Studio Associato di ingegneria e geologia

dott. ing. Locatelli – dott. geol. Buscaglia – dott. geol. Locchi – dott. geol. Scinetti

IMATEX SPA

VIA CADORNA, 33 – 23895 – NIBIONNO (LC)

RELAZIONE GEOLOGICA E INQUADRAMENTO SISMICO LOCALE AI SENSI DEL D.M. 17-01-2018 NTC (R1) E DELLA DGR IX/2616/2011 (R3) PER NUOVA PALAZZINA UFFICI NEL COMUNE DI BULCIAGO (Lc)

Lecco – GENNAIO 2019

C.so Martiri della Liberazione, 28 – 23900 LECCO – Tel/fax 0341.360078
E-mail: ingeo@studioingeo.it www.studioingeo.it

INDICE GENERALE

1. Premessa 2

2. Analisi Cartografia esistente 4

2.1 Studio per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT 4

2.2 Altri studi 6

3. Inquadramento Geologico e Idrogeologico dell'Area 7

4. Indagini Eseguite 10

4.1 Prove penetrometriche dinamiche continue (DP) 10

4.2 Indagine sismica HVSR analisi dei microtremori 11

5. Modello Geologico e Caratteristiche Geotecniche Medie 13

5.1 Modello Geologico 13

5.2 Caratteristiche geotecniche medie 14

6. Inquadramento Sismico 15

6.1 Approfondimento sismico di secondo livello 16

6.2 Azioni sismiche 21

6.3 Verifica alla liquefazione (NTC 2018 7.11.3.4.2) 22

7. Indicazioni e Valutazioni Geologico-Applicative 24

7.1 Fondazioni superficiali 24

7.2 Stima dei cedimenti 26

8. Stabilità Fronte Di Scavo 29

9. Gestione Materiali da scavo 31

10. Smaltimento Delle Acque Meteoriche 33

11. Approfondimento ai sensi delle Norme Geologiche di Piano 35

12. Conclusioni 37

Tav. 1 Carta geologica
Tav. 2 Ubicazione indagini
Tav. 3 Modello stratigrafico

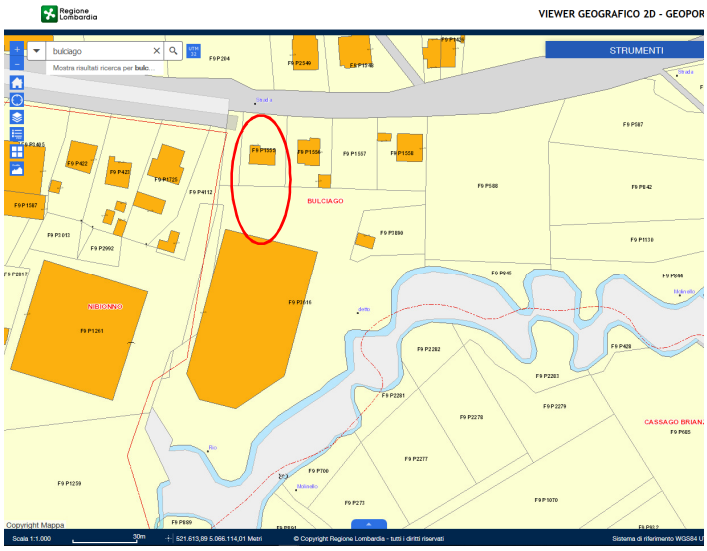
All.1 Prove penetrometriche DP
All.2 Indagine Sismica

1. PREMESSA

La presente relazione geologica ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 17-01-2018 (R1) e della DGR IX/2616/2011 (R3), con inquadramento sismico locale, è redatta su incarico di IMATEX SpA nell'ambito del progetto di una nuova palazzina uffici in Via Briantea (ss342), nel comune di Bulciago (LC) al confine con Nibionno. Lo studio è finalizzato alla ricostruzione del modello geologico e della stratigrafia dell'area, all'individuazione dei parametri sismici locali e all'analisi delle eventuali problematiche geologiche in relazione all'intervento in progetto.

Immagine aerea (google map)

L'intervento in progetto ricade sui mappali n.1555 e n.3616 del foglio 5 del comune di Bulciago (LC).



Estratto da geoportale di Regione Lombardia (servizio catastale regionale)

Il progetto, previa demolizione dell'abitazione presente sul mappale n.1555, prevede la realizzazione di un nuovo edificio con telaio in c.a. prefabbricato che sul lato sud sarà unito alla pensilina del capannone esistente sul n.3616. La struttura "a ponte" permetterà il mantenimento dell'attuale agibilità del piazzale ai mezzi pesanti. Solo nel settore nord del nuovo edificio, sul mappale 1555, è previsto un piano interrato.

Lo studio è stato redatto in conformità col piano normativo vigente:

- **D.M. 17-01-2018** *"Testo Unico - Norme Tecniche per le costruzioni"*
- **D.g.r. X/6738 del 19-06-2017** *"Disposizioni Regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza"*
- **D.g.r. X/5001 del 30-03-2016** *"Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica"*
- **D.L n° 33 del 12-10-2015** *"Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche"*
- **D.g.r. X/2129 del 11-07-2014** *"Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"*
- **D.g.r. IX/2616 del 30-11-2011** *"Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio..."*
- **D.M. 11-03-1988** *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*
- **Leggi Regionali** *in materia di Pianificazione e Vincoli Idrogeologici*
- **Ordinanze** *Autorità di Bacino nazionale, regionale e interregionale*
- **Eurocodici 7-8**

In base al seguente schema:

- ✓ ricerca bibliografica
- ✓ analisi dei vincoli di carattere geologico
- ✓ sopralluogo dell'area
- ✓ campagna di indagine geognostica
- ✓ campagna di indagine sismica
- ✓ elaborazione dei risultati della campagna d'indagine e relazione finale

L'area in oggetto è compresa nell'estratto dalla tavola B5c1 della C. T. R. 1:10.000.

Estratto Carta CTR (scala 1: 10.000) dal Geoportale Regione Lombardia – Non in scala

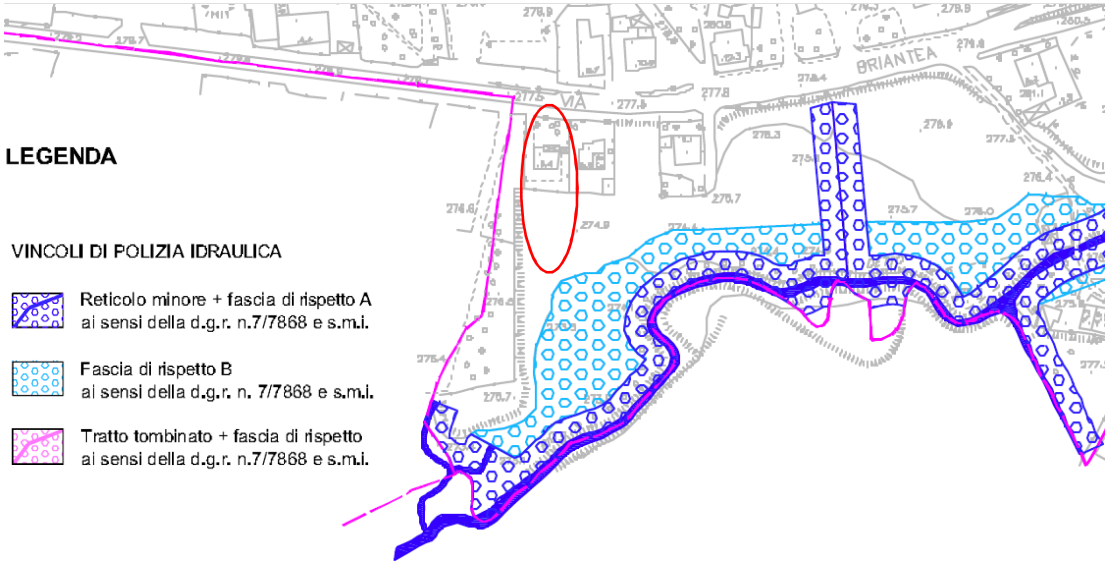
2. ANALISI CARTOGRAFIA ESISTENTE

Si analizza la presenza di vincoli di interesse geologico riportati dalla cartografia comunale e sovra-comunale riguardanti l'area in oggetto. Per le prescrizioni, i regolamenti e le normative inerenti ai vincoli e alle classificazioni di seguito citate, si raccomanda di consultare anche gli elaborati originali reperibili presso gli Enti.

2.1 Studio per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT

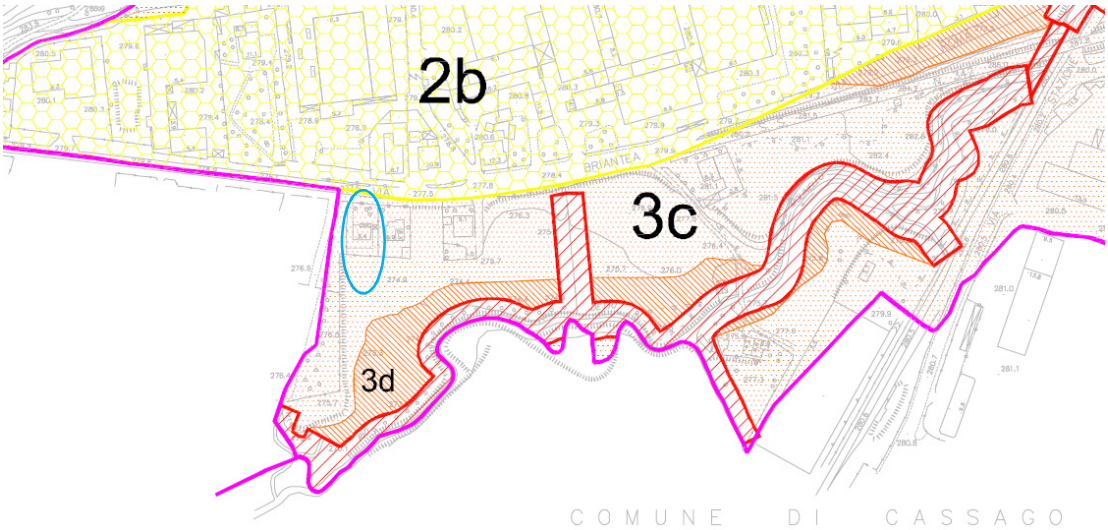
Lo Studio Geologico Comunale del PGT vigente è aggiornato al dicembre 2007 a firma del dott. geol. Nicolodi secondo i criteri definiti DGR VIII/1566 in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R.12/2005.

In base alla carta dei vincoli allegata allo studio geologico, si evince che l'area in oggetto non è soggetta a vincoli di contenuto geologico. Poco a sud dell'area di intervento sono presenti specifici vincoli riferiti al R.I.M. per la presenza del torrente Bevera di Molinello (studio del Reticolo Idrico Minore aggiornato nel settembre 2006 dal dott. geol. Nicolodi ai sensi della DGR VII/7868 e s.m.i.)



