

COMMITTENTE	PECO IMMOBILIARE S.r.l. IMPRESA INVERNIZZI S.r.l.
OGGETTO	<i>Progetto piano integrato di intervento residenziale denominato “AT6” in via Milano</i>
COMUNE	Bellusco (MB) RELAZIONE GEOLOGICA RELAZIONE GEOTECNICA
DATA	ottobre 2017
RELATORE	<i>dott. geol. Alessandro Ratazzi</i>



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alessandro Ratazzi".

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
 - Prove penetrometriche dinamiche SCPT
 - Metodo HVSR
 - Prova di permeabilità tipo "Lefranc"
- Classificazione sismica
- Categoria sismica dei terreni

Relazione Geotecnica Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

- Fondazioni superficiali
- 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

Diagrammi prove SCPT

Tabella Resistenza di Progetto

(File – BelluscoPecoInvernizzi)

Premessa

Su incarico della Peco Immobiliare S.r.l. e dell'Impresa Invernizzi S.r.l. è stato redatto il presente studio geologico con analisi geotecnica e note idrogeologiche a supporto del progetto del piano integrato di intervento residenziale denominato "AT6" in via Milano nel comune di Bellusco (MB).

Al fine di definire le caratteristiche geotecniche dei terreni dell'area di interesse sono state eseguite, in accordo con i progettisti, n.6 prove penetrometriche dinamiche SCPT che hanno raggiunto la profondità massima di 4.5 m circa, oltre la quale è stato sempre registrato il rifiuto alla penetrazione meccanica della punta. Questo è dovuto alla natura del "terreno" affiorante nell'area in esame e soprattutto al suo grado di addensamento.

Inoltre, a conferma delle generali proprietà sismostratigrafiche dell'area, valutare la frequenza in sito e determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m (V_{s30}), è stata effettuata un'indagine geofisica con prospezione HVSr.

I punti d'indagine sono stati localizzati compatibilmente con gli ingombri esistenti così come illustrato nello schema planimetrico allegato.

Trattandosi di risultati desunti da indagini puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, qualora in fase di scavo si dovessero evidenziare differenze significative, sarà preciso obbligo dell'impresa esecutrice darne tempestiva comunicazione. Oltre a ciò, 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
- l'esauriente studio geologico (e relative mappe) redatto dal collega Ermanno Dolci a supporto del PGT del comune di Bellusco.

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 presente relazione viene redatta seguendo le indicazioni tecniche esposte:

- 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)

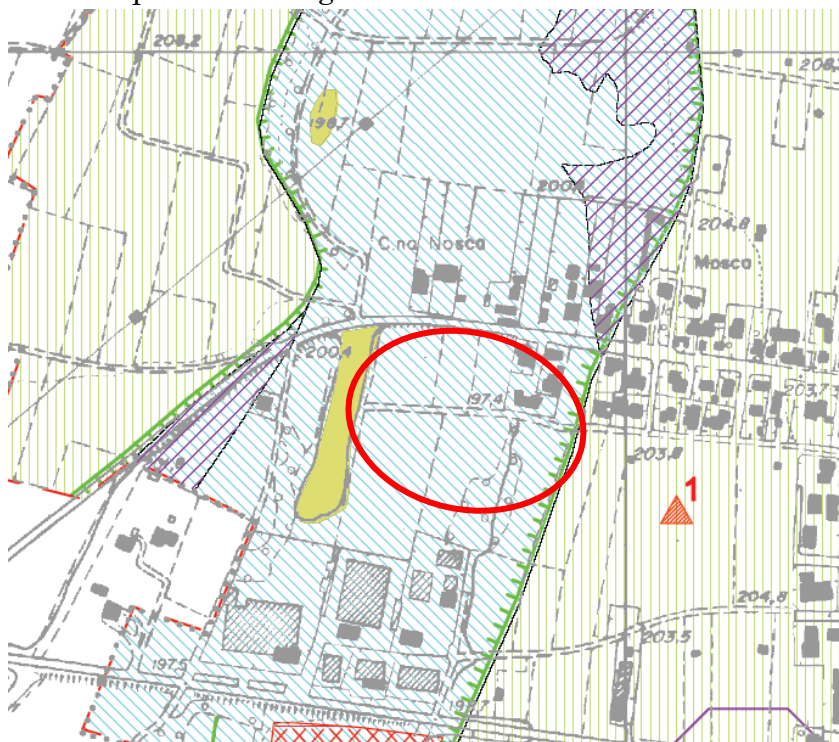
- nella L.R. 12 ottobre 2015, n.33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- nel D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 Approvazione delle linee guida di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 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 investigata è posta nel settore occidentale del territorio del comune di Bellusco, su di un ripiano morfologico con quota pari a circa 195-197 m s.l.m. che rappresenta l'affioramento di depositi fluvioglaciali riconducibili al *diluvium recente* (Wurm-Riss, pleistocene superiore), come conferma anche la carta geologica a supporto del PGT.

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

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.

Lo strato superficiale è costituito da limi argillosi notevolmente omogenei e ad elevato grado di assortimento. Il loro spessore si aggira nella maggior parte dei casi attorno al metro; non mancano però accumuli più potenti dovuti alle acque di dilavamento specialmente dove i terrazzi si addossano alle scarpate di quelli più antichi

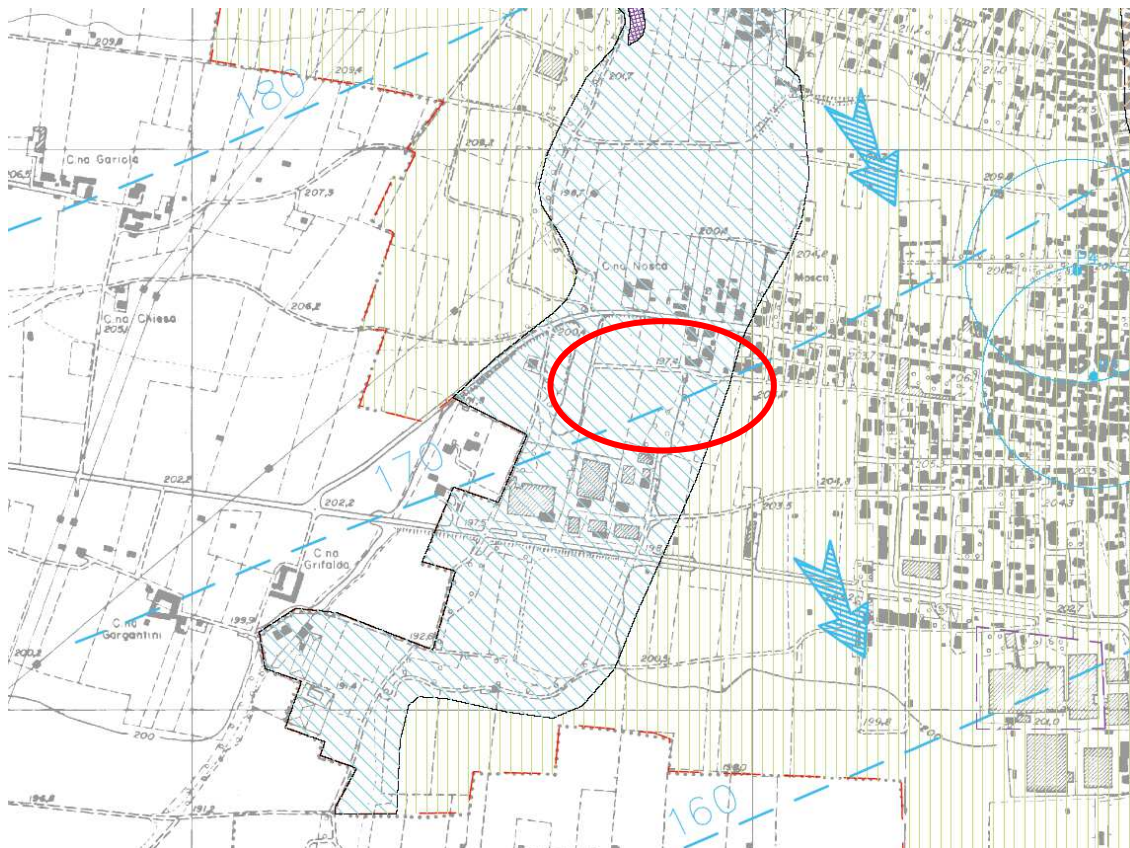
Inquadramento idrologico e idrogeologico

Dal punto di vista idrologico, si segnala che l'unico corso d'acqua superficiale che interessa il settore in esame è il Fiume Adda che scorre però ben incassato (a quota 157 m s.l.m.) nel suo alveo e ad una distanza tale che in nessun modo può interferire con il progetto in esame.

