

ALLEGATO B

COMMITTENTE	DEVERO COSTRUZIONI S.P.A.
OGGETTO	<i>Proposta variante P.I.I. di San Damiano in via S. Anna</i>
COMUNE	Brugherio (MB)
	RELAZIONE GEOLOGICA RELAZIONE GEOTECNICA
DATA	luglio 2017
RELATORE	<i>dott. geol. Alessandro Ratazzi</i> 



SOMMARIO

Premessa

Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

- Inquadramento geologico-geomorfologico
- Inquadramento idrologico e idrogeologico
- Indicazioni componente geologica PGT comunale

Indagini in sito

Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo
Prove penetrometriche SPT
Prove penetrometriche dinamiche SCPT
Prospezione sismica MASW

- Classificazione sismica
- Categoria sismica dei terreni

Analisi Geotecnica Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

- Fondazioni superficiali
- Fondazioni profonde
 Considerazioni generali
- Sostegno delle pareti di scavo e opere di sostegno
- Dispersione delle acque bianche meteoriche

Conclusioni

Allegati (in fondo al testo):

Corografia

Ubicazione punti d'indagine

Logs stratigrafici / Foto cassette catalogatrici

Diagrammi prove SCPT

Schema stratigrafico-geotecnico

Tabella Resistenza di Progetto

Rapporto geofisico

(File – BrugherioDevero)

Premessa

Su incarico della Società Devero Costruzioni S.p.a., è stato redatto il presente studio geologico con analisi geotecnica e note idrogeologiche a supporto del progetto per la proposta variante P.I.I. di San Damiano in via S. Anna in comune di Brugherio (MB).

In questa fase preliminare, come richiesto, sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio stratigrafico (S3) a carotaggio continuo fino alla profondità di 30.0 m
- prove tipo SPT in avanzamento a fondo foro
- n.2 prove penetrometriche dinamiche (P8 e P9) con attrezzatura superpesante (DPSH)
- un'indagine di tipo sismico MASW (M2) (Multichannel Analysis of Surface Waves) per consentire la definizione sismica del sito

I punti d'indagine sono stati localizzati, compatibilmente con l'accessibilità all'area e gli ingombri esistenti, in modo da ricoprire uniformemente le porzioni di terreno interessate dalle opere di fondazione, così come illustrato nello schema planimetrico allegato.

Inoltre, per la redazione del presente studio sono stati utilizzati:

- i risultati di numerose indagini geognostiche e relazioni geologico tecniche seguite dal sottoscritto o effettuate da altre società, in passato, nelle immediate vicinanze e comunque nel medesimo ambito geologico-geomorfologico: in particolare i risultati esposti negli studi geologici e geotecnici (forniti dal committente) di:
 - o GEOPLAN, per l'adiacente complesso residenziale, nel 2011
 - o Dott. Geol. Carlo Leoni, per l'intervento edilizio a confine con l'area di studio, nel 2012
 - o Dott. Geol. Carlo Leoni, per il nuovo asilo nido in via Sant'Anna, nel 2013
- le osservazioni relative al rilievo geologico-stratigrafico del sito oltre alla diretta osservazione dei depositi in affioramento in scavi aperti in cantieri nelle vicinanze al lotto in esame
- l'esauriente studio geologico (e relative mappe) redatto a supporto del PGT del comune di Brugherio, redatto dai colleghi Anna Gentilini e Domenico D'Alessio

Nella presente relazione geotecnica saranno analizzati i risultati delle indagini svolte al fine di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico, geotecnico e idrogeologico il sottosuolo, di indicare la resistenza di progetto del terreno interagente con le opere di fondazione e stimare l'entità dei cedimenti indotti dalle opere in progetto. Si forniranno inoltre indicazioni sulle modalità di scavo e su eventuali opere di stabilizzazione e consolidamento; infine verranno indicate le modalità da seguire per il trattamento delle acque bianche.

La stessa è stata redatta conformemente alle vigenti norme in materia, in particolare:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2008) e che prevedono un approccio agli stati limite
- nel D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)
- nella L.R. 12 ottobre 2015, n.33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- nel D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 Approvazione delle linee guida di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt . 3, comma 1, e 13, comma 1, della l .r . 33/2015)

Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

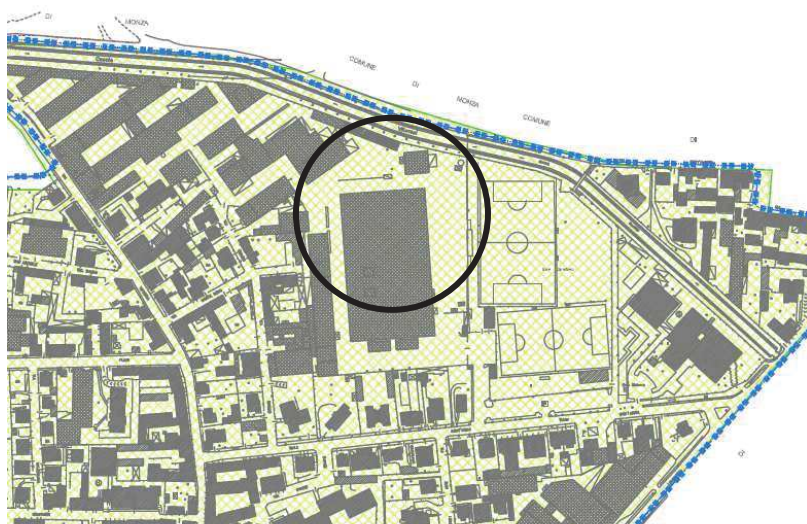
Inquadramento geologico - geomorfologico

L'area in esame è collocata nella provincia di Monza e Brianza, nella porzione settentrionale del comune di Brugherio (medio-alta pianura milanese), ad una quota topografica di circa 155 m s.l.m..

Dal punto di vista geomorfologico, l'area è posta su di una porzione di territorio subpianeggiante con una leggera pendenza verso Sud/Sud-Est.

I depositi che caratterizzano questo settore sono riconducibili alla fase fluvioglaciale "recente" (Wurm-Riss, pleistocene superiore).

Sono depositi di natura ghiaioso-sabbioso-argillosa che costituiscono il "livello principale della pianura".



Occupano gran parte delle pianure lombarde; nella parte settentrionale sono limitati alle fasce altimetricamente più basse, mentre nella parte centro-meridionale costituiscono tutta l'estesa ed uniforme pianura, ad eccezione delle strette fasce alluvionali che si accompagnano ai corsi d'acqua.

LEGENDA

Litozona Ghiaioso - Sabbiosa (Pleistocene Medio - Sup.)

Unità Ghiaioso - Sabbiosa (Pleistocene Sup.)



Sabbie e ghiaie grigiastre con limo sabbioso bruno; i clasti sono arrotondati e contengono talora ciottoli con dimensione superiore ai 10 cm; la natura dei ciottoli è silicea; gneiss, rocce granitoidi, quarziti e quarzoscisti. Presenti in maniera subordinata clasti a componente calcarea.

Morfologicamente costituiscono una pianura uniforme ed interrotta soltanto dagli alvei degli attuali corsi d'acqua.

La natura dei depositi, al di sotto di uno strato di alterazione superficiale che raramente è ancora presente, presenta ghiaie, sabbie, limi e argille. Le ghiaie più o meno sabbiose prevalgono nella parte settentrionale, le sabbie, i limi e le argille in quella meridionale. Il passaggio tra un tipo e l'altro è per lo più graduale.

Zona a ghiaie prevalenti: è formata da clasti di dimensioni medie e grosse (1-20 cm); hanno forma arrotondata con frequente tendenza verso la forma ovale. Mancano quasi del tutto elementi angolosi.

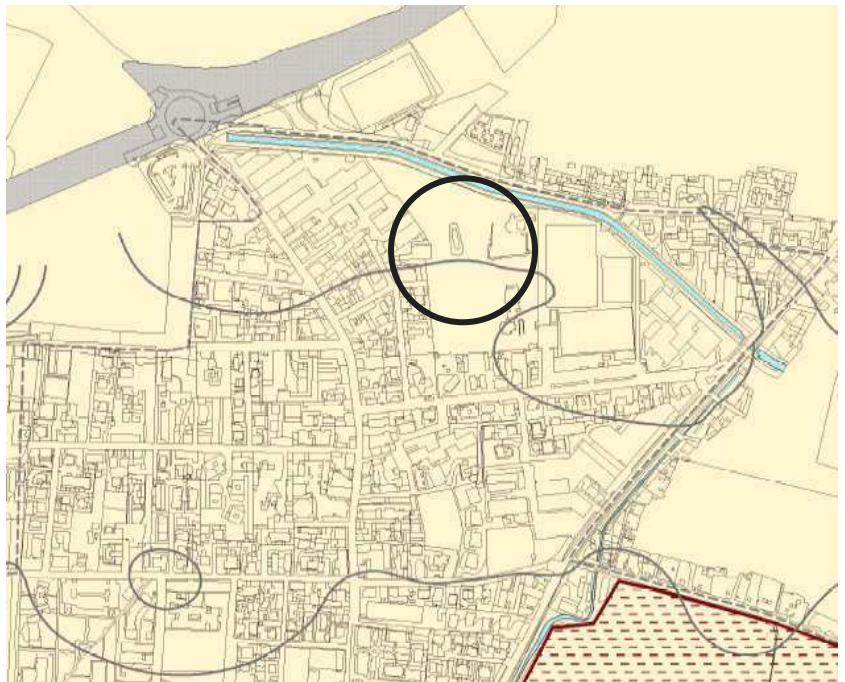
Le ghiaie sono nella maggior parte stratificate, determinate da una successione di lenti e strati a granulometria diversa, ma composti ciascuno da elementi di dimensioni simili tra loro. Sono pure frequenti straterelli sabbiosi che si alternano con ghiaie più o meno grossolane. I ciottoli delle ghiaie sono quasi sempre mescolati con notevole quantità di sabbia, per cui è più corretto parlare di ghiaie sabbiose.

L'argilla è pure presente molto spesso negli strati superficiali e talora si mescola con ghiaia e la sabbia sino ad una certa profondità.

La natura dei ciottoli è prevalentemente intrusiva e metamorfica, poco effusiva, ma sono anche arenarie e calcari. Questi ultimi aumentano in percentuale da ovest verso est e dalla superficie verso il basso.

