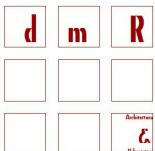


PIANO ATTUATIVO A5_15
PROPRIETA' CZ COSTRUZIONI

ALLEGATO L
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



Studio Associato

Giorgio E. Del Corno Angelo Manenti Ezio Radaelli

20133 Milano - Piazza Leonardo da Vinci 7
dmR@dmRstudio.it
Tel/fax 02.70608013 - 02.70639383

Studio Marco Andreoni

20063 Cernusco sul Naviglio (MI) - Via Cavour 6D
studio@marcoandreoni.it
Tel/fax 02.9241388



ambiente - geologia - geotecnica - sicurezza

dott. geol. Marelli Maurizio
C.F. MRLMRZ73B23E951N – P.I. 03318200965

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 – N. IX/2016 e D.M. 17/01/2018



**VIA ROGGIA ARZONA – VIA MOLINETTO
20063, Cernusco sul Naviglio (MI)**

Committente:

CZ COSTRUZIONI s.r.l.

Via Manzoni 37
20900 Monza

Gennaio 2022

Sommario

1	PREMESSA	4
2	INQUADRAMENTI	5
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
2.2	GEOLOGIA E LITOLOGIA.....	7
2.3	GEOMORFOLOGIA.....	9
2.4	IDROGEOLOGIA	10
2.5	IDROGRAFIA.....	11
2.6	CARTA DEI VINCOLI (GEOLOGICI-IDROGEOLOGICI).....	12
2.7	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	13
2.8	CARTA DI SINTESI (GEOLOGIA – IDROGEOLOGIA)	14
2.9	CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	15
3	BREVE DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	16
4	INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO.....	17
4.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE IN FORO.....	17
4.1.1.	PROVE DI PERMEABILITÀ LE FRANC.....	21
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO.....	27
5.1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	27
5.2	RISULTATI DELL'INDAGINE – UNITÀ LITOTECNICHE.....	28
6	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	34
6.1	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – 2° LIVELLO.....	34
6.2	VALUTAZIONE DELL'AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA DEL SITO	34
6.3	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	40
6.4	STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA	40
6.5	VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA NEI CONFRONTI DELLA LIQUIFAZIONE.....	44
7	CONCLUSIONI	46
	ALLEGATO 1 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE.....	48
	ALLEGATO 2 – MASW.....	50

1 PREMESSA

La presente relazione contiene le verifiche geologiche e sismiche dell'area ubicata in via Roggia Arzona – via Molinetto nel Comune di Cernusco sul Naviglio (MI); è redatta per conto della soc. CZ Costruzioni s.r.l.

Nell'area in esame è oggetto di indagini è prevista la riconversione di un comparto edilizio esistente a nuove destinazioni residenziale (comparto A) e terziaria (comparto B) a seguito di parziale demolizione dei manufatti edilizi esistenti. L'intervento si completa con la realizzazione di opere di urbanizzazione interne ed al contorno del comparto, al servizio dello stesso

Lo scopo della presente relazione è la definizione delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche del sito nel quale verranno realizzate le opere edilizie in progetto. Sono altresì riportati gli inquadramenti geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Il presente elaborato è stato redatto nel rispetto della seguente normativa:

- D.M. 17 Gennaio 2018;
- D.G.R. 30 Novembre 2011 – n. IX/2016;
- D.G.R. 30 Marzo 2016 – n. X/5001.

Come meglio descritto in seguito, per la raccolta dei dati geognostici sono state realizzate N°1 prove penetrometriche dinamiche.

2 INQUADRAMENTI

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame si colloca in Via Roggia Arzona – via Molinetto nel Comune di Cernusco sul Naviglio (MI) in un contesto periferico e moderatamente urbanizzato e pianeggiante. Il Comune nell'hinterland milanese è posto a est della città metropolitana di Milano, con un'estensione areale di circa 13,3 km² ad una quota di circa 133,7 m s.l.m.

Le coordinate UTM WGS 84 sono le seguenti:

45° 31' 3.41" N

9° 18' 58.79" E

L'inquadramento cartografico è il seguente: Carta Tecnica Regionale Sezione B6D1 (cfr. **Figura 1**).

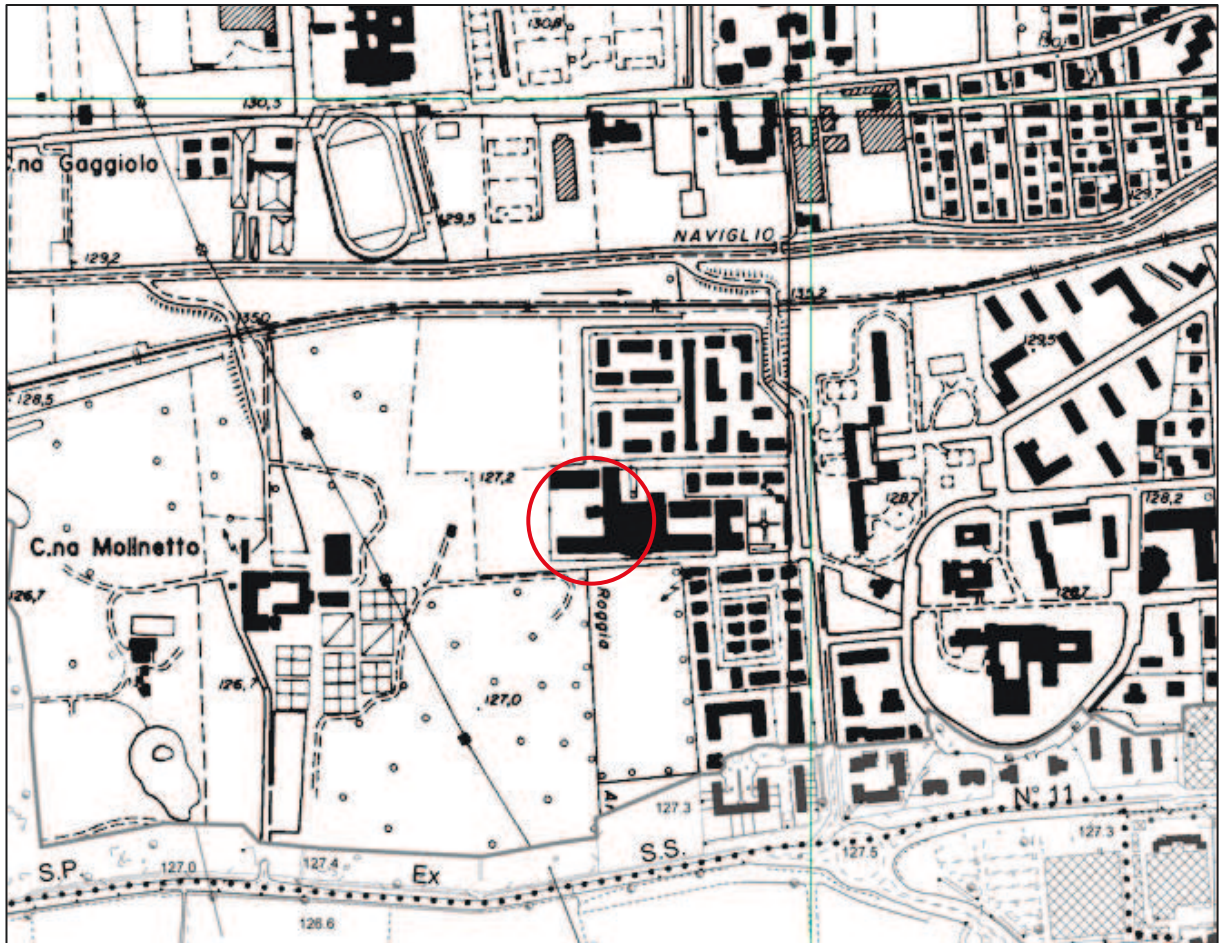
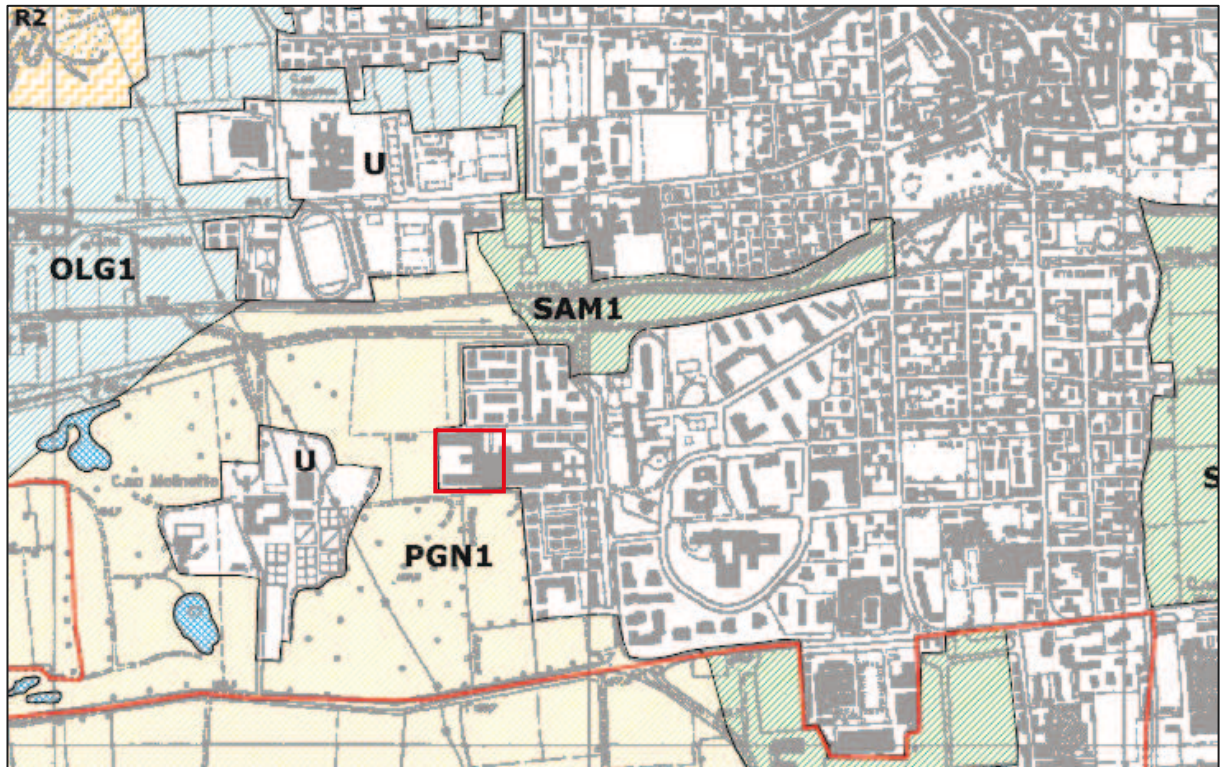


Figura 1 – Estratto mappa CTR 1:10.000

2.2 GEOLOGIA E LITOLOGIA

L'ambito in esame si colloca nella porzione sudoccidentale del Comune di Cernusco S/N.

Dall'estratto della Tavola 1 "Carta litologica, Pedologica e dell'uso del Suolo" del PGT (**Figura 4**), si evince come l'area in esame ricada all'interno di un tessuto urbano fortemente antropizzato.



Litologia:

Depositi fluvio-glaciali di età Würmlana-Rissiana,
Unità litologica G1 P N3 - ghiaie ben gradate con limo e sabbia.

Morfologia del paesaggio:

Il pedopaesaggio è quello della alta pianura ghiaiosa, su superfici ondulate con quota media di 125 m, s.l.m. e pendenza media del 0,2%, di transizione ai principali sistemi fluviali e su materiali in genere più grossolani. Il substrato è costituito da sabbie limose con ghiaia, non calcaree.

Uso del suolo:

Seminativo avvicendato (grano).

Suoli:

Molto profondi, scheletro abbondante, a tessitura moderatamente grossolana, con reazione subacida, neutra in profondità, saturazione media o alta in superficie, alta in profondità, AWC da bassa a moderata, sono non calcarei, scarsamente in profondità, presentano drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.

Classificazione tassonomica:

Fluventic Hapludolls loamy skeletal, mixed, superactive, mesic.

PGN1



Limite comunale



Aree urbanizzate



Specchi d'acqua di matrice antropica

Figura 4 – Estratto "Carta Litologica, Pedologica e dell'uso del suolo" da PGT

Come si evince dalla **Figura 4** la formazione affiorante a ovest del sito in esame è denominata con la sigla **PGN1** e si tratta, dal punto di vista litologico, di depositi fluvio-glaciali costituiti da ghiaie ben gradate con limo e sabbia.

L'area del comune di Cernusco sul Naviglio può essere inquadrata nel settore della media pianura poiché si colloca subito al limite meridionale delle estreme propaggini terrazzate dell'alta pianura milanese. L'intero territorio comunale è costituito da sedimenti di origine fluvio-glaciale e fluviale attribuibili alla glaciazione Würm; si tratta di ghiaie e sabbie alternate che costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura. La stratigrafia sotto riportata conferma la stretta sequenza fluvio-glaciale.

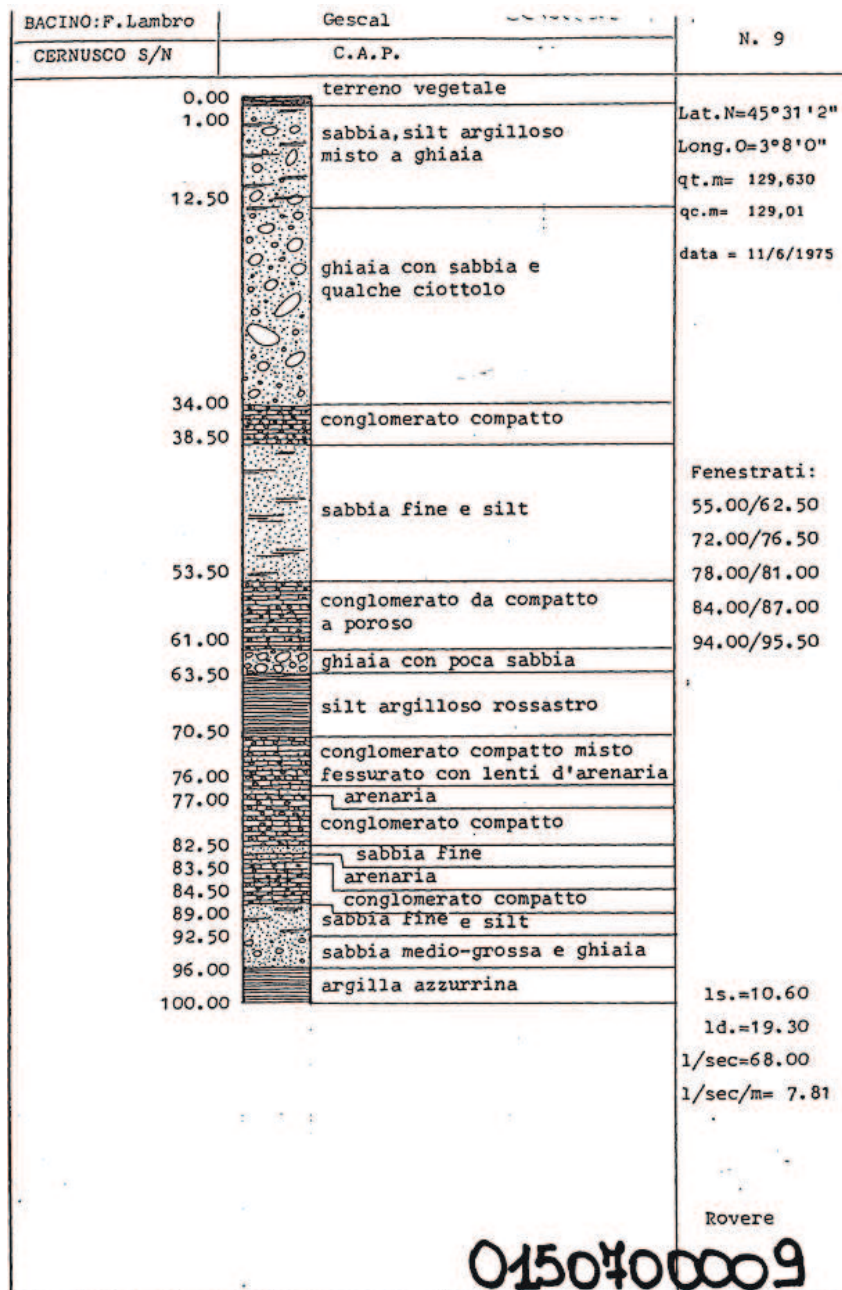


Figura 5 – Stratigrafia pozzo 150700009 posto a Nord Est dell'area d'intervento

2.3 GEOMORFOLOGIA

La morfologia comunale è molto uniforme e sub-pianeggiante, con pendenze medie dello 0,2 -0,3%. A livello locale l'area in esame è inserita in un contesto completamente urbanizzato, dove non sono presenti dinamiche geomorfologiche.