Per il resto, la circolazione idrica superficiale è per lo più a carattere diffuso, controllata dalla morfologia locale e marcata dalle eventuali regimazioni antropiche.

Dal punto di vista idrogeologico i dati ricavati dal Sistema Informativo Falda della Provincia di Monza e Brianza e lo studio a supporto del PGT, inerenti la piezometria della prima falda riportano per l'area in oggetto, e per le aree limitrofe, un valore di circa 170-175 m s.l.m., dunque ad una profondità di circa 20 m al di sotto del piano campagna.

La direzione prevalente di deflusso idrico della falda è S-SE, risulta comunque influenzata dalla presenza del Fiume Adda.



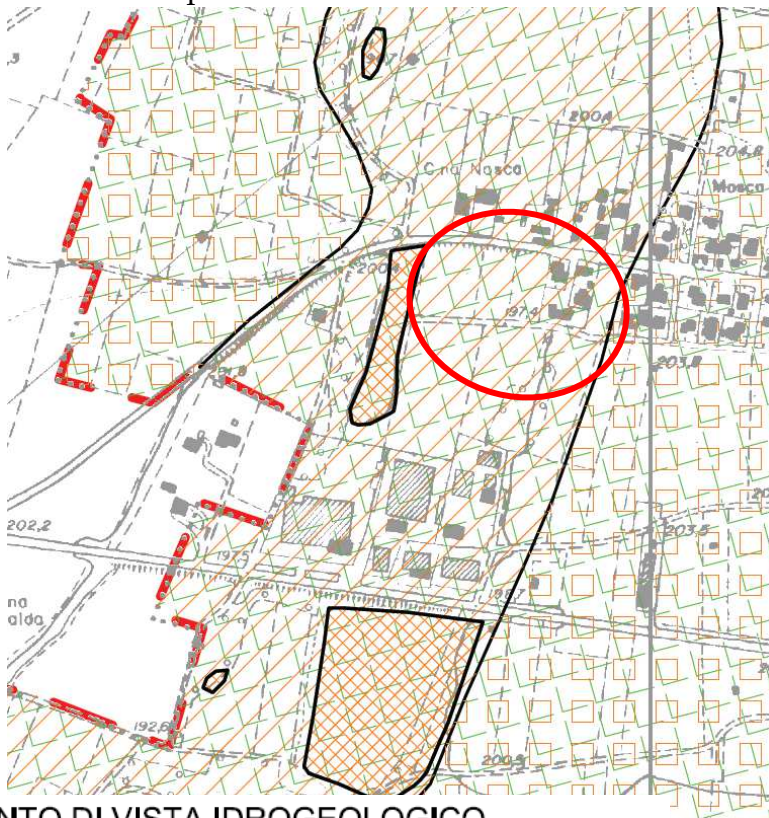
Dato il contesto di studio non si esclude la presenza di falde superficiali sospese; seppur non si conoscano nello specifico le potenzialità, è noto che si tratti di falde comunque di entità e dimensione contenute in quanto alimentate da una circolazione sotterranea, prevalentemente lungo "vene" limose o clastiche, dalla rete idrografica circostante.

Indicazioni componente geologica PGT comunale

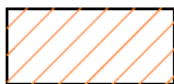
Nella Carta di fattibilità redatta a supporto al PGT l'area è posta in “*Classe 3, Area con consistenti limitazioni*”, per alta vulnerabilità dell'acquifero.

Come già anticipato nel settore ovest dell'ambito di studio (ma comunque esterno allo stesso) viene segnalata la presenza di riporti di materiali.

Mentre dal punto di vista sismico è classificata in zona Z4a, con possibile amplificazione sismica da effetti litologici.



AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

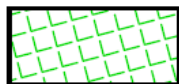


SOTTOCLASSE 3A aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero



SOTTOCLASSE 3C aree con riporti di materiale, aree colmate contraddistinte anche da un'elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero

SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE



Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

Sia nella Carta dei Vincoli Geologici che in quella di Sintesi non vengono segnalate problematiche di sorta, se non quelle già evidenziate nella carta di fattibilità.

Indagini in sito

Prove penetrometriche dinamiche DPSH-SCPT

Le prove penetrometriche dinamiche SCPT sono state eseguite con penetrometro dinamico pesante PENNI 63.5 Kg, montato su carro a cingoli gommati i cui componenti sono rigorosamente conformi alle norme geotecniche in materia. In particolare il penetrometro impiegato può essere descritto come penetrometro classe DPSH tipo “Meardi” o “Terzaghi modificato” o “pesante” o *“STANDARD CONE PENETRATION TEST”*.

I dati tecnici del penetrometro sono così riassumibili:

<i>Diametro delle aste:</i>	<i>32 mm</i>	
<i>Punta conica – diametro:</i>	<i>50.8 mm</i>	<i>2”</i>
<i>Conicità:</i>	<i>90°</i>	
<i>Peso del maglio :</i>	<i>63.5 kg</i>	
<i>Altezza di caduta (volata):</i>	<i>75 cm</i>	<i>30”</i>

La prova consiste nel misurare il numero dei colpi (N_{SCPT}) necessari all'infissione delle aste D. 32 mm per un intervallo pari a 20 centimetri.

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.



Metodo HVSR

La metodologia d'indagine HVSR (detta anche tecnica di Nakamura, 1989) è una tecnica sismica passiva che prevede la misura del “rumore ambientale” o “microtremore”, della superficie terrestre dovuto a fenomeni sia naturali (es. vento) che antropici.

Il metodo porta ad individuare eventuali fenomeni di amplificazione sismica e risonanza dovuti alla stratigrafia locale ed alle discontinuità presenti nel substrato.

La tecnica è non invasiva, rapida e non necessita di fonti di energizzazione esterne, dato che il rumore ambientale è ovunque presente.

Essa sfrutta le basi teoriche dei metodi sismici tradizionali (riflessione, rifrazione), unite a quelle dei microtremori.

Lo spessore di uno strato, noto da precedenti indagini (es. sondaggio, prove penetrometriche, etc.) e la velocità delle onde S di taglio in tale strato determinano la “frequenza fondamentale di risonanza” delle onde secondo la relazione:

$$f_0 = V_s/4h,$$

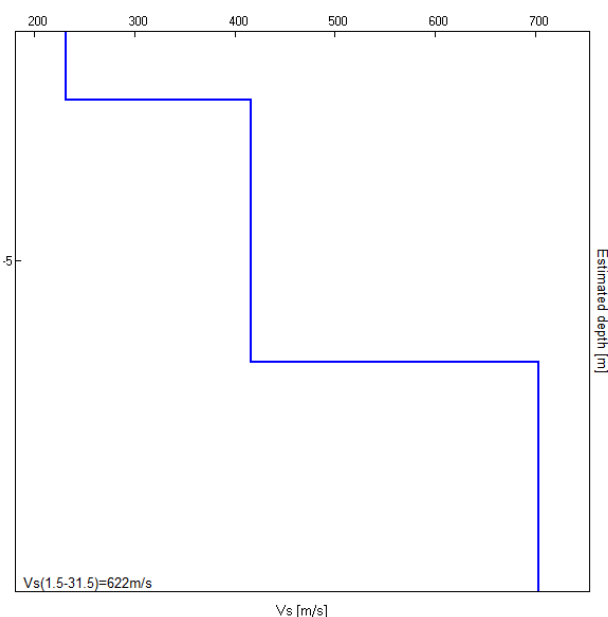
dove V_s è la velocità delle onde S nello strato attraversato ed h il suo spessore.