Accanto a clasti inalterati si trovano altri spesso profondamente decomposti di evidente derivazione da depositi più antichi: questi sono molto evidenti in prossimità dei ripiani del diluvium antico e del diluvium medio.

Nella nuova cartografia a cura dell'ISPRA i depositi sopra descritti corrispondono al SUPERSINTEMA DI CADORAGO.



	BEC	Sintema di Cadorago	fluvio-glaciale	Pleistocene medio-superiore	ghiaie ciottolose a matrice sabbiosa con livelli sabbiosi e suoli lisciviati ciottolosi ghiaie a matrice sabbiosa con sabbie e suoli lisciviati e bruni con scheletro frequente
--	-----	---------------------	-----------------	-----------------------------	--

Inquadramento idrologico e idrogeologico

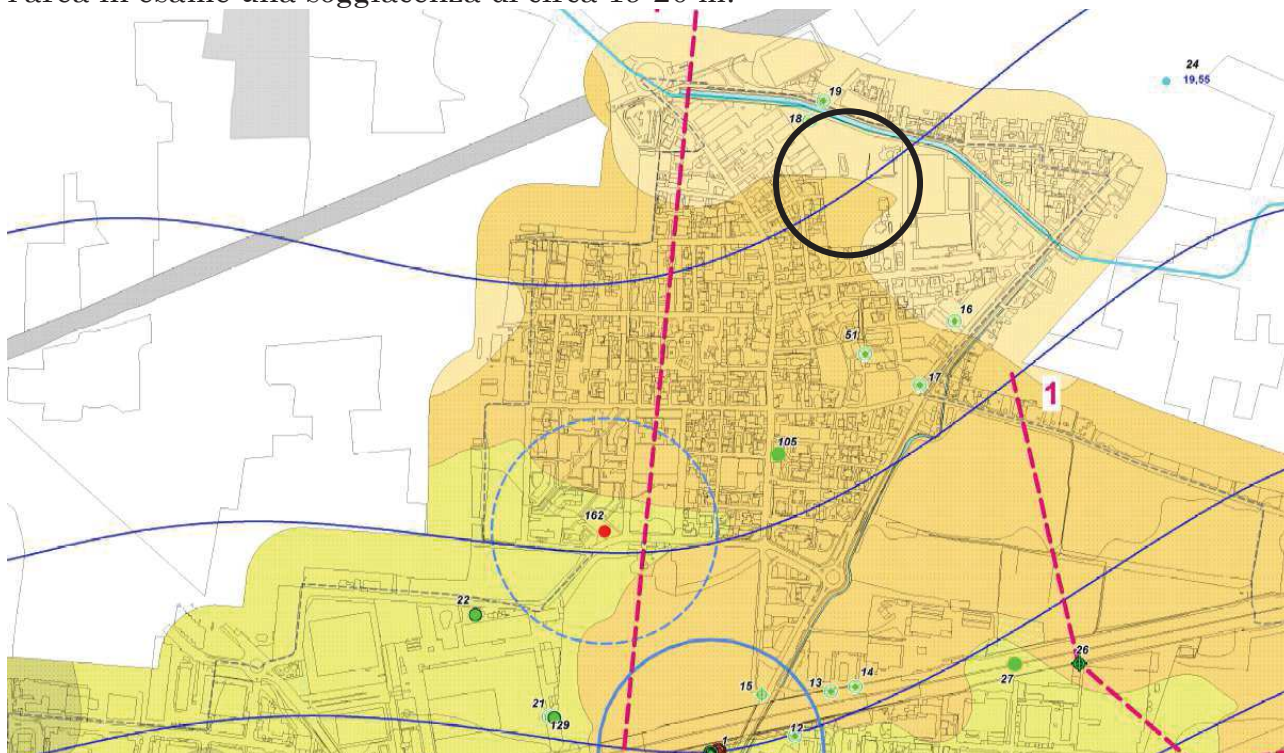
Dal punto di vista idrologico la cartografia non segnala nulla di rilevante se non la presenza di una serie di rogge, canali e piccoli torrenti con uso prevalentemente irriguo e che attualmente registrano una certa portata idrica solo in periodi con pluviometrie intense e/o durature; per il resto, la circolazione idrica superficiale è per lo più a carattere diffuso, controllata dalla morfologia locale e marcata dalle eventuali regimazioni antropiche.

Nello specifico, immediatamente a nord dell'ambito di studio, scorre il canale Villoresi.

Le informazioni relative alle note idrogeologiche sono state desunte dai dati bibliografici esistenti e relativi ai pozzi ad uso idropotabile censiti e dei quali si conoscono le caratteristiche di costruzione e le stratigrafie dei terreni scavati.

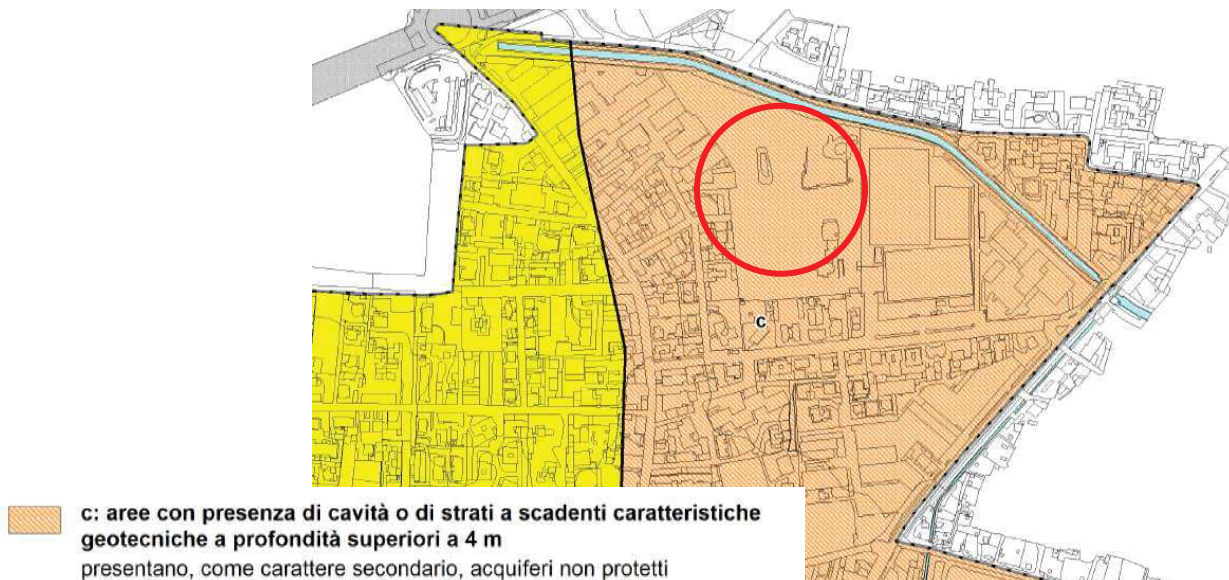
L'esecuzione dell'indagine ha permesso di rilevare la presenza di acqua di falda alla profondità di circa 22.0 m.

Conferma di quanto sopra si ha dalle informazioni desunte dai dati bibliografici esistenti e relativi ai pozzi ad uso idropotabile censiti e dei quali si conoscono le caratteristiche di costruzione e le stratigrafie dei terreni scavati; anche lo studio di PGT e il SIF (Sistema Informativo Falda della Provincia di Milano) con le loro cartografie aggiornate indicano una piezometria media compresa tra 136 e 137 m s.l.m. (con oscillazioni massime stagionali-annuali di 3-4 m e tali da indicare per l'area in esame una soggiacenza di circa 19-20 m.



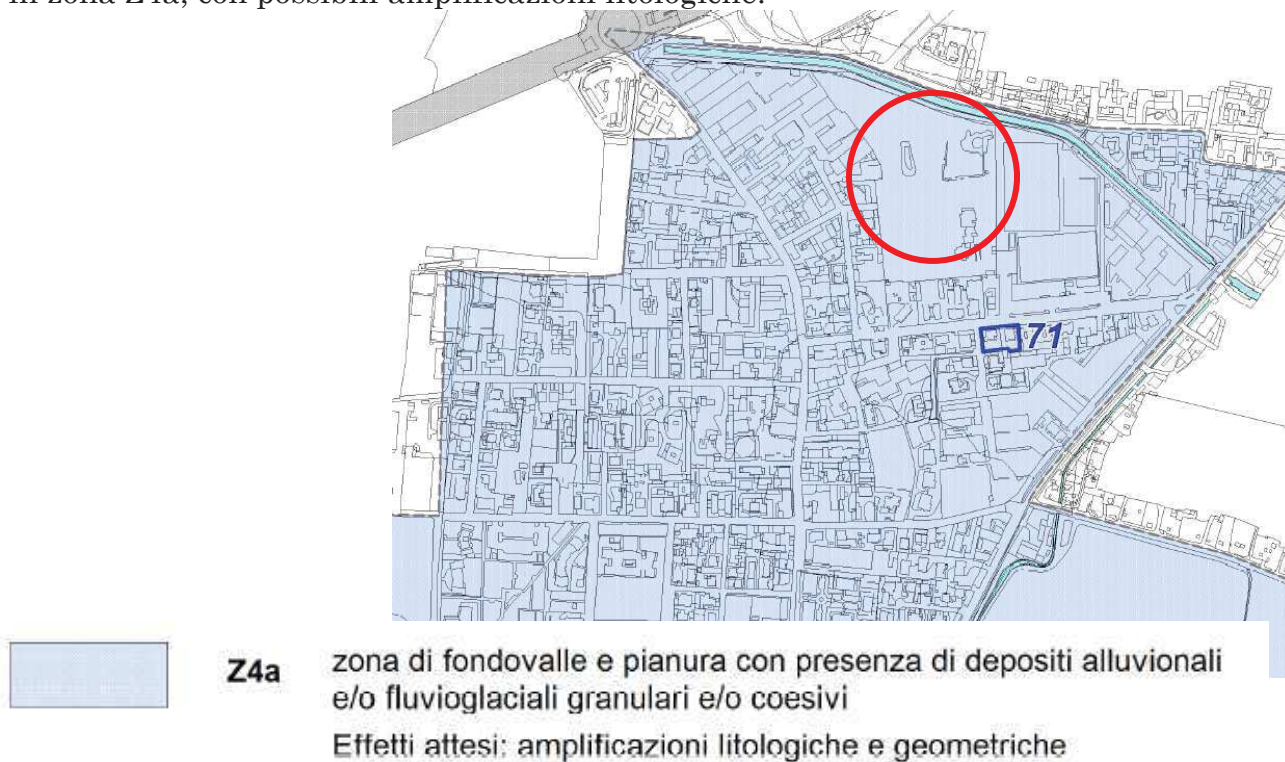
Indicazioni componente geologica PGT comunale

Nella Carta di fattibilità redatta a supporto al PGT l'area è posta in classe 3 (*fattibilità con consistenti limitazioni*) in particolare legata alle caratteristiche geotecniche dei terreni più superficiali.