2.4 IDROGEOLOGIA

Nel comune di Cernusco sul Naviglio l'acquifero superficiale è costituito da una falda monostrato, divisa occasionalmente da livelli a permeabilità ridotta.

La falda freatica presenta valori che oscillano tra 6-7 m da p.c. nella porzione meridionale, e ca. 18 m dal p.c. nella porzione settentrionale, in prossimità del confine con il comune di Carugate.

Nell'area in esame la falda superiore presenta un andamento di tipo uniforme, con quote comprese tra 120 e 122 m s.l.m. (soggiacenza intorno ai 6-7 metri dal p.c.). La direzione del flusso idrico sotterraneo è generalmente orientata NE-SO (**Figura 6**).

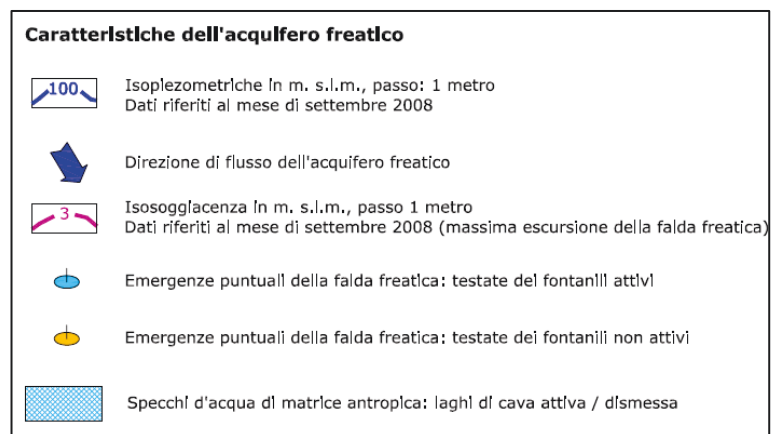


Figura 6 – Estratto “Carta Idrogeologica” da PGT

Permeabilità dei Depositi

La classificazione dei terreni rispetto ai valori di permeabilità superficiale è stata ripresa dal PGT, sovrapponendo le caratteristiche idrogeologiche delle unità geopedologiche

(drenaggio) alle caratteristiche idrogeologiche del substrato pedogenetico (permeabilità), determinandone poi in sito il reale valore caratteristico mediante l'esecuzione di prove di permeabilità in foro di sondaggio (Lefranc).

2.5 IDROGRAFIA

Il territorio comunale di Cernusco sul Naviglio è caratterizzato da un fitto reticolo idrografico superficiale. Le passate pratiche agricole hanno dato luogo alla formazione di una rete di canali e rogge artificiali derivanti da numerose prese irrigue del Canale Villoresi e del Naviglio Martesana. In prossimità dell'area di intervento non vi sono elementi del reticolo idrico; si escludono quindi interferenze con l'intervento in oggetto.

2.6 CARTA DEI VINCOLI (GEOLOGICI-IDROGEOLOGICI)

In **Figura 7** viene riprodotto uno stralcio della carta dei vincoli di carattere geologico. L'area in oggetto non ricade in alcuna area soggetta a vincolo di carattere idrogeologico rispetto alle tavole allegate al PGT vigente.

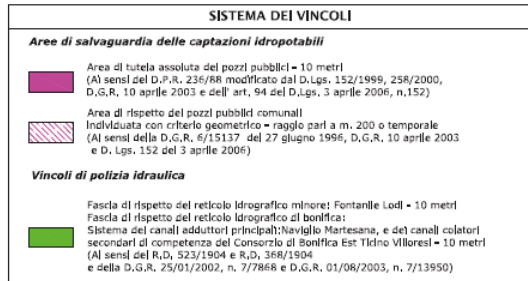
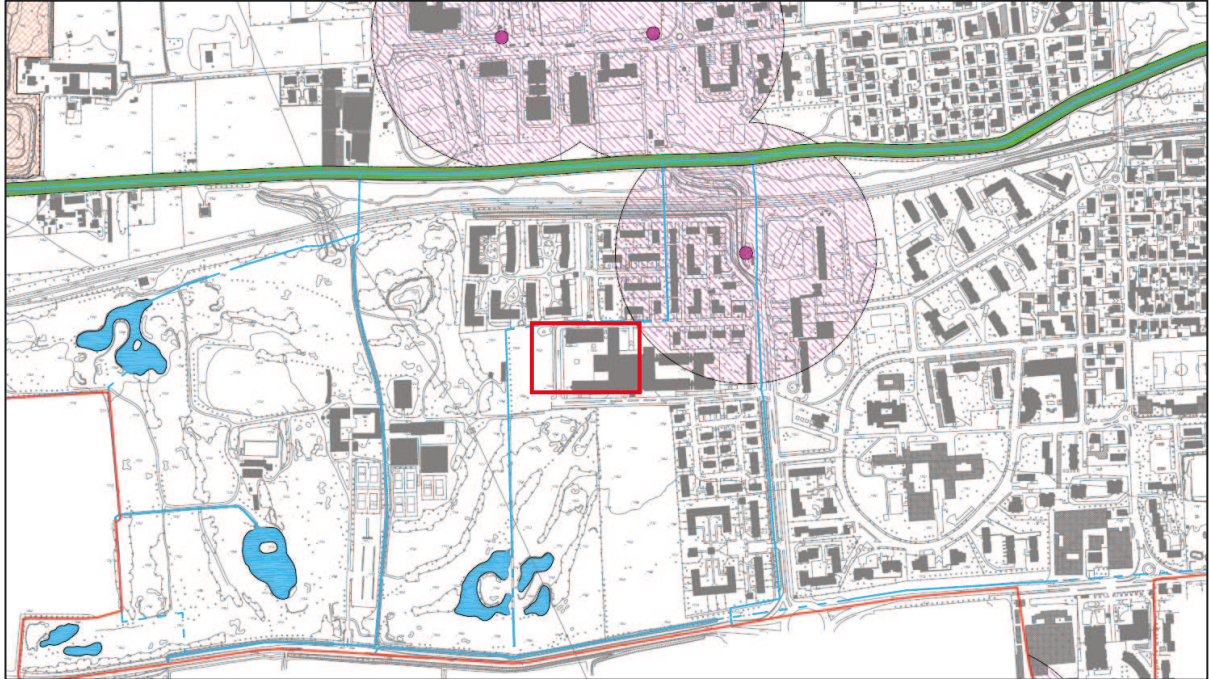
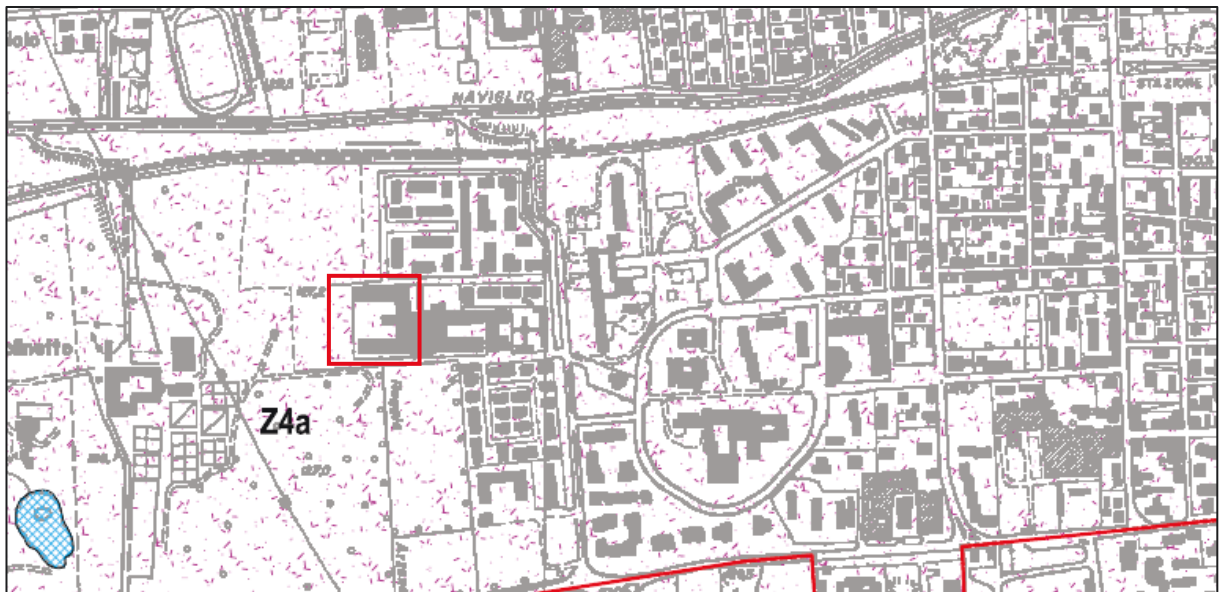


Figura 7 – Estratto “Carta dei Vincoli” da PGT

2.7 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

A seguito della riclassificazione sismica di cui alla D.G.R. 11/07/2014 - n. X/2129, il Comune di **Cernusco sul Naviglio** è stato riclassificato in **Zona 3**.

Il Piano di Gestione del Territorio vigente definisce per l'area in esame la seguente classe di pericolosità sismica (**Figura 8** **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**): “Z4a: **Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi**”.



Analisi di primo livello

Z4a **Classe Z4a:**
Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

Figura 8 – Estratto “Carta della pericolosità Sismica Locale” Tavola 6

Nel dicembre 2021 è stata condotta un'indagine geofisica a supporto dello studio geologico, geotecnico e sismico di supporto alle opere in progetto dell'area in esame.

Il profilo MASW, sulla base del modello medio, indica una V_{s30} di circa **346 m/s** a livello del piano campagna.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le “Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni”, il profilo sismo-stratigrafico dei terreni permette di classificare il sito come **suolo di categoria di tipo “C”** – “*Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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*”. In Allegato si riportano i risultati dell'indagine sismica MASW.

2.8 CARTA DI SINTESI (GEOLOGIA – IDROGEOLOGIA)

La carta di sintesi rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica-idrogeologica.

Come si evince dall'estratto della **Figura 9**, l'area in esame ricade nelle aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico. In particolare, si tratta di un'area caratterizzata da una vulnerabilità media dell'acquifero superficiale e soggiacenza tra i 6 e i 18 m dal p.c.

L'area è caratterizzata dalla presenza di un substrato litoide a supporto di matrice da sabbiosa-ghiaiosa a ciottolosa dalle quali risultano valori di permeabilità elevata compresa tra $1,0 \times 10^{-3} \div 1,0 \times 10^{-4}$ m/s.

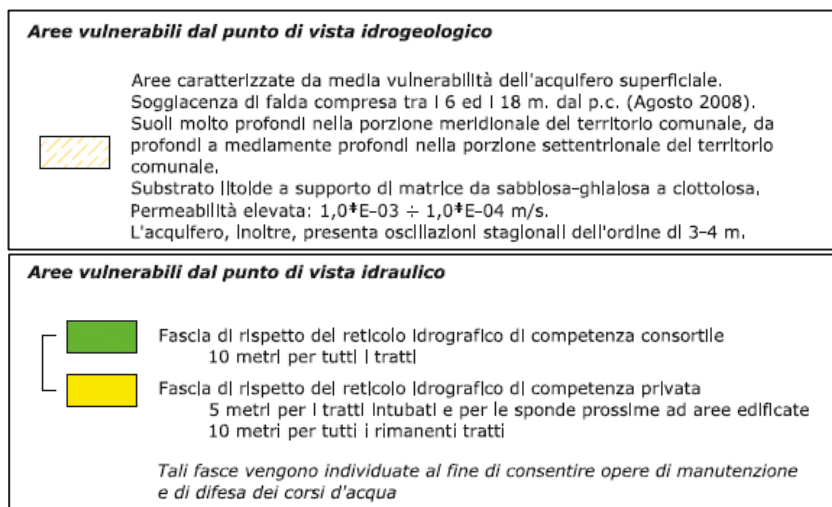
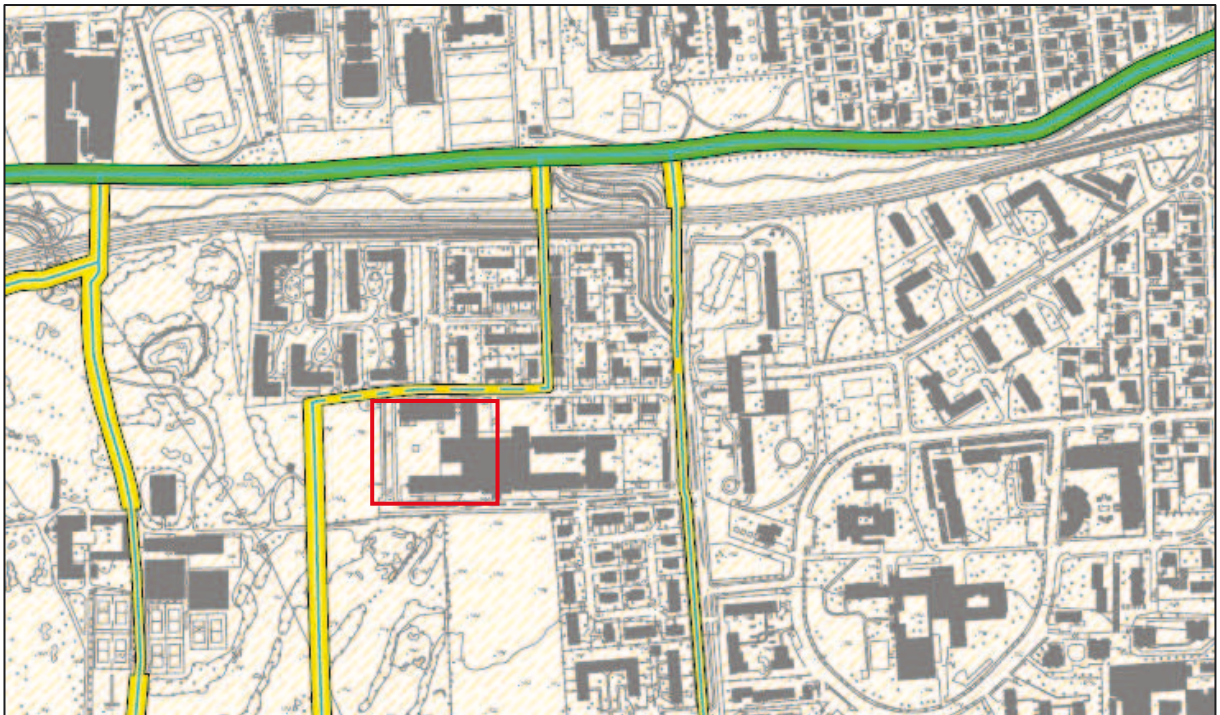
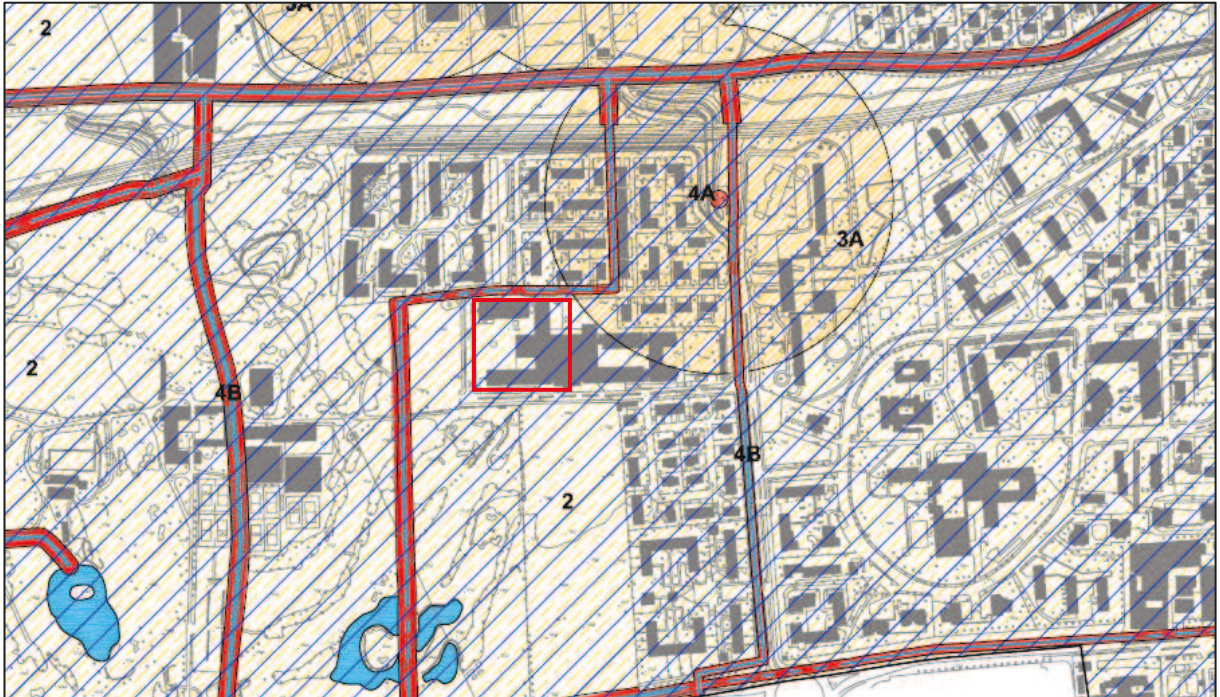