Estratto Carta dei Vincoli da studio geologico comunale – Non in scala

Nella Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di piano del PGT vigente, i terreni in oggetto ricadono in classe di fattibilità 3C, con consistenti limitazioni al cambio d'uso del suolo per la possibile presenza di risorgive e falde superficiali.

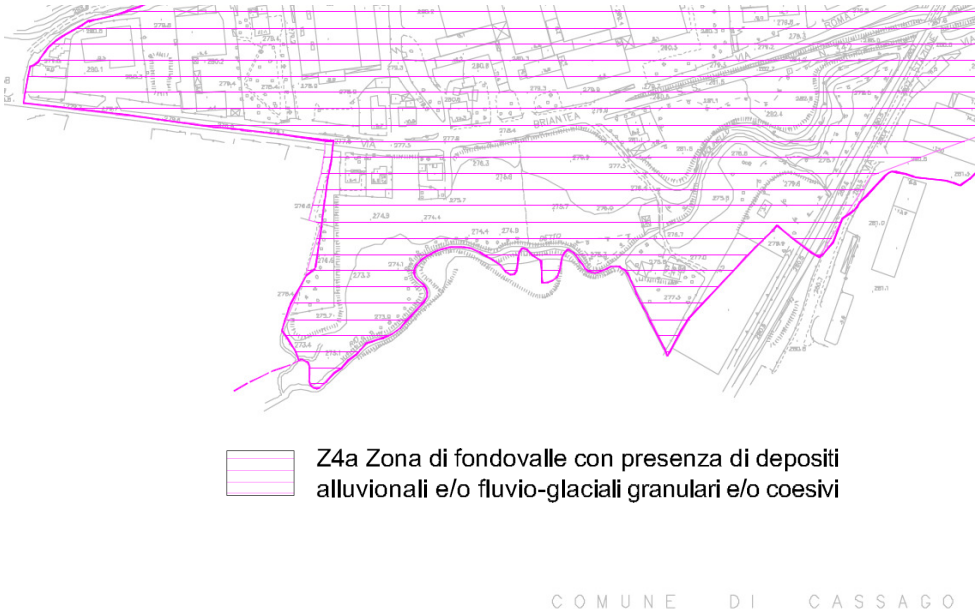


Estratto Carta della Fattibilità Geologica da studio geologico comunale – Non in scala

Per la compatibilità del progetto con i contenuti nelle NTA geologiche, si rimanda al capitolo 11.

In base alla riclassificazione sismica dei comuni operata da Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n°2129), il comune di Bulciago ricade in Zona Sismica 3.

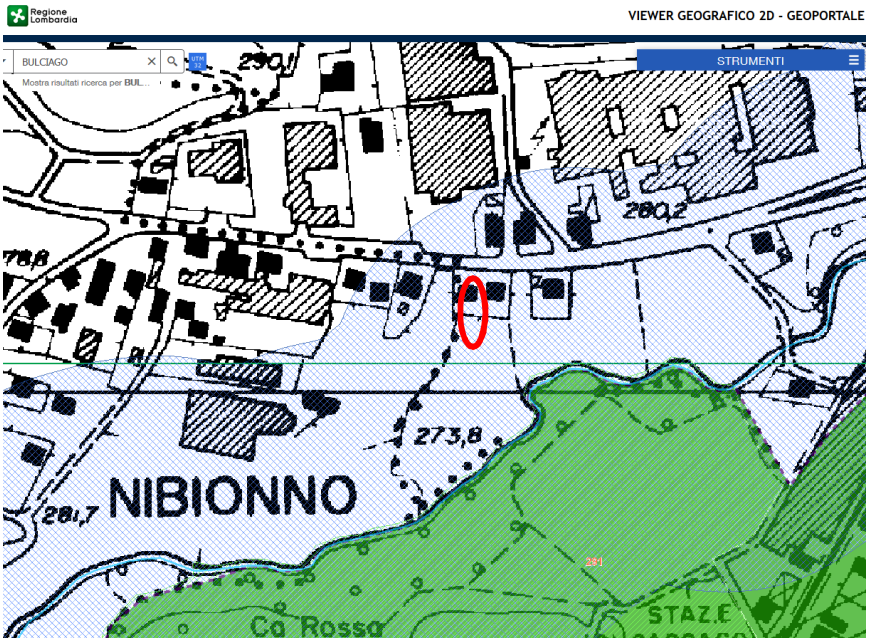
Nella carta degli scenari di pericolosità sismica locale allegata al PGT il terreno in oggetto è classificato in area Z4a, suscettibile di amplificazione sismica per la litologia dei luoghi.



Estratto Carta della PSL (pericolosità sismica locale) da studio geologico comunale – Non in scala

2.2 Altri studi

Dalla consultazione dei vincoli paesaggistici attraverso il geoportale di Regione Lombardia, si evince che l'area è compresa solo nel vincolo paesaggistico determinato dalla distanza inferiore ai 150 m dalla sponda nord del T. Molinello.



Estratto Carta dei vincoli paesaggistici da Geoportale Regione Lombardia – Non in scala

Dalla consultazione dell'inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia (GeoIFFI), l'area in oggetto non risulta coinvolta da dissesti franosi noti.

Estratto progetto GEOIFFI – Non in scala

Dalla consultazione del quadro aggiornato dei dissesti PAI sul Geoportale della Regione Lombardia e delle aree soggette a pericolosità idraulica (RSCM) nel PGRA, si ricava che l'area non è interessata da dissesti idrogeologici o idraulici censiti.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA

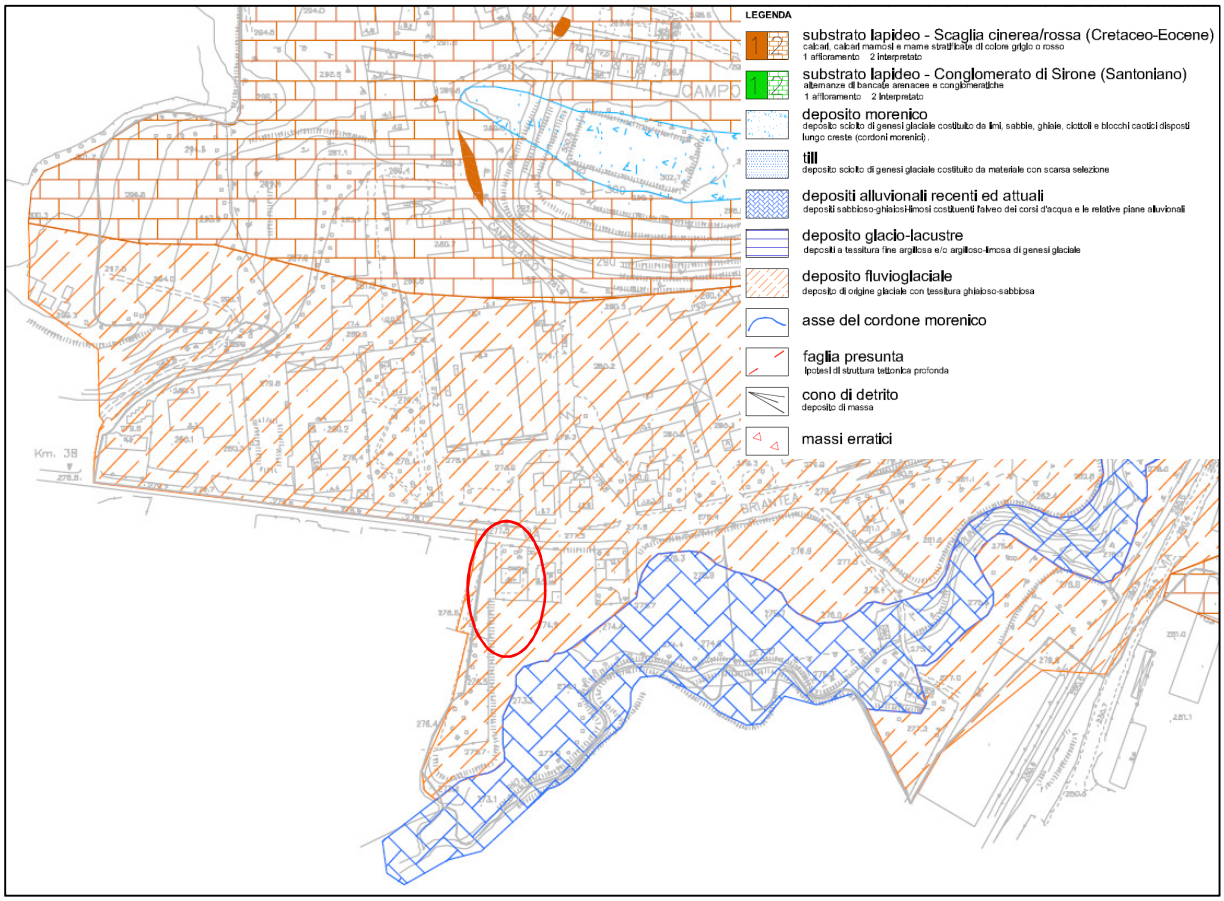
L'area in oggetto è ubicata nel settore occidentale del territorio comunale nei pressi del confine con il comune di Nibionno, tra il tracciato della S.S 342 Briantea a nord e Il torrente Bevera di Molinello verso sud, in un ambito territoriale che lungo i lati nord e ovest si presenta del tutto urbanizzato.

La zona di futura edificazione è attualmente posta alla quota media di 275 m s.l.m.; i terreni in oggetto sono in gran parte occupati dal piazzale asfaltato antistante il capannone cui la nuova struttura sarà collegata mentre la porzione settentrionale attualmente è occupata da un'abitazione con relativo giardino pertinenziale. Fino a circa 15 anni fa l'area era un prato digradante tra la quota di 274.5 m.s.l.m. nord e 272.0 s.l.m. a sud, con un dislivello complessivo di circa 2.5 tra il confine nord e la sponda del corso d'acqua che ne costituisce il limite naturale verso sud. La quota attuale è quindi in gran parte frutto delle opere di riporto eseguite per la realizzazione della struttura produttiva e del suo piazzale di manovra.

Nel presente paragrafo si fornisce una caratterizzazione degli aspetti geologico-morfologici ed idrogeologici propri della zona in oggetto e di un suo significativo intorno.

Nella Tav. 1 in allegato sono riportati i principali elementi geologico-geomorfologici evidenziati dal rilievo eseguito durante il sopralluogo oltre che dalla bibliografia consultata.

Un'altra rappresentazione del contesto in esame è nella immagine sottostante tratta dalla carta geologica contenuta nel PGT.



Il comprensorio in esame appartiene alla porzione medio-alta della pianura Padana e si caratterizza come un ambiente morfologicamente complesso costituito da blandi rilievi rocciosi ed incisioni vallive su cui si è sovrimposta l'azione morfogenetica esercitata dalle masse glaciali quaternarie, esplicatasi in termini di erosione ed ablazione ma principalmente in termini deposizionali da parte dei ghiacciai e delle acque di fusione. L'assetto morfologico del territorio circostante è infatti contraddistinto dalla presenza di cordoni morenici variamente rimodellati, depressioni intramoreniche e piane retromoreniche, tutte ascrivibili alle numerose alterne fasi di avanzata e ritiro dei ghiacciai quaternari.