Nella Carta dei Vincoli Geologici e nella Carta di Sintesi, non sono evidenziate problematiche di sorta, se non quelle indicate nella Carta di fattibilità.

Infine nella Carta della pericolosità Sismica Locale, l'area di studio è classificata in zona Z4a, con possibili amplificazioni litologiche.



Indagini in sito

Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo

Sono state impiegate le seguenti attrezzature (di cui si dispone delle schede tecniche esplicative):

sonda idraulica NENZI GELMINA su carro cingolato
pompa a pistoncini NENZI TRIPLEX TP 200 a bordo

sono stati inoltre impiegati i seguenti accessori:

- batteria aste $\Phi = 76 \text{ mm}$
- tubi di rivestimento $\Phi = 127 \text{ mm}$
- carotieri "S" $\Phi = 101 \text{ mm}$
- corone a inserti Vidian

Per effettuare i sondaggi stratigrafici, si è proceduto a carotaggio continuo, con il carotiere semplice D 101 mm per brevi tratti successivi: dopo aver campionato per complessivi 1500 mm si è fatto seguire il tubo di rivestimento (D. 127 mm) per sostenere le pareti del foro.

Per non alterare la granulometria del terreno naturale, l'avanzamento del carotiere nei terreni sciolti è stato eseguito rigorosamente a secco.

L'acqua è stata invece utilizzata per facilitare l'avanzamento delle tubazioni di rivestimento di manovra.

Le cassette catalogatrici contenenti i campioni di terreno recuperati, sono state depositate in cantiere.



Prove penetrometriche SPT

Entro i fori di sondaggio, in corso di avanzamento della perforazione, alle profondità prefissate sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche discontinue SPT.

Le prove penetrometriche dinamiche discontinue (Standard Penetration Test) sono state eseguite con dispositivo NENZI a sgancio automatico (conformemente alle disposizioni dell'AGI - Associazione Geotecnica Italiana) avente le seguenti caratteristiche:

Campionatore Raymond diametro 50.8 (con punta conica "aperta")

Massa battente kg 63.5

Altezza di caduta 75 cm

Si sono registrati i colpi necessari all'affondamento di 3 tratti successivi di 15 cm.

I valori rilevati sono esposti sulla relativa colonna nel log stratigrafico (stratigrafia) allegato nel testo.

Prove penetrometriche dinamiche DPSH-SCPT

Le prove penetrometriche dinamiche SCPT sono state eseguite con penetrometro dinamico pesante PAGANI modello TG 73, montato su automezzo a 6 ruote a trazione integrale (6x6) i cui componenti sono rigorosamente conformi alle norme geotecniche in materia.

In particolare il penetrometro impiegato può essere descritto come penetrometro classe DPSH e tipo “Meardi” o “Terzaghi modificato” o “superpesante” o *“STANDARD CONE PENETRATION TEST”*.

I dati tecnici del penetrometro sono così riassumibili:

Diametro delle aste	: 34 mm	
Diametro dei rivestimenti	: 48 mm	1" ½
Punta conica – diametro	: 50.8 mm	2"
Conicità	: 60°	
Peso del maglio	: 73 kg	160 libbre
Altezza di caduta (volata)	: 75 cm	30"

La prova consiste nel misurare il numero dei colpi (N_{s cpt}) necessari all'infissione delle aste D. 34 mm per un intervallo pari a 30 centimetri (N°colpi/piede).

Tale valore viene poi “normalizzato” con fattori di conversione, per essere comparabile con le prove di riferimento SPT.

Nell'allegato vengono esposti i diagrammi relativi alla prova dove in ascissa, in funzione della profondità, con linea continua viene esposto il valore “N_{SCPT}” relativo all'avanzamento delle aste.



Prospezione sismica MASW

La prova MASW è stata utilizzata per ricavare il parametro Vs30, richiesto dalla normativa sismica, in maniera semplice ma decisamente affidabile. Tramite questa prova vengono misurate le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica. Poiché il parametro Vs30 è una sorta di media pesata delle velocità Vs dei primi 30 metri, l'utilizzo della tecnica MASW per ricavarlo è decisamente opportuno.

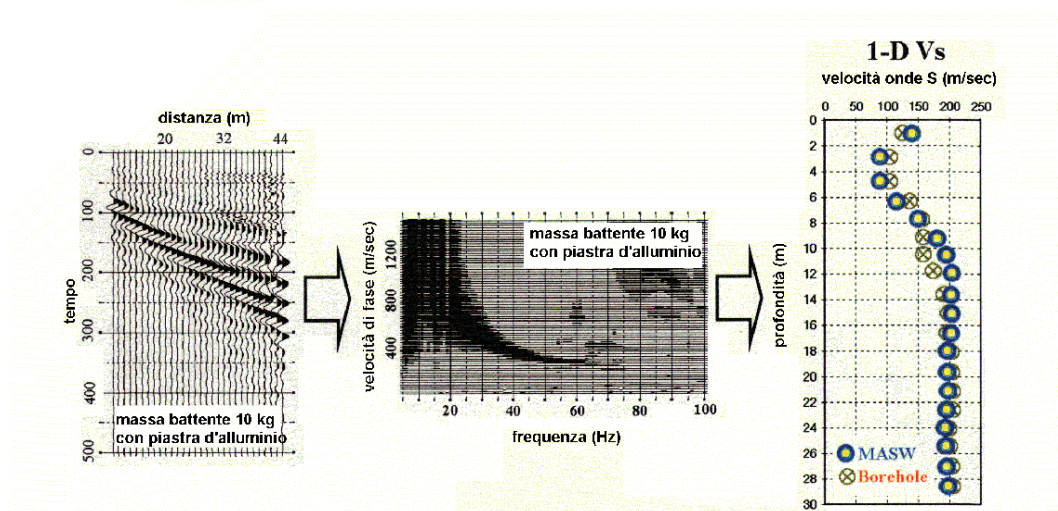
La strumentazione utilizzata è costituita da :

- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- fucile sismico o una mazza da 6 Kg

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.



Classificazione sismica

Brugherio è in classe “3” e con Ag_{Max} pari a 0,05874.

TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
30	0,020	2,553	0,165
50	0,026	2,544	0,196
72	0,030	2,548	0,211
101	0,034	2,568	0,223
140	0,038	2,583	0,236
201	0,043	2,573	0,254
475	0,057	2,624	0,281
975	0,070	2,643	0,295
2475	0,092	2,699	0,310

Vita nominale della costruzione (anni): VN: 50

Classe d'uso della costruzione . cu: 1.0

Periodo di riferimento per la costruzione (anni): VR: 50

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (anni): TR

Stati limite di esercizio – SLE – SLO-PVR=81%: TR = 30
SLD-PVR=63%: TR = 50

Stati limite ultimi – SLU – SLV-PVR=10%: TR = 475
SLC-PVR=5%: TR = 975

Stato Limite	TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
SLO	30	0,020	2,553	0,165
SLD	50	0,026	2,544	0,196
SLV	475	0,057	2,624	0,281
SLC	975	0,070	2,643	0,295

Categoria sismica dei terreni

Relativamente alle problematiche sismiche nello studio di PGT l'area in esame viene classificata in “Zona 4a” e per la quale sono attesi effetti di amplificazione litologiche e geometriche.

L'attuale normativa prevede che debbano essere effettuati approfondimenti di studio sismico di secondo livello al fine di determinare in modo semiquantitativo il fattore di amplificazione locale F_a . Tale valore è utilizzato in fase progettuale per ottimizzare le strutture sotto l'aspetto della prevenzione antisismica.

Sulla base delle indagini sismiche effettuate sono presumibili terreni con V_{s30} (riferiti al piano di appoggio delle fondazioni) pari 400/410 m/s e quindi di categoria B e con un andamento della curva delle velocità, assimilabile a quella di riferimento litologica della Regione Lombardia “limoso-sabbiosa2”.

Con il metodo di calcolo indicato dalla normativa si ottengono valori di F_a pari a:

Fa Intervallo di periodo 0,1 – 0,5 s: 1.7

Fa Intervallo di periodo 0,5 – 1.5 s: 1.1

Per il comune di Brugherio, i valori di soglia del Fattore di amplificazione F_a forniti dalla Regione Lombardia, differenziati per suoli di fondazione e per periodi, sono:

INTERVALLO	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,0
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

e rappresentano il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

L'approfondimento sismico di secondo livello ha confermato le note di PGT, evidenziando quanto segue:

INTERVALLO 0.1 / 0.5 s – Strutture basse, regolari e rigide: $1.7 > 1.4 < 1.8$

Sarà necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (in questo caso suolo C).

INTERVALLO 0.5 / 1.5 s – Strutture alte e flessibili: $1.1 < 1.7$

Sarà quindi possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente e utilizzare un suolo B.