I microtremori sono principalmente legati alle onde superficiali, in particolare alle onde di Rayleigh, e solo in parte alle onde di volume P o S. Nelle analisi si fa ad ogni modo riferimento alle onde S dato che la velocità delle onde di Rayleigh è molto simile a quella delle onde S.

La frequenza fondamentale di risonanza del sito è legata al passaggio delle onde da un materiale ad un altro avente diversi valori di velocità delle onde sismiche e di densità, quindi è legata alla presenza di un contrasto d'impedenza acustica.

Il rapporto H/V permette di determinare tale frequenza fondamentale.

Tramite opportuni algoritmi si può compiere un'inversione degli spettri H/V al fine di determinare i profili di velocità delle onde di taglio S e quindi il valore V_{s30} (velocità delle onde S a 30 m di profondità), come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

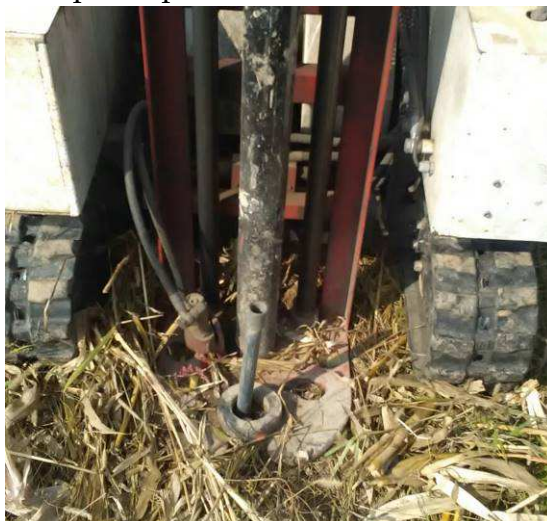


Prova di permeabilità tipo “Lefranc”

Per determinare il Coefficiente di Permeabilità (K) è stata eseguita una prova di permeabilità con il metodo Lefranc (a livello variabile) nel foro della prova n.4, più vicino all'area nella quale sono ipotizzati i pozzi perdenti. Visto il contesto, nonostante l'eterogeneità degli spessori del I livello si ritiene che i risultati ottenuti siano validi per tutta la lottizzazione

L'esecuzione di prove di permeabilità nei fori delle prove penetrometriche dinamiche SCPT non è realmente conforme alle specifiche in tal senso ma si ritiene l'approssimazione, anche in relazione alle finalità della determinazione, assolutamente accettabile.

La metodologia seguita ha previsto:



Prova a carico variabile:

- predisposizione del foro fino alla profondità di 2.0/4.0 m circa
- posizionamento di un tubo di rivestimento “cieco” nella parte sommitale (1.5 m)
- immissioni di acqua in modo continuo e prolungato fino a saturare il terreno
- immissioni di acqua fino a riempimento del tubo
- misura degli abbassamenti all'interno del tubo ad intervalli regolari di tempo mediante utilizzo di freatimetro elettroacustico.

Il livello stratigrafico indagato ha una permeabilità media così definita:

per i primi 2.0/3.0 m circa: $K = 1.8 \times 10^{-7}$ m/s
oltre i 3.5 m: $K = 7.5 \times 10^{-4}$ m/s

Per avere un'indicazione approssimativa relativamente al grado di permeabilità e al drenaggio dei terreni, si forniscono riferimenti bibliografici (*Casagrande* e *Fadum*).

Tabella 3.1 Coefficiente di permeabilità k per vari terreni

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Drenaggio			buono				povero					praticamente impermeabile
	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita				sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati					terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici
							terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo					

Tabella 3.2 Classificazione del terreno secondo il valore di k

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} \div 10^{-5}$
basso	$10^{-5} \div 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} \div 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Classificazione sismica

Bellusco è in classe “3” e con Ag_{Max} pari a 0,076241.

TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
30	0,023	2,534	0,180
50	0,030	2,514	0,204
72	0,035	2,543	0,217
101	0,039	2,564	0,228
140	0,045	2,522	0,245
201	0,052	2,539	0,255
475	0,072	2,542	0,281
975	0,093	2,535	0,290
2475	0,129	2,511	0,301

Vita nominale della costruzione (anni): VN: 50

Classe d'uso della costruzione c_u : 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	0,023	2,534	0,180
SLD	50	0,030	2,514	0,204
SLV	475	0,072	2,542	0,281
SLC	975	0,093	2,535	0,290

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.

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 dell'indagine sismica eseguita sono presumibili terreni con V_{s30} (riferiti al piano di appoggio delle fondazioni) pari 600-620 m/s (categoria B) e con un andamento della curva delle velocità, assimilabile a quella di riferimento litologica della Regione Lombardia “limoso-argillosa2”.

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: 1.6

Fa Intervallo di periodo 0,5 – 1.5 s: 1.3

Per il comune di Bellusco, 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	1,9	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 evidenziato quanto segue:

INTERVALLO 0.1 / 0.5 s – Strutture basse, regolari e rigide: $1.6 > 1.4 < 1.9$

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: $1.3 < 1.7$

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: C

Periodo di riferimento: 50anni

Categoria topografica:

Coefficiente c_u :

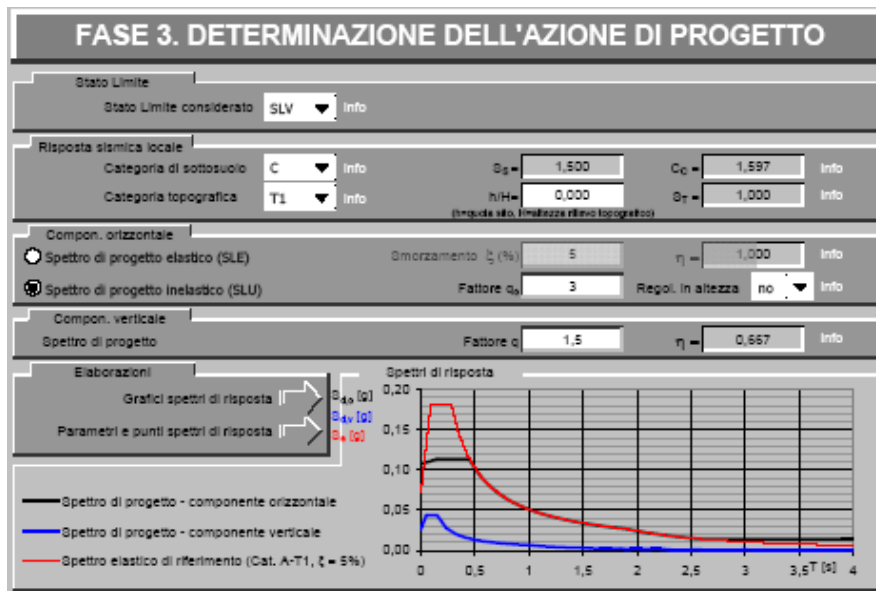
T1

1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* (ampl. stratigrafica)	1,50	1,50	1,50	1,47
Cc* (coeff.funz. categ.)	1,79	1,73	1,62	1,61
St* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