Oltre alla fase morfogenetica glaciale si riconosce la successiva fase olocenica in ambiente subaereo, che ha modificato solo parzialmente la precedente situazione, producendo forme di erosione da acque incanalate e, pur se di limitata estensione, forme di sedimentazione delle terre colluviali e di alvei alluvionali poi localmente modificate dall'intervento antropico.

Dal punto di vista geologico il territorio è caratterizzato in superficie da terreni di natura glaciale e fluvioglaciale e da affioramenti localizzati del substrato roccioso che costituisce l'ossatura sepolta della successione locale dei depositi quaternari. Nel fondo valle sono presenti depositi alluvionali, mentre al raccordo tra versanti collinari e terrazzi può svilupparsi l'accumulo di materiale colluviato.

Il substrato roccioso è costituito da marne e calcari marnosi paleocenici riconducibili alla formazione di Tabiago, qui presenti in piccoli affioramenti in corrispondenza delle porzioni superiori delle colline poste a nord e sud del mappale in esame

La zona del progetto è ubicata in corrispondenza di una ampia ma poco profonda depressione valliva lungo la quale si è impostato il corso del torrente Bevera di Molinello.

La porzione inferiore dei versanti è caratterizzata da terrazzi a morfologia pianeggiante derivanti dall'azione deposizionale di origine fluvioglaciale, costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli localmente prevalenti, in scarsa matrice sabbioso-limosa, ricoperti in superficie da uno strato di alterazione e colluvio che raggiunge il metro; in ambiti di deposizione a bassa energia i depositi fluvioglaciali possono essere costituiti anche da sabbie fini limose.

Nel fondovalle in corrispondenza del torrente Bevera di Molinello sono presenti depositi di origine alluvionale, litologicamente costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli sparsi coperti da depositi sabbiosi.

I terreni naturali nell'area del progetto sono di origine fluvioglaciale, sui quali circa 15 anni fa è stato steso materiale di riporto con spessore variabile tra 0.5 nord e circa 2 m a sud.

L'elemento idrografico primario del comprensorio in esame è rappresentato dal torrente Bevera di Molinello che scorre in senso ENe – Wsw lungo il confine meridionale della proprietà.

Nel tratto in oggetto il corso del torrente è di tipo meandriforme; l'alveo si sviluppa secondo una serie di anse con morfologia tipica di piana alluvionale a pendenza ridotta.

In corrispondenza del settore più meridionale dei terreni in oggetto, circa lungo il confine tra i due comuni, si localizza il recapito nel corso d'acqua del grosso collettore consortile che sottopassa la proprietà con percorso esterno rispetto alla sagoma del nuovo edificio in progetto.

In relazione al grado di permeabilità superficiale i depositi naturali presenti si possono presumibilmente suddividere in un sottile strato superficiale costituito da suolo bruno contenente materiale organico vegetale caratterizzato da permeabilità medio-bassa, seguito in profondità da terreni di origine fluvio-glaciale a granulometria più grossolana presumibilmente caratterizzati da valori anche elevati del coefficiente di permeabilità oltre i 3 m di profondità, in corrispondenza dell'acquifero.

I depositi fluvioglaciali recenti si caratterizzano per essere sede di falde idriche sotterranee, talora sospese e localizzate nei livelli più permeabili, talora in continuità a costituire una vera e propria falda freatica.

In base alle prove condotte nel 2018 e nel 2005 nel settore in oggetto si è riscontrata la presenza di una falda idrica continua, caratterizzata da soggiacenza di circa 2.5 m dal piano campagna dell'abitazione e 3.0 sotto al piazzale; il flusso delle acque sotterranee risulta diretto da NNe verso SSw, in direzione dell'alveo, con un gradiente presumibilmente di poco inferiore all'andamento della superficie topografica originaria (1-2%).

Il livello piezometrico delle falde freatiche direttamente alimentate dalle precipitazioni è soggetto a variazioni stagionali che in questo caso si stima possano raggiungere il metro intorno al livello medio.

4. INDAGINI ESEGUITE

Per confermare il modello stratigrafico già individuato per il mappale in occasione del progetto di costruzione del capannone esistente (vedi ns relazione del giugno 2005) e determinare lo stato di addensamento dei terreni del primo sottosuolo interessati dalle fondazioni della struttura in progetto, sono state realizzate ulteriori 5 prove penetrometriche dinamiche continue (Dp), dalle quali sono stati ricavati i principali *parametri geotecnici medi* del terreno fino alla massima profondità investigata (All.1). Per l'inquadramento sismico locale si è eseguita l'analisi dei microtremori con tecnica HVSR (All.2). In Tav. 2 è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite, mentre nella Tav. 3 si rappresenta il modello stratigrafico. La natura litologica dei terreni è dedotta dal contesto geologico, da dati bibliografici, dall'osservazione del materiale attraversato durante il recupero delle aste del penetrometro.

4.1 Prove penetrometriche dinamiche continue (DP)

La prova DP consiste nella misura della resistenza del terreno alla penetrazione di una punta conica di dimensione standard, infissa per battitura, mediante un idoneo dispositivo a percussione (maglio a caduta libera). Le informazioni che la prova fornisce sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite costantemente durante l'approfondimento della punta ottenuto mediante l'aggiunta di aste alla batteria di infissione. Il campo di utilizzo di tali prove è molto vasto essendo eseguibili praticamente in tutti i tipi di terreno sia coesivi (limi e argille) sia granulari (sabbie e ghiaie). La prova DP fornisce una valutazione del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

Il penetrometro utilizzato per la realizzazione delle prove nel caso in oggetto è il tipo pesante, semovente cingolato prodotto da Pagani (Piacenza).

Le principali caratteristiche tecniche dell'attrezzatura impiegata sono le seguenti:

punta conica:	Ø 5.1 cm
conicità:	60°
peso del maglio:	63.5 Kg
altezza di caduta:	75 cm
diametro aste:	3.6 cm
lunghezza aste:	100 cm
avanzamento punta:	0.2 m

La prova consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi di maglio (Ndp) necessari per tale avanzamento. Generalmente la prova viene interrotta

al raggiungimento della profondità ritenuta sufficiente in base alle finalità dell'indagine o per rifiuto alla penetrazione dovuto all'addensamento elevato o a massi o al substrato roccioso o cementato.

Di seguito vengono riportate le profondità massime raggiunte dalle 5 prove penetrometriche ubicate sulla planimetria di Tav.1:

Prova DP n.	Profondità max (m da p.c.)	Rifiuto alla penetrazione	Piezometro	* Profondità acqua (m da p.c. attuale)
1	3.0	si	no	
2	3,0	si	no	
3	4,8	si	no	2.6
4	5.0	si	no	
5	4.6	si	no	

La prova scpt1 eseguita nel 2005 (con penetrometro superpesante) in corrispondenza dello spigolo NW del capannone esistente, quindi meno di 10 m a sud della prova DP4, non diede rifiuto fino alla profondità di 9.3 m dal p.c. di allora.

* la quota della falda è stata misurata nei fori al termine delle prove

4.2 Indagine sismica HVSR analisi dei microtremori

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale e in parte alla teoria dei microtremori che rappresentano il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre ed è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività geodinamica terrestre.

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, si può applicare quasi ovunque. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale. Lo strumento racchiude al suo interno tre geofoni con frequenza propria di 4.5 Hz ed assi ortogonali tra loro, con convertitore AD a 24 bit reali. I dati vengono registrati tramite porta USB sul p.c. da campo con frequenza di campionamento di 500 Hz. La registrazione dei microtremori è durata 20 minuti.

I dati registrati sono poi analizzati e filtrati con il programma *Geopsy* e interpretati mediante inversione vincolata alle conoscenze stratigrafiche locali con il programma *Dinver*.

Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità (picchi) evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo iterativo, si ricerca la curva teorica che meglio si adatta a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs. Nel presente lavoro si utilizza la teoria di Nakamura che pone in relazione lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V = 1) con quello effettivamente misurato in superficie.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro importante per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, per evitare di costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno e limitare l'effetto di "risonanza" pericoloso per la stabilità degli stessi;
- la sismostratigrafia del sottosuolo con un ampio intervallo di profondità di indagine, ogni strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.
- la velocità media delle onde di taglio Vs calcolata tramite uno specifico software di calcolo, per cui è possibile determinare la Vs_{30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come richiesto dalle N.T.C. 2018.
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. Con analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio di risonanza.

Al fine di poter determinare con una certa affidabilità la profondità del contrasto di impedenza sismica eventualmente individuato, occorre tarare l'indagine su punti di stratigrafia nota (interpretazione vincolata); nel caso in esame per l'interpretazione del profilo di inversione si è tenuto conto del grado di addensamento dei terreni superficiali dedotto delle indagini penetrometriche eseguite nell'area ipotizzando valori tipici di Vs dello strato superficiale in base al numero di Spt per lo strato investigato dalle prove penetrometriche eseguite nel medesimo sito.

In base all'interpretazione dell'indagine HVSR, è stata ricostruita la seguente stratigrafia sismica:

da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0	0,5	85
0,5	2,8	210
2,8	9,8	430
9,8		1050

Intorno alla profondità di 10 m si individua probabilmente il contatto con il substrato roccioso.

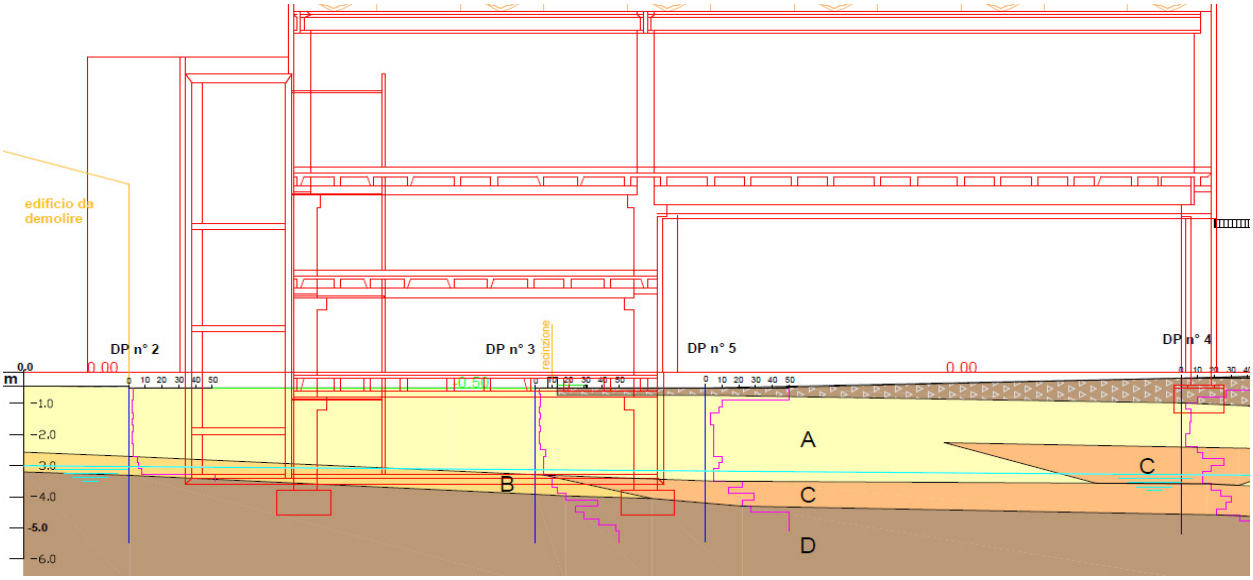
L'ubicazione del punto d'indagine è riportata in Tav.1 mentre i dati registrati e l'interpretazione sono contenuti nell'Allegato 2.