Per determinare i parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali si potrà fare riferimento alla tabella:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

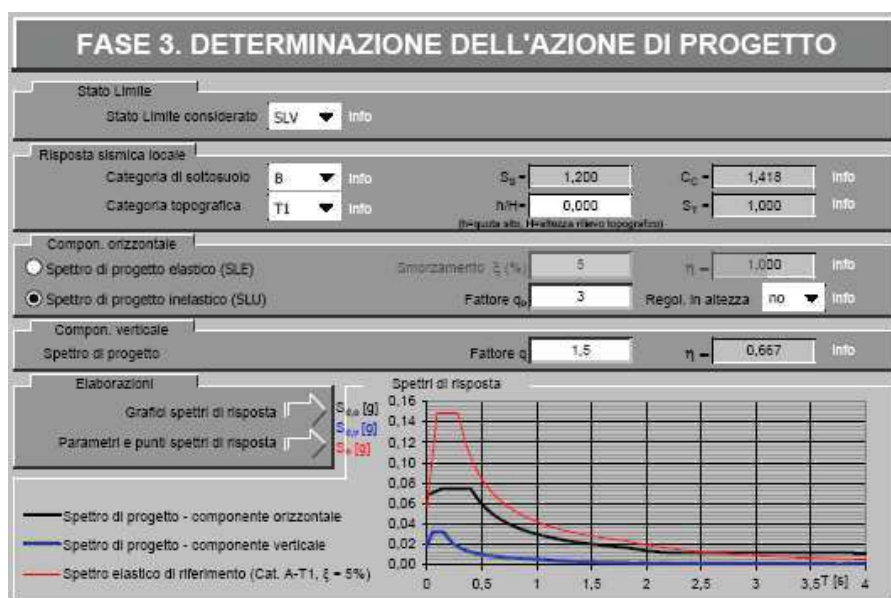
Mentre per quelli della componente verticale:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A-B-C-D-E	1.00	0.05	0.15	1.00

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni Coefficiente cu: 1,0

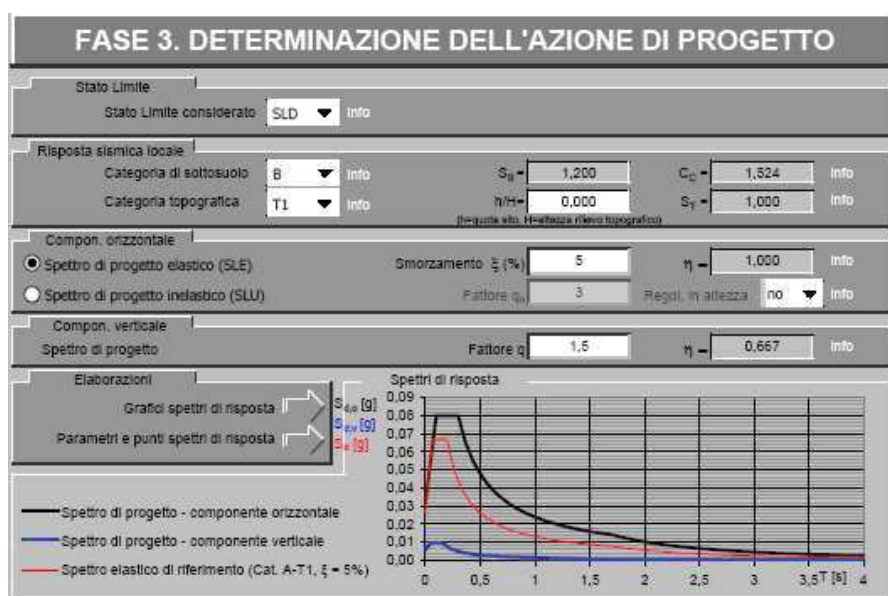
	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* (ampl. stratigrafica)	1,20	1,20	1,20	1,20
Cc* (coeff. funz. categ.)	1,57	1,52	1,42	1,40
St* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,014	0,017
kv	0,002	0,003	0,007	0,009
Amax [m/s ²]	0,241	0,312	0,677	0,841
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200



SLU

SLE



Analisi Geotecnica -Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

In base ai risultati della presente indagine, e grazie anche alle conoscenze litologiche acquisite da altre svolte nelle vicinanze, si è cercato di ricostruire la successione dei Livelli geotecnici.

Sebbene le indicazioni riportate siano da ritenere attendibili, per i terreni più superficiali le stesse saranno da verificare in fase di scavo, visto nell'area in esame sono presenti scavi e resti demolizioni di quanto presente in precedenza.

LIVELLO [1]: dal piano esecuzione indagine fino alla profondità di circa 4/5.0 m circa.

Superato uno spessore superficiale (1.5 m circa) di materiale di riporto e/o rimaneggiato e/o eluviale, si tratta di ghiaie e ciottoli con sabbia (ben visibile anche negli scavi presenti) con un numero di colpi $N_{SCPT/SPT}$ (numero dei colpi necessari all'avanzamento di 30 (o 15+15) centimetri della punta conica) compresi tra 20 e 30, e che con l'aumentare della profondità (prova SCPT n.8, hanno raggiunto rapidamente valori maggiori di 100 ("rifiuto alla penetrazione meccanica della punta").

Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica si rimanda all'allegato schema ("Profilo stratigrafico e caratterizzazione geotecnica") ricordando che:

Densità Relativa:	correlazione tra N_{SCPT} e Densità relativa (%) di Terzaghi-Peck
Peso di volume:	stima valutata in relazione a N_{SCPT}
Coesione non drenata:	o resistenza al taglio non drenata, correlazione empirica secondo Terzaghi & Peck e secondo le indicazioni D.M. 7 Nav. Fac. 1982
Angolo di attrito:	correlazione tra N_{SCPT} e ϕ di Meyerhof per terreni con una percentuale di sabbia fine e limo superiore a 5
Modulo elastico:	valutato da correlazioni empiriche tra N_{SCPT} e il tipo di terreno

Relativamente ai "valori caratteristici, V_k " della coesione non drenata e dell'angolo d'attrito interno, si è optato per considerarli pari a quelli medi ricavati dall'indagine, mentre i "valori di progetto V_p " sono stati determinati utilizzando i coefficienti riduttivi parziali, indicati nelle *Norme Tecniche per le Costruzioni*).

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1,0	1,0

*per le rocce ed i materiali lapidei non fratturati la resistenza può essere rappresentata dalla resistenza a compressione uniassiale q_u con un coefficiente parziale $\gamma_{qu}=1.6$.

LIVELLO [2]: dalla base dello strato precedente fino alla profondità di 8.0 m circa (nelle indagini vicine lo spessore di questo livello intermedio è confermato anche se con spessori variabili).

Livello caratterizzato da sabbie limose e poca ghiaia con N_{SCPT} molto variabili (a seconda della componente granulometrica prevalente) compresi tra 4 e 15.

LIVELLO [3]: dalla base dello strato precedente fino alla massima profondità investigata di 30.0 m (con il sondaggio stratigrafico).

Livello costituito da ghiaie e ciottoli con sabbia con un numero di colpi N_{SCPT}/SPT maggiori di 20/30, e spesso maggiori di 100 (“rifiuto alla penetrazione meccanica della punta”).

Non si esclude localmente la presenza di orizzonti (di spessore massimo pari a 1.0-1.5 m) maggiormente sabbiosi ma con il medesimo grado di addensamento.

Alla profondità di 22.0 m (26 luglio 2017) è stata rilevata la presenza di acqua di falda.

La caratterizzazione stratigrafica allegata è il risultato di una valutazione mediata del numero di colpi fatto registrare durante l'esecuzione delle verticali d'indagine.

Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

Fondazioni

Considerazioni generali

Dalle indicazioni fornite il progetto in esame contempla la realizzazione di una struttura molto elevata (13 piani) con un vano interrato e con prevedibile posa delle fondazioni alla profondità di -3.5/4.0 m dall'attuale piano campagna: sia l'indagine effettuata, che quelle prese a confronto effettuate nell'immediato intorno, a tale quota hanno evidenziato l'irregolare presenza di uno spessore di 4.0 m di terreno poco addensato.

Dato il contesto si ritiene di considerare tale livello stratigrafico come piano di posa delle previste fondazioni.

In questa fase è stata presa in considerazione l'ipotesi di fondazione superficiale a platea: qualora i risultati di capacità portante e/o di cedimento esposti, non dovessero soddisfare i requisiti richiesti dai progettisti si dovranno prevedere fondazioni indirette su pali.

È stata determinata (con le relazioni di Terzaghi, Meyerhof e Brinch-Hansen) la resistenza del sistema terreno-fondazione (R_d) seguendo la procedura indicata dalle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”, che prevede un approccio agli stati limite; con le combinazioni di calcolo che la normativa richiede si ha:

$$\begin{aligned} R_{d(SLU)} (M1+R1): & 13.2 \text{ kg/cm}^2 \\ R_{d(SLU)} (M1+R3): & 5.8 \text{ kg/cm}^2 \\ R_{d(SLU)} (M2+R2): & 3.4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Sono stati inoltre calcolati i cedimenti totali teorici che potrebbero registrarsi qualora le condizioni stratigrafiche locali interagissero con le opere di fondazione uniformemente sollecitate dalla resistenza di progetto in condizioni di esercizio ($R_{d(SLE)}$) per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione, nel rispetto della condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove: E_d : valore di progetto dell'effetto delle azioni.
 C_d : valore limite dell'effetto delle azioni

Alla luce di quanto sopra si potrà quindi prevedere:

- fondazione a PLATEA, con Carico Unitario o Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio ($R_{d(SLE)}$) di 2.0 kg/cm²; i cedimenti totali teorici sono stimabili in 50 mm

Resta inteso che l'entità dei cedimenti qui stimati dovrà essere confrontata con quella che il progettista ritiene essere compatibile con la durabilità e l'esercizio dell'opera nelle diverse condizioni.

Facendo riferimento al paragrafo 7.11.3.4.2. delle NTC 2008 (*esclusione della verifica a liquefazione*), date le condizioni stratigrafiche, geotecniche e sismiche del sito, non sussistono pericoli in tal senso.

Soluzioni o valutazioni per ipotesi di geometrie differenti, potranno essere predisposte su richiesta del progettista strutturale.

Fondazioni profonde

Considerazioni generali

Sebbene i dati stratigrafici e geotecnici rilevati nel corso dell'indagine siano esaustivi, in questa fase risulta poco attendibile poter prevedere un pre-dimensionamento degli eventuali pali di fondazione; infatti i carichi (resistenze) ammissibili e/o di esercizio delle fondazioni indirette e gli eventuali cedimenti indotti dal sistema palo-terreno potrebbero essere molto variabili a seconda della tipologia di palo adottato.

Si rende pertanto necessario, una volta determinati i carichi della struttura in progetto, verificare direttamente con i progettisti le ipotesi perseguibili, prevedendo comunque una campagna preliminare di prove di carico su pali con dimensionamento differenziato a seconda del tipo di infissione.

Ritengo che in questa fase sia comunque consigliabile prevedere pali di grande diametro (per poter sfruttare anche il “carico di punta”) e con metodo d'infissione eventualmente con vibratore (in modo da cercare di avere una maggior “collaborazione” della “portata laterale” del sistema fusto palo-terreno oltre la profondità di 7-8 m).