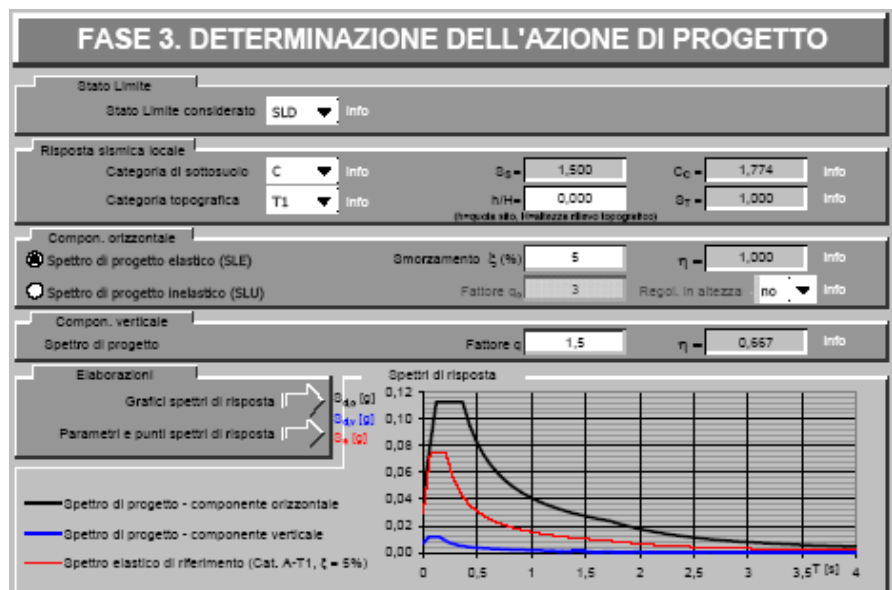
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,012	0,042	0,054
kv	0,005	0,006	0,021	0,027
Amax [m/s²]	0,460	0,597	1,718	2,193
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Determinazione dell'azione di progetto



SLU

SLE



Relazione Geotecnica -Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

Considerazioni stratigrafiche e geotecniche

Le prove sono state effettuate da un piano ribassato di circa 2.5-3.0 m da piano strada (corrispondente alla quota 0.0 di progetto).

Le descrizioni stratigrafiche (effettuate da piano indagine) sono da ritenere indicative in quanto dedotte in modo indiretto durante l'esecuzione delle prove.

LIVELLO [1]: dal piano campagna fino alla profondità variabile di 1.0 m (prove n.1 e 2) e 2.5/3.0 m circa.

Superato uno spessore superficiale di terreno eluviale si tratta di terreno limoso argilloso localmente con ghiaia con N_{SCPT} (numero dei colpi necessari all'avanzamento di 20 centimetri della punta conica) generalmente inferiore a 3/4 e descrivibile come “*sciolto*” (Associazione Geotecnica Italiana 1977). Per questo primo livello si possono stimare:

Peso di Volume (t/mc): 1.60-1.65

Angolo di Attrito (°): 24-25

Modulo Elastico (kg/cmq): 30-40

ricordando che:

Peso di volume: stima valutata in relazione a N_{SCPT}

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* ” 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)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	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 e fino alla massima profondità investigata di 4.5 m, ma presumibilmente oltre.

Sabbie e ghiaie localmente in matrice limosa con N_{SCPT} compreso tra 15 e 30 ma che con l'aumentare della profondità hanno raggiunto rapidamente valori maggiori di 100 (“rifiuto alla penetrazione meccanica della punta”), e descrivibile come “*moderatamente addensato-addensato*” (AGI 1977).

Dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica si propone:

Peso di Volume (t/mc): 1.75-1.80

Angolo di Attrito (°): 32-34

Modulo Elastico (kg/cmq): >250

Verifiche della sicurezza e delle prestazioni

Fondazioni superficiali

Per gli edifici in progetto è previsto un piano interrato, ma per l'attuale conformazione dell'area, la quota di prevista posa delle fondazioni è variabile tra circa 1.0 e 2.5 m da piano esecuzione indagine.

Nell'ambito delle prove n.1 e 2 (lotto n.1) e i terreni interessati dalla posa delle fondazioni saranno di discrete-buone caratteristiche geotecniche: si potranno prevedere fondazioni continue a trave (di larghezza compresa tra 1.0 e 1.4 m).

Mentre nei restanti settori (lotto n.2), alla profondità di progetto saranno ancora presenti i terreni del I Livello stratigrafico di pessime caratteristiche geotecniche e pertanto, per evitare scavi notevoli per raggiungere i terreni più addensati, si consiglia la posa di fondazioni continue a platea (o a graticcio di travi, considerando una distanza tra una trave e l'altra non superiore a 3 volte la larghezza della trave stessa).

In questo ambito, così come per le opere di urbanizzazione interessate da terreni di scadenti caratteristiche geotecniche, si suggerisce una parziale bonifica con riporto di materiale, meglio se granulare, per realizzare il piano di posa, con la tecnica della vibrocompattazione, in modo da rendere il più possibile uniforme il piano di posa, limitare l'entità dei cedimenti e verificare eventuali anomalie stratigrafiche superficiali.

L'operazione potrà essere eseguita su tutta la superficie interessata dalle fondazioni con la rullatura del materiale riportato (ogni 40 cm) con compattatore cilindrico vibrante di almeno 10-15 t di peso statico provvedendo a successive passate fino a che il materiale non verrà più "assorbito" dal terreno in posto.

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:

travi continue

$R_{d(SLU)} (M1+R1): 6.4 \text{ kg/cmq}$

$R_{d(SLU)} (M1+R3): 2.8 \text{ kg/cmq}$

$R_{d(SLU)} (M2+R2): 1.7 \text{ kg/cmq}$

Graticcio di travi o platea

$R_{d(SLU)} (M1+R1): 2.4 \text{ kg/cmq}$

$R_{d(SLU)} (M1+R3): 1.0 \text{ kg/cmq}$

$R_{d(SLU)} (M2+R2): 0.7 \text{ kg/cmq}$

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:

$$Ed \leq Cd$$

dove: Ed: valore di progetto dell'effetto delle azioni.

Cd: valore limite dell'effetto delle azioni

Alla luce di quanto sopra si potrà quindi prevedere:

- fondazione a TRAVE continua ($L_{media}=1.2$ m), con Carico Unitario o Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio (R_{dSLE}) di 1.5 kg/cmq; i cedimenti totali teorici sono stimabili in 5-10 mm e in gran parte compensati dalla tipologia di fondazione adottata.

- fondazione a GRATICCIO di TRAVI continue ($L_{media}=1.2$ m), con Carico Unitario o Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio (R_{dSLE}) di 0.7 kg/cmq; i cedimenti totali teorici sono stimabili in 10-15 mm e in gran parte compensati dalla tipologia di fondazione adottata.

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.

Sostegno delle pareti di scavo e opere di sostegno

Come già anticipato l'intervento in progetto avrà volumi interrati ma che, per quanto di mia conoscenza, non interesserà a confine strutture esistenti o strade, e si escludono pertanto pericoli d'instabilità dell'ambito circostante l'area di scavo durante la fase di realizzazione dell'opera; lo scavo, considerando il solo aspetto di stabilità del fronte, potrebbe essere realizzato senza particolari opere preliminari di consolidamento.

Questo, tuttavia, non svincola dal dover 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 55-60°.

Si suggerisce, comunque, di mantenere gli scavi aperti per il minor tempo possibile avendo cura di coprire i fronti (già dal bordo superiore) mediante teli impermeabili in nylon o polietilene. Sarà necessario incanalare, raccogliere ed allontanare le acque ed evitare il carico (anche accidentale) del tratto di monte a ridosso del fronte di scavo.

Mi rendo comunque disponibile, in una fase progettuale più avanzata, a meglio valutare l'intervento ottimale.

Dispersione delle acque bianche meteoriche

Per quanto esposto in precedenza i terreni direttamente interessati dalla dispersione delle acque raccolte (rigorosamente bianche e conformemente alla normativa vigente) saranno di modeste (per la presenza di matrice fine) caratteristiche di permeabilità per i primi 2.5/3.0 m e discrete/buone oltre (in corrispondenza dei livelli ghiaiosi).

Eventuali pozzi perdenti dovranno essere realizzati pertanto (previa verifica stratigrafica e prevedendo prove di dispersione in fase preliminare) solo oltre i 2.5/3.0 m di profondità; si raccomanda in ogni modo di realizzarli discosti il più possibile dalle strutture di fondazione.