5. Modello Geologico e Caratteristiche Geotecniche Medie

5.1 Modello Geologico

Di seguito si riporta lai fini applicativi la stratigrafia del primo sottosuolo (vedi Tav.3), sintesi della campagna di indagine attuale e di quella svolta nel 2005.

La natura dei terreni è individuata indirettamente sulla base del contesto geologico e dall'osservazione delle evidenze di campagna. Gli strati sono distinti in base alla media del numero dei colpi $Nspt_{60}$ ottenuti dalla normalizzazione dei valori di Ndp misurati in cantiere e in base al valore calcolato di resistenza alla penetrazione della punta.



strato	prof. (m da 0.0)	$Nspt_{60}$	Stima della natura prevalente del terreno		stato di addensamento
A	da 0.0 a -3.0/-3.5	2-4	Alluvioni sabbioso limose	sabbia limosa	Terreno molto sciolto
B	da -3.0/-3.5 a -3.5/-4.0	5-10	deposito fluvioglaciale	sabbia media debolmente limosa	Terreno sciolto
C	da -3.0/-3.5 a -4.0/-4.5	10-20		sabbia con ghiaia e ciottoli sparsi	Terreno moderatamente addensato
D	oltre a -3.5/-4.5	>25		ghiaia e sabbia con ciottoli	Terreno da addensato a molto addensato

NB: lo strato B è presente solo nel settore nord ed è sostituito dal C verso sud. In corrispondenza della prova DP4 terreni assimilabili allo strato C si riscontrano già da -2.3 m ma si tratta probabilmente di un corpo lenticolare la cui continuità ed estensione orizzontale è limitata.

La falda satura il sottosuolo intorno alla profondità di -3.0 m da 0.0. Considerato l'attuale periodo di siccità, non si esclude la possibilità di oscillazioni con risalita temporanea del livello freatico anche di circa un metro rispetto all'attuale.

5.2 Caratteristiche geotecniche medie

Si fornisce una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, finalizzata ad orientare il Progettista Geotecnico nella modellazione definitiva e per la programmazione di eventuali indagini integrative. Le caratteristiche geotecniche del primo sottosuolo sono determinate attraverso le correlazioni proposte in letteratura che si ritengono più appropriate, sulla base del numero dei colpi registrati dalle prove Dp normalizzate ai valori di SPT.

La tabella a seguire riassume le principali *caratteristiche geotecniche medie* con riferimento agli orizzonti stratigrafici sopra descritti. Lo strato di riporto grossolano che costituisce il sottofondo del piazzale può essere paragonato al terreno D.

strato	$Nspt_{60}$	γ_n (kN/m^3)	γ' (kN/m^3)	φ (°)	Cu (kN/m^2)	E (kN/m^2)	Kw (kN/m^3)
A	2-4	16.5-17	6.5-7.0	25-26	5-10	2-4 x 10^3	8-16 x10^3
B	5-10	17.0-17.5	7.0-7.5	28-29	5-15	6-8 x 10^3	24-32 x10^3
C	10-20	18-18.5	8.0-8.5	31-32	0-5	16-25 x 10^3	64-100 x 10^3
D	>25	18.5-19.0	8.5-9.0	33-35	0-20	35-50 x 10^3	140-200 x 10^3

dove:

γ_n = peso naturale del terreno (bruschi 2005)
γ' = peso del terreno immerso
ϕ = angolo d'attrito (per sabbie e ghiaie secondo Wolff 1989; per limi e argille secondo Mayerhof 1965)
Cu = coesione non drenata (secondo Stroud e Butler 1975 o stimata)
E = modulo elastico (secondo AASHTO (1996)
Kw = coefficiente di reazione del terreno per piastra con Ø=0.3 m (secondo Vesic)

Nel modello proposto, il contributo della coesione essendo valutato solo sulla base delle prove DP è solo indicativo.

6. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 *"Norme tecniche per le costruzioni"*, pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159 che prevede di tener conto dell'azione degli eventi sismici nell'ambito della progettazione di nuove strutture, essendo stata eliminata la classe dei comuni "non sismici". Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Per l'applicazione della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003) l'intero territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (vedi allegato A della normativa: classificazione sismica dei comuni italiani); ciascuna zona è contrassegnata da un valore del parametro di accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale. La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 ha recepito la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla O.P.C.M. citata.

Con DGR n. 2129 del'11 luglio 2014 Regione Lombardia ha provveduto a riclassificare il proprio territorio dal punto di vista sismico. La nuova zonazione sismica (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) e la L.R. 33/2015 sono entrambe efficaci dal 10 aprile 2016. In data 30 marzo 2016 con la D.G.R. n. X/5001, Giunta Regionale ha approvato le linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica, ai sensi degli artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015.

La riclassificazione sismica dei comuni operata da Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n° 2129) ha classificato il comune di Bulciago nella **Zona Sismica 3**.

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale, intesa come insieme delle modifiche che il moto sismico di ingresso al sito subisce, in termini di ampiezza, contenuto in frequenza, durata, dovute alle condizioni locali stratigrafiche e topografiche.

Un approccio semplificato si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come schematizzato nelle tabelle 3.2 II del D.M. 17-01-2018 T.U. edilizia e sull'individuazione della categoria topografica schematizzata nella tabella 3.2 III del D.M. 17-01-2018 (T.U. edilizia).

tabelle 3.2 II

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC 17-01-2018.Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale (analisi di III livello) per la definizione delle azioni sismiche.

tabelle 3.2 III

Categoria TOPOGRAFICA	Descrizione
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media i <= 15°
T2	Pendii con inclinazione media i >15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°<= i <=30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i >30°

6.1 Approfondimento sismico di secondo livello

Considerato che il comune di Bulciago è classificato in **zona sismica 3** e che i terreni in oggetto ricadono in uno scenario di PSL **Z4a** "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi", quindi interessati da possibili amplificazioni degli effetti sismici per la litologia, in ottemperanza a quanto indicato dalla d.g.r. 30 novembre 2011 n. IX/2616 "*Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati don d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374*", si rende necessario applicare il secondo livello di approfondimento, al fine di verificare se, per il sito in esame, lo

spettro sismico indicato dalla normativa nazionale (procedura semplificata) risulta sufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale oppure se risulta inadeguato.

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione (Fa).

La procedura semplificata richiede l'applicazione dei seguenti passaggi:

- ✓ individuare il tipo di suolo di fondazione a cui appartengono i depositi dell'area (A, B, C, D, E) in base alla litologia e ai valori di Vs30, utilizzando la classificazione delle norme tecniche del DM 17-01-2018.
- ✓ individuare la scheda di valutazione di riferimento proposte dalla normativa compatibile con la stratigrafia sismica locale
- ✓ valutare il periodo di oscillazione naturale del terreno (periodo proprio del sito T)
- ✓ in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, all'interno della scheda di valutazione scegliere la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s e nell'intervallo 0.5-1.5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T
- ✓ calcolare i due fattori Fa per le due diverse classi di periodo (0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi)
- ✓ recuperare dalla banca dati fornita da Regione Lombardia il fattore di soglia del comune riferito alla categoria di suolo di riferimento
- ✓ confrontare i valori di Fa calcolati con i valori soglia forniti dalla Regione Lombardia.

Per l'individuazione del tipo di terreno da considerare ai fini della progettazione antisismica è stata condotta una specifica indagine geofisica costituita da una registrazione dei microtremori (metodo HVSR).

In base all'interpretazione vincolata dell'indagine HVSR, è stata ricostruita la seguente stratigrafia sismica:

da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0	0,5	85
0,5	2,8	210
2,8	9,8	430
9,8		1050

Applicando la relazione

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

con:

hi = spessore dell'i-esimo strato;
VS,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N = numero di strati;
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS_{eq} è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

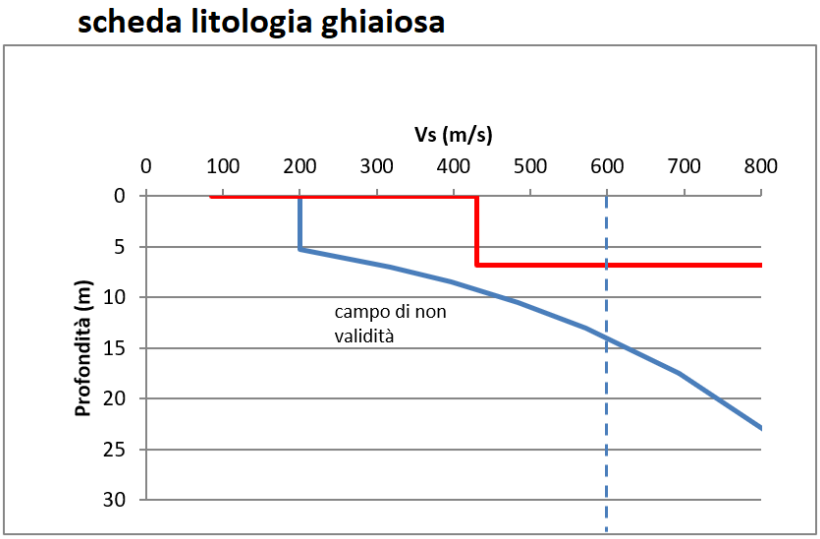
Considerando la presenza del substrato sismico presente a circa 10 m da p.c., calcolando la Vs da piano campagna, si ottiene un valore di 296 m/s della copertura; nell'ipotesi di piano posa fondazioni ubicato sotto alla quota -2.8 m da p.c., da tale stratigrafia si ricava una Vs pari a 430 m/s. Nel caso il progettista prevedesse un piano di posa delle fondazioni diverso, si dovrà ricalcolare il valore di Vs_{30} e la conseguente categoria di suolo.

In base ai risultati dell'indagine sismica condotta, per fondazioni poste oltre i 3 m di profondità, il terreno in esame può inizialmente essere assimilato alla categoria di **sottosuolo B** con categoria topografica **T1**.