L'utilizzo di vibrator idraulici, per la vibroinfissione del tubo forma, se di recente costruzione, consentono il controllo della frequenza delle vibrazioni, con possibilità di mantenere la velocità delle vibrazioni stesse entro valori accettabili e senza che arrechino danni alle strutture preesistenti.

Sarà comunque necessario coinvolgere preliminarmente la società appaltatrice della palificazione ottenendo tutte le assicurazioni e le garanzie del caso.

Resta inteso comunque che solo dopo le preliminari prove di carico sui pali, si potranno definire le lunghezze, il diametro e le portate che gli stessi dovranno avere per trasmettere in profondità i carichi della struttura in progetto con cedimenti nulli o del tutto trascurabili.

Sostegno delle pareti di scavo e opere di sostegno

Qualora i fronti di scavo (previsti alla profondità minima di -3.5/4.0 m) non dovessero interessare a confine, edifici esistenti o strade, considerando il solo aspetto di stabilità del fronte, lo scavo potrebbe essere realizzato senza particolari opere preliminari di consolidamento.

Questo, tuttavia, non significa che non si dovranno adottare tutte le precauzioni previste dalla normativa vigente in merito alla sicurezza sui luoghi di lavoro per scavi con altezza superiore a 1.5 m (D.Lvo. n° 81/08).

Si segnala comunque che gli scavi di ribasso, che abitualmente vengono realizzati con fronti praticamente verticali sono da ritenere “stabili” solo in condizioni a brevissimo termine (secondo le indicazioni desunte dall'utilizzo del Metodo di Taylor) e pertanto sono assolutamente da evitare.

In condizioni di medio e lungo termine, condizioni nelle quali il terreno perde del tutto le caratteristiche di coesione, sia per le caratteristiche stratigrafiche che geotecniche dei terreni esaminati, la stabilità dei fronti di scavo potrà essere garantita solamente con angoli di scarpata non superiori a 55°.

Si raccomanda, comunque, di mantenere gli scavi aperti per il minor tempo possibile avendo cura di coprire il fronte degli scavi (già dal bordo superiore) mediante teli impermeabili in nylon o politene. Sarà necessario incanalare, raccogliere ed allontanare eventuali acque presenti nello scavo.

Per qualunque caso analizzato si sconsiglia il carico (anche accidentale) del tratto di monte a ridosso del fronte di scavo.

Si dovrà tenere in considerazione che l'eventuale presenza di acqua nel terreno potrebbe creare problemi di stabilità dei fronti di scavo.

Dispersione delle acque bianche meteoriche

Eventuali necessità di dispersione di acque raccolte (rigorosamente bianche e conformemente alla normativa vigente) dovranno essere previste considerando una permeabilità del terreno naturale in posto “medio/alta”.

La granulometria dei depositi e la loro permeabilità dovranno essere comunque verificate e confermate in fase di scavo.

Si raccomanda in ogni modo di realizzare gli eventuali pozzi perdenti discosti il più possibile dalle strutture di fondazione.

Conclusioni

Su incarico della Società Devero Costruzioni S.p.a., è stato redatto il presente studio geologico con analisi geotecnica e note idrogeologiche a supporto del progetto per la proposta variante P.I.I. di San Damiano in via S. Anna in comune di Brugherio (MB).

In questa fase preliminare, come richiesto, sono stati eseguiti:

- n. 1 sondaggio stratigrafico (S3) fino alla profondità di 30.0 m
- prove tipo SPT in avanzamento a fondo foro
- n.2 prove penetrometriche dinamiche (P8 e P9)
- un'indagine di tipo sismico MASW (M2)

Si è ricostruito il terreno del sottosuolo schematizzandolo in tre Livelli stratigrafici; il secondo dei quali, di mediocri caratteristiche geotecniche, direttamente interessato dalla posa delle fondazioni. Relativamente alle ipotesi di fondazioni è stato previsto:

- fondazione a PLATEA, con Carico Unitario o Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio (R_{dSLE}) di 2.0 kg/cmq; i cedimenti totali teorici sono stimabili in 50 mm

Qualora i risultati di capacità portante e/o di cedimento esposti, non dovessero soddisfare i requisiti richiesti dai progettisti si dovranno prevedere fondazioni indirette su pali.

Sono state inoltre fornite indicazioni relative sia alle modalità di scavo che al trattamento delle acque bianche raccolte.

Tutto quanto esposto è stato valutato e calcolato conformemente a quanto previsto:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2008) e che prevedono un approccio agli stati limite
- nel D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)
- nella L.R. 12 ottobre 2015, n.33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- nel D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 Approvazione delle linee guida di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica ((artt . 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015)

I risultati esposti nella presente non tengono conto di eventuali vincoli urbanistici, regolamenti edilizi locali e di altri vincoli imposti dalle pubbliche Autorità, dei quali non sono stato incaricato di verificare l'esistenza.

Resto a disposizione per qualsiasi chiarimento.

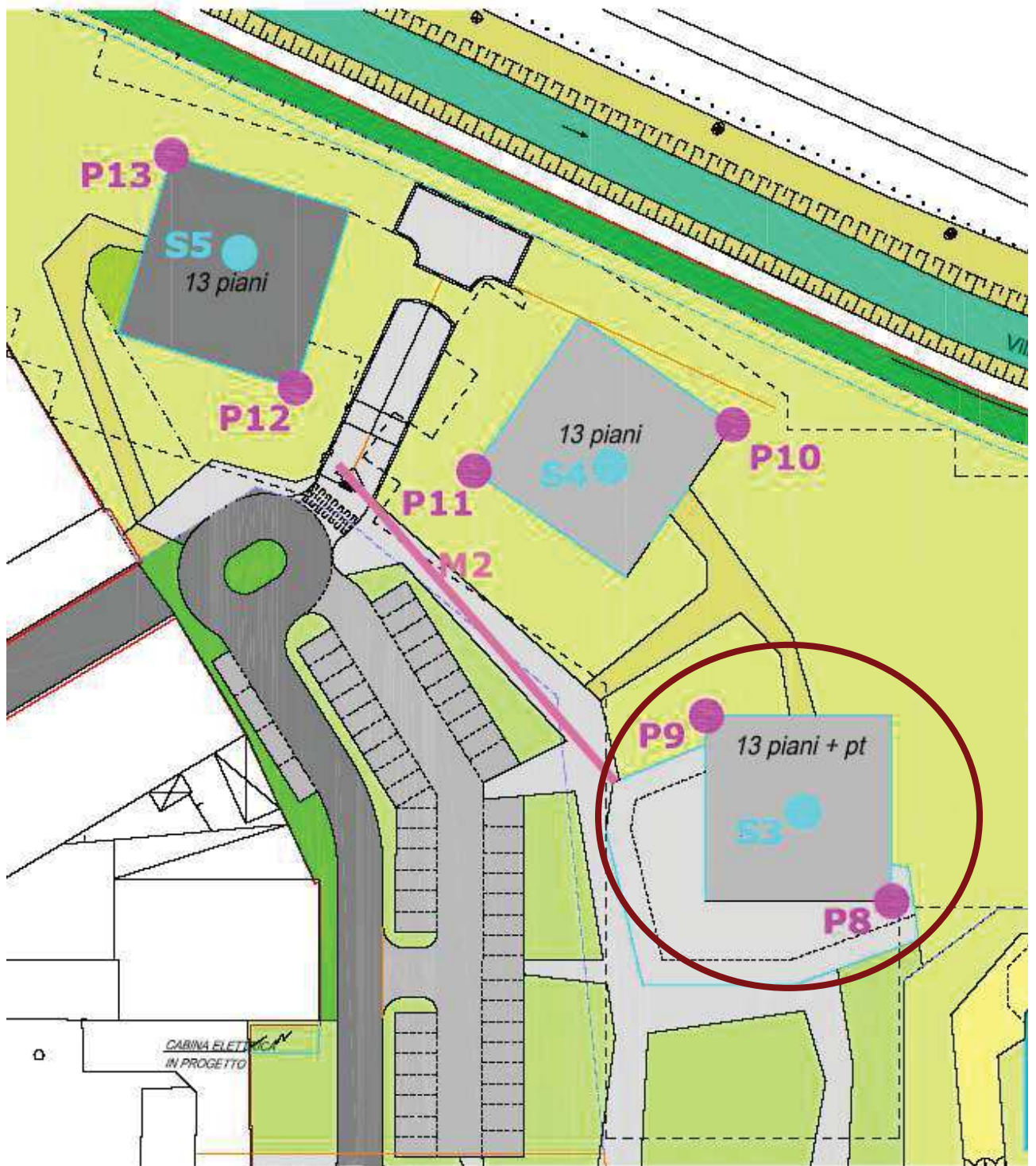




Autore: Regione Lombardia

Scala: 1:10,000

Corografia (schema non in scala)



Ubicazione punti d'indagine

Committente	DEVERO COSTRUZIONI S.P.A.	SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	Via Sant'Anna	3	
Località	Brugherio	Il geologo	
Data Inizio	26/07/2017	Alessandro Ratazzi	
		Data Fine	27/07/2017

Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Colpi S.P.T.	Falda	Scala 1:120
	5.00		Ghiaia e ciottoli con sabbia di colore grigio.			1
						2
						3
						4
5.00	3.20		Sabbia limosa di color grigio-nocciola con poca ghiaia.			5
						6
						7
8.20			Sabbia di colore grigio-nocciola con ghiaia e ciottoli.			8
						9
	4.80			10.00 ritiro		10
				10.45		11
						12
				12.00 ritiro		13
13.00	0.50		Sabbia di color grigio-nocciola con ghiaia.	12.45		14
13.50			Ghiaia e ciottoli con sabbia di colore grigio-nocciola.	14.00 ritiro		15
				14.45		16
						17
	8.50			16.00 ritiro		18
				16.45		19
						20
				18.00 ritiro		21
				18.45		22
22.00			Sabbia di color grigio-nocciola con ghiaia.		22.00	23
	3.00			23.00 ritiro		24
				23.45		25
25.00			Ghiaia e ciottoli con sabbia di colore grigio-nocciola.			26
				26.00 ritiro		27
	5.00			26.45		28
						29
30.00						30

