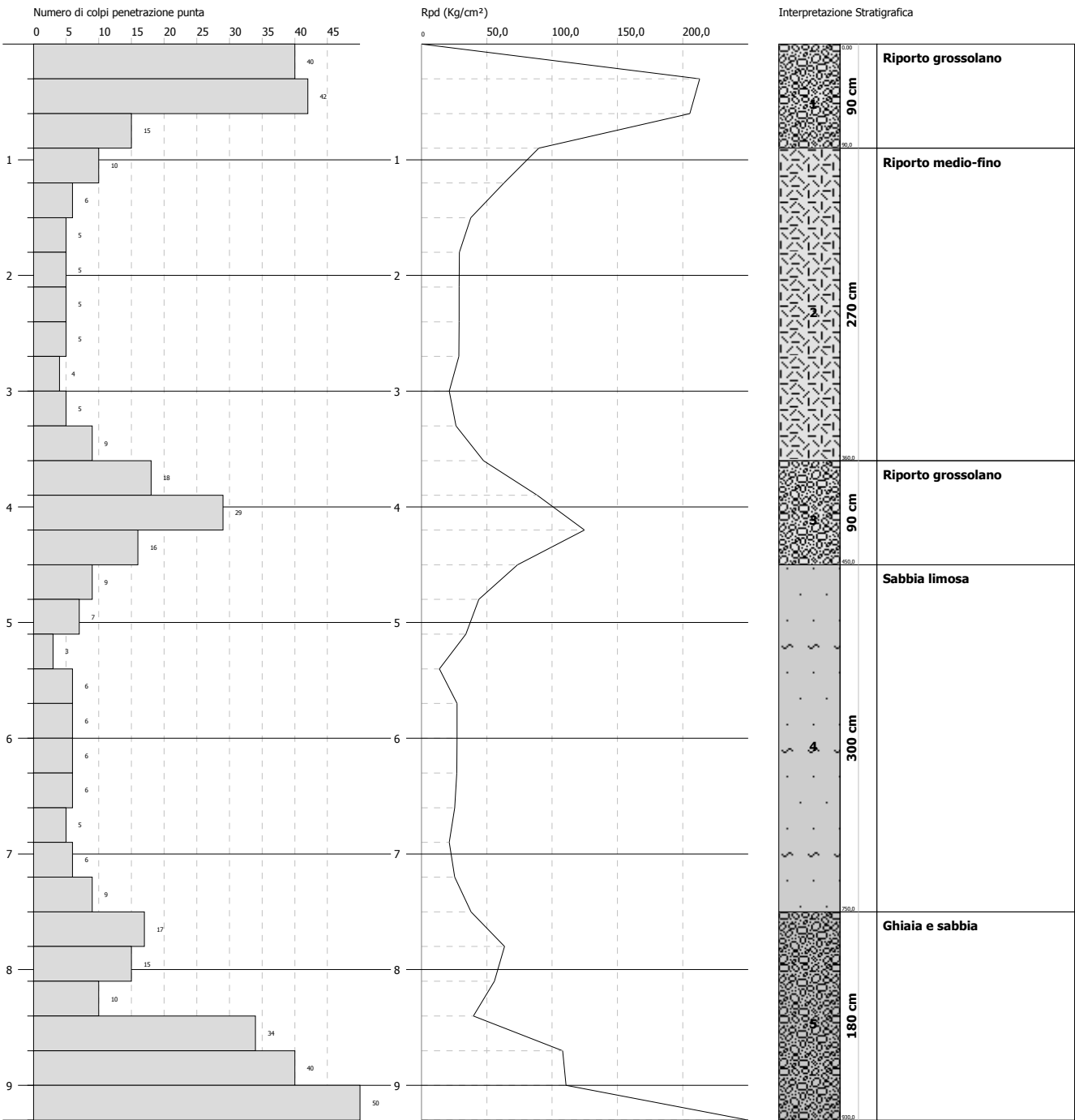


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 2
 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere: Viale Renato Serra - Viale Alcide De Gasperi
 Località: Milano - (MI)