Dato che il comune di Bulciago è classificato in zona sismica 3 e dato lo scenario PSL Z4a, è necessario procedere con il secondo livello di approfondimento:

Scelta della scheda di valutazione di riferimento

In base all'andamento delle Vs con la profondità, ricavato dall'indagine con la metodologia HVSR, per l'area in esame si è scelta la scheda "litologia ghiaiosa".



Periodo proprio del sito T

Il valore del periodo proprio del sito calcolato a -3.0 m, ricavato dall'analisi tromografica, risulta il seguente:

$$T = \frac{4 * \sum_{i=1}^{n} hi}{\frac{\sum_{i=1}^{n} Vsi * hi}{\sum_{i=1}^{n} hi}}$$

Periodo proprio del sito T= 0,06 s (Frequenza = 15.8 Hz)

Scelta della curva T-Fa

La velocità media Vs e lo spessore dello strato superficiale corrispondono alla curva 3 (blu) del grafico.

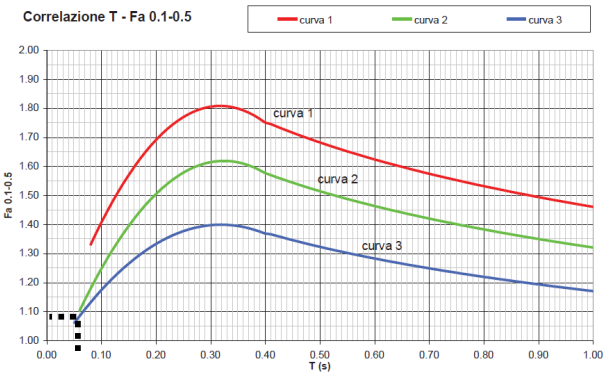
Profondità primo strato (m)

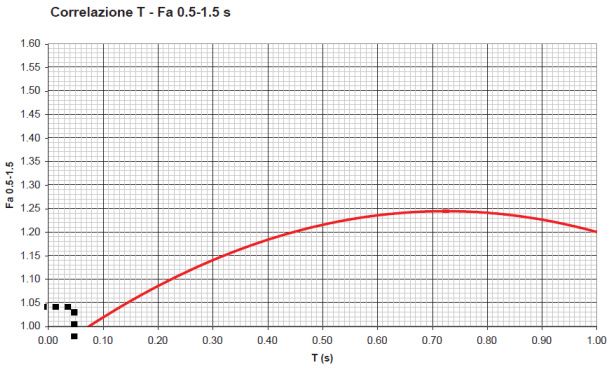
Velocità primo strato (m/s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1									
250				2	2	2								
300				3	3	3	3							
350				3	3	3	3	3						
400				3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3					
500				3	3	3	3	3	3	3				
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Determinazione del fattore di amplificazione

Dai grafici di correlazione tra T e Fa proposti dalla normativa, si ricavano i seguenti fattori di amplificazione (Fa) per i due periodi tipici 0,1-0,5 s (strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0,5-1,5 s (strutture più alte e più flessibili):

1





Di seguito vengono sintetizzati i valori di *Fa* (approssimati alla prima cifra decimale così come prescritto dai criteri di riferimento).

Fattori di amplificazione calcolati (Fa)	
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s	1,1
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 – 1,5 s	1,0

Confronto tra fattori di amplificazioni calcolati e i valori soglia indicati da Regione Lombardia per il comune di Bulciago

Nella tabella seguente si riporta il confronto tra i valori di Soglia del Fattore di amplificazione per il terreno B forniti da Regione Lombardia per il comune di Bulciago e i valori di amplificazione Fa calcolati alla profondità di 3 m:

Confronto Fattori d'amplificazione calcolati con Valori soglia				
	Fa calcolato		**F soglia Suolo tipo B**	
PERIODO COMPRESO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	1.1	<	1.4	lo spettro da normativa è da considerarsi sufficiente
PERIODO COMPRESO TRA 0,5 – 1,5 s (strutture alte e flessibili)	1.0	<	1.7	lo spettro da normativa è da considerarsi sufficiente

Al momento lo Strutturista non ha comunicato allo Scrivente il periodo della struttura, ma in ciascun caso i valori di *Fa* previsti dalla normativa nazionale sono sufficienti a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito esaminato. Sarà quindi possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente per il **suolo B**.

SINTESI inquadramento sismico per fondazioni poste almeno a – 3 m di profondità

PERIODO STRUTTURA	**Zona sismica D.g.r. n. X/2129 11 luglio 2014**	**Categoria topografica (D.M. 17-01-2018 T.U. edilizia tab. 3.2 III)**	**Categoria Sottosuolo (D.M. 17-01-2018 T.U. edilizia tab. 3.2 II)**
PERIODO TRA 0,1 - 0,5 s (strutture basse e rigide)	**3**	**T1**	**terreno tipo B**
PERIODO TRA 0,5 – 1,5 s (strutture alte e flessibili)			**terreno tipo B**

La tecnica HVSR permette di determinare la *frequenza caratteristica di risonanza del sito*, che rappresenta un parametro importante per il corretto dimensionamento dei manufatti in termini di risposta sismica locale. Il progettista dovrà tener conto di questo parametro per evitare l'effetto di risonanza pericoloso per la stabilità delle strutture.

Nel caso in esame, in base alla registrazione eseguita con tromografo, la *frequenza caratteristica di risonanza del sito* è attribuibile alla presenza di una discontinuità sismica che genera alla quota del piano campagna un picco intorno alla frequenza di 12 Hz, corrispondente ad un periodo T di 0.083 s.

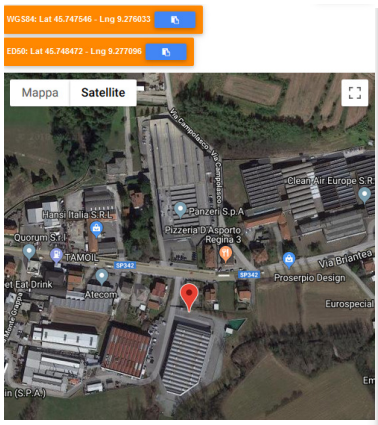
N.B. Eventuali discordanze tra le ipotesi (classe d'uso, vita nominale…) qui adottate e quanto previsto dal Progettista/Strutturista comporterà una rivalutazione dei parametri e dei coefficienti sismici.

6.2 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, con le quali valutare il rispetto dei diversi stati limite, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (PGA - Pick Ground Acceleration = *ag*) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente *Se(T)*, con riferimento a prefissati periodi di ritorno TR.

Ai fini delle NTC, le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei parametri *ag* (accelerazione orizzontale massima), *Fo* (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e *T*C* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) su sito di riferimento rigido orizzontale.

Premesso che spetterà al progettista attribuire la classe d'uso e la vita nominale, di seguito si riportano i parametri e i coefficienti sismici locali nell'ipotesi di classe d'uso II e vita nominale 50 anni, per strutture con periodo compreso tra **0.1-0.5 s** a cui è stata attribuita la categoria di **suolo B,** individuati dal software online della società GEOSTRU, così come indicati nell'allegato B del DM 14-01-2008 per tutte le località Italiane a cui fa riferimento il DM 17-01-2018.



Eventuali variazioni tra le ipotesi (classe d'uso, vita nominale…) qui considerate e quanto previsto dal Progettista/Strutturista comporterà una rivalutazione dei parametri e dei coefficienti sismici

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblich…

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.571	0.159
Danno (SLD)	50	0.024	2.546	0.187
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.052	2.625	0.277
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.064	2.653	0.297
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1

us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,42	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.006	0.012	0.015
kv	0.002	0.003	0.006	0.008
Amax [m/s²]	0.221	0.284	0.613	0.750
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Dai parametri sismici, si possono ricavare gli s*pettri di risposta elastica in accelerazione* per tutti gli stati limite (SLO, SLD, SLV e SLC) e gli *spettri di progetto* per gli stati limite ultimi (SLV e SLC) applicando le formule 3.2.2 riportate al capitolo 3.2.3.2.1 delle N.T.C. 2018.

Gli spettri di progetto per gli stati limite di esercizio, sia per la componente verticale sia per quella orizzontale, coincidono con gli spettri di risposta elastica definiti per i medesimi stati limite (come da indicazione 3.2.3.4 delle N.T.C. 2018).

Gli spettri di progetto per gli stati limite ultimi, così come indicato al 3.2.3.5 delle N.T.C. 2018, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, corrispondono agli spettri di risposta elastico riferiti alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1). Per valutare la domanda verranno utilizzati tali spettri, nel caso di analisi non lineare statica ponendo $\eta = 1$, nel caso di analisi lineare, statica o dinamica con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule [3.2.2] (per le componenti orizzontali) e nelle formule [3.2.8] (per le componenti verticali) η con 1/q, dove q è il fattore di comportamento definito nel Capitolo 7 (Tabella 7.3.I). Si assumerà comunque $Sd(T) \geq 0,2ag$.

Per la componente verticale si adotterà un fattore q=1.5 per tutte le strutture (ad eccezione dei ponti per i quali q=1), mentre per la componente orizzontale si adotterà un valore calcolato come descritto al punto 7.3.1 delle NTC 2018.

6.3 Verifica alla liquefazione (NTC 2018 7.11.3.4.2)

La liquefazione del suolo è il comportamento dei terreni saturi che, a causa di un aumento repentino della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido a uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante. Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e in falda (saturi). Durante un sisma le sollecitazioni indotte nel terreno saturo possono determinare un aumento repentino delle pressioni neutre interstiziali che possono giungere ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di confinamento, annullando così la resistenza al taglio del terreno e inducendo i fenomeni di fluidificazione.

In base al punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti 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 $(N_1)_{60} > 30$ oppure qc1N > 180 dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard

Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

Nel caso in esame, in base al punto 1 si ricava che:

Ss = 1.2
St = 1.0
a_g = 0.052 g (SLV)

$$A_{max}=Ss*St*a_g=1.2*1.0*0.052=0.0624\ g< 0.1\ g$$

In considerazione del punto 1 (accelerazione massima attesa) la verifica alla liquefazione è omessa.

7. INDICAZIONI E VALUTAZIONI GEOLOGICO-APPLICATIVE

Nell'ambito della presente *Relazione Geologica* si è proceduto ad una stima di massima della resistenza del terreno in corrispondenza delle opere di fondazione. Si precisa che il presente capitolo non costituisce o sostituisce la Relazione Geotecnica dell'opera, ma è uno strumento per orientare il Progettista delle fondazioni nella scelta degli eventuali approfondimenti di indagine e/o circa la tipologia di fondazione da considerare. Indipendentemente da quanto esposto nel presente capitolo, note le azioni di progetto definitive (Ed) si dovrà quindi sempre procedere al dimensionamento definitivo/esecutivo delle fondazioni, le quali dovranno essere verificate nell'apposita *Relazione Geotecnica* d'opera, almeno con riferimento ai meccanismi di rottura per carico limite, allo scorrimento sul piano di posa e alla stabilità globale.