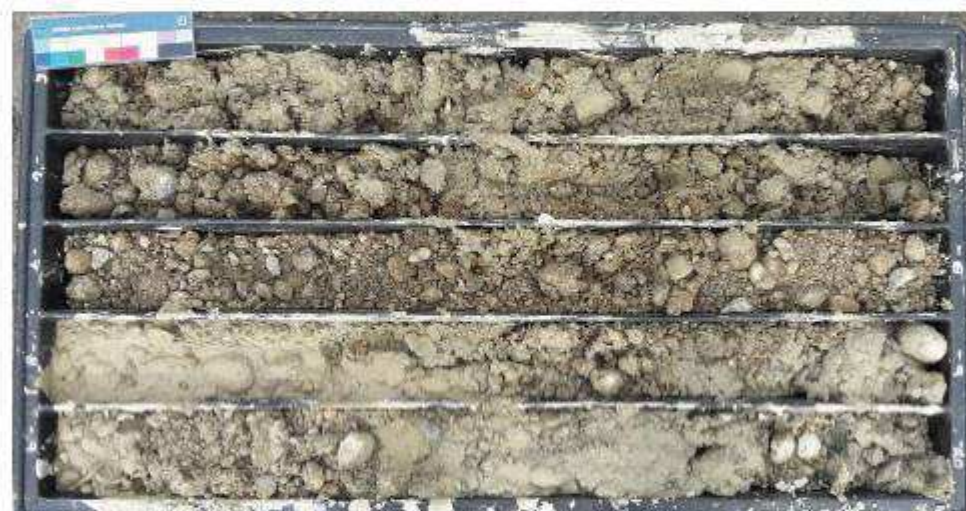
Brugherio, via Sant'Anna, Sondaggio n.3

0.0



5.0

5.0



10.0

10.0



15.0

Brugherio, via Sant'Anna, Sondaggio n.3

15.0



20.0

20.0



25.0

25.0

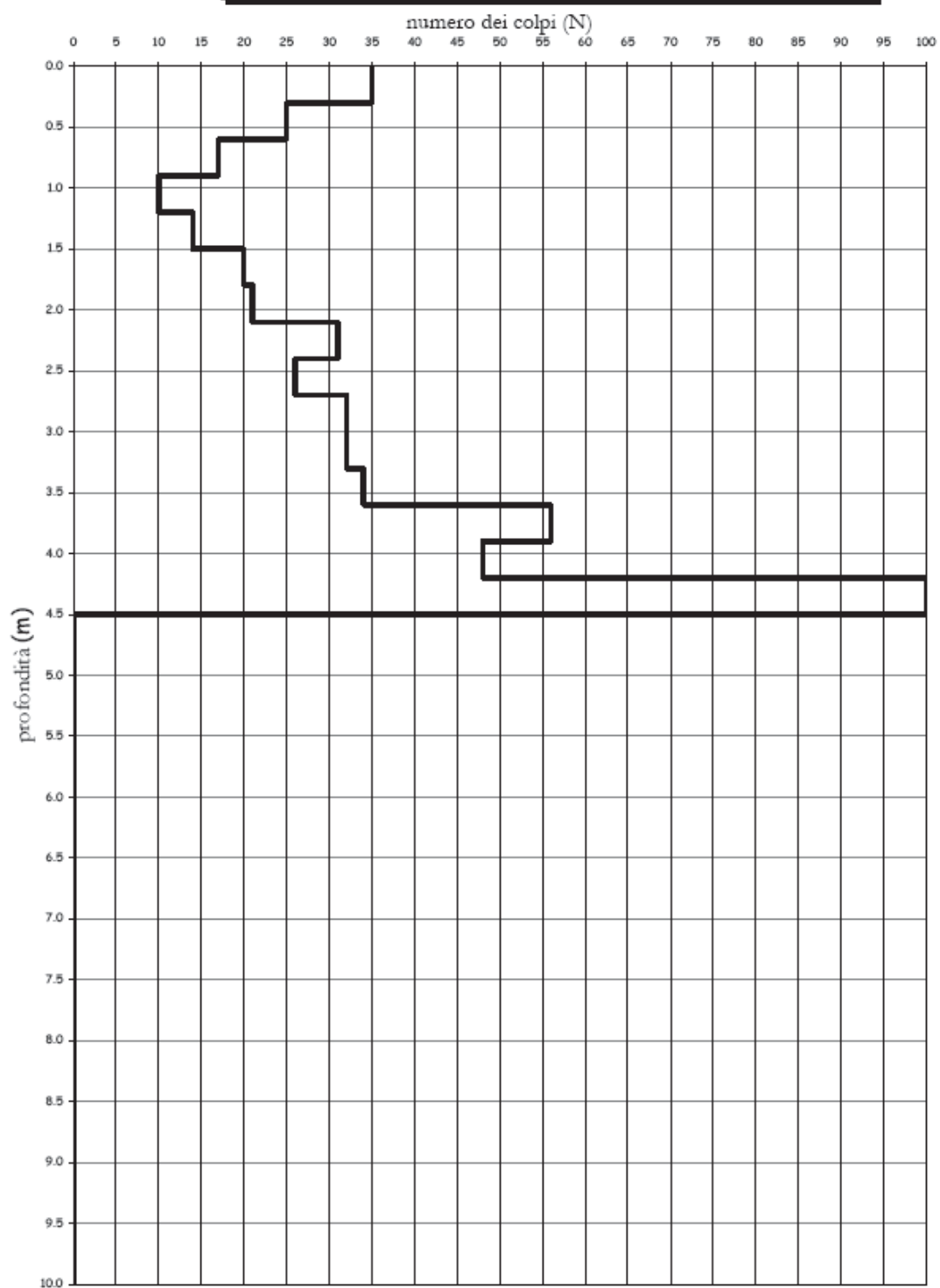


30.0

Brugherio (MB)

luglio 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n°08



Maglio: 73 kg Corsa: 75 cm

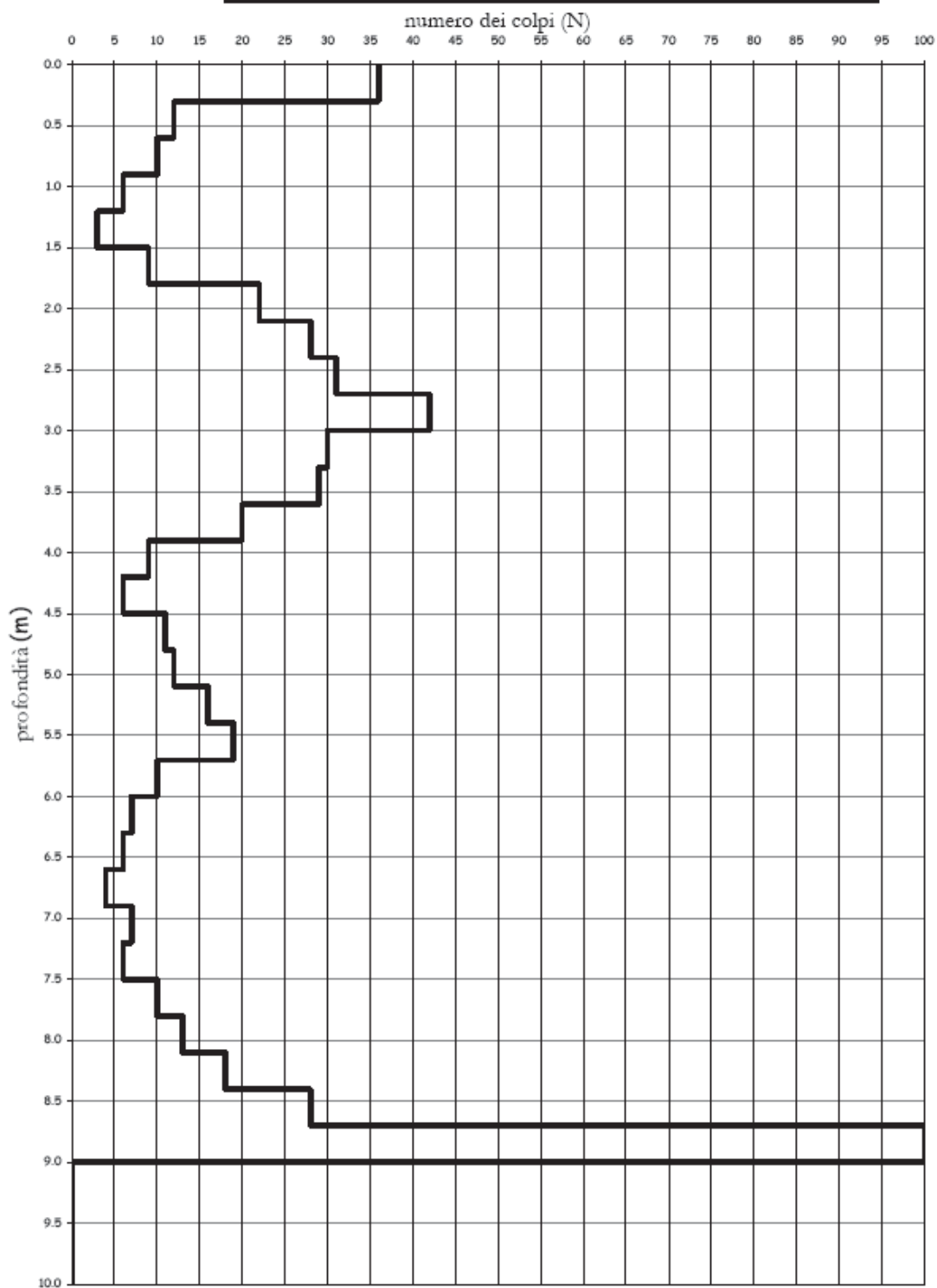
Punta: 51 mm

— Punta

Brugherio (MB)

luglio 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n°09






Maglio: 73 kg Corsa: 75 cm

Punta: 51 mm

— Punta

SCHEMA STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Brugherio (MB) - Schema stratigrafico semplificato