Figura 9 – Estratto “Carta di Sintesi” da PGT Tavola 9 A

2.9 CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Il Piano di Gestione del Territorio vigente definisce per l'area in esame la seguente classe di fattibilità geologica per le azioni di piano: Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni (giallo). (Figura 10).




<p>SOTTOCLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni</p> <p>Descrizione Aree caratterizzate da media vulnerabilità dell'acquifero freatico: soggiacenza di falda compresa tra i 6 e i 18 m. dal piano campagna (Agosto 2008), Suoli molto profondi nella porzione meridionale del territorio comunale, da profondi a mediamente profondi nella porzione settentrionale del territorio comunale. Permeabilità elevata; $1,0 \cdot 10^{-3} + 1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s.</p> <p>Prescrizioni Per le nuove opere edificatorie e/o di ampliamento, le opere in sotterraneo potranno essere eseguite con particolari cautele di impermeabilizzazioni, in quanto l'intero territorio comunale è soggetto a fluttuazioni anche metriche dell'acquifero libero.</p>
<p>2</p>
<p>Classe Z4a: </p> <p>L'intero territorio comunale ad eccezione delle aree estrattive (classi di fattibilità geologica 3B e 3C) viene classificato come soggetto ad amplificazioni sismiche di tipo litologico o geometrico in seguito alla presenza di zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.</p>

Figura 10 – Estratto “Carta della Fattibilità” da PGT Tavola 10 A

3 BREVE DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Come anticipato in premessa nell'area in esame è prevista la riconversione di un comparto edilizio esistente a nuove destinazioni residenziale (comparto A) e terziaria (comparto B) a seguito di parziale demolizione dei manufatti edilizi esistenti. L'intervento si completa con la realizzazione di opere di urbanizzazione interne ed al contorno del comparto, al servizio dello stesso (**Figura 11**).

Di seguito una sezione dello stato di fatto e la planimetria dello stato di progetto.

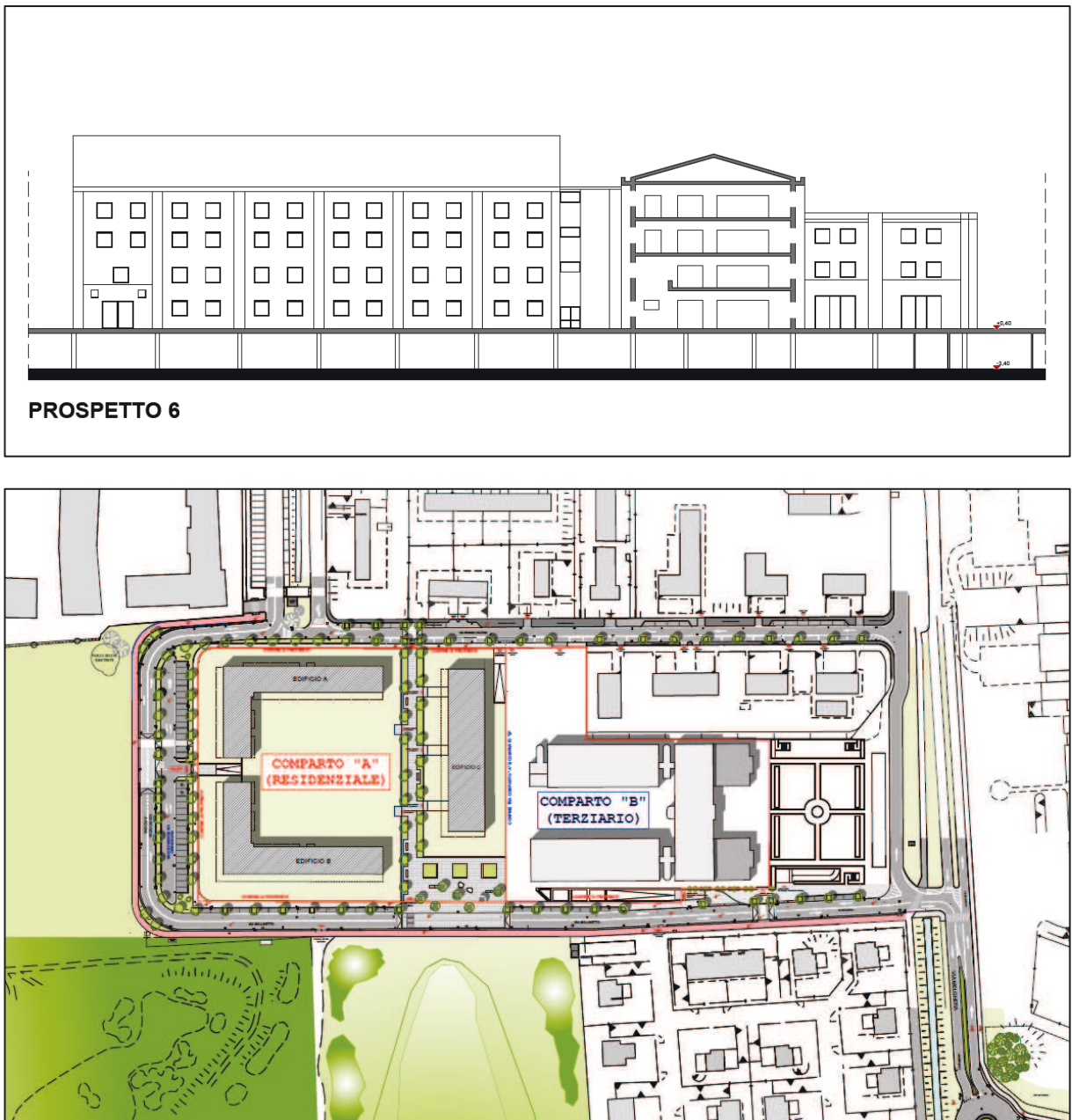


Figura 11 – Stato di fatto e di progetto

Si rimanda ai documenti di progetto per qualsiasi approfondimento.

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

Per la caratterizzazione geologico tecnica del sito e la successiva parametrizzazione geotecnica presso l'area d'intervento sono state eseguite le seguenti indagini:

- N. 2 sondaggi geognostici con prove in foro;
- N.1 prova penetrometrica dinamica (DPSH);
- N.1 MASW

L'ubicazione delle indagini è riportata in **Figura 12**.



Figura 12 – Ubicazione indagini eseguite

4.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE IN FORO

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo sono stati eseguiti con una sonda idraulica COMACCHIO MC 12, mediante tecnica a rotazione utilizzando il rivestimento sulle pareti del foro.

Le operazioni di carotaggio sono state eseguite a secco, con recupero integrale del materiale carotato, mediante un carotiere semplice avente diametro di 131 mm; per il rivestimento del foro sono stati utilizzati tubi con diametro di 152 mm.

Le carote prelevate sono state alloggiate in apposite cassette catalogatrici da 5 m ciascuna.

I sondaggi sono stati spinti fino ad una profondità di 5 m e in foro di sondaggio, sono state

eseguite, per ciascun sondaggio, n. 2 prove Le Franc.

n° sondaggio	S1	S1	S2	S2
profondità [m]	3.5	5.0	3.5	5.0
Falda [m da p.c.]	-	-	-	-

Tabella 1

L'analisi diretta delle carote di terreno estratte ha permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico locale; in particolare:

Sondaggio S1

- Da 0.0 a 3.0 m da p.c.: terreni limoso sabbiosi colore marrone bruno con qualche ciottolo;
- Da 3.0 a 5.0 m da p.c.: sabbia con ghiaia colore marron/grigio



Foto 1 – Sondaggio S1

Sondaggio S2

- Da 0.0 a 2.0 m da p.c.: terreni limoso sabbiosi colore marrone bruno con qualche ciottolo;
- Da 3.0 a 5.0 m da p.c.: sabbia con ghiaia colore marron/grigio con ciottoli



Foto 2 – Sondaggio S2

4.1.1. PROVE DI PERMEABILITÀ LE FRANC

Al fine di determinare la conducibilità idraulica del terreno, per ciascuno sondaggio, sono state effettuate n.2 prove di permeabilità tipo Le Franc a carico variabile o a carico costante.

Modalità esecutive:

- per la prova a carico variabile il foro di sondaggio è stato riempito fino all'estremità del rivestimento e gli abbassamenti del livello dell'acqua all'interno del foro sono stati misurati ad intervalli di tempo definiti.
- per la prova a carico costante viene riempito il foro di sondaggio d'acqua e vengono misurati, ad intervalli di tempo definiti, i litri d'acqua che vengono immessi in foro per mantenere costante il livello in foro.

I risultati delle prove sono riportati in allegato, di seguito si riassumono i valori ottenuti:

Sondaggio	n° prova	Tipo di Prova	Profondità da p.c. [m]	K (m/s)
S1	1	Le Franc Variabile	3.50 ÷ 4.00	1.03×10^{-5}
S1	2	Le Franc Costante	4.50 ÷ 5.00	5.37×10^{-4}
S2	1	Le Franc Variabile	3.50 ÷ 4.00	1.14×10^{-4}
S2	2	Le Franc Costante	4.50 ÷ 5.00	5.33×10^{-4}

Tabella 2

Le prove hanno evidenziato la presenza di un terreno con valori di permeabilità buoni, le prove sono state eseguite nel non saturo.


k - cm/sec	10 ²	10 ¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
permeabilità	buona					scarsa			praticamente nulla			
	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici ed inorganici, miscele di sabbia, limo ed argilla, depositi di argilla stratificata.		terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici				
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo.						

Figura 13: Valori indicativi del coeff. di permeabilità da Casagrande e Fadum

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

Località: Cernusco S/N

Data: 08/10/2021

Committente: Studio SPS s.r.l.

SONDAGGIO: S1 PROVA: L1

Tempo (s)	livello da bocca foro (m)	h (altezza livello da livello falda o fondo foro)	Permeabilità K (m/s)
0	0.00	3.20	
60	0.83	2.37	8.61E-05
120	1.35	1.85	7.10E-05
150	1.63	1.57	9.41E-05
180	1.80	1.40	6.57E-05
210	1.96	1.24	6.96E-05
240	2.05	1.15	4.32E-05
300	2.26	0.94	5.78E-05
360	2.45	0.75	6.47E-05
420	2.55	0.65	4.10E-05
480	2.61	0.59	2.78E-05
600	2.66	0.54	1.27E-05
720	2.69	0.51	8.19E-06
900	2.70	0.50	1.89E-06
1200	2.71	0.49	1.16E-06
1500	2.72	0.48	1.18E-06
1800	2.730	0.47	1.21E-06

Diametro del foro (m)	0.152
Area del foro (mq)	0.01814
Lunghezza del tratto filtrante (m)	0.10
Altezza iniz. acqua da livello falda o fondo foro (m)	3.20
Profondità del foro (m)	3.10
Sporgenza testa tubo rivestimento (m)	0.10
Coefficiente di forma C_L	1.05

Permeabilità media* (m/s): 1.03E-05

*Valori compresi tra circa 1/4 e 3/4 dell'abbassamento totale (Beers,

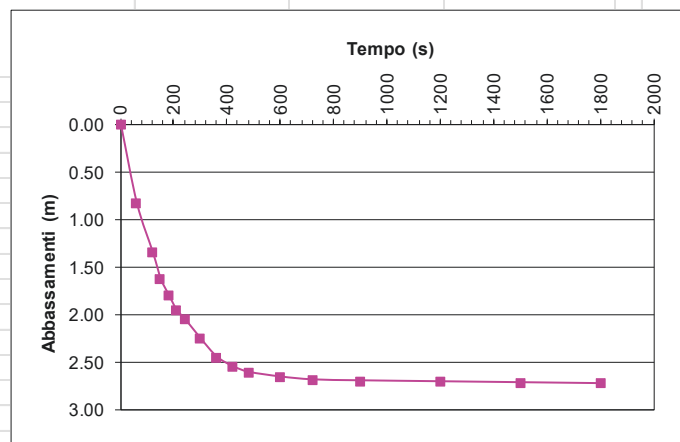
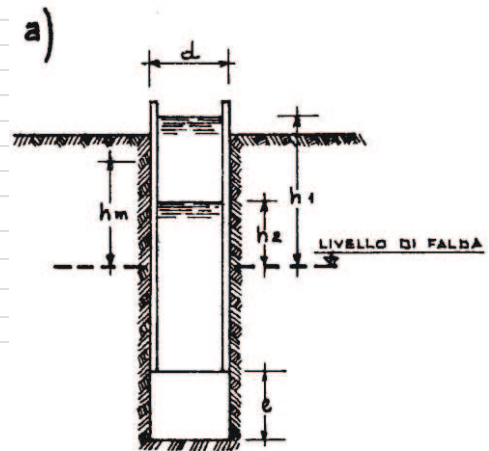


Grafico 1

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO COSTANTE

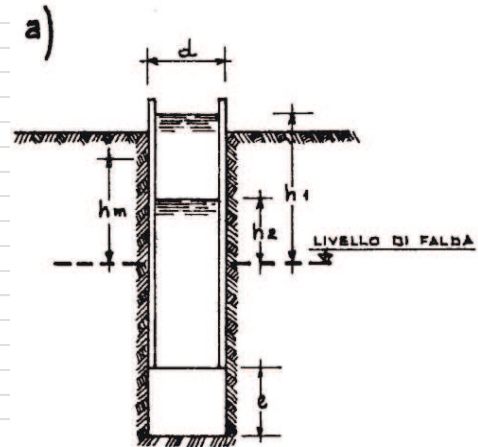
Località: Cernusco S/N

Data: 08/10/2021

Committente: Studio SPS s.r.l.