In alternativa si potranno realizzare vasche e/o pozzi di accumulo-stoccaggio e con dimensioni opportunamente calcolate; si dovranno prevedere pompe di allontanamento, o comunque tubazioni di "troppo pieno", che consentano di disperdere le acque in fognatura, chiedendo gli eventuali permessi agli enti preposti.

Un'altra possibilità perseguibile sarà quella di prevedere l'accumulo di queste acque per il loro riutilizzo per i servizi igienici o altri impieghi "secondari" e comunque per usi non idropotabili.

Conclusioni

Su incarico della Peco Immobiliare S.r.l. e dell'Impresa Invernizzi S.r.l. è stato redatto il presente studio geologico con analisi geotecnica e note idrogeologiche a supporto del progetto del piano integrato di intervento residenziale denominato "AT6" in via Milano nel comune di Bellusco (MB).

Per definire le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni dell'area di interesse sono stati presi in considerazione, e interpretati, i risultati di alcune prove penetrometriche dinamiche SCPT eseguite sia nell'area di studio che nell'immediato intorno. A conferma dei dati già noti, per definire la velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m (V_{s30}) è stata effettuata un'indagine geofisica con prospezione HVSR.

Si è ricostruito il terreno del sottosuolo schematizzandolo in due Livelli stratigrafici, entrambi (a seconda dell'ambito) interessati dalla posa delle fondazioni a trave o a graticcio di travi.

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

Il modello geologico del sito, costruito mediante esecuzione di indagini puntuali, è applicabile tridimensionalmente a tutta l'area oggetto di intervento.

Trattandosi di risultati desunti da prove puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, sarà necessario verificare e confermare in fase di scavo le indicazioni qui esposte.

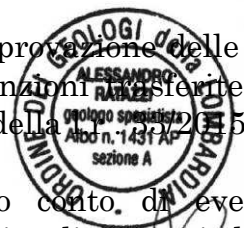
Dal punto di vista della compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale l'area non presenta alcuna restrizione infatti non vi sono situazioni di rischio idrogeologico.

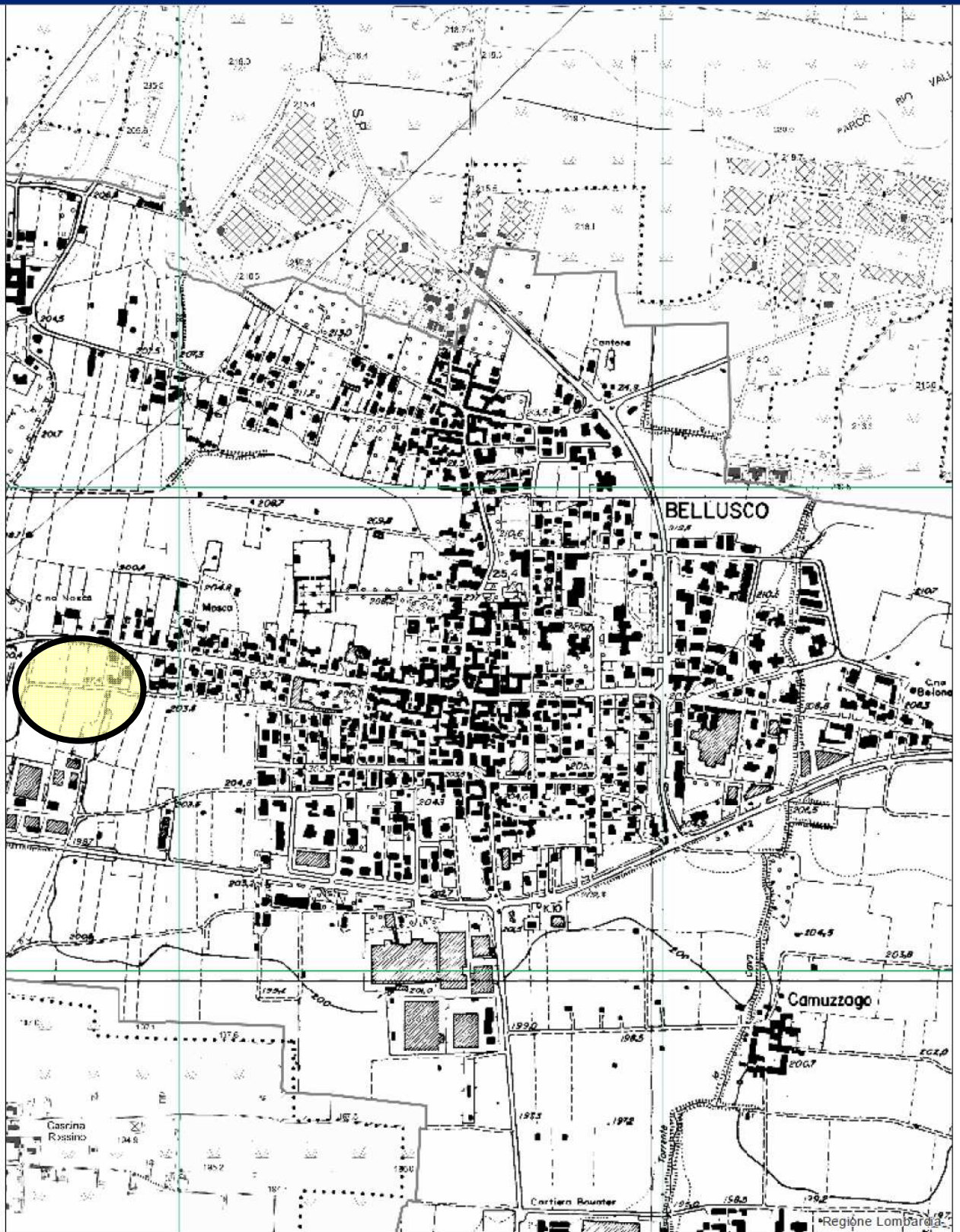
Tutto quanto esposto è stato valutato e calcolato conformemente a quanto previsto:

- 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. n. 43 del 28/2/2015)

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.