Profondità da p.c.	Litologia	Falda	Livello	Descrizione	N° colpi SPT	Addensamento (AGI 1977)	Densità relativa dr	Peso di volume naturale gn	Peso di volume in falda g'	Coesione C	Angolo di attrito phi	Modulo elastico E
(m)					(N)		(%)	(t/mc)	(t/mc)	(kg/cmq)	(°)	(kg/cmq)
1,5				<i>Ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa</i>	15-30	<i>moderatamente addensato</i>	40-60	1,75-1,80			32-34	250
3,0					>100	<i>molto addensato</i>	>80	>1,80			>34	>350
4,5												
6,0					4-15	<i>poco addensato</i>	20-40	1,65-1,70			25-27	50-100
7,5												
9,0				<i>Ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa</i>	15-30	<i>moderatamente addensato</i>	40-60	1,75-1,80			32-34	250
10,5					>100	<i>molto addensato</i>	>80	>1,80			>34	>350
15,0												
20,0												
30,0												

acqua
==

VALUTAZIONE DELLA DELLA RESISTENZA DI PROGETTO (NTC2008)

Brugherio (MB) - ipotesi di fondazioni a "platea"VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO DEL SISTEMA GEOTECNICO (Rd(SLU) con coeff. parz. M1,R1)

FONDAZIONE				TERRENO(k)		RESISTENZA DI PROGETTO		
Profondità	Rinterro	Largh. (B)	Lungh. (L)	γ	ϕ^*	Terzaghi	Meyerhof	Brinch-Hansen
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	Rd	Rd	Rd
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
4,0	1,0	10,0	10,0	1,70	27,0	11,7	13,2	13,8

VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO DEL SISTEMA GEOTECNICO (Rd(SLU) con coeff. parz. M1,R3)

FONDAZIONE				TERRENO(k)		RESISTENZA DI PROGETTO		
Profondità	Rinterro	Largh. (B)	Lungh. (L)	γ	ϕ^*	Terzaghi	Meyerhof	Brinch-Hansen
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	Rd	Rd	Rd
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
4,0	1,0	10,0	10,0	1,70	27,0	5,1	5,8	6,0

VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO DEL SISTEMA GEOTECNICO (Rd(SLU) con coeff. parz. M2,R2)

FONDAZIONE				TERRENO(p)		RESISTENZA DI PROGETTO		
Profondità	Rinterro	Largh. (B)	Lungh. (L)	γ	ϕ^*	Terzaghi	Meyerhof	Brinch-Hansen
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	Rd	Rd	Rd
[m]	[m]	[m]	[m]	[t/mc]	[°]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
4,0	1,0	10,0	10,0	1,70	22,2	3,4	3,4	3,9

Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio Rd(SLE) **2,0** [kg/cmq]

Cedimento del terreno previsto con Rd(SLE) = **2,0** [kg/cmq]: **56,7** [mm]

Valore di Resistenza per verifica di stabilità globale M2+R2 (con $\gamma_R=1,1$) **12,0** [kg/cmq]

Alessandro Ratazzi - geologo

REGIONE LOMBARDIA
-Provincia di Monza Brianza-
COMUNE DI BRUGHERIO

*Proposta di variante P.I.I. di San Damiano
Via S. Anna*

PROSPEZIONE SISMICA CON METODO MASW



RAPPORTO TECNICO - Luglio 2017

Dott. Geologo Luca Donato Piazza



Dott. Geologo Andrea Luca Zagato



REV	DATA	N. REG.	TITOLO	PAG.
0	28.07.2017	084.2017	Provincia di Monza Brianza Comune di Brugherio Prospezione sismica con metodo MASW	Pagina 1 di 10
N. COPIE:		Autore: Gea Engineering s.r.l.		

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	3
2.	METODO MASW.....	4
2.1	METODO DI INDAGINE	4
2.2	STRUMENTAZIONE	6
2.3	ELABORAZIONE	7
2.4	RISULTATI.....	9

1. INTRODUZIONE

In data 25 Luglio 2017, in Via Sant'Anna, nel Comune di Brugherio (MB), su incarico del Dott. Geol. Alessandro Ratazzi, e per conto di DEVERO S.R.L. è stata svolta una campagna sismica con metodo MASW. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri dal piano delle fondazioni (VS30), in riferimento alla classificazione sismica del territorio (O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03, O.P.C.M. n. 3316 del 02/10/03 e O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/06) ed alle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/08).

A tal scopo è stata realizzata una stesa sismica della lunghezza di 46,0 m.

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.



Figura 1 - Ubicazione dell'area di indagine (tratto da Google Maps)-

2. METODO MASW

2.1 METODO DI INDAGINE

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è una registrazione che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.

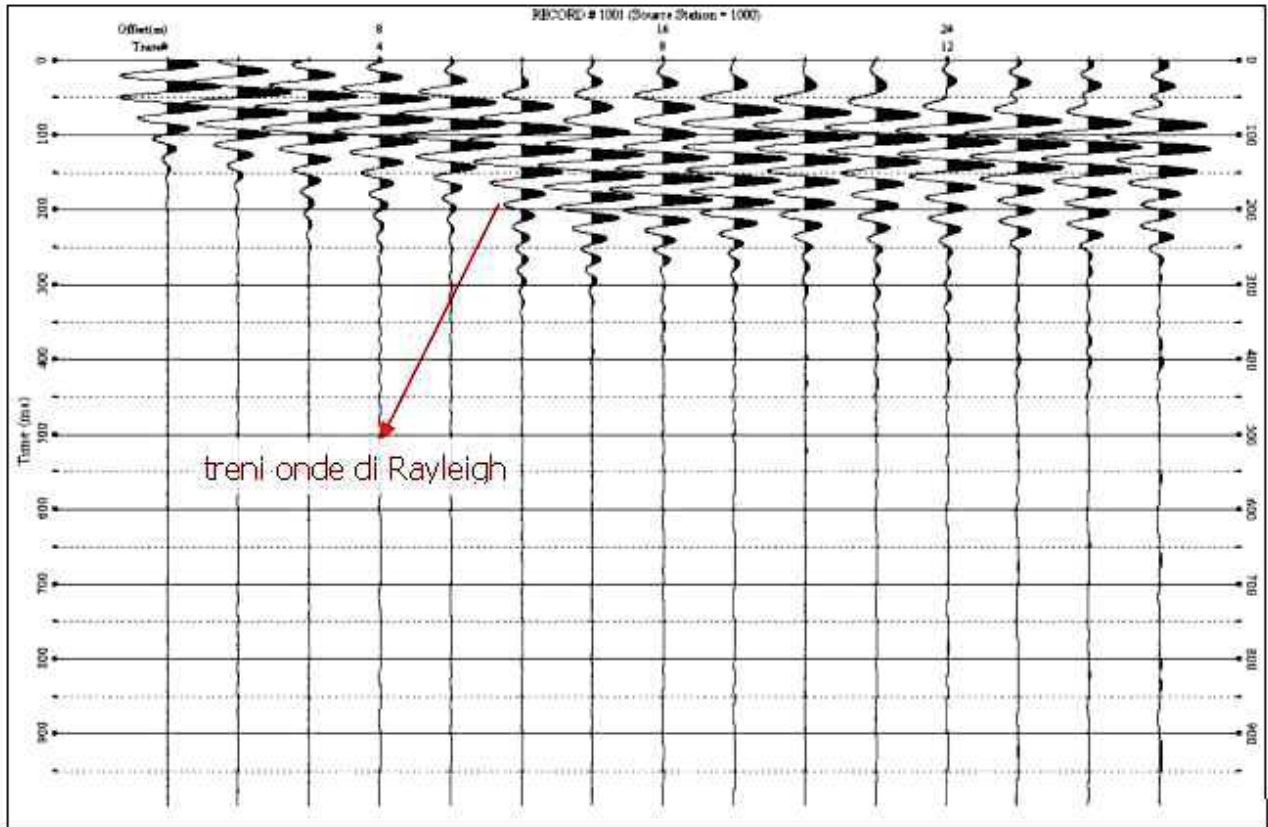


Figura 2 - Record -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura intergeofonica di 2,0 metri, per una lunghezza della linea sismica pari a 46,0 metri.

L'energizzazione è stata eseguita a 2,0, a 5,0 e a 10,0 metri dal primo geofono. Allo scopo ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei record sismici sono stati eseguiti più tiri in ogni stazione e, ove ritenuto utile, essi sono stati sommati (stacking).

Il sito di indagine è collocato in contesto parzialmente urbanizzato. Non sono state rilevate fonti di rumore antropico o naturale in grado di interferire in modo significativo con il segnale sismico.

2.2 STRUMENTAZIONE

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "ECHO 24/2010", dotato di 24 geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di acquisire simultaneamente su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter collegato al canale n. 25. La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del record con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma di ulteriori records;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è utilizzata una mazza del peso di 8 kg ed una piastra di battuta di alluminio.