SONDAGGIO: **S2** PROVA: **L2**

Tempo (s)	letture (l)	diff. (l)	Portate (l/sec)	Permeabilità K (m/s)		
0	8160.6				Diametro del foro (m)	0.152
120	8293.1	132.5	1.10	5.12E-04	Area del foro (mq)	0.01814
240	8438.1	145.00	1.21	5.61E-04	Lunghezza del tratto filtrante (m)	0.50
300	8507.1	69	1.15	5.34E-04	Livello dinamico durante la prova da fondo foro o dal livello statico della falda (m)	5.10
420	8632.2	125.1	1.04	4.84E-04	Profondità del foro (m)	5.10
540	8772.1	139.9	1.17	5.41E-04	Sporgenza testa tubo rivestimento (m)	0.10
600	8841.1	69	1.15	5.34E-04	Coefficiente di forma C_F	2.78
660	8919.1	78	1.30	6.03E-04		
720	8980.1	61	1.02	4.72E-04		
780	9050.1	70	1.17	4.54E-03		



Permeabilità media (m/s): **5.33E-04**

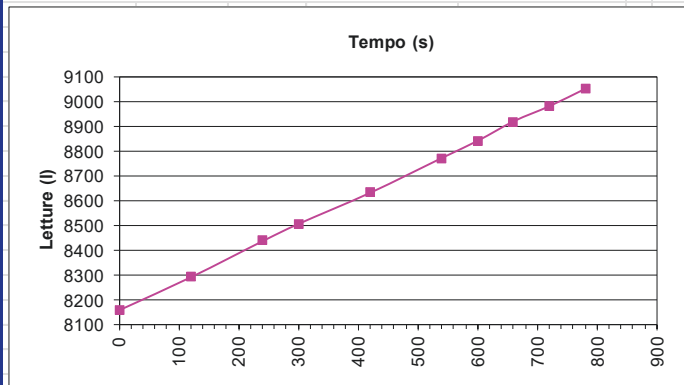


Grafico 4

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

In data 21 dicembre 2021 è stata realizzata n.1 prova penetrometrica dinamica.

Alla luce della storia geologica che ha interessato l'area in esame, della composizione litologica dei depositi e sulla base delle indagini eseguite, per l'area in esame è stato redatto un modello geotecnico del sottosuolo.

5.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

La prova penetrometrica è stata eseguita secondo i criteri standardizzati normalmente in uso, impiegando un penetrometro semovente superpesante (DPSH) tipo "Meardi AGI", avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Peso del maglio: 73 kg
- Altezza di caduta: 75 cm
- Diametro della punta: 51 mm
- Conicità della Punta: 60°

Le verticali d'indagine sono state arrestate alle seguenti profondità:

- P1 a 3.90 m da p.c.;

I diagrammi penetrometrici ottenuti sono riportati di seguito, i grafici delle prove indicano in ascissa il numero di colpi necessario per far avanzare la punta di 30 cm (N_{SCPT}), in ordinata invece la profondità di avanzamento della punta (m). Durante la prova non è stata rilevata la presenza di acqua.

5.2 RISULTATI DELL'INDAGINE – UNITÀ LITOTECNICHE

Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche eseguite, è stato definito il seguente modello geotecnico del sottosuolo dell'area in oggetto, distinto in quattro unità litotecniche:

- **STRATO "1" (valori di N_{SCPT} 6÷7)**

È un livello superficiale con spessore di circa 3.00 m da p.c. Dal punto di vista litologico si tratta di un terreno prevalentemente limoso sabbioso. L'unità è classificabile come "sciolta" (Clayton 1995).

- **STRATO "2" (valori di N_{SCPT} >30)**

Rinvenuto fino alla condizione di rifiuto delle prove raggiunta intorno ai 3.90 m da p.c. Si differenzia rispetto ai soprastanti strati per un maggior grado di addensamento.

Litologicamente è costituito da sabbie e ghiaie medio grossolane con ciottoli. L'unità è classificabile come "mediamente addensata – addensata" (Clayton 1995).

In **Tabella 3** è indicata la profondità alla quale sono stati rinvenuti i singoli strati:

	P1	
0,3	14	1° litozona
0,6	17	
0,9	9	
1,2	7	
1,5	4	
1,8	3	
2,1	6	
2,4	8	
2,7	10	
3,0	14	
3,3	27	2° litozona
3,6	36	
3,9	100	

Tabella 3 – Profondità in metri dal piano campagna dei due strati individuati per il modello geotecnico

Dalle prove eseguite sono stati ricavati i parametri geotecnici corrispondenti alle diverse unità litotecniche identificate, anche in funzione dei caratteri geologici dell'area:

Strato	1	2
NSPT	6÷7	>30
N ₃₀ (60%)	6	40
N _{SPT N}	11	50
Dr _(k) (%)	42	>60
γ (kN/m ³)	17	18
φ _{PC} (k) (°)	33.8	36.4
φ _R (k) (°)	32.7	36.4
c (kg/cm ²)	-	-
E (kg/cm ²)	55	340

Tabella 4 – Tabella dei parametri geotecnici delle unità litotecniche individuate

- N_{SPT} = resistenza penetrometrica misurata dalle prove SPT in foro di sondaggio (colpi/piede).
- N_{30 (60%)} = valori normalizzati rispetto al 60% dell'energia di battitura nominale (colpi/piede), rendimento del sistema di battitura del penetrometro è pari al 73%, invece quello del sistema di battitura dell'SPT è del 60%.
- (N₁)₆₀ = valori normalizzati rispetto al carico litostatico secondo la formula $N_{SPT N} = N_{SPT} / \sqrt{\sigma_{v0}}$ ed alla profondità.
- Dr = densità relativa (%), ricavata in base al metodo di Skempton per sabbie medie (60) = $N_{SPT N} / Dr^2$
- γ = peso di volume naturale del terreno (kN/m³), stimato nell'ambito degli usuali intervalli di variazione compatibili con la natura granulometrica ed il grado di addensamento.
- φ_{pc} = angolo di attrito di picco è ricavato le correlazioni proposte da Schmertmann (1978) in funzione di Dr è stata utilizzata la relazione per la sabbia grossa per la prima unità e ghiaietto per la seconda e terza.
- φ_R = angolo di attrito ridotto che tiene in considerazione del basso grado di addensamento che può far temere l'insorgere di grandi deformazioni prima ancora del raggiungimento della rottura secondo Terzaghi (1943).
- c = coesione (kg/cm²) parametro difficilmente stimabile con le prove SPT, viene assegnato un valore modesto unicamente sulla base della litologia e sola alla prima unità.

-
- *E = modulo di elasticità (kg/cm²), calcolato in base alla relazione generica il cui valore numerico dipende dal valore di resistenza penetrometrica e dalla frazione granulometrica dominante (da Bowles - fondazioni).*
 - *Metodo di Stroud, 1989*
 - *Per i valori dei moduli di deformazione E non si applica il 5° percentile, bensì la mediana, poiché non si è in presenza né di azioni A, né di resistenze R.*
 - *x_k = i valori contraddistinti dal pedice k sono da intendersi caratteristici, ovvero determinati secondo la seguente formula $x_k = x_{mean} - (1 + k_n * V_x)$; dove: x_{mean} : valore medio; V_x : deviazione standard / media; - k_n : -1.645;*
 - *l'EC7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano.*