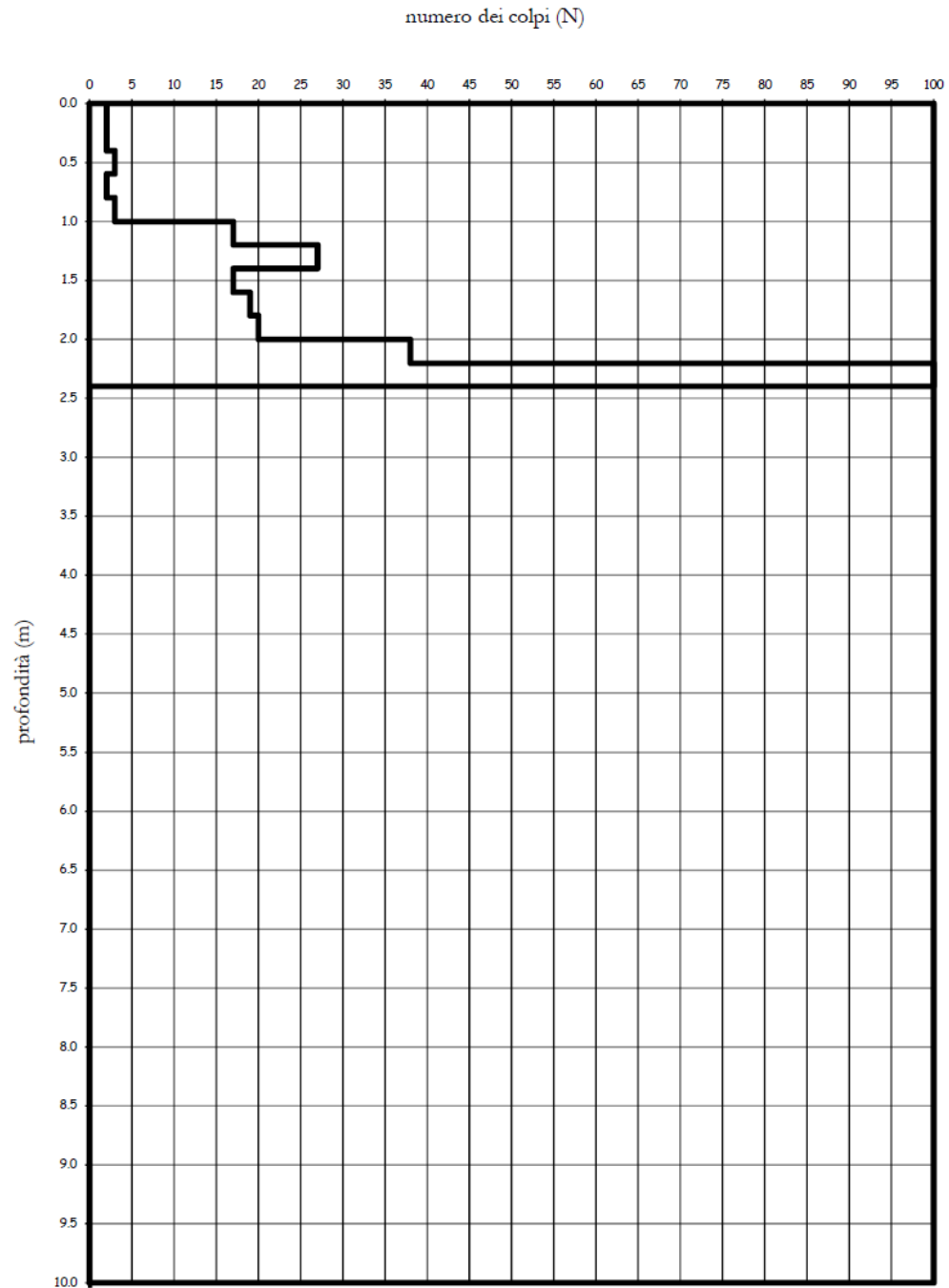
Corografia (schema non in scala)