Data: 23/05/2020

Scala 1:53

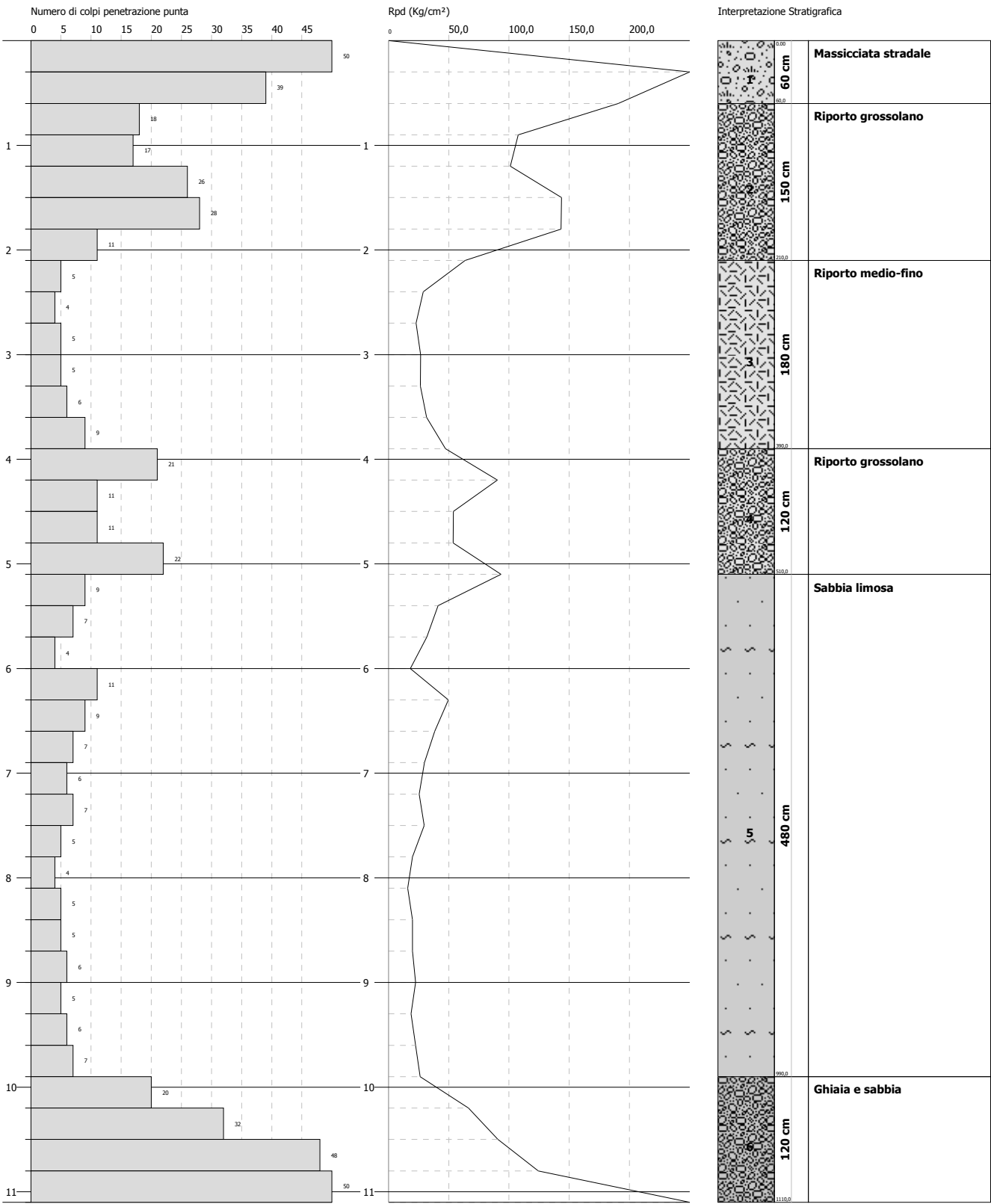


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 3
 Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Committente:
 Cantiere: Viale Renato Serra - Viale Alcide De Gasperi
 Località: Milano - (MI)

Data: 23/05/2020

Scala 1:54



MILANO LOC PORTELLO VIA SERRA 1, MILANO LOC PORTELLO VI 1

Instrument: TEN-0038/01-08

Start recording: 23/05/20 08:33:48 End recording: 23/05/20 08:53:49

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 48% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