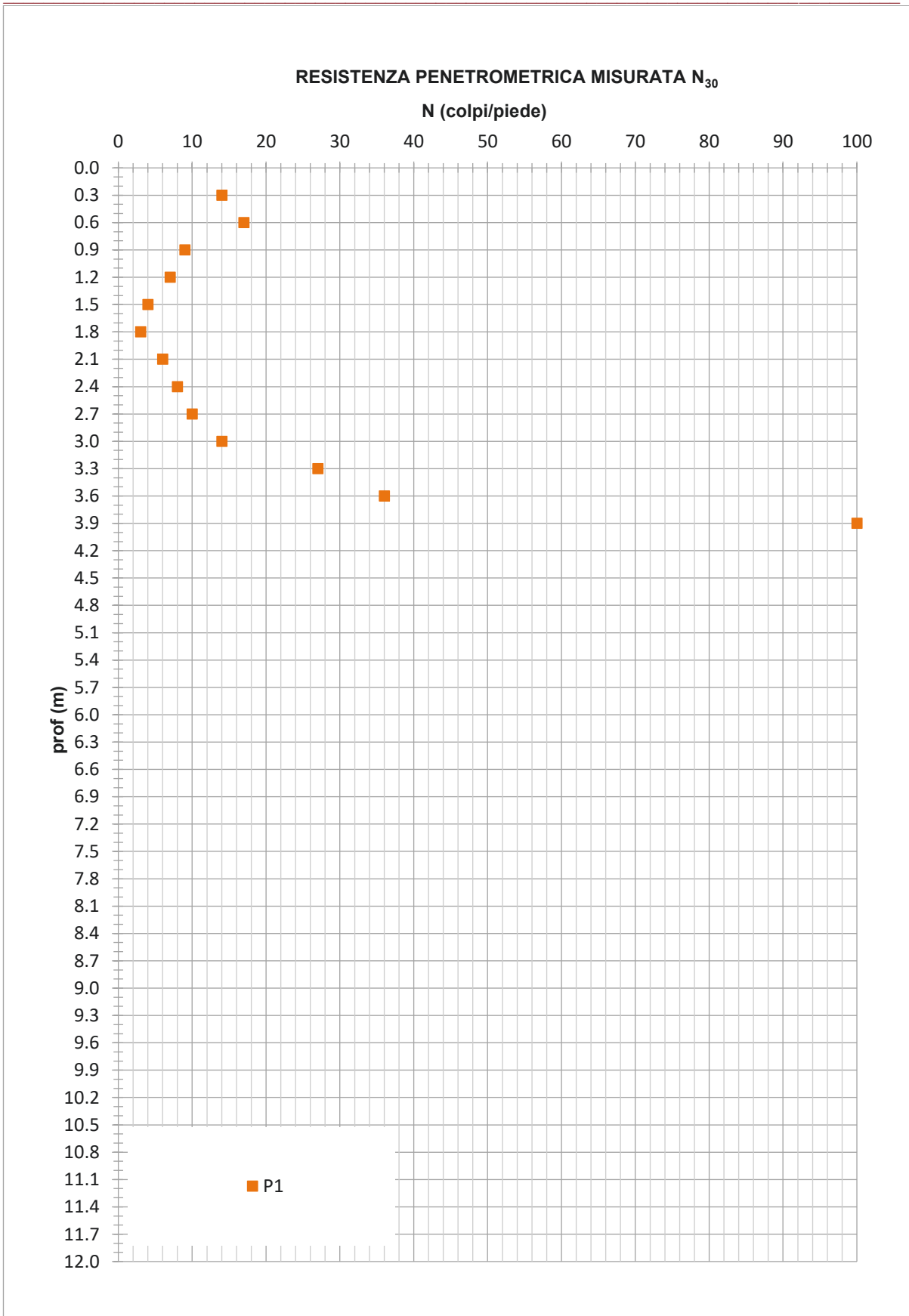


Grafico 5

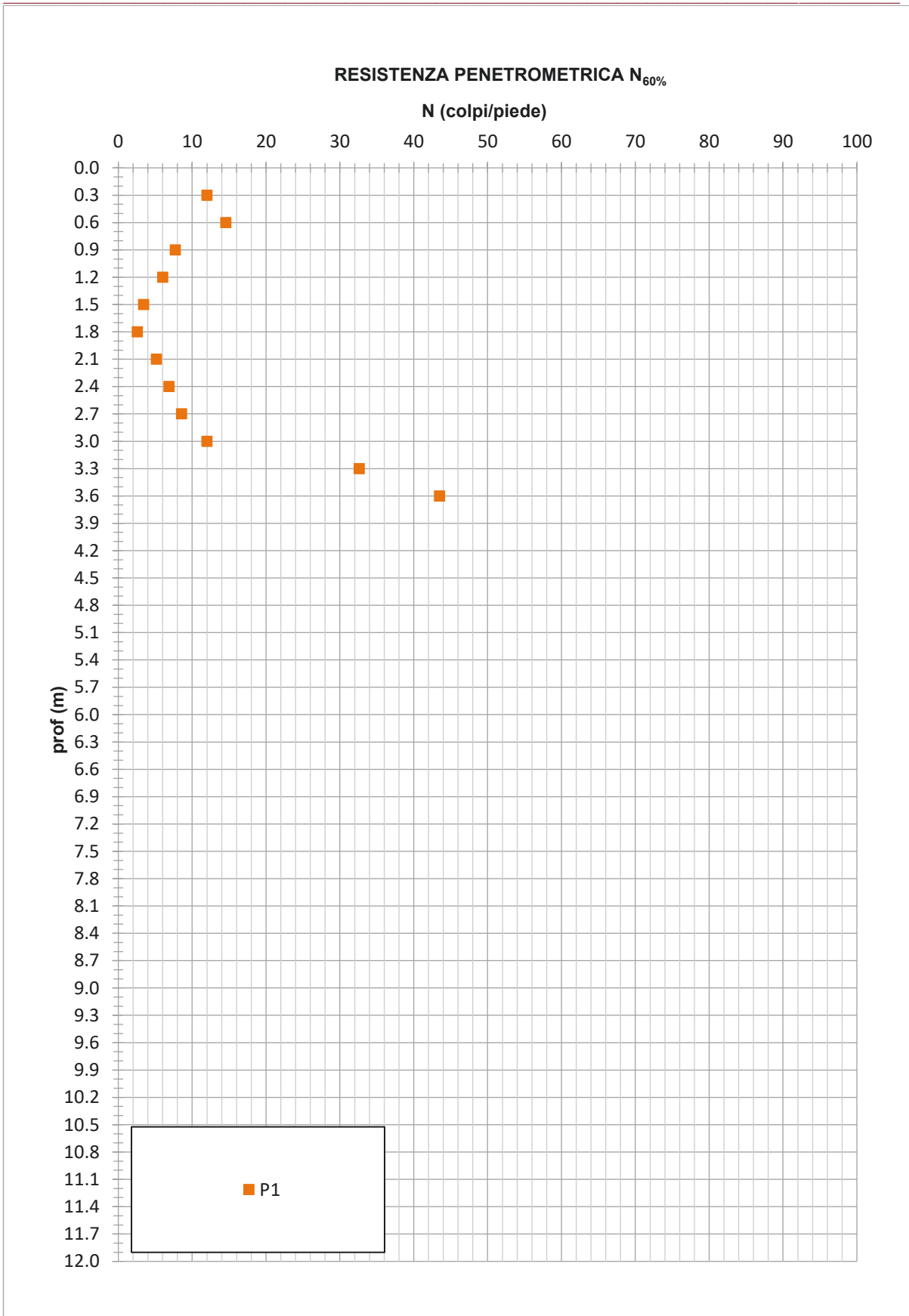


Grafico 6

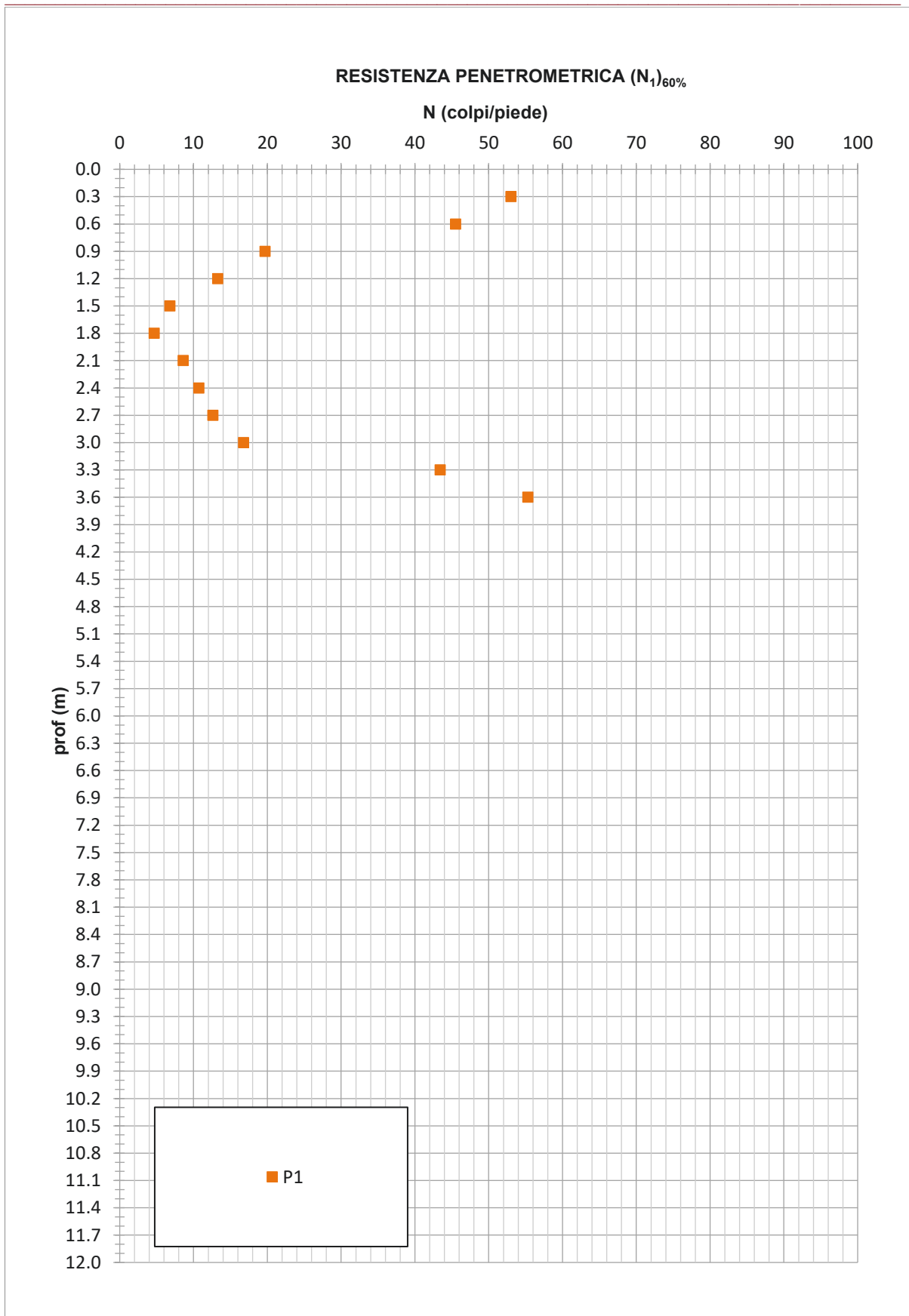


Grafico 7

6 RISPOSTA SISMICA LOCALE

6.1 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE – 2° LIVELLO

A seguito della riclassificazione sismica di cui alla D.G.R. 11/07/2014 - n. X/2129, il Comune di **Cernusco sul Naviglio** è stato riclassificato in **Zona 3**.

Per i Comuni Lombardi che ricadono in Zona sismica 3, la D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2016 prevede di condurre un ulteriore approfondimento sismico denominato “secondo livello di approfondimento”

Il suddetto approfondimento consiste nel valutare, in termini di contenuti energetici, se il fattore di amplificazione “Fa” ottenuto da specifiche schede che descrivono i caratteri sito specifici dell’area (in termini di caratteri litologici, profondità del *bedrock* sismico, profilo delle onde di taglio “Vs” e periodo proprio del sito “T”) è superiore o inferiore di quello proposto dalla Regione Lombardia (in funzione della categoria di suolo e del periodo) a cui si rifanno gli spettri della normativa nazionale. Di seguito è riportata la tabella per valori di “Fa” che fanno riferimento all’intervallo di periodo compreso tra 0.1 – 0.5 secondi, ossia l’intervallo che si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (come nel caso in esame) e all’intervallo di periodo compreso tra 0.5 – 1.5 secondi, ossia l’intervallo che si riferisce a strutture piuttosto alte con un numero di piani fuori terra maggiore di 5 (**Tabella 5**).

COMUNE	INTERVALLO Fa	Valori soglia			
		B	C	D	E
CERNUSCO SUL NAVIGLIO	0,1 -0,5	1,4	1,9	2,2	2,0
	0,5 -1,5	1,7	2,4	4,2	3,1

Tabella 5 - Soglie fornite dalla Regione Lombardia per Cernusco sul Naviglio

6.2 VALUTAZIONE DELL’AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA DEL SITO

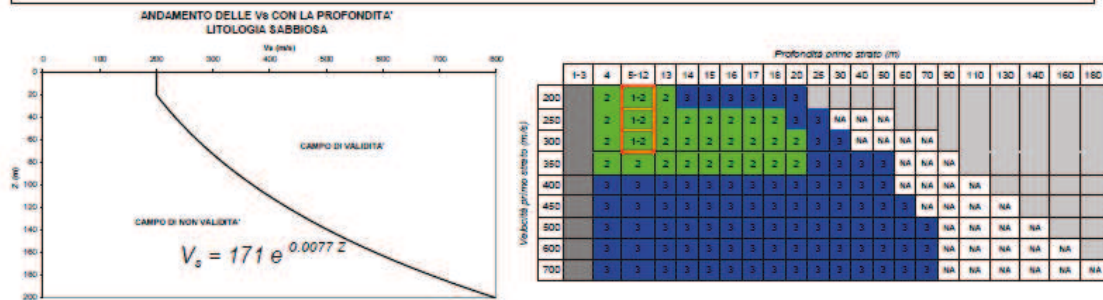
Sulla base delle caratteristiche geologiche / litologiche dell’area, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento. Il primo step è stato quello di confrontare il profilo delle Vs con la scheda per la litologia SABBIOSA. Andando a plottare su di un grafico i valori di profondità e delle Vs, si è ottenuta una curva che non presenta evidenti inversioni di velocità, specie nei primi metri, e che rientra completamente nel profilo della VALIDITÀ della scheda con il quale è stata confrontata. Di seguito sono riportati gli effetti litologici relativi alla scheda proposta dalla normativa utilizzata nel caso di studio (**Figura 14**).

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
 Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:
 Comportamento granulare
 Struttura granulo-sostenuta
 Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
 Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
 Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

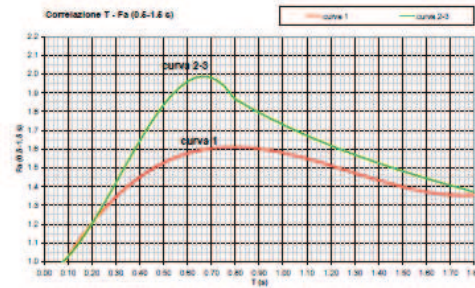
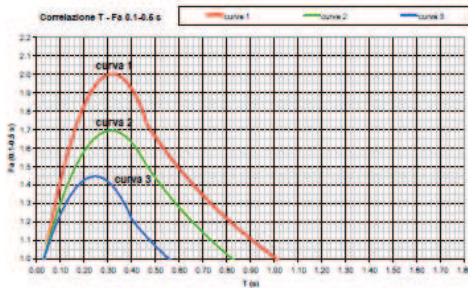


ove la sigla NA indica $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$ m/s

$V_s > 500$ m/s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$	$0.50 \leq T \leq 1.00$	$T \geq 1.00$
2	$F_{a(0.1-0.5)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$F_{a(0.5-1.0)} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$F_{a(1.0-5.0)} = 1.00$
	$0.03 \leq T \leq 0.45$	$0.45 \leq T \leq 0.80$	$T \geq 0.80$
3	$F_{a(0.1-0.5)} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$F_{a(0.5-1.0)} = 0.93 - 0.88 \ln T$	$F_{a(1.0-5.0)} = 1.00$
	$0.03 \leq T \leq 0.40$	$0.50 \leq T \leq 0.55$	$T \geq 0.55$
	$F_{a(0.1-0.5)} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$F_{a(0.5-1.0)} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$F_{a(1.0-5.0)} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$
2	$F_{a(0.1-1.8)} = 0.57 T^2 - 2.16 T^2 + 2.36 T + 0.81$
	$0.08 \leq T \leq 0.80$
3	$0.80 \leq T \leq 1.80$
	$F_{a(0.1-1.8)} = -5.11 T^2 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$
	$F_{a(0.1-1.8)} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Figura 14 – Effetti litologici – scheda litologica SABBIOSA

Prima fase: verifica della congruità dell'andamento delle Vs con la scheda individuata (Figura 15).

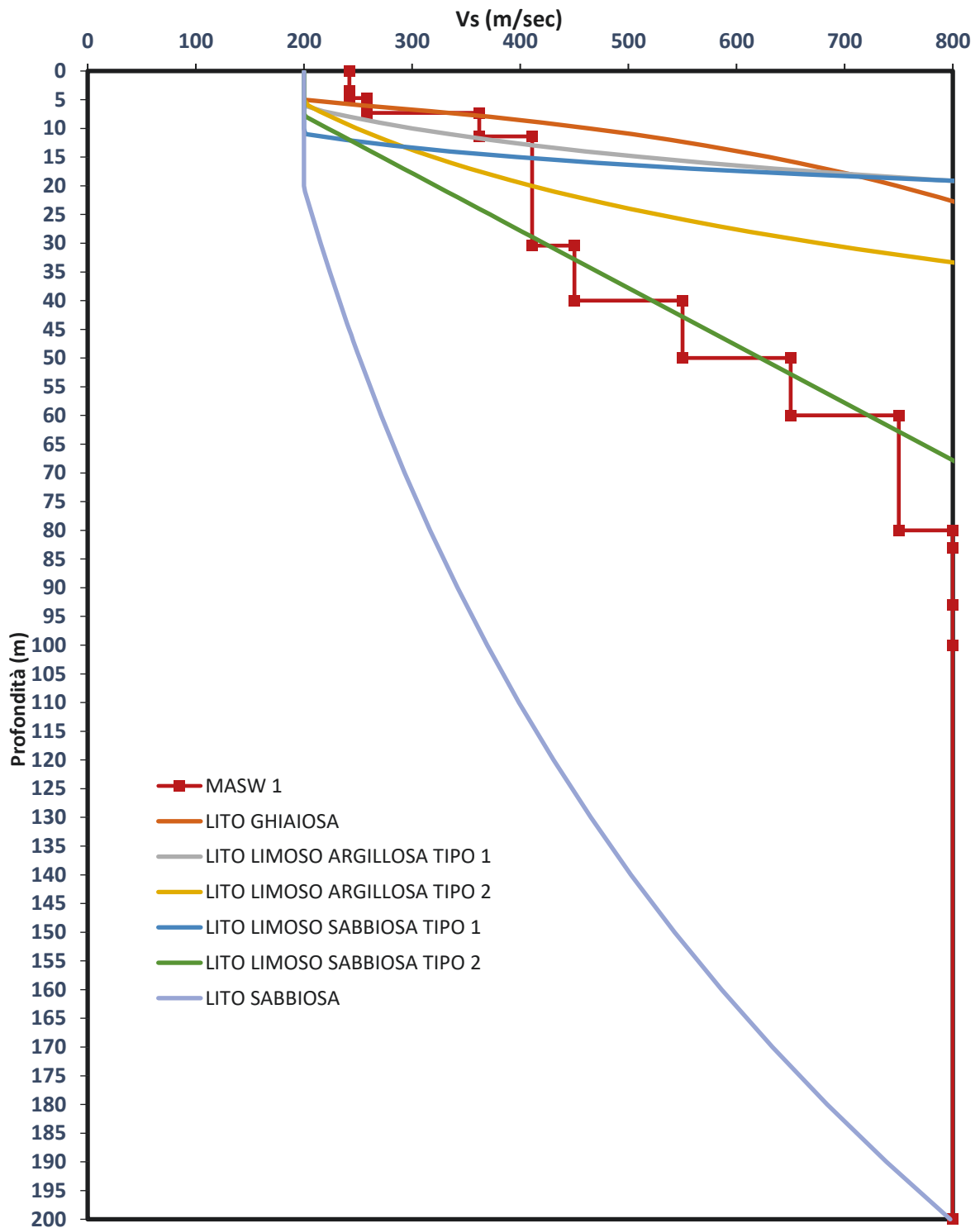


Figura 15 – Andamento delle Vs con la profondità. In rosso è rappresentato il profilo Vs estrapolato dalla prova MASW

La verifica può ritenersi soddisfatta in quanto l'intero profilo delle Vs ricade nel campo di validità della scheda litologia scelta.

Seconda fase: calcolo del periodo "T" proprio del sito

Per il calcolo del periodo "T" proprio del sito, bisogna fare riferimento alle caratteristiche dell'edificio che verrà costruito. Nel caso in esame, il progetto prevede la demolizione dei fuori terra senza demolire la platea di fondazione esistente.

Nel caso in esame, in virtù del p.to di acquisizione dell'indagine sono stati scartati i primi 3,5 metri di terreno, quota di imposta delle fondazioni esistenti.

Definizione del primo strato

$$V_s \text{ MASW} - \text{Primo strato: } (242 \times 1.2) + (258 \times 2.6) + (362 \times 4.10) / 7.9 = 310 \text{ m/s}$$

All'interno della matrice della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale o "primo strato", la curva più appropriata indicata con il numero e il colore di riferimento (**Figura 16**).

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

Figura 16 – Matrice per la scelta della curva più appropriata per il calcolo del fattore di amplificazione Scheda Litologia sabbiosa

Calcolo del periodo proprio del sito

A questo punto si calcola il periodo proprio del sito considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s con la seguente formula:

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

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello, considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s. Nel caso in esame, non essendo stato raggiunto il valore di 800 m/s, è stato estrapolato un gradiente di crescita dal profilo delle V_s fino a raggiungere gli 800 m/s.

da [m]	a [m]	V_s [m/s]	H_i [m]	$V_{s_i} \times H_i$ [m ² /s]
0	3,5	242	3,5	847
3,5	4,7	242	1,2	290,4
4,7	7,3	258	2,6	670,8
7,3	11,4	362	4,1	1484,2
11,4	30,4	411	19	7809
30,40	40,00	450	9,6	4320
40,00	50,00	550	10	5500
50,00	60,00	650	10,00	6500
60	80	750	20	15000
80	83	800	3	2400
Σ			76,5	41574,4
			T	0,5631

*IN VERDE TRATTO INTERPOLATO FINO A 800 M/S
 *IN AZZURRO TRATTO DA ASPORTARE PER LA COST. DELL'EDIFICIO (profondità fondazioni esistenti)

Tabella 6 - Tabella riassuntiva dei dati utilizzati per la costruzione della curva profondità – V_s .