7.1 Fondazioni superficiali

In base al DM 17-01-2018, le strutture di fondazione devono rispettare le **verifiche agli stati limite** ultimi e di esercizio. Gli stati limite ultimi per le fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche (SLU) **Rd (resistenza di progetto) > Ed (azioni di progetto)** nei confronti degli stati limite ultimi geotecnici (GEO), per l'insieme terreno-fondazione e per lo scorrimento vanno condotte seguendo l'Approccio 2-combinazione unica, così come indicato dal DM 17-01-2018 al punto 6.4.2:

Approccio 2 - Combinazione Unica - (A1 + M1 + R3) → GEO + STR

In base alla prima caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e ai parametri sismici precedentemente riportati, è stata condotta una valutazione <u>*preliminare*</u> del comportamento del terreno sottoposto al carico considerando la natura prevalentemente granulare del terreno per la stima degli assestamenti. Per terreni a comportamento granulare, l'applicazione di carichi statici non genera sovrappressioni interstiziali, pertanto andranno condotte verifiche con riferimento alle condizioni drenate, in termini di tensioni efficaci.

Il calcolo è condotto applicando la Formula Brich-Hansen utilizzando il programma "*Loadcap*" della società Geostru, sulla base della seguente espressione:

$$\sigma_{t\lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c$$

in cui:

c = coesione del terreno
y=peso di volume medio del terreno
B=larghezza della fondazione (dimensione del lato corto)
D=profondità di posa della fondazione
Nc,Nq,Ny = fattori adimensionali di portanza
sc,sq,sy = fattori di forma
dc,dq,dy = fattori correttivi per l'approfondimento
ic,iq,iy = fattori correttivi per carichi inclinati
bc,bq,by = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione
gc,gq,gy = fattori correttivi per fondazioni su pendio

Nel caso in esame per la struttura si ipotizzano una fondazione diretta tipo cordolo/trave rovescia larga 1.2 m lunga 12 m lungo il confine nord con l'interrato e fondazioni tipo plinto quadrato con B=3.0 m, entrambe impostate sul terreno ghiaioso-sabbioso addensato dello strato D in condizioni di saturazione (sottofalda) così come indicato nel capitolo 5:

Tipo di fondazione	***Trave rovescia L=12 m***
Larghezza (B) fondazione (m)	**1.2**
Quota piano di posa (m da 0.0)	-4.5
Rinterro, incastro minimo (m)	0.6
Profondità falda (m da 0.0.)	≈ -3
Angolo d'attrito terreno di fondazione (valore medio)	33° [1]
Coesione (valore medio) (kN/m^2)	0 [2]

I parametri caratteristici sopra riportati si riferiscono allo strato di appoggio; il calcolo è stato condotto tenendo conto dei valori medi ponderati della stratigrafia del volume significativo indicata al capitolo 5

CONDIZIONI STATICHE – SLU **trave 1.2 m X 12 m rinterro 0.6 m profondità: -4.5 m da 0.0**	
APPROCCIO 2 - Combinazione Unica STR + GEO	
Carico limite [Qult] (kN/m²)	**Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)**
338.5	**147.2**

Nel presente studio, la resistenza di progetto in condizioni dinamiche (SLV), che tiene conto degli effetti inerziali indotti dal sisma di progetto, non è stata calcolata in quanto non sono stati forniti dal Progettista il fattore di comportamento "q" e il periodo della struttura "T". Tale calcolo andrà condotto nella relazione geotecnica.

[1] *in base alle Istruzioni del CSLP sulle NTC del 2008, quando nello Stato Limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. fondazioni superficiali) i valori caratteristici si considerano prossimi ai valori medi*

[2] *a favore di sicurezza, considerata la natura prevalentemente granulare dei terreni, a lungo termine non è stato considerato il contributo della coesione*

Tipo di fondazione	***Plinto quadrato***
Larghezza (B) fondazione (m)	**3.0**
Quota piano di posa (m da 0.0)	-4.5
Rinterro, incastro minimo (m)	0.8
Profondità falda (m da 0.0)	≈ -3
Angolo d'attrito terreno di fondazione (valore medio)	33° [3]
Coesione (valore medio) (kN/m^2)	0 [4]

I parametri caratteristici sopra riportati si riferiscono allo strato di appoggio; il calcolo è stato condotto tenendo conto dei valori ponderati della stratigrafia del volume significativo indicata al capitolo 5. Risulta necessario prevedere l'approfondimento del piano di posa in corrispondenza dei due plinti meridionali (verso il capannone esistente) data la possibile eterogeneità dei terreni posta fino a -4.5 m dallo 0.0 di riferimento e per assicurare un comportamento omogeneo della struttura nei confronti degli assestamenti.

CONDIZIONI STATICHE – SLU **plinto 3 m X 3 m rinterro 0.8 m profondità: -4.5 m da 0.0**	
APPROCCIO 2 - Combinazione Unica STR + GEO	
Carico limite [Qult] (kN/m²)	**Resistenza di progetto [Rd] (kN/m²)**
613.7	**266.8**

Nel presente studio, la resistenza di progetto in condizioni dinamiche (SLV), che tiene conto degli effetti inerziali indotti dal sisma di progetto, non è stata calcolata in quanto non sono stati forniti dal Progettista il fattore di comportamento "q" e il periodo della struttura "T". Tale calcolo andrà condotto nella relazione geotecnica.

Nella relazione geotecnica, oltre alla verifica al carico verticale nei confronti delle azioni di progetto, andrà condotta anche la verifica allo scorrimento che al momento non può essere condotta in quanto non sono note le azioni di progetto.

7.2 Stima dei cedimenti

Nell'ambito dell'analisi del comportamento struttura-terreno è importante la valutazione dei cedimenti, i quali sono dovuti alla deformazione elastica e plastica del terreno e, nel caso di terreni poco permeabili

[3] *in base alle Istruzioni del CSLP sulle NTC del 2008, quando nello Stato Limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. fondazioni superficiali) i valori caratteristici si considerano prossimi ai valori medi*

[4] *a favore di sicurezza, considerata la natura prevalentemente granulare dei terreni, a lungo termine non è stato considerato il contributo della coesione*

(argille e limi), al processo di lenta espulsione dell'acqua contenuta al loro interno (consolidazione). A meno di una caratterizzazione geotecnica molto dettagliata ed affidabile di tutto il volume significativo del terreno coinvolto dal bulbo di pressione, la stima dei cedimenti è da ritenersi indicativa, data l'approssimazione del calcolo delle tensioni in un mezzo eterogeneo e anisotropo, delle variabili legate alla storia tensionale del terreno e della tipologia delle strutture in progetto. Considerando che la campagna di indagine si è basata su prove penetrometriche dinamiche, per il calcolo dei cedimenti è comunque possibile fare affidamento al metodo di Burland e Burbidge (1985); il metodo consente una stima del valore del cedimento di una fondazione diretta su terreni granulari (con la probabilità del 50% che il cedimento reale non superi quello calcolato) a partire dai valori di SPT caratteristici dello spessore di terreno sottostante all'appoggio proporzionato alle dimensioni della fondazione, considerando nella formula un tempo T di almeno 3 anni.

L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + \left(q' - \sigma'_{v0}\right) \cdot B^{0.7} \cdot I_C\right]$$

nella quale:

q'	Pressione efficace lorda;
σ'vo	Tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;
B	Larghezza della fondazione;
Ic	Indice di compressibilità;
fs, fH, ft	Fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità Ic è legato al valore medio N di Nspt all'interno di una profondità significativa z dipendente dalla larghezza della fondazione:

$$I_C = \frac{1.706}{N^{1.4}}$$

Le espressioni dei fattori correttivi fS, fH ed ft sono rispettivamente:

$$f_S = \left(\frac{1.25 \cdot L/B}{L/B + 0.25}\right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i}\left(2 - \frac{H}{z_i}\right)$$

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log\frac{t}{3}\right)$$

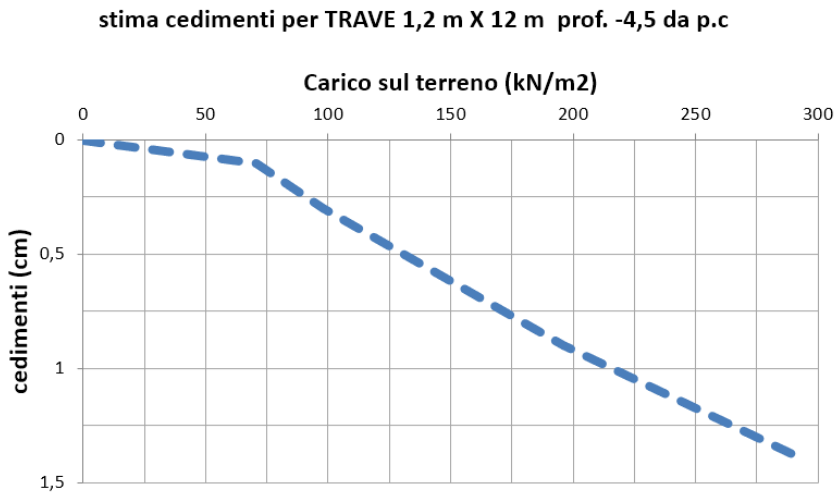
Con:

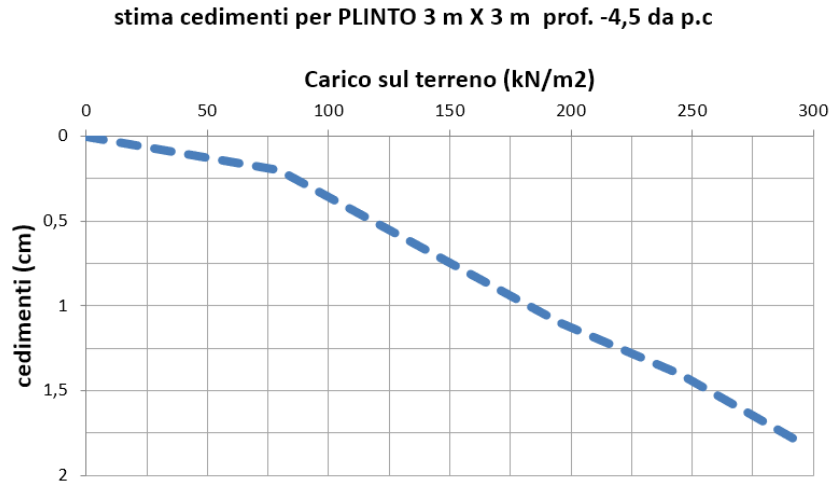
t = tempo in anni =3;

R3 = costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;

R = 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici.

Di seguito si riportano i grafici rappresentanti l'entità dei cedimenti (ordinata) prevedibili in relazione al carico esercitato, considerato uniformemente distribuito sulla superficie della fondazione (ascissa), nella situazione stratigrafica individuata dalla campagna di indagine, considerato l'effetto di scarico dovuto alla quota di posa delle fondazioni prevista a -4.5 m da 0.0 per le due tipologie fondali:





Come si evince dai grafici, considerando un carico sul terreno pari a 150 kPa per la trave e di 250 kPa per il plinto si stimano rispettivamente assestamenti di circa 0.7 cm e 1.4 cm.