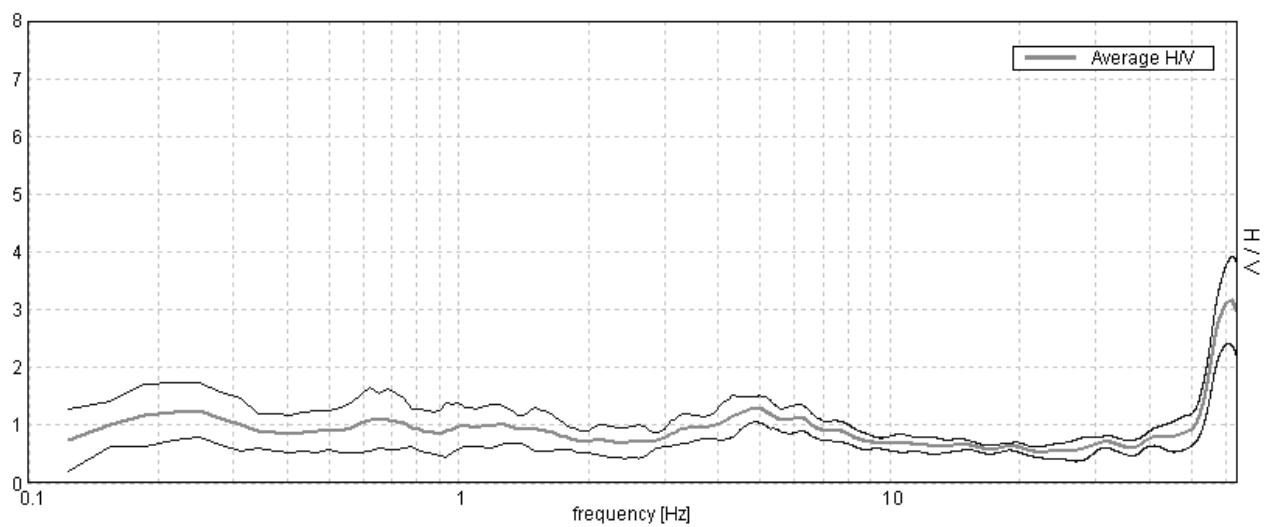
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

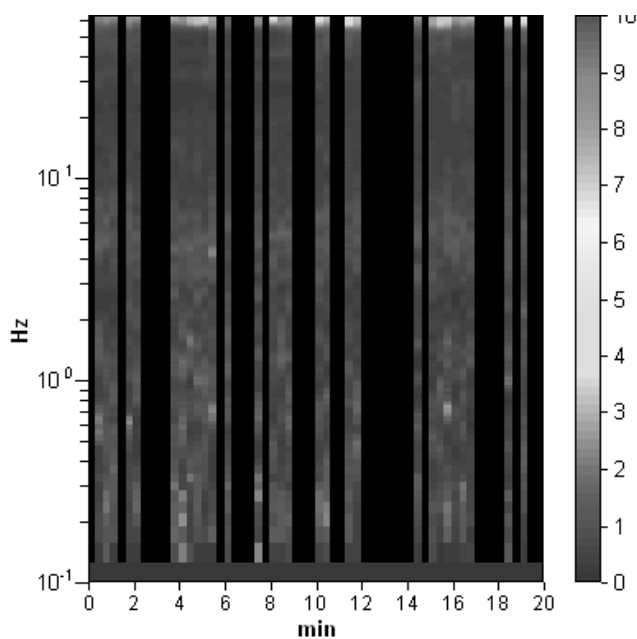
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

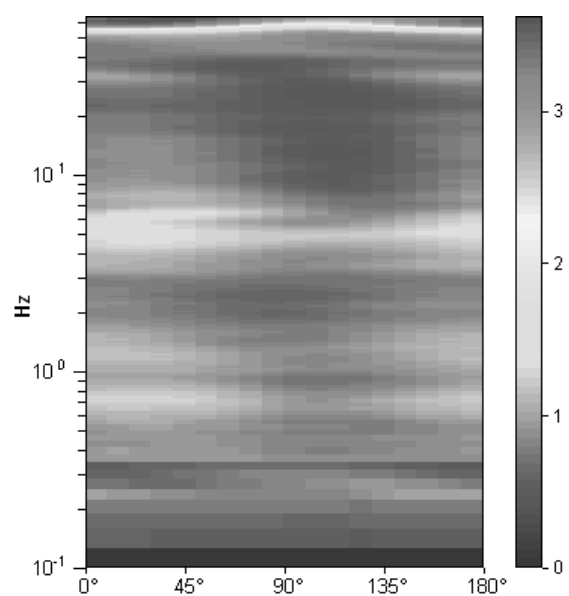
Max. H/V at 61.72 ± 0.46 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