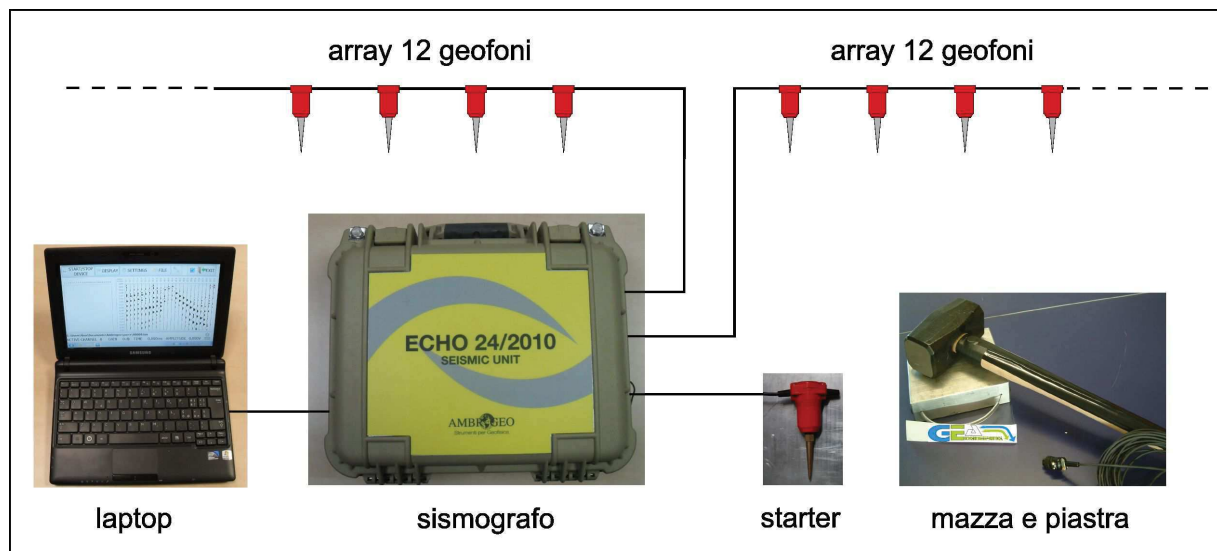


Figura 3 - "ECHO 24/2010" con due array da 12 geofoni -

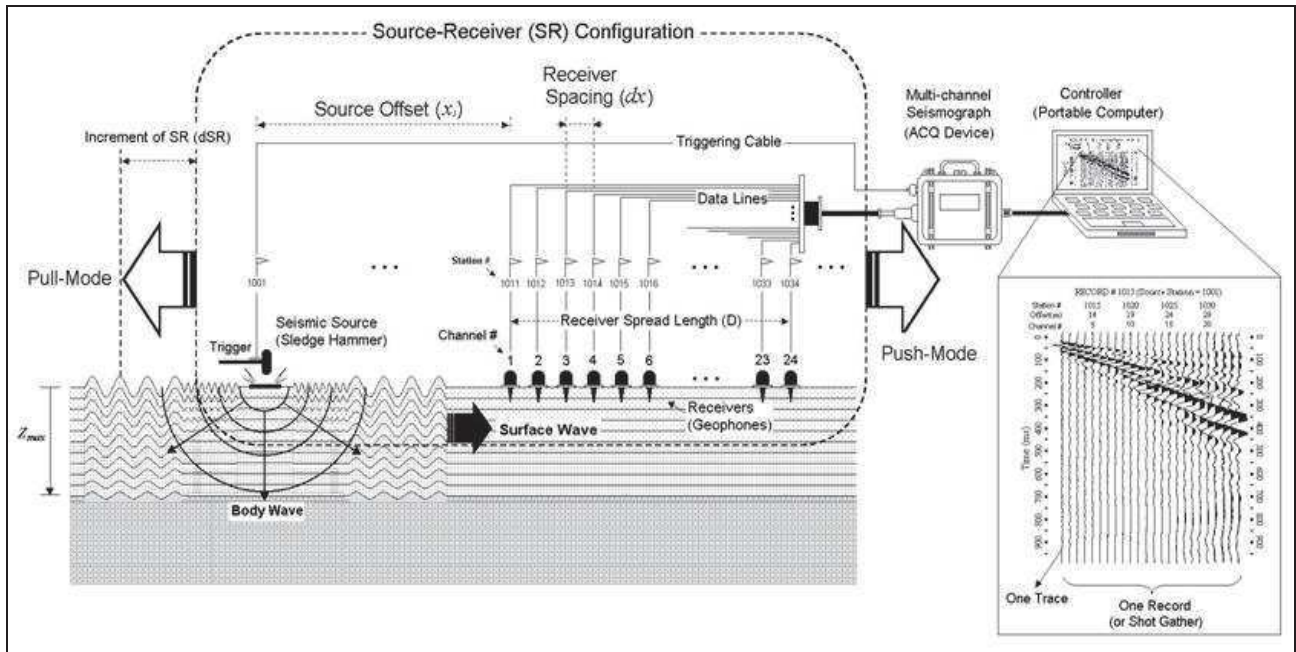


Figura 4 - Schema esecuzione MASW -

2.3 ELABORAZIONE

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 4.3 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il “rumore” ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il record sismico nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri “passa basso”, “passa alto”, “passa banda”, “taglia banda”, il “muting” e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiale è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

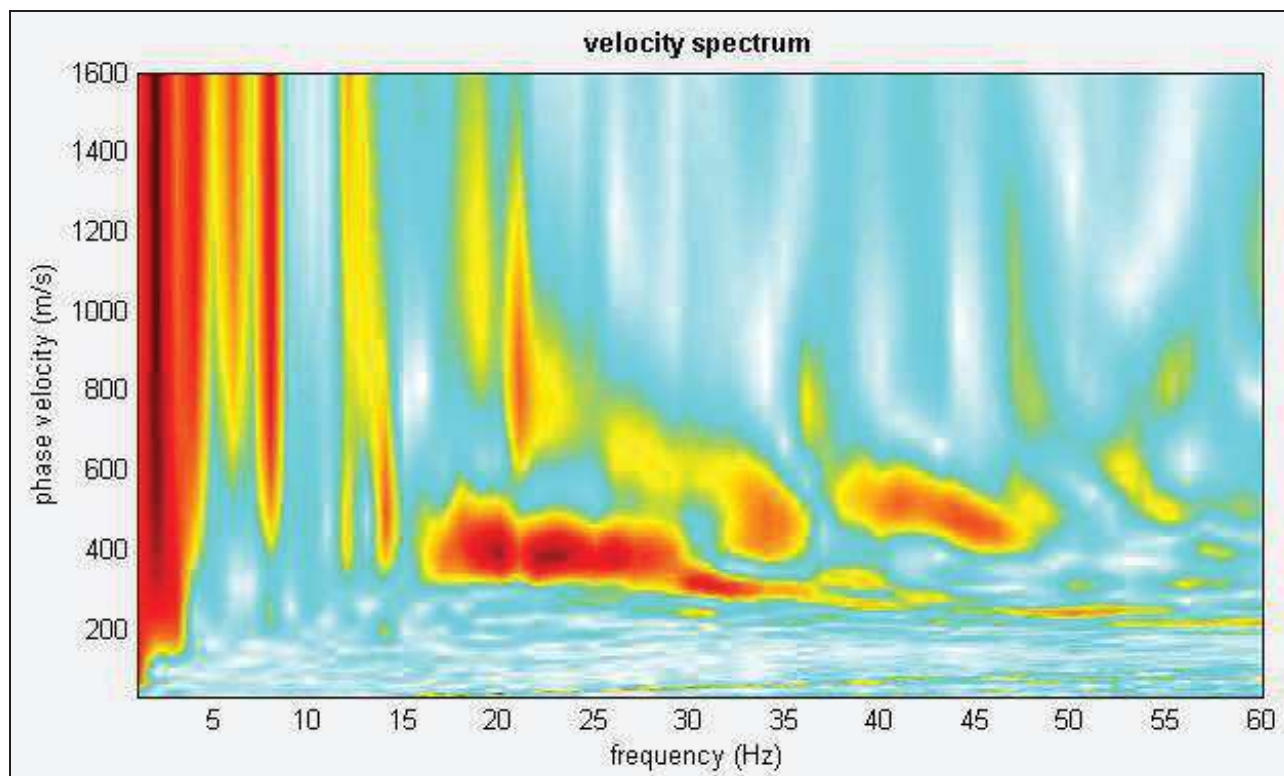


Figura 5 – Diagramma della curva di dispersione -

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'interno di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è possibile impostare un modello geologico\geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

2.4 RISULTATI

Determinazione della categoria del suolo di fondazione.

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW ha consentito stimare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio per la stesa sismica realizzata, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata.

Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire da piano delle fondazioni posto a circa -4,0 m da p.c.



Figura 6 -Ubicazione stesa -

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-2,1	2,1	223
-6,3	4,2	272
-10,6	4,3	235
-15,7	5,1	460
-34,0	18,3	526

Tabella 1 - Sismostratigrafia -

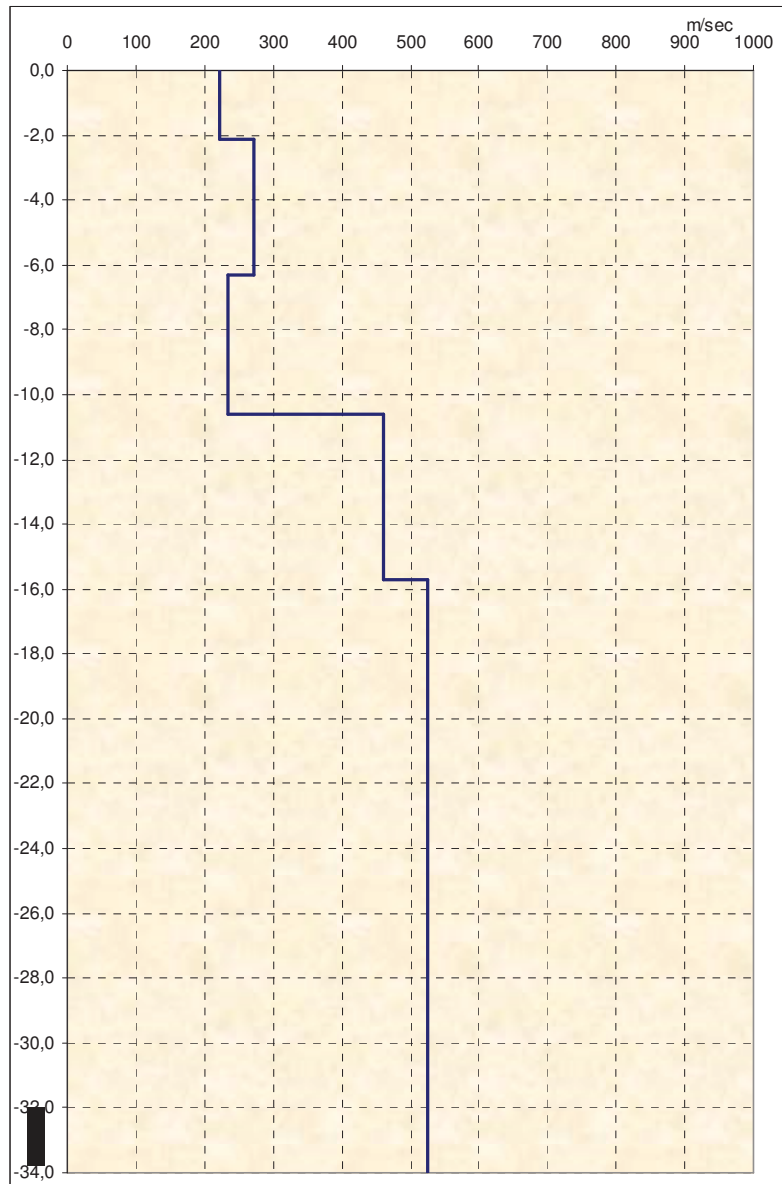


Figura 7 - Grafico velocità Vs/profondità -

Il valore V_{s30} da piano fondazione è **413 m/sec**.

Secondo normativa, per tale velocità, la **categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Carpenedolo li, 28.07.2017