In ogni caso, nell'ambito della verifica deve essere rispettata la condizione che prevede che il valore di progetto dell'effetto delle azioni (cedimento deducibile dal grafico soprastante in corrispondenza del carico di progetto) sia inferiore al valore limite dell'effetto delle azioni (cedimento accettabile stabilito dal progettista in funzione della deformabilità e del comportamento della struttura).

Data la presenza della falda freatica a quote interferenti con l'interrato e con gli scavi per la posa delle fondazioni si dovrà prevedere l'utilizzo di pompe durante il cantiere e l'impermeabilizzazione dell'interrato.

8. STABILITÀ FRONTE DI SCAVO

Per l'esecuzione del progetto si prevedono sbancamenti e scavi di altezze variabili per raggiungere lo strato ghiaioso portante posto a -3 m da p.c. nella parte nord e intorno a -4.3 m da piano piazzale nella porzione meridionale. Considerata la natura del terreno da scavare, non si prevedono difficoltà esecutive particolari; si segnala, tuttavia, la prevedibile presenza di infiltrazioni di acqua oltre i 3.0 m di profondità (rispetto allo 0.0 di Tav.3) e l'opportunità di prevedere opere provvisionali per ridurre i volumi di scavo e assicurarne la stabilità.

La stabilità dei fronti di scavo è influenzata dall'altezza e inclinazione dei fronti, dall'angolo d'attrito, dalla presenza di forze di coesione del terreno, dalla presenza di sovraccarichi, dalle condizioni meteorologiche (variazioni di temperatura-precipitazioni), dalla presenza di acqua e dal tempo durante il quale lo scavo resterà aperto.

Il metodo di Taylor (1948) permette di ricavare per un determinato valore di φ (angolo di attrito interno) e di β (inclinazione del pendio) l'altezza critica Hc del pendio che si rompe con un cerchio passante per il piede del pendio.

La formula di Taylor è la seguente :

$$F = \frac{N\ C_U}{\gamma\ H}$$

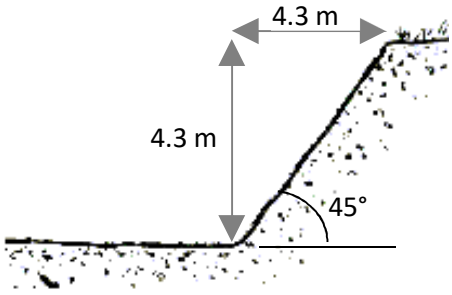
dove: *Ns* = fattore di stabilità in funzione di φ e di β (ricavabile dagli abachi);
Cu = coesione non drenata;
Yt = peso di volume del terreno.

Nell'applicazione del metodo, il margine di sicurezza può essere inteso come rapporto tra la resistenza e l'azione di progetto. Applicando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 al punto 6.8.2 (Approccio 1 – combinazione 2 (A2+M2+R2)) risulta:

$$\frac{R_d}{E_d} = \frac{1}{\gamma_r}\left[\frac{C_u}{\gamma_{cu}} * \frac{N}{\gamma H}\right]$$

La verifica è da ritenersi soddisfatta se Rd è > Ed

Nel caso in oggetto, considerando un terreno prevalentemente sabbioso con matrice limosa a cui si attribuisci il massimo valore di angolo d'attrito previsto dal grafico di Taylor (25°), dotato a breve termine di coesione non drenata stimata in 5 kPa e in assenza di carichi nei pressi del ciglio, adottando R2=1.1 per lo scavo con fronti di altezza tra 4.0 e 4.3 m si potranno adottare inclinazioni fino a 45°, quindi con arretramento del ciglio di circa 4.3 m rispetto al piede.



Eventuali instabilità localizzate lungo il ciglio potranno essere contrastate diminuendo l'inclinazione della corrispondente porzione superiore del fronte. Il ciglio degli scavi andrà adeguatamente protetto con teli impermeabili al fine di evitare possibili processi di erosione/instabilità generati a piogge intense e/o prolungate. Se all'apertura degli scavi si osservasse la mancanza della componente fine coesiva, andrà ridotto l'angolo di scarpata del fronte di scavo.

Come indicato dalle NTC 2018 al punto 6.8.6.2, si ricorda che "*per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m nei quali sia prevista la permanenza di operai e per scavi che ricadono in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo*".

Considerando la presenza della falda con un battente di circa 1.5 m da fondo scavo si consiglia, anche per contenere l'estensione dello sbancamento di prevedere il sostegno dei fronti di scavo per i plinti con opere provvisionali.

Sarà necessaria l'installazione di pompe per mantenere asciutti gli scavi altrimenti allagati dalla falda. Data la natura del terreno e l'impossibilità del drenaggio per gravità, anche in caso di forti o prolungate piogge si dovrà provvedere allo svuotamento degli scavi con pompe.

Particolare attenzione andrà prestata nel valutare le interferenze con i numerosi sottoservizi attivi nel piazzale attuale oltre che al sostegno del fronte di scavo dei due plinti più vicini alle fondazioni del capannone esistente, soprattutto se queste sono poste a quote superiori rispetto al fondo scavo in progetto.

Considerata la presenza della falda superficiale e della natura sabbioso-ghiaiosa del primo sottosuolo, sarà necessario prestare la massima attenzione ad evitare contaminazioni della falda idrica/dei terreni, evitando il deposito di materiali inquinanti liquidi e/o solubili nello scavo o nelle sue immediate vicinanze. Eventuali incidenti di carattere ambientale andranno immediatamente segnalati alle autorità competenti e andranno adottati tempestivamente tutti i possibili accorgimenti per l'immediata messa in sicurezza del sito per limitare i danni dell'evento.

9. GESTIONE MATERIALI DA SCAVO

Il seguente capitolo fornisce indicazioni in merito alle procedure per la gestione del materiale generato dallo scavo. La normativa attuale in merito alla gestione delle terre e rocce da scavo è disciplinata dal D.Lgs. 152/06 s.m.i., e dal Decreto del Presidente della Repubblica del 13 giugno 2017 n°120 in vigore dal 22 agosto 2017.

In base a tali leggi, si può scegliere di gestire i materiali derivanti da scavi secondo le seguenti 3 modalità:

1. Gestione in qualità di rifiuti secondo le relative norme;
2. Riutilizzo nel sito di produzione;
3. Impiego come sottoprodotto in altro sito, destinati a recuperi, ripristini, rimodellamenti, ecc.

Il proponente deve indicare esplicitamente le modalità di gestione prescelte negli elaborati progettuali presentati per i titoli abilitativi edilizi e nelle successive eventuali varianti.

Per la modalità 1 si dovranno seguire le procedure di riferimento dettate dalla normativa sui rifiuti.

Per la modalità 2 si dovrà ottemperare a quanto previsto dall'art. 24 del DPR 120 13/06/2017 verificando l'esistenza dei requisiti previsti dall'art. 4 del DPR 120 13/06/2017 contenente i criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti ai quali si rimanda. Si raccomanda di verificare la non contaminazione del suolo mediante analisi chimiche su campioni di terreno (non superamento dei valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A-B tab 1 allegato 5 parte IV Dlgs 152/06) e il totale utilizzo senza alcun trattamento diverso dalla normale pratica industriale così come descritto nell'allegato 3 del DPR 120 13/06/2017).

Per la modalità 3

- ✓ per terre e rocce da scavo prodotte in *cantieri di piccole dimensioni ovvero con volumetria minore di 6.000 m^3 (Capo III* del DPR 120 13/06/2017) oppure in *cantieri di grandi dimensioni ovvero con volumetria maggiore di 6.000 m^3 non sottoposti a VIA e AIA (Capo IV* del DPR 120 13/06/2017) si applica quanto previsto dall'art. 20 e 21 del DPR 120 13/06/2017 ai quali si rimanda. In sintesi, occorre verificare l'esistenza dei requisiti previsti dall'art. 4 del DPR 120 13/06/2017 contenente i criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti, e che non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 mediante analisi chimiche su campioni di terreno. Almeno 15 giorni prima dei lavori di scavo, andrà trasmessa al Comune di produzione e all'agenzia di protezione ambientale territoriale (ARPA) competete, anche solo per via telematica, la

dichiarazione di utilizzo delle terre e rocce da scavo secondo il modello riportato nell'allegato 6 del DPR 120 13/06/2017. Ogni automezzo di trasporto dovrà essere accompagnato da apposito Documento di trasporto così come indicato all'art 6 del DPR 120 13/06/2017 secondo il modello riportato nell'allegato 7 del DPR 120 13/06/2017. A conclusione dei lavori di utilizzo, come indicato all'art 7 del DPR 120 13/06/2017 andrà redatta apposita dichiarazione di avvenuto utilizzo secondo il modello riportato nell'allegato 8 del DPR 120 13/06/2017

- ✓ per terre e rocce da scavo prodotte in *cantieri di grandi dimensioni ovvero con volumetria maggiore di 6.000 m^3 sottoposti a VIA e AIA (Capo II* del DPR 120 13/06/2017), si applica quanto previsto dall'art. 8-18 del DPR 120 13/06/2017 ai quali si rimanda. In sintesi, occorre verificare l'esistenza dei requisiti previsti dall'art. 4 del DPR 120 13/06/2017 contenente i criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti, e che non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 mediante analisi chimiche su campioni di terreno. Andrà redatto un Piano di utilizzo così come dettagliato nell'allegato 5 del DPR 120 13/06/2017 che andrà trasmesso almeno 90 giorni prima dei lavori di scavo all'autorità competente e all'agenzia di protezione ambientale territoriale competete, anche solo per via telematica. Nella fase operativa, si ricorda che ogni automezzo di trasporto dovrà essere accompagnato da apposito Documento di trasporto così come indicato all'art 6 del DPR 120 13/06/2017 secondo il modello riportato nell'allegato 7 del DPR 120 13/06/2017. A conclusione dei lavori di utilizzo, come indicato all'art 7 del DPR 120 13/06/2017 andrà redatta apposita dichiarazione di avvenuto utilizzo secondo il modello riportato nell'allegato 8 del DPR 120 13/06/2017

Deposito temporaneo

Il deposito intermedio delle terre e rocce da scavo può essere effettuato nel sito di produzione, nel sito di destinazione o in altro sito a condizione che siano rispettati i requisiti indicati nell'art. 5 del DPR 120 13/06/2017 a cui si rimanda.

Materiali di riporto

Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10 del DPR 120 13/06/2017. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera d) dell'art 4 del DPR 120 13/06/2017, le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta

Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.

La normativa nell'ambito delle materiali da scavo è soggetta ad evoluzione; si raccomanda pertanto di verificare la normativa vigente al momento della realizzazione del progetto.