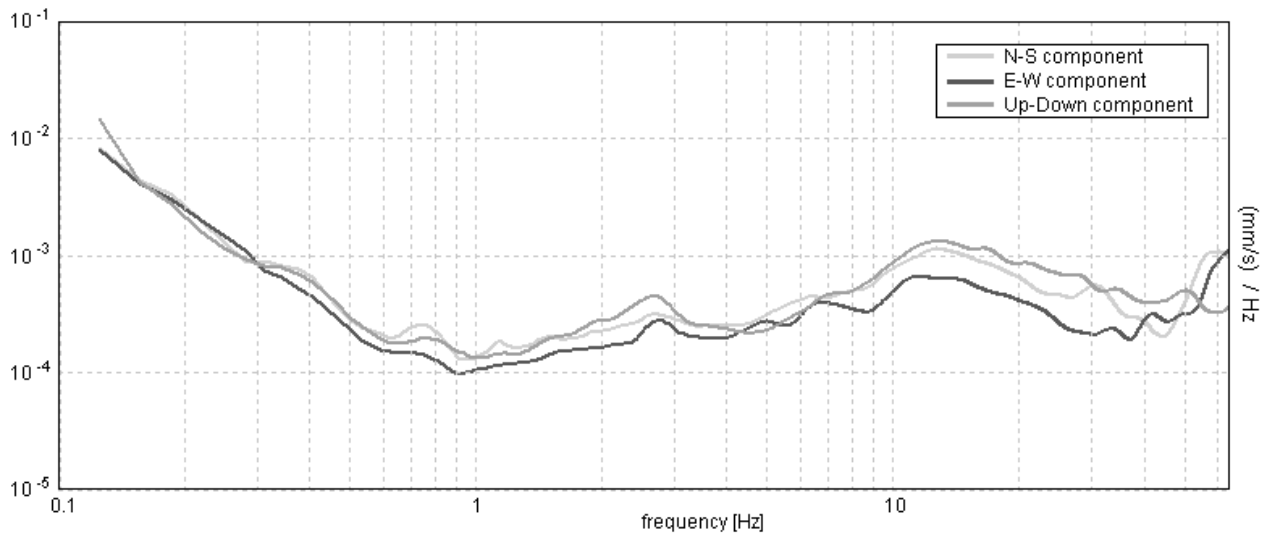
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