Terza fase: calcolo del fattore di amplificazione “Fa” 0,1 – 0,5

Il valore di “Fa” nell’intervallo 0,1-0,5 s è pari a: $Fa_{0,1-0,5} = 1,34$

Sabbiosa						
Fa0.1-0.5						
Curva	Tratto polinomiale	Fa	Tratto logaritmico	Fa	Tratto rettilineo	Fa
1						
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65T^2 + 5.44T + 0.84$	1,16	$0.45 < T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	1,34	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$	1,00
3						

Tabella 7

Il valore di Fa consente di valutare il grado di protezione raggiunto dal sito in applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione, effettuata in termini di contenuti energetici, consiste nel confronto del valore di Fa ottenuto dalle schede con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune, in funzione delle categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche e dell'intervallo di periodo.

La misura diretta delle Vs 30 mediante indagine sismica con il metodo MASW, pari a 346 m/s, ha restituito un modello del suolo di **Tipo C**.

Il valore di Fa calcolato nel periodo tra 0.1 – 0.5 è pari a 1,34 risulta INFERIORE al valore soglia per la categoria di sottosuolo C, pari a 1,9: la normativa risulta quindi sufficiente al fine di considerare i possibili effetti di amplificazione litologica.

Non è richiesto il terzo livello di approfondimento.

Calcolo del fattore di amplificazione “Fa” 0,5 – 1,5

Il valore di “Fa” nell'intervallo 0,5-1,5 s è pari a: Fa 0,5-1,5 = 1,92

Fa0.5-1.5				
Curva	Tratto polinomiale	Fa	Tratto logaritmico	Fa
1	0.08 ≤ T ≤ 1.80			
	Fa0.5-1.5 = 0.57T ³ - 2.18T ² + 2.38T + 0.81	1,56		
2 3	0.08 ≤ T ≤ 0.80		0.08 ≤ T ≤ 1.80	
	Fa0.5-1.5 = -6.11T ³ + 5.79T ² + 0.44T + 0.93	1,92	Fa0.5-1.5 = 1.73 - 0.61LnT	2,08

Tabella 8

Il valore di Fa calcolato nel periodo tra 0.5 – 1.5 è pari a 1,92 risulta INFERIORE al valore soglia per la categoria di sottosuolo C, pari a 2,4: la normativa risulta quindi sufficiente al fine di considerare i possibili effetti di amplificazione litologica.

Non è richiesto il terzo livello di approfondimento.

6.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per configurazioni semplici come il caso in esame si può adottare la classificazione riportata in tabella 3.2.III – NTC 2018 (**Tabella 9**).

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30m.

Considerato il contesto pianeggiante nel quale ricade l'area in esame, la categoria di appartenenza è la T1.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 9 - Tabella riassuntiva delle quattro categorie topografiche.

Per considerare le condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, in funzione delle categorie topografiche definite in precedenza oltre naturalmente all'ubicazione dell'opera o dell'intervento, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V (**Tabella 10**).

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

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

Tabella 10 - Tabella dei valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica.

6.4 STIMA DELLA PERCOLOSITÀ SISMICA

Il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido).

Per tale determinazione è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare.

Si determina quindi la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

La vita nominale “ V_N ” di un’opera strutturale (§ 2.4.1 NTC 18) è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente **Tabella 11** (Tab. 2.4.I delle NTC 18) e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Nel caso in esame trattandosi di un’opera ordinaria la V_N sarà ≥ 50 anni;

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

Tabella 11 - Tabella della vita nominale per diversi tipi di opere

CLASSI D'USO (§ 2.4.2 NTC 18)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o i un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
 - Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
 - Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
 - Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel caso in esame è stata considerata una classe d'uso II, Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, ($C_U = 1,0$);

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tabella 12** sotto riportata, (Tab. 2.4.II. delle NTC 18).

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 12 – Valori del Coefficiente d'uso C_u

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA (§2.4.3 NTC 18)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U (se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni):

$$V_R = V_N \times C_U = 50$$

Dopo aver raccolto tutti i dati (fattore di struttura etc.) ed aver determinato la categoria di sottosuolo, si potrà procedere con il calcolo dell'azione sismica e la determinazione dei seguenti parametri sismici: K_h , K_v e A_{max} , in funzione dello stato limite di riferimento.

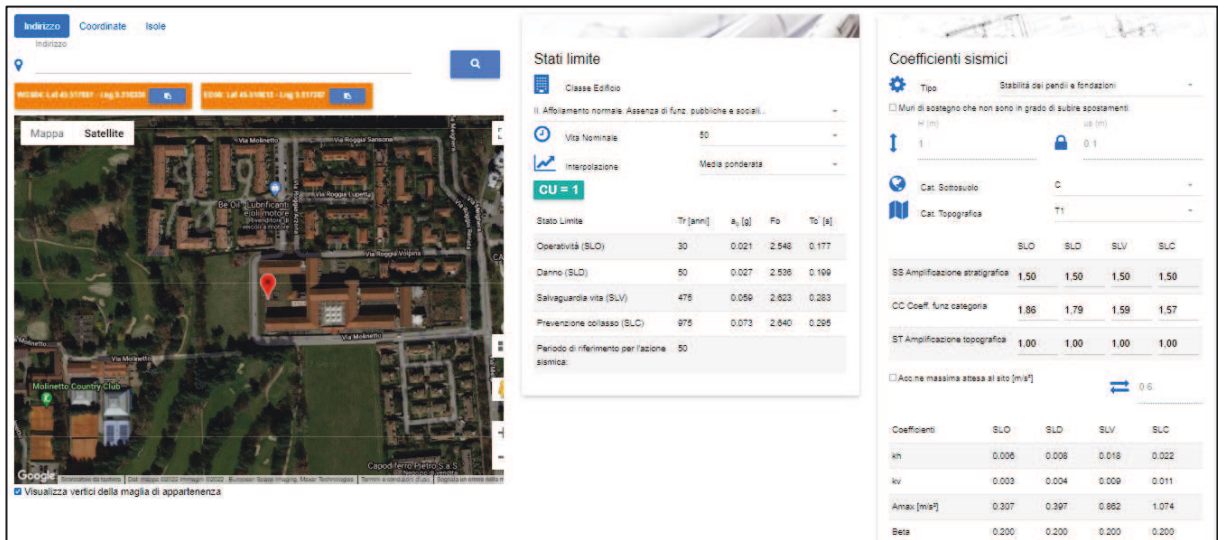


Figura 17 – Coefficienti sismici (da GeoStru)

6.5 VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA NEI CONFRONTI DELLA LIQUIFAZIONE

Il § 7.11.3.4 delle NTC 18, tratta della stabilità nei confronti della liquefazione, in particolare al § 7.11.3.4.1 “Generalità” si afferma che:

“Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla 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.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.”

Al § 7.11.3.4.2 vengono indicate le condizioni per il quale, al verificarsi di almeno una di queste, può essere omessa la verifica a liquefazione:

- 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 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 $U_c > 3,5$.*

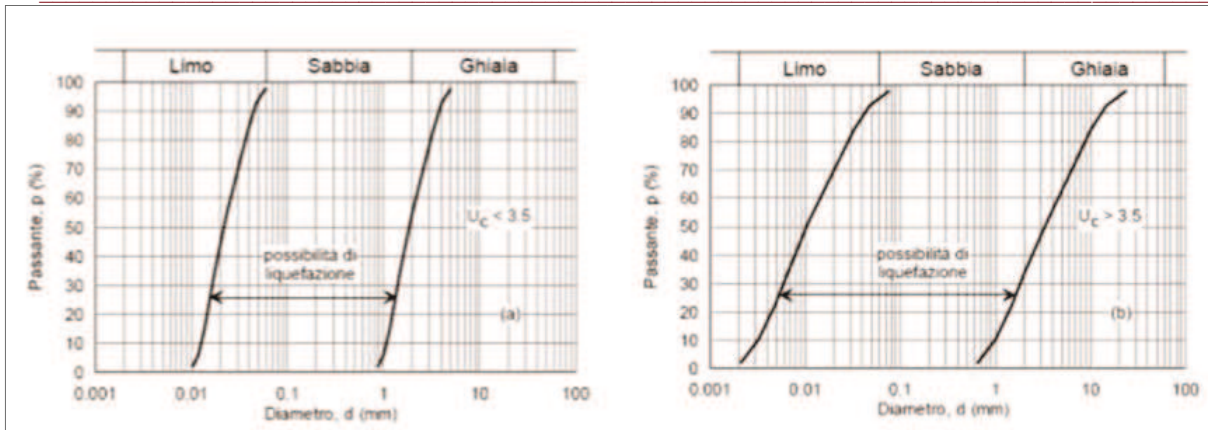


Figura 18 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (figura 7.11.1 NTC 2018)

Quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Visto il verificarsi delle seguenti condizioni:

- l'accelerazione orizzontale massima $a_g < 0,1$;

È possibile affermare che non sussistono le condizioni di suscettibilità alla liquefazione.

7 CONCLUSIONI

La presente Relazione Geologica e Sismica è stata redatta a supporto del progetto di riqualificazione edilizia dell'area ubicata in via Roggia Arzona – via Molinetto nel Comune di Cernusco S/N (MI). L'ambito in esame è censito nel Catasto Terreni al Foglio 34 Mappale 135.

Nel presente documento sono riportati i dati bibliografici dedotti dallo studio geologico a supporto del PGT; integrati con i dati sito specifici acquisiti durante l'indagine effettuata nell'area di intervento nei mesi di ottobre – dicembre 2021.

A livello locale non vi sono dinamiche geomorfologiche che possano interagire con gli interventi di progetto.

Il Piano di Gestione del Territorio vigente definisce per l'area in esame classe di fattibilità geologica per le azioni di piano: **Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni.**

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di una falda superficie libera compresa tra ca. 120 e 122 m s.l.m., tale da escludere interazioni con l'intervento di riqualifica edilizia in esame (soggiacenza nominale di ca. 6-7 m da p.c.).

Caratteri Sismici del sito:

- lo scenario di pericolosità sismica locale attribuito in sede di PGT è “**Z4a**” Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi”.
- Dall'indagine sismica condotta nel dicembre 2021 è emersa, per l'area in esame, una V_{s30} di circa **346 m/s** a livello del piano campagna, il profilo dei terreni ha permesso di classificare il sito come suolo di categoria di tipo “C”.
- l'approfondimento di secondo livello condotto ha consentito di confermare la **categoria di suolo “C” sia per edifici con periodo “T” compreso tra 0.1 – 0.5 sec sia per edifici con periodo “T” compreso tra 0.5 – 1.5 sec ;**
- la **categoria topografica è la T1;**

Il modello geotecnico è riconducibile a un sistema a due strati con caratteristiche geotecniche differenti; in superficie prevalgono terreni poco addensati sciolti con caratteristiche geotecniche da mediocri a scarse. Al di sotto si rinvengono terreni incoerenti ghiaiosi sabbiosi da mediamente addensati a molto addensati caratterizzati da proprietà geotecniche buone. Una sola verticale di indagine rispetto all'estensione del sedime d'intervento appare tuttavia statisticamente poco rappresentativa per l'intero comparto, in considerazione del fatto

che attualmente non è possibile intervenire sul sedime d'intervento (non essendovi l'altezza utile per l'esecuzione delle prove penetrometriche) a demolizione avvenuta si ritiene opportuno implementare il numero di verticali al fine di confermare i dati acquisiti.

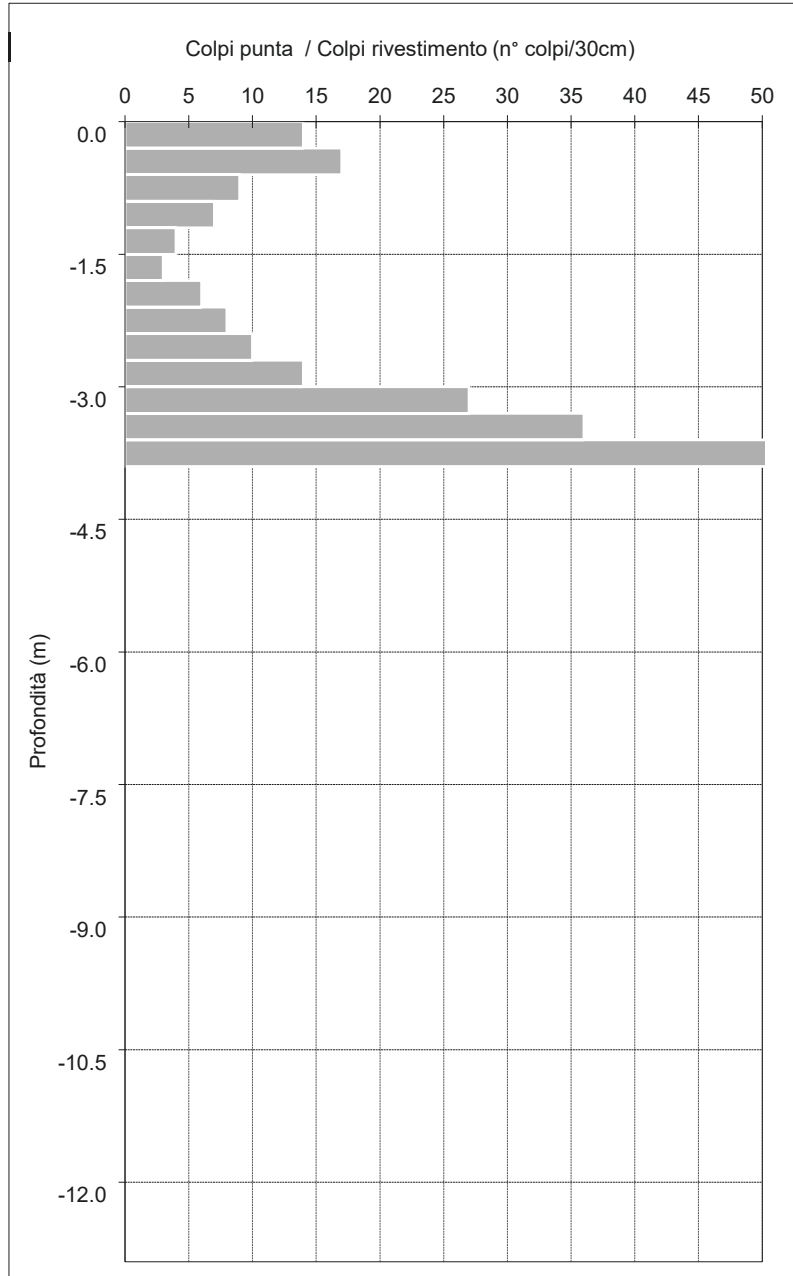
Alla luce di quanto sopra riportato il sito in esame appare compatibile con le opere di riqualifica edilizia in progetto.