Ubicazione punti d'indagine

Bellusco (MB)
settembre 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.01

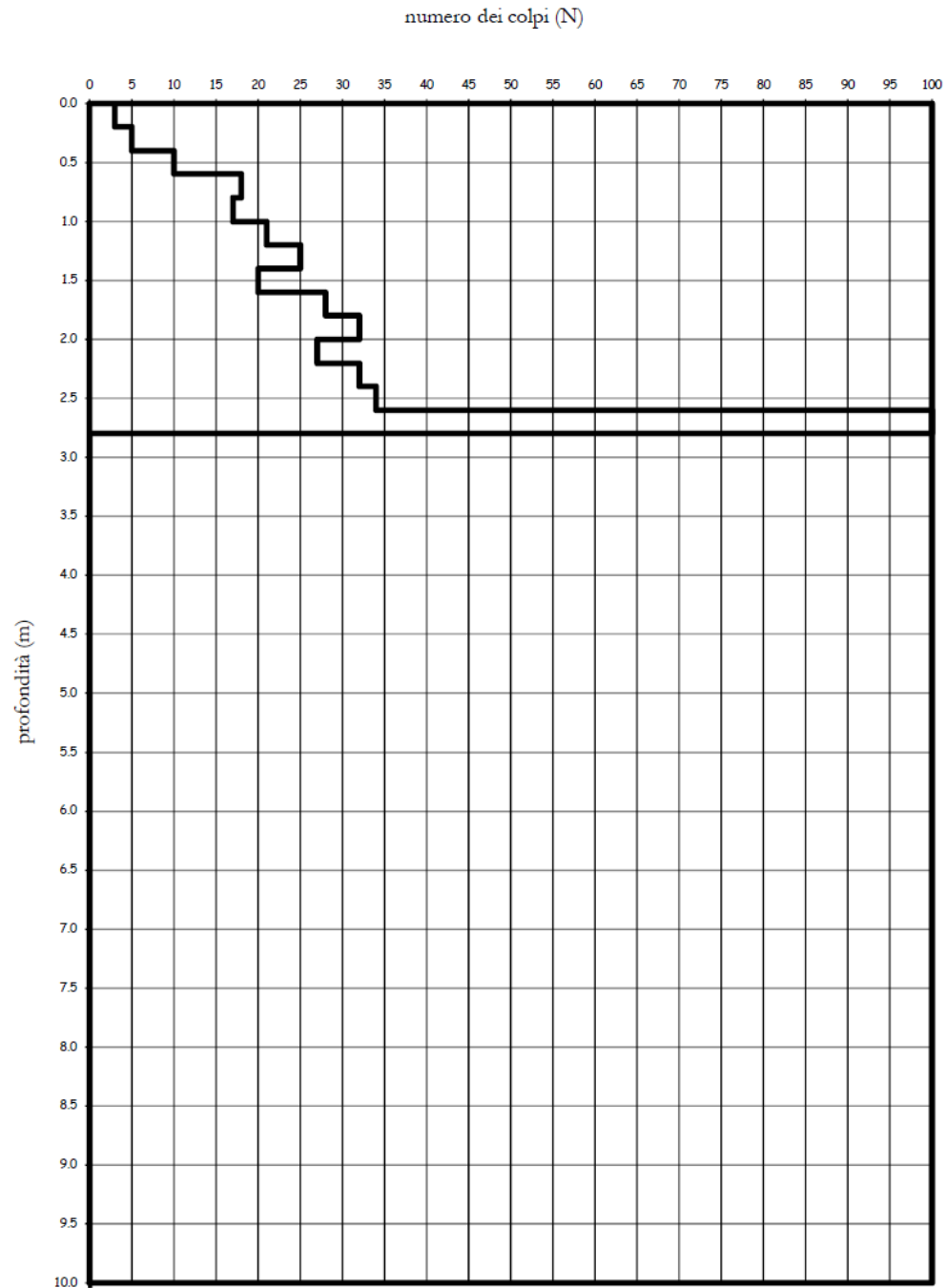


Maglio: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm

— Punta

Bellusco (MB)
settembre 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.02

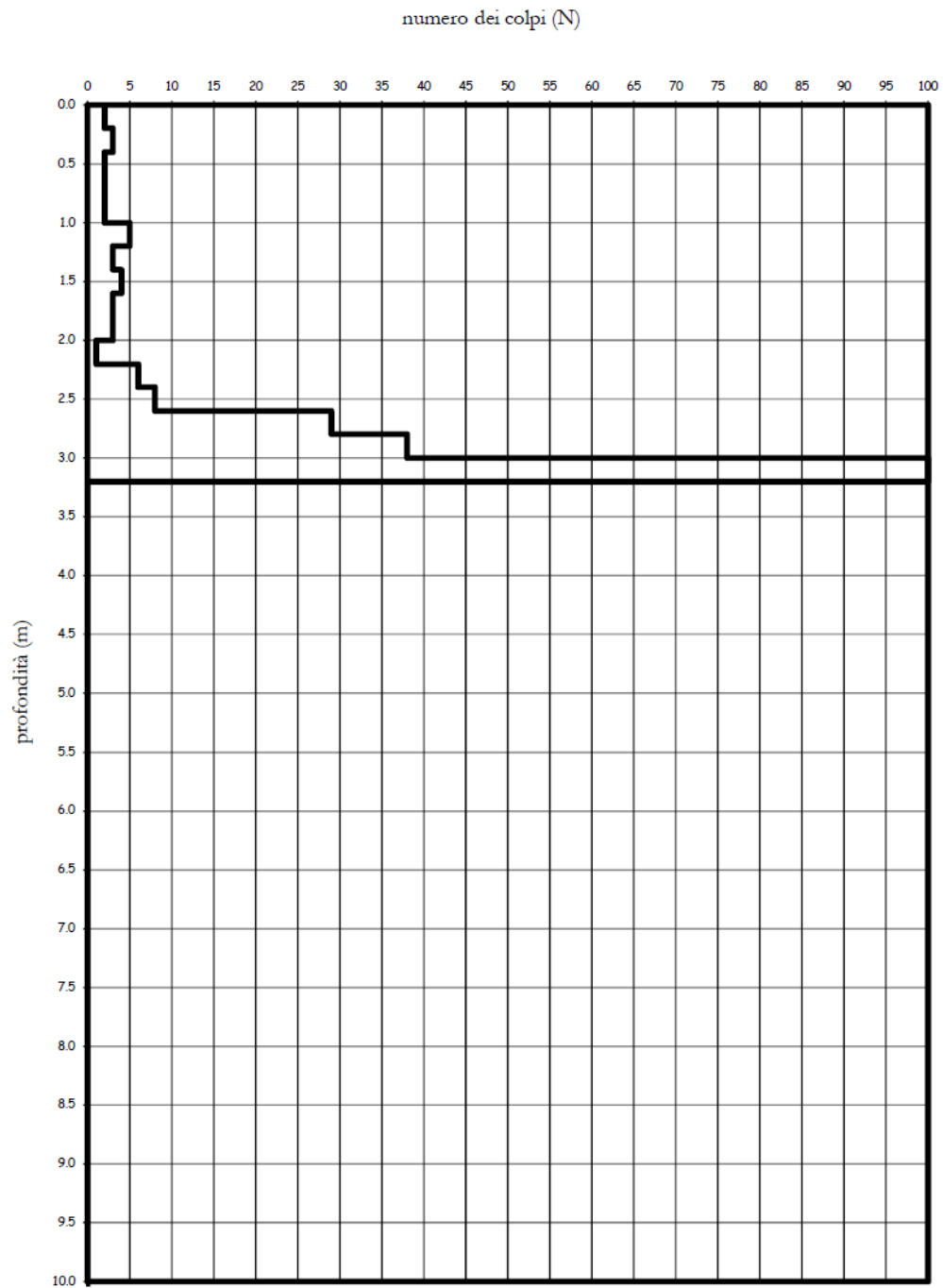


Maglio: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm

— Punta

Bellusco (MB)
settembre 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.03

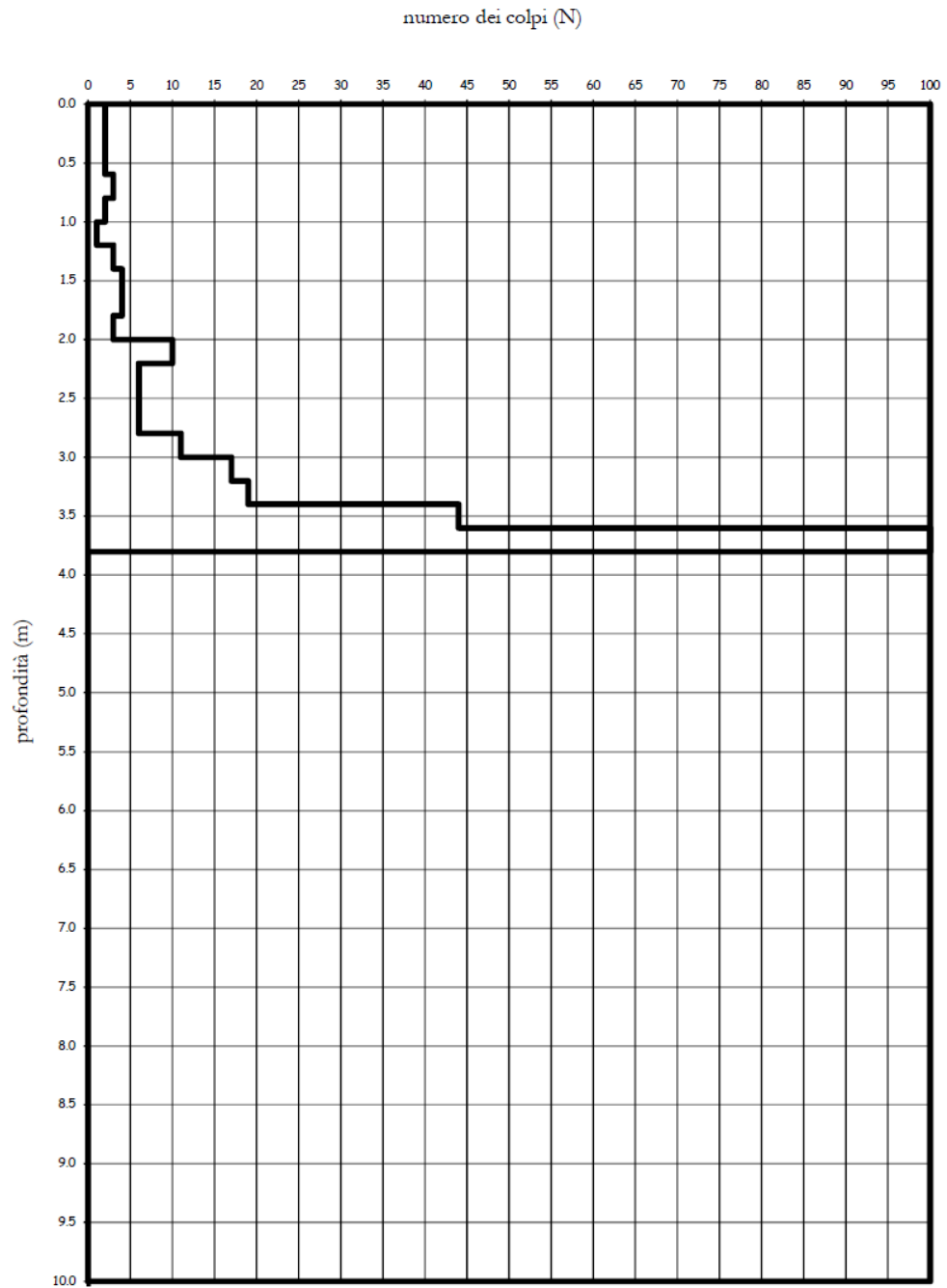


Maglio: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm

— Punta

Bellusco (MB)
settembre 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.04

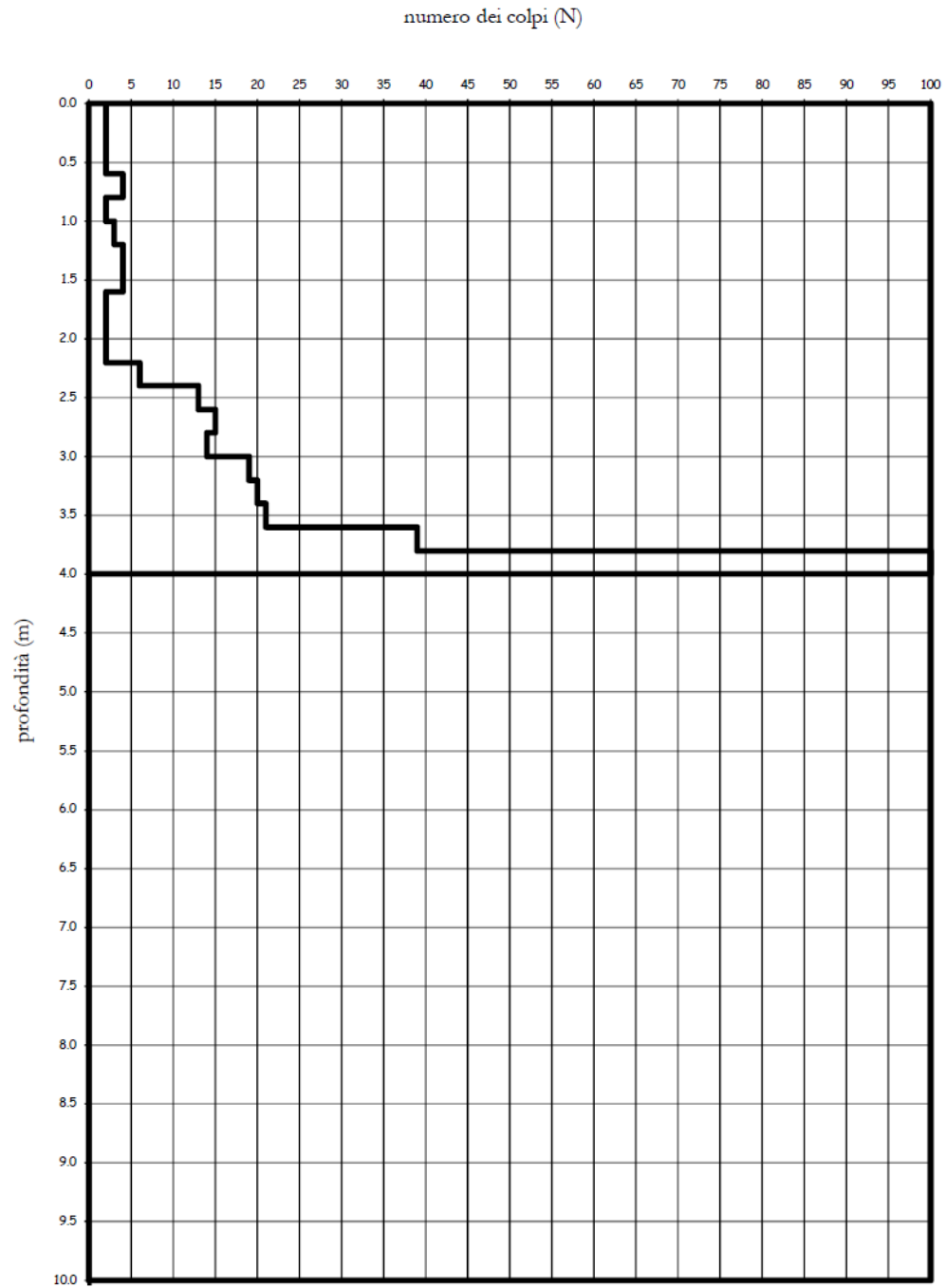


Maglio: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm

— Punta

Bellusco (MB)
settembre 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.05

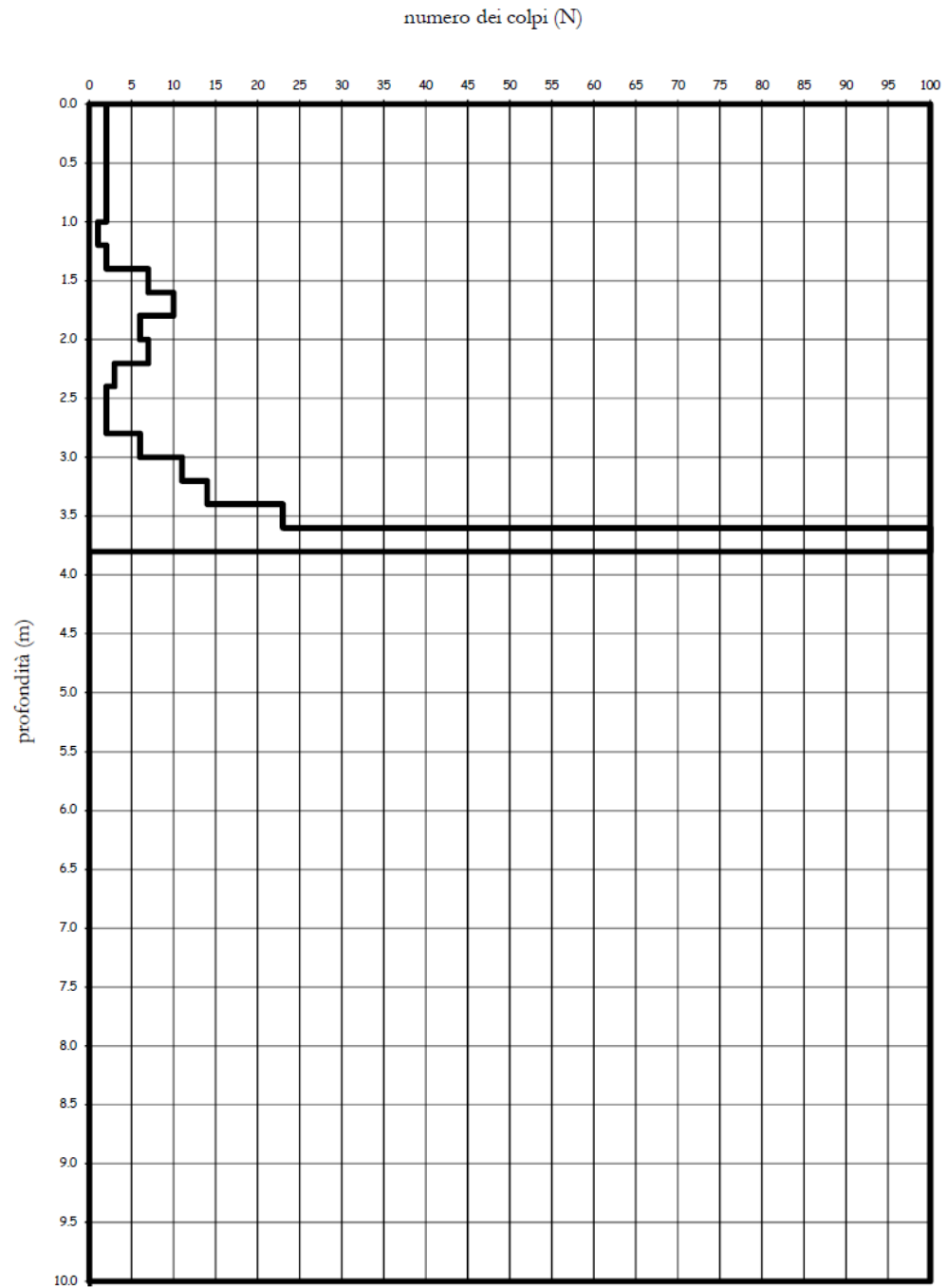


Maglio: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm

— Punta

Bellusco (MB)
settembre 2017

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.06



Maglio: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm

— Punta

VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO (NTC2008)

Bellusco (MB) - ipotesi di fondazioni a "trave", ambito lotto 1VALUTAZIONE 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]
2.0	0.8	1.2	indef.	1.75	32.0	6.7	6.4	6.3