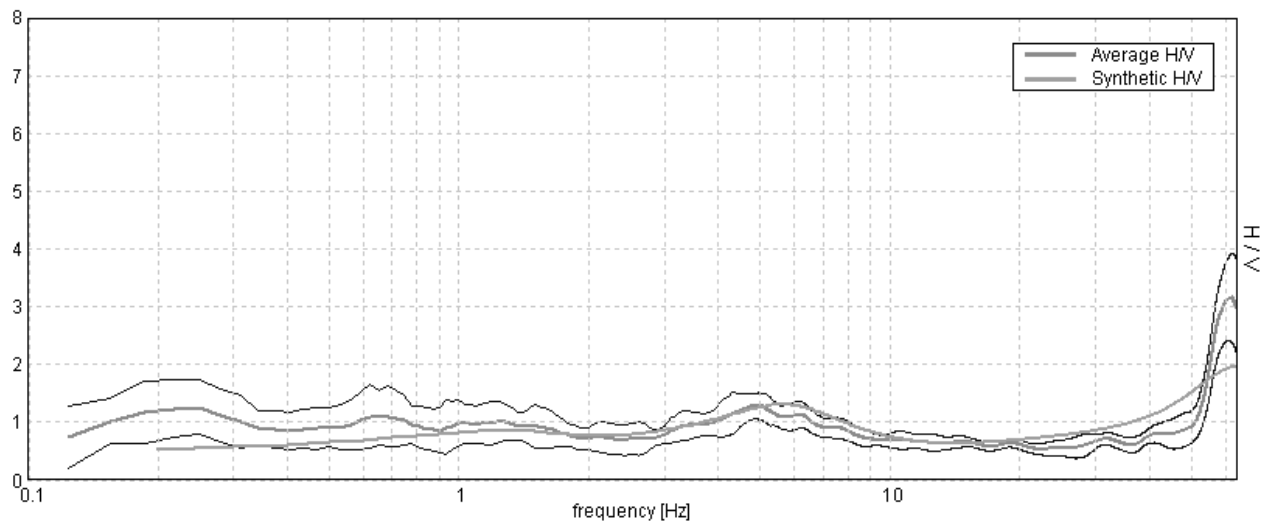


SINGLE COMPONENT SPECTRA



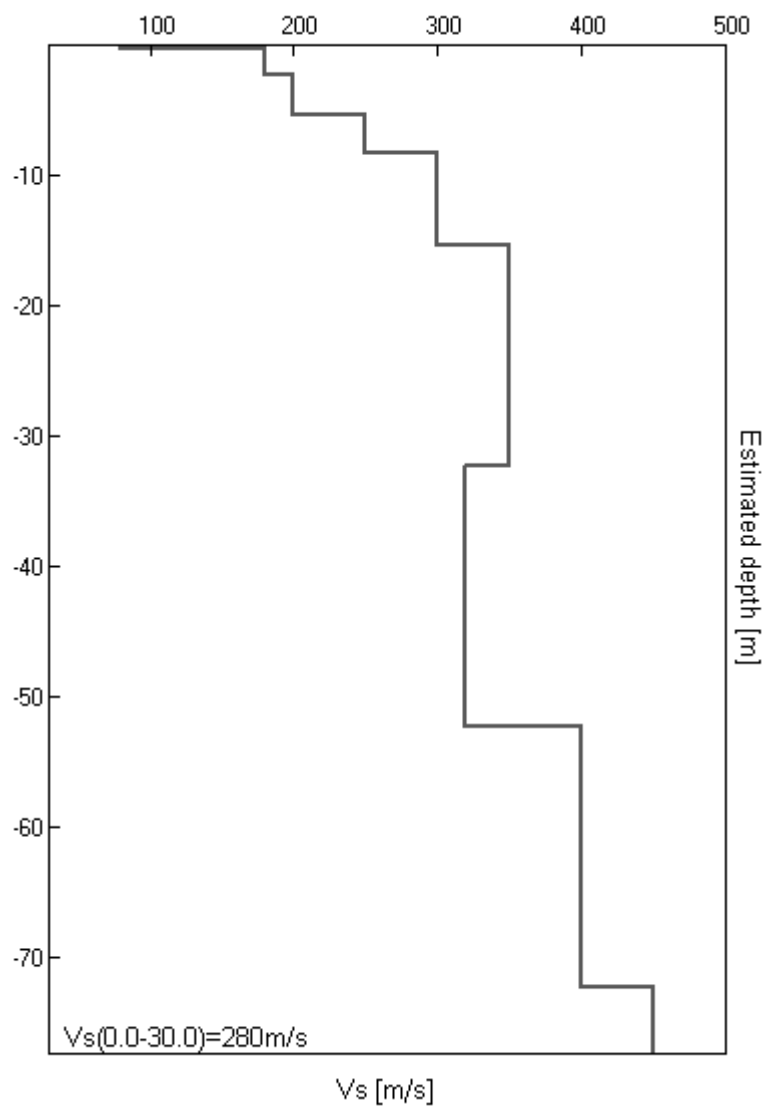
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 61.72 ± 0.46 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	80	0.35
2.30	2.00	180	0.35
5.30	3.00	200	0.35
8.30	3.00	250	0.35
15.30	7.00	300	0.35
22.30	7.00	350	0.35
32.30	10.00	350	0.35
52.30	20.00	320	0.35
72.30	20.00	400	0.35
inf.	inf.	450	0.35

Vs(0.0-30.0)=280m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 61.72 ± 0.46 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	61.72 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	35796.9 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1062 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	54.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.15 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00355 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.21917 < 3.08594	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3595 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20