Meda, 18 gennaio 2022

dott. geol. Maurizio Marelli

ALLEGATO 1 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Prova penetrometrica dinamica n.		1	
Comm.:	Studio SPS s.r.l.	Data:	21/12/2021
Località:	Cernusco sul Naviglio (MI)	Quota inizio:	p.c.
Indirizzo:	Via Roggia Arzona - Via Molinetto	Falda (m):	-
Attrezzatura:	Pagani 63/100		



Quota [m]		N _{SCPT}	N _{RIVEST}
0.0	-0.3	14	
-0.3	-0.6	17	
-0.6	-0.9	9	
-0.9	-1.2	7	
-1.2	-1.5	4	
-1.5	-1.8	3	
-1.8	-2.1	6	
-2.1	-2.4	8	
-2.4	-2.7	10	
-2.7	-3.0	14	
-3.0	-3.3	27	
-3.3	-3.6	36	
-3.6	-3.9	100	
-3.9	-4.2		
-4.2	-4.5		
-4.5	-4.8		
-4.8	-5.1		
-5.1	-5.4		
-5.4	-5.7		
-5.7	-6.0		
-6.0	-6.3		
-6.3	-6.6		
-6.6	-6.9		
-6.9	-7.2		
-7.2	-7.5		
-7.5	-7.8		
-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	-10.2		
-10.2	-10.5		
-10.5	-10.8		
-10.8	-11.1		
-11.1	-11.4		
-11.4	-11.7		
-11.7	-12.0		

ALLEGATO 2 – MASW

Studio Geologico
Dott. Geol. Marco Degliantoni
Fr. S. Martino, 26 - 27057 Varzi (PV)
Tel e fax 0383.52631 - Mobile 339.4399183
C.F. DGLMRC69D29F205M P. IVA 01830450183

Dott. Geol. Maurizio Marelli
Via delle Colline, 42 - 20821 Meda (MB)
C.F. MRLMRZ73B23E951N - P.IVA 03318200965

INDAGINE GEOFISICA

RELAZIONE SULLE INDAGINI ESEGUITE IN CERNUSCO SUL NAVIGLIO (MI) - VIA MOLINETTO, VIA ROGGIA AZONA E VIA ROGGIA VOLPINA

A cura di dott. Geol. Marco Degliantoni

Varzi, dicembre '21

1. INDICE

1. INDICE	2
2. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	2
3. PREMESSA	3
4. TIPOLOGIA DI ATTREZZATURA	4
5. NOTE METODOLOGICHE	5
PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH	5
ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE SECONDO IL METODO MASW - MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES	6
6. RISULTATI	8
7. ELABORAZIONE ONDE DI SUPERFICIE SECONDO IL METODO MASW	9

2. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Eliosoft –Geophysical software, winMASW 4.1 versione Standard e Professional manuale d'uso, giugno 2009

Dal Moro G., 2008, Tre divagazioni: il mito dell'inversione, MASW in Friuli, esempi di applicazione congiunta MASW-rifrazione. Presentazione ad invito per la Giornata di studio "Monitoraggio Dinamico per la Valutazione della Sicurezza Sismica dei Ponti", Centro Internazionale di Scienze Meccaniche (CISM), Udine, 18 aprile 2007

Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007, Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation, *J. Appl. Geophysics*, 61, 39-55

Dal Moro G., Pipan M., Forte E. & Finetti I., 2003, Determination of Rayleigh wave dispersion curves for near surface applications in unconsolidated sediments, atti del convegno SEG (Society of Exploration Geophysicists), 73st Annual Int. Mtg. (Dallas, Texas, ottobre 2003)

Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, *Geophysics*, 64, 3; 800–808

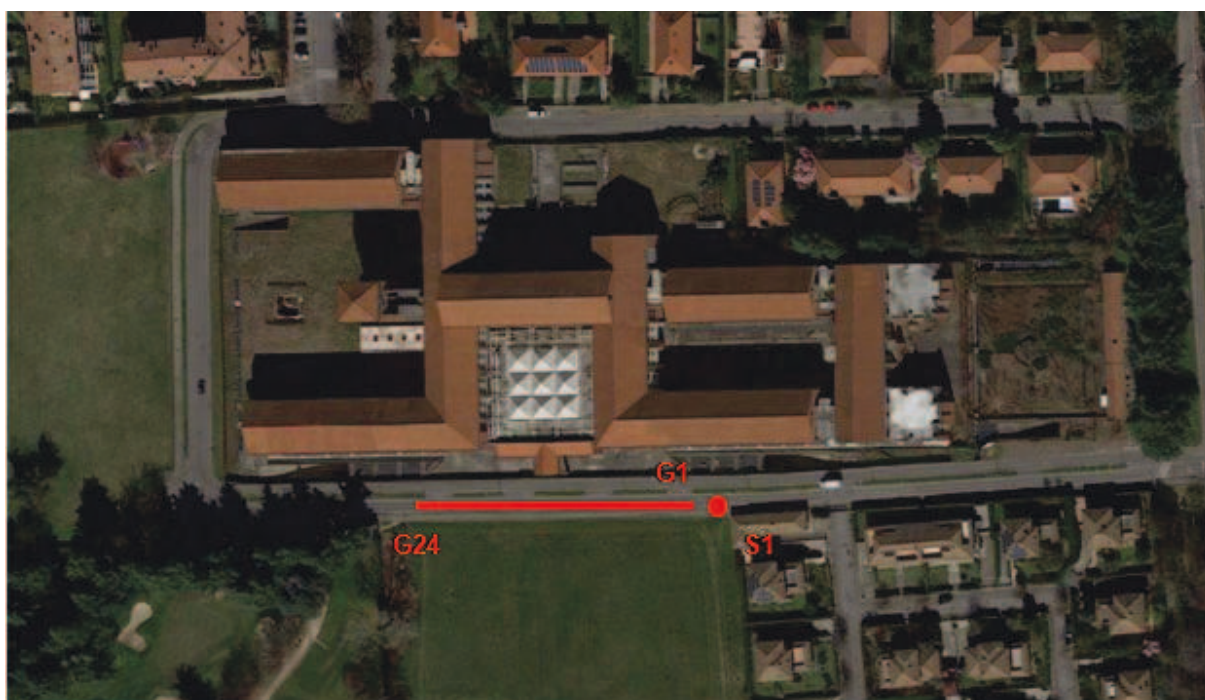
Park C.B., 2002, Multichannel analysis of surface waves (MASW). MASW Workshop Notes, open file (http://www.terrajp.co.jp/MASW_Workshop_Tokyo.pdf)

Park D. & Hashash Y.M.A., 2004, Soil Damping Formulation in non-linear Time Domain Site Response Analysis. *Journal of Earthquake Engineering*, 8, 249-274

Regione Lombardia, Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica idrogeologia e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, N. 12. (cfr. www.regione.lombardia.it)

3. PREMESSA

La presente campagna d'indagine è stata condotta su incarico del Dott. Geol. Maurizio Marelli nell'ambito dello studio geologico e sismico di supporto alla progettazione di interventi edilizi in Cernusco sul Naviglio (MI) - Via Molinetto, Via Roggia Azona e Via Roggia Volpina. Oggetto dell'incarico allo scrivente è stata la definizione, mediante indagini indirette basate sulle tecniche di sismica a rifrazione (misura diretta delle Vs 30 con metodologia MASW), del tipo di suolo ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni. A tale scopo è stato predisposto uno stendimento sismico lineare di lunghezza pari a **55 m** con 24 geofoni a distanza intergeofonica di 2.5 m ed un punto di sparo posto all'esterno della stesa sismica. Il punto di energizzazione (S1) è stato posto a 2.5 m dal geofono indicato con G1. La massima profondità investigata mediante il profilo sismico, funzionale alle caratteristiche del sottosuolo, è stata di 15 m circa. Il processing dei dati acquisiti è stato eseguito con software WinMASW versione 4.1.



Ubicazione indagini

4. TIPOLOGIA DI ATTREZZATURA

L' acquisizione di campagna è stata realizzata mediante sismografo Ambrogeo a 16 bit, 24 geofoni verticali a 4,5 Hz dotati di basetta e mazza energizzante da 8 Kg dotata di starter.

Caratteristiche tecniche sismografo

Number of channels 24

Sampler interval 0,296 msec

A/D Conversion 16 bit

Amplifiers

Input impedance 1 KOhm

Gain 10 dB - 100 dB, step 1 dB

Saturation tension +/- 2,3 V

Saturation level 100 dB

Distorsion 0,01%

Sampler 25 msec (191 points)

50 msec (383 points)

100 msec (756 points)

200 msec (1530 points)

400 msec (3060 points)

800 msec (6121 points)

Sampling 130 micro/sec

Record lenght 25-50 -10 -20 -400-800 msec

Filter low pass from 50 to 950 Hz, step1 Hz

Digital Filter (Fir) low pass 1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz

Digital Filter (Fir) high pass 0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz

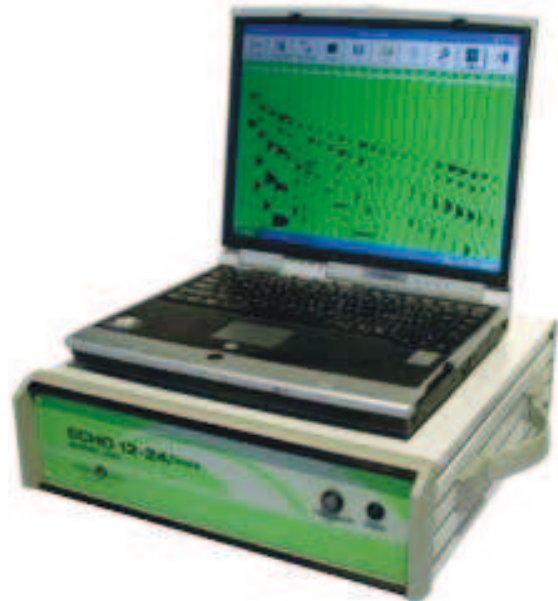
Frequency response 7-950 Hz, filter at 950 Hz

Dynamic range 93 dB

Noise 0,66 uV rms, gain = 55 dB

Crosstalk 52 dB, gain = 55 dB

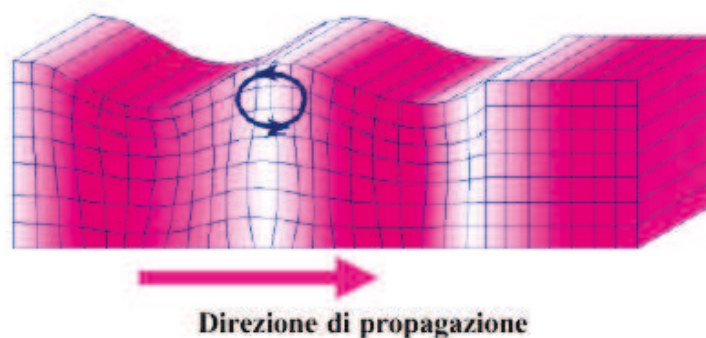
Power 12 V



5. NOTE METODOLOGICHE

PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_S tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da r^{-2} e non da r come per le onde di volume.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.

Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione, innanzi tutto, della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. del 14/01/2008. Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P, risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (VR) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (Vs). Le tecniche d'analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative più onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione della Vs <20%.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE SECONDO IL METODO MASW - MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità 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 e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo d'indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m - 50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10 Hz, quindi da informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Nel seguito si farà riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità. Il metodo passivo è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore H dello strato, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità dello strato; la velocità di propagazione delle onde di taglio Vs all'interno dello strato; il coefficiente di Poisson.



A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame. Quanto detto rappresenta il problema diretto: quello in pratica che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh.

Nella prospezione occorre invece affrontare il problema inverso: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. *Acquisizione*: registrazione e osservazione dei dati sismici "grezzi" contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
2. *Processing*: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;
3. *Inversione*: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità. Tutto ciò è quindi possibile sfruttando le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale.

La procedura MASW viene presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999). L'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica,

insieme alla semplicità delle operazioni, permettono al MASW, metodo attivo, di superare pienamente le limitazioni incontrate con altri metodi. È necessario ricordare che le scelte dei parametri d'acquisizione influenzano molto il risultato finale, è però possibile indicare solo delle linee guida ed un operatore dotato di esperienza saprà valutare al meglio la situazione, sommando alla propria abilità le eventuali conoscenze geologiche e geomorfologiche del sito in esame. Normalmente si accetta l'approssimazione secondo cui la massima profondità d'indagine MASW per la quale calcolare il valore VS, può essere paragonato alla metà della lunghezza d'onda l_{max} misurata dai ricevitori (Park et al., 1999), quest'ultima in generale è considerata circa pari alla lunghezza L dello stendimento.

Le varie tecniche di processing trasformano l'informazione registrata nel dominio x-t (spazio tempo), in un dominio dove l'energia associata all'evento è funzione della frequenza e di altre variabili. Tutto questo ha lo scopo, attraverso lo spettro, di localizzare la densità d'energia maggiore, alla quale le onde di Rayleigh sono di solito associate. Nella fase d'inversione, il software procede alla stima dei parametri del modello rappresentativo della realtà considerato.

6. RISULTATI

La misura diretta delle Vs 30 mediante indagine sismica con il metodo MASW (monodimensionale) ha restituito un modello del suolo di **Tipo C** come evidenziato nella figure ed elaborazioni a seguire. Nel complesso la sismostratigrafia locale può essere assimilabile ad una successione di sedimenti porosi con livelli di velocità ed addensamento crescenti con la profondità. Si stima la presenza di "substrato sismico" a circa 35 da p.c..



Modello sismico in corrispondenza del punto di sparo S1

Varzi, dicembre '21

7. ELABORAZIONE ONDE DI SUPERFICIE SECONDO IL METODO MASW

L'elaborazione geofisica è stata impostata su n° 4 strati a differenti valori di velocità delle Onde di Taglio (Vs).

La velocità equivalente delle onde di taglio è calcolata con la seguente espressione, ove H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s:

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

H assume valore 30 qualora non i individui substrato rigido entro tale profondità.

Il profilo M.A.S.W., sulla base del modello migliore, indica una Vs di circa **346 m/s** a livello del piano di campagna.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le "Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni" il profilo sismostratigrafico dei terreni permette di classificare il sito come suolo tipo "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."*

Il programma di calcolo ha fornito inoltre, mediante correlazioni empiriche e sperimentali, la seguente stima dei principali parametri

Strato	Vs	Spessore Strati	Densità	Modulo di Poisson	Modulo di Young	Modulo dinamico di taglio	Costante di Lamè	Modulo di compressione
n°	(m/s)	(m)	(t/mc)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	236,39	5,27	1,92	0,40	300	107	430	501
2	305,01	3,07	1,97	0,38	506	183	598	720
3	352,21	4,42	2,01	0,39	694	249	914	1080
4	414,27		2,04	0,38	966	350	1119	1352

Dispersion curve: number of frequency-velocity points=15

dataset: Masw_CNav.seg2
 minimum offset (m): 2.5
 geophone spacing (m): 2.5
 sampling (ms): 0.131
 Dispersion curve: cern2.cdp
 Number of individuals: 30
 Number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 174 0.5406473 198 1.081295
 198 1.081295 367.9361
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 259 10 325 10 380 10 527
 Adopted Poisson values: 0.4 0.4 0.4 0.35

Output folder: C:\GEOTEC-1\WINMAS-2\output

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -24.5381 -4.65874
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -27.4713 -4.65874
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -21.8528 -4.65874
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -23.1822 -4.65874
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -18.3029 -4.65874
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -22.6654 -4.65874
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -23.0024 -4.65874
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -22.8462 -4.42539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -23.626 -4.42539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -21.0611 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -21.8801 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -24.3699 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -23.2572 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -18.9287 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -18.3675 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -17.6231 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -16.6777 -4.27832
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -13.7061 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -15.6294 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -21.1224 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -19.235 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -18.0708 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -19.9905 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -21.7551 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -20.0033 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -19.1089 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -22.7065 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -21.8495 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -20.7499 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -22.3961 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -20.3941 -4.16418

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -19.6725 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -18.2965 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -14.3534 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -18.6817 -4.16418
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -19.4397 -4.02021
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -18.5626 -4.02021
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -17.2143 -4.02021
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -14.8193 -4.02021
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -16.3621 -4.02021

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 236 305 352 414
 Poisson: 0.4 0.4 0.4 0.35
 Thickness (m): 5.3 3.1 4.4

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -4.0805 -3.9982
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -4.08 -3.9982
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -4.1348 -3.9982
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -4.0977 -3.9982
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -4.1131 -3.9982
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -4.1231 -3.9982
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -4.0891 -3.9941
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -4.0909 -3.9899
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -4.0712 -3.9899
 Number of models considered to calculate the average model: 17

Dataset: Masw_CNav.seg2
 Analyzed curve: cern2.cdp

MEAN MODEL

VS (m/s): 242 258 362 411
 Standard deviations (m/s): 4 18 23 18
 Thickness (m): 4.7 2.6 4.1
 Standard deviations (m): 0.5 0.3 0.3