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]
2.0	0.8	1.2	indef.	1.75	32.0	2.9	2.8	2.7

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]
2.0	0.8	1.2	indef.	1.75	26.5	1.9	1.7	1.8

Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio Rd(SLE) **1.5** [kg/cmq]

Cedimento del terreno previsto con Rd(SLE) = **1.5** [kg/cmq]: **8.8** [mm]

Valore di Resistenza per verifica di stabilità globale M2+R2 (con $\gamma_R=1,1$) **5.8** [kg/cmq]

Alessandro Ratazzi - geologo

Tabella Resistenza di Progetto

VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI PROGETTO (NTC2008)

Bellusco (MB) - ipotesi a graticcio di "travi", ambito lotto 2VALUTAZIONE 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
[kg/cmq]						[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
2.0	0.8	1.2	indef.	1.65	25.0	2.7	2.4	2.5

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
[kg/cmq]						[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
2.0	0.8	1.2	indef.	1.65	25.0	1.2	1.0	1.1

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
[kg/cmq]						[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
2.0	0.8	1.2	indef.	1.65	20.4	0.9	0.7	0.8

Resistenza di Progetto in condizioni di esercizio Rd(SLE) 0.7 [kg/cmq]

Cedimento del terreno previsto con Rd(SLE) = 0.7 [kg/cmq]: 16.5 [mm]

Valore di Resistenza per verifica di stabilità globale M2+R2 (con $\gamma_R=1,1$) 2.2 [kg/cmq]

Alessandro Ratazzi - geologo

Tabella Resistenza di Progetto