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 574 765 866 884
 Density (gr/cm3): 1.92 1.99 2.02 2.02
 Vp/Vs ratio: 2.37 2.97 2.39 2.15
 Poisson: 0.39 0.44 0.39 0.36
 Young modulus (MPa): 313 380 738 931
 Sjear modulus (MPa): 112 132 265 342
 Lamé (MPa): 408 899 985 898
 Bulk modulus (MPa): 483 988 1161 1126

Fundamental mode

Mean model
 f(Hz) VR(m/s)
 11.7437 324.0234
 13.0937 307.3521
 14.4437 290.7432
 15.4562 279.852
 16.8062 268.097
 17.7062 261.8967
 18.8312 255.6575
 20.1812 249.8993
 21.1937 246.52
 22.3187 243.4804
 23.6687 240.5925
 25.4687 237.684
 26.4812 236.3997
 27.8312 234.9843
 29.4062 233.6674

BEST MODEL

Vs (m/s): 236.3914 305.0112 352.2119 414.2652
 thickness (m): 5.2687 3.0729 4.4211
 Approximate values for Vp, density & elastic moduli
 Vp (m/s): 579 700 838 944
 Density (gr/cm3): 1.92 1.97 2.01 2.04
 Vp/Vs ratio: 2.45 2.30 2.38 2.28
 Poisson: 0.40 0.38 0.39 0.38
 Young modulus (MPa): 300 506 694 966
 Shear modulus (MPa): 107 183 249 350
 Lamé (MPa): 430 598 914 1119
 Bulk modulus (MPa): 501 720 1080 1352

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model
 f(Hz) VR(m/s)
 11.7437 316.7655
 13.0937 301.6761
 14.4437 287.6991
 15.4562 278.474
 16.8062 268.0085
 17.7062 262.1333
 18.8312 255.8867
 20.1812 249.7655
 21.1937 245.9931
 22.3187 242.4771
 23.6687 239.0247
 25.4687 235.436
 26.4812 233.8162
 27.8312 232.0074
 29.4062 230.304

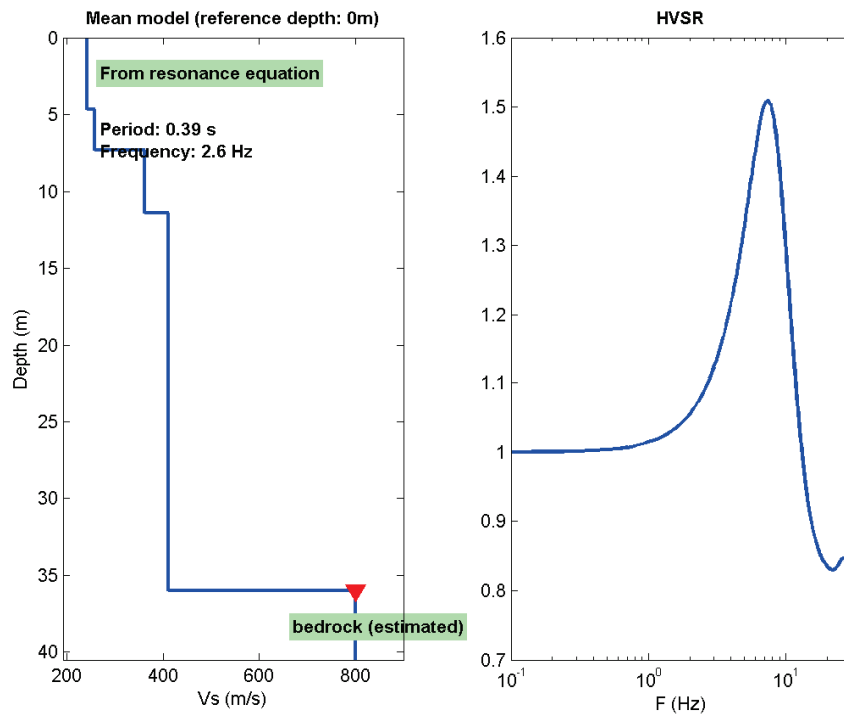
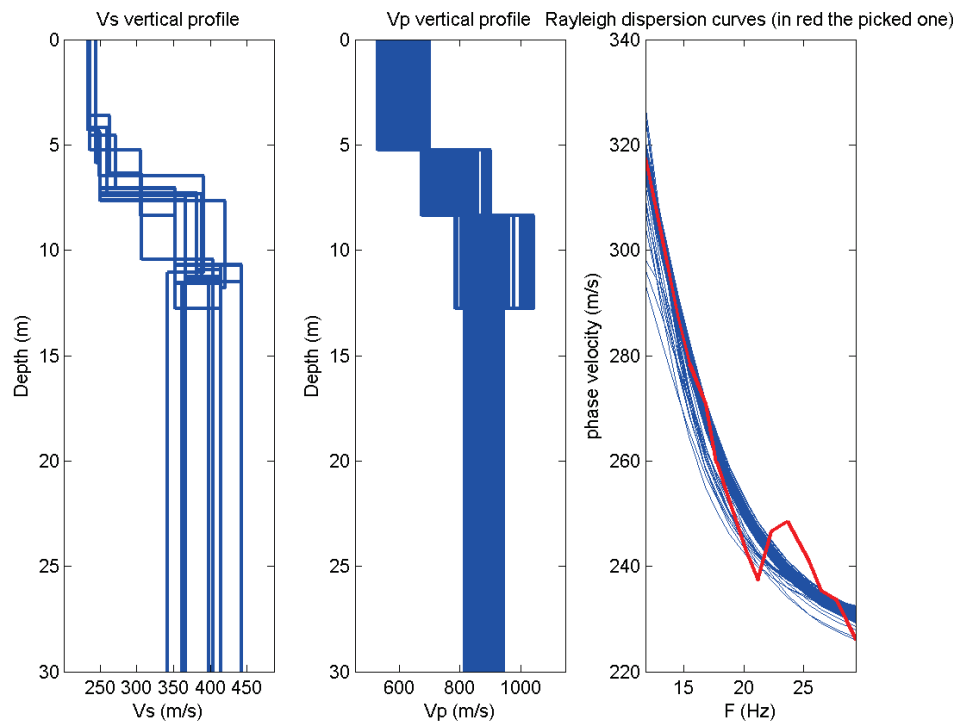
Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 15 m

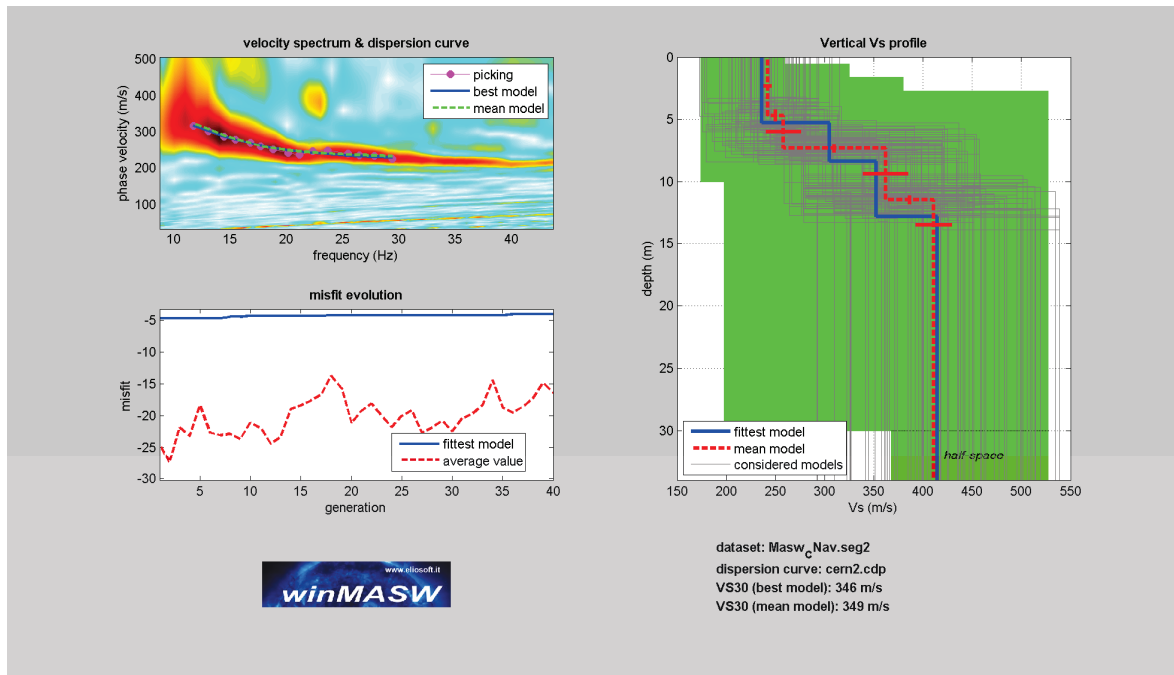
Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 243 m/s
 VS5 (best model): 236 m/s

VS20 (mean model): 324 m/s
 VS20 (best model): 320 m/s

VS30 (mean model): 349 m/s
 VS30 (best model): 346 m/s





#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: Masw_cNav.seg2
 minimum offset: 2.5 m
 geophone spacing: 2.5 m
 sampling: 0.131 ms

normalized traces

time (s) vs offset (m)

utilities: flip traces, spectrum, movie ?

data selection: activate, select (20), cancel, save

refraction: quick refraction, upload, save, clear refraction

winMASW ver. 4.1 Pro Attenuation analysis

#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: calculate spectrum, ReMi: upload ReMi spectrum, visualize curves, input curve ?

velocity spectrum

phase velocity (m/s) vs frequency (Hz)

explore spectrum

modelling: parameters, save model, upload model (3), Rayleigh, eigen period, refresh ?

cern2.cdp picking: fundamental, use the right button to select the last point of the considered mode, save picking ?, cancel picking

inversion, exit



**DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO
DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PARAGRAFO
6.2.1 NTC 2018 e/o DALLA D.G.R. 2616/2011**

Il sottoscritto GEOL. MARELLI MAURIZIO

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA n.1271

incaricato in data 08/10/2021

da CZ COSTRUZIONI S.R.L.

per conto di - _____

di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento

Riqualifica edilizia

da eseguire in Comune di CERNUSCO SUL NAVIGLIO (MI)

Località - _____

indirizzo VIA ROGGIA ARZONA - VIA MOLINETTO

n° snc _____

CAP

2	0	0	6	3
---	---	---	---	---

Comune Catastale C523

Foglio n. 34

Mappale o Particella

135

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- D.G.R. 2616/2011 e D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. 2616/2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, nello studio geologico comunale (PGT vigente) redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, al sito di intervento sono state attribuite le seguenti caratteristiche geologiche:

1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.1

- Z1 Instabilità dei versanti Z2a Cedimenti Z2b Liquefazione
 Z3 Amplificazione topografica Z4 Amplificazione Stratigrafica
 Z5 Comportamenti differenziali Nessuno scenario

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
 Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
 Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. 2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR 2616/2011 p.to 3.1

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

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR 2616/2011 p.to 3.2

- a) Instabilità dei versanti
 b) Vulnerabilità idrogeologica
 c) Vulnerabilità idraulica
 d) Scadenti caratteristiche geotecniche
 nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

in fase di predisposizione dello studio geologico a supporto della progettazione

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previste dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di CERNUSCO SUL NAVIGLIO

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR 2616/2011, conformemente alle linee guida disponibili:

- Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
 Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
 Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
 Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
 Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
 Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

- indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA E INDAGINE SISMICA SUPERFICIALE

- indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della categoria di sottosuolo, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria di sottosuolo:

A B C D E

mediante la seguente tipologia d'indagine MASW

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

- analisi di risposta sismica locale
- procedura semplificata basata sulla definizione della categoria topografica, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria topografica:

T1 T2 T3 T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala 1:10.000

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

- esclusione della verifica (paragrafo 7.11.3.4.2 NTC 2018), opportunamente motivata in relazione
- verifica della stabilità (paragrafo 7.11.3.4.3 NTC 2018) mediante la seguente metodologia

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

- senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
- previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
- previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
 - non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
 - sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti .

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti del Regolamento UE 2016/679 e del Dlgs 101/2018 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

luogo MEDA _____ data 31/01/2022 _____

IL GEOLOGO

MAURIZIO MARELLI

(timbro e firma)

Salva Bozza

Conferma

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - INSTABILITA'

Nel caso di scenari PSL di tipo Z1a, Z1b e Z1c (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011) per tipologia di frane in terra

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Modello geologico del sito <input type="checkbox"/> Classificazione USCS dei materiali <input type="checkbox"/> Modello geotecnico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Analisi all'equilibrio limite in condizioni statiche (FS) e pseudo-statiche (FSps)		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> FSps ≥ 1.3 Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> $1.1 \leq FSps < 1.3$ Obbligo del 2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> FSps < 1.1 Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Stima dello spostamento atteso mediante relazioni empiriche disponibili in letteratura opportunamente scelte e motivate	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 2 cm Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> Spostamento > 2 cm Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Rilievo topografico di dettaglio <input type="checkbox"/> Indagine di sismica rifrazione <input type="checkbox"/> Indagini in sito di tipo diretto tramite sondaggio/i a carotaggio continuo <input type="checkbox"/> Prove in foro <input type="checkbox"/> Prove di laboratorio su campioni indisturbati
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi dinamiche semplificate (metodo degli spostamenti)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 5 cm Fine approfondimento SITO STABILE <input type="checkbox"/> Spostamento > 5 e ≤ 15 cm Verifica DI AMMISSIBILITA' DELLO SPOSTAMENTO <input type="checkbox"/> Spostamento > 15 cm OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Eventuali verifiche di stabilità con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - AMPLIFICAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), *previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. 2616/2011); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011)

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR 2616/2011 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di VSH > 250 m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> FAC ≤ FAS* Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al VS30 misurato <input type="checkbox"/> FAC > FAS* Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato	<input type="checkbox"/> FAC > FAS* Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni 2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Non applicabilità dell'analisi di II° livello Obbligo del 3° grado di approfondimento Oppure nel caso <input type="checkbox"/> FAC > FAS* e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> FAC ≤ FAS* Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al VS30 misurato <input type="checkbox"/> FAC > FAS* Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato	Nel caso <input type="checkbox"/> FAC > FAS* e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al VS30 misurato 3° grado di approfondimento

Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione Fine approfondimento

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - LIQUEFAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z2b (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011) soggetti a fenomeni di liquefazione

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Valore di Magnitudo massima attesa <input checked="" type="checkbox"/> Valore di a_{max} in superficie <input type="checkbox"/> Soggiacenza della falda <input type="checkbox"/> Curva granulometrica e valori di resistenza penetrometrica normalizzata negli orizzonti non coesivi saturi presenti entro il volume significativo di sottosuolo		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Valutazione dei requisiti per l'esclusione della verifica di sicurezza alla liquefazione		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Assenza dei fattori scatenanti e/o predisponenti Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> Presenza dei fattori scatenanti e predisponenti Obbligo del 2° grado di approfondimento	
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza ciclica CRR <input type="checkbox"/> Determinazione sperimentale della frazione di fine FC alle profondità di analisi	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Stima del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FL) tramite applicazione puntuale di metodi storico-empirici ad almeno 3 diverse profondità ritenute significative	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> $FL \geq 1.0$ (per tutti i punti d'analisi) Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> $FL < 1.0$ (per almeno un punto d'analisi) Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTe) o piezocono (CPTu)
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Stima dell'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità tramite applicazione di metodi storico-empirici e calcolo del potenziale di liquefazione I_L valido per una profondità critica almeno pari al volume significativo di sottosuolo
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> $I_L \leq 2.0$ Fine approfondimento SITO STABILE <input type="checkbox"/> $2.0 < I_L \leq 5.0$ Verifica DI AMMISSIBILITA' DELLO SPOSTAMENTO <input type="checkbox"/> $I_L > 5.0$ OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Eventuali verifiche di sicurezza con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)