10. Smaltimento Delle Acque Meteoriche

La realizzazione di nuova superficie impermeabilizzata comporta sempre la produzione di un maggior volume di acque meteoriche da gestire rispetto alla situazione preesistente.

A tal fine si rimanda al Regolamento Regionale n° 7 del 23 novembre 2017 *"Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12"*.

Per gestire la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia il regolamento prevede che venga redatto un apposito progetto di invarianza idraulica e idrologica secondo quanto indicato all'art. 10.

A titolo di inquadramento, il comune di Bulciago è classificato ad alta criticità idraulica (area A) per il quale si deve tener conto di volumi di accumulo minimi di 800 m^3 per ettaro di superficie impermeabilizzata.

Nell'ambito del progetto di invarianza idraulica, per definire le modalità di calcolo dei volumi si dovrà considerare il grado di approfondimento richiesto nella tabella 1 (allegata al regolamento) di seguito riportata:

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO AMBITI TERRITORIALI (articolo 7) Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,01 ha (≤ 100 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,01 a ≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,01 a ≤ 0,1 ha (≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

In via preliminare (da non considerare come progetto di invarianza idraulica), in base ai requisiti minimi di cui all'art. 12 comma 2, per il comune di Bulciago, considerando la superficie del tetto dal nuovo edificio pari 510 m^2 si dovrà considerare un volume di 41 m^3 da riutilizzare o da smaltire, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 7 per i comuni classificati con criticità idraulica A per i quali si deve tener conto di 800 m^3 per ettaro di superficie impermeabilizzata.

Volumi aggiuntivi andranno considerati per la copertura del piano interrato e per la nuova pavimentazione drenante dei nuovi parcheggi oltre che per la sistemazione finale a verde della rimanente area d'intervento in base alle scelte progettuali.

Valutazioni di maggior dettaglio esulano dal presente incarico ma potranno essere sviluppate su esplicita richiesta del committente.

La sistemazione dell'area dovrà quindi prevedere un'idonea rete di intercettazione delle acque meteoriche e il loro smaltimento prioritariamente mediante il riuso o l'infiltrazione o lo scarico nel vicino corso d'acqua e solo come ultima opzione il conferimento nella rete fognaria. In ogni caso si dovranno rispettare le portate massime ammissibili dal Regolamento Regionale citato o dall'Ente gestore.

Dato il contesto idrogeologico caratterizzato da una falda freatica posta a circa 3 m dal p.c., si sconsiglia la realizzazione di opere disperdenti che potrebbero veicolare inquinanti direttamente nell'acquifero sotterraneo.

Si raccomanda quindi di ridurre al minimo le aree impermeabili e l'attenzione alla sistemazione finale del piano campagna che dovrà prevedere pendenze tali da configurare un efficiente sistema di raccolta delle acque meteoriche la cui eventuale concentrazione non dovrà causare disagi alle proprietà confinanti.

Su richiesta del Committente, si resta a disposizione per redigere lo studio idrologico di dettaglio per quantificare i volumi di accumulo per il rispetto dell'invarianza idraulica e la realizzazione di prove di assorbimento finalizzate a verificare l'eventuale efficienza e il successivo dimensionamento di eventuali opere disperdenti nel primo sottosuolo (pozzi perdenti, trincee drenanti ecc).

11. APPROFONDIMENTO AI SENSI DELLE NORME GEOLOGICHE DI PIANO

In base allo studio geologico comunale allegato al PGT, si evince che l'opera in progetto ricade in classe di fattibilità 3C. Di seguito si riporta l'estratto delle norme geologiche di piano indicate per l'area in oggetto:

CLASSE 3: FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI - Colore arancio.

Sono comprese in queste aree zone per le quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopo edificatorio e/o alla modifica della destinazione d'uso sia per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità/vincolo sia per la scarsissima conoscenza geologica e geotecnica. Tali limitazioni possono essere superate con approfondimenti d'indagine, accorgimenti tecnico costruttivi, interventi specifici e/o opere di difesa.
Comprende le aree tradizionalmente utilizzate a scopi agricoli, poste in aree pianeggianti o su pendii terrazzati, per le quali non si conosce il limite, lo spessore e le caratteristiche dei depositi morenici incoerenti al di sopra del substrato roccioso.
Comprende inoltre l'area del Parco (PLIS) della Valletta e le fasce B del Reticolo Idrico Minore.
Gli interventi urbanistici con forte impatto sull'ambiente richiedono indagini e studi interdisciplinari integrati e relativi dettagliati progetti di trasformazione, che al momento della stesura delle presenti note non risultano disponibili.

omissis

SOTTOCLASSE 3c

Tipologia: pendii di fondovalle ad acclività moderata, terminanti alle rogge e caratterizzati dalla presenza di risorgive e relativi fossi di scolo e da una falda poco profonda, che, se controllata costituisce una risorsa agricola, altrimenti comporta fenomeni in atto o potenziali di dilavamento e di lenti movimenti d'erosione del sottosuolo con accumulo di terre medio-fini nell'alveo della roggia o collettore.
Prescrizioni: in modo particolare per questa sottoclasse valgono le prescrizioni della classe 3, con indagine interdisciplinare finalizzata a progetto urbanistico per la diversa sistemazione delle acque e del suolo; per la parte geologica e geotecnica sono richieste: indagini dirette alla conoscenza della falda filtrante superficiale: ove questa risulti esistente prevedere opere di drenaggio e contro il rischio di erosione sotterranea e di superficie della falda filtrante: in particolare rogge e canali esistenti a cielo aperto non potranno essere coperti, ne intubati, ne cementati e, preferibilmente, non saranno deviati; un numero adeguato di indagini geognostiche a mezzo penetrometrie e/o sondaggi meccanici per la valutazione della resistenza al taglio e della compressibilità del sottosuolo.
Zone di espansione e completamento urbanistico: previa indagine idrogeologica a mezzo perforazioni con determinazione delle falde sotterranee e del loro flusso, è prescritta la salvaguardia delle attuali acque correnti di superficie, che *non saranno coperte,* ne intubate, ne cementate e preferibilmente non saranno deviate; gli argini potranno essere protetti con opportune piantumazioni e opere di ingegneria naturalistica; saranno adottati gli opportuni accorgimenti per il drenaggio e la salvaguardia della qualità della falda sotterranea, che costituisce le acque di subalveo e le acque di alimentazione delle roggette a cielo aperto.

Come indicato dalle norme geologiche di piano è necessario verificare la compatibilità dell'intervento in progetto con il contesto geologico-idrogeologico locale.

La valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni condotta con una campagna geognostica ha permesso di individuare un orizzonte sciolto di spessore limitato a circa 3 m formato da depositi alluvionali fini molto sciolti, localmente coperti da terreni riportati per la realizzazione del piazzale alla quota attuale. Tali depositi ammantano sedimenti fluvioglaciali più grossolani, sede di un acquifero collegato al subalveo del torrente Bevera di Molinello, che costituiscono lo strato portante.

Tale situazione è stata tenuta in considerazione nel calcolo preliminare della resistenza del terreno e nella stima dei possibili assestamenti della struttura così come indicato nel capitolo 7 e impone l'approfondimento del piano di posa dei plinti sud per alloggiarli sullo stesso strato portante delle fondazioni dell'interrato.

Parimenti la presenza della falda è stata considerata nel capitolo 8 degli scavi (necessità di pompe di aggottamento e di opere provvisionali) e nel capitolo 10 relativamente allo smaltimento delle acque di pioggia, per le quali si sconsiglia la dispersione diretta nel primo sottosuolo data la bassa soggiacenza e l'efficacia dubbia della soluzione. Nello stesso capitolo facendo riferimento al Regolamento Regionale n° 7 del 23 novembre 2017

Considerato che nella carta degli scenari di pericolosità sismica locale allegata al PGT il terreno in oggetto è classificato in area Z4a "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi" suscettibile di amplificazione sismica per la litologia dei luoghi, si è condotto un approfondimento mediante la caratterizzazione sismica dell'area mediante apposita indagine geofisica e nel capitolo 6 è stata condotta l'analisi di secondo livello per la valutazione dell'adeguatezza dello spettro sismico proposto dalla normativa.

In relazione alla tipologia degli interventi in progetto, fatte salve le prescrizioni e le indicazioni riportate nella presente relazione, si conclude che l'intervento in esame è compatibile con l'assetto geologico-idrogeologico dell'area.

12. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 17-01-2018 (R1) e della DGR IX/2616/2011 (R3), con inquadramento sismico locale, è redatta su incarico di IMATEX SpA nell'ambito del progetto di una nuova palazzina uffici in Via Briantea (ss342), nel comune di Bulciago (LC) al confine con Nibionno. Lo studio è finalizzato alla ricostruzione del modello geologico e della stratigrafia dell'area, all'individuazione dei parametri sismici locali e all'analisi delle eventuali problematiche geologiche in relazione all'intervento in progetto.

Il progetto, previa demolizione dell'abitazione presente sul mappale n.1555, prevede la realizzazione di un nuovo edificio con telaio in c.a. prefabbricato che sul lato sud sarà unito alla pensilina del capannone esistente sul n.3616. La struttura "a ponte" permetterà il mantenimento dell'attuale agibilità del piazzale ai mezzi pesanti. Solo nel settore nord del nuovo edificio, sul mappale 1555, è previsto un piano interrato.

Per le notizie di inquadramento sono state consultate le banche dati cartografiche disponibili: *Portale cartografico regionale Lombardia, Geoiffi, Atlante dissesti PAI e cartografia geologica Comunale*. Di seguito si sintetizza quanto emerso:

Lo Studio Geologico Comunale del PGT vigente è aggiornato al dicembre 2007 a firma del dott. geol. Nicolodi secondo i criteri definiti DGR VIII/1566 in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R.12/2005.

In base alla carta dei vincoli allegata allo studio geologico, si evince che l'area in oggetto non è soggetta a vincoli di contenuto geologico.

Nella Carta di Fattibilità Geologica per le azioni di piano del PGT vigente, i terreni in oggetto ricadono in classe di fattibilità 3C, con consistenti limitazioni al cambio d'uso del suolo per la possibile presenza di risorgive e falde superficiali.

In base alla riclassificazione sismica dei comuni operata da Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n°2129), il comune di Bulciago ricade in Zona Sismica 3. Nella carta degli scenari di pericolosità sismica locale allegata al PGT il terreno in oggetto è classificato in area Z4a, suscettibile di amplificazione sismica per la litologia dei luoghi.

Dalla consultazione dei vincoli paesaggistici attraverso il geoportale di Regione Lombardia, si evince che l'area è compresa solo nel vincolo paesaggistico determinato dalla distanza inferiore ai 150 m dalla sponda nord del T. Bevera di Molinello.

Dalla consultazione dell'inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia (GeoIFFI), l'area in oggetto non risulta coinvolta da dissesti franosi noti.

Dalla consultazione del quadro aggiornato dei dissesti PAI sul Geoportale della Regione Lombardia e delle aree soggette a pericolosità idraulica (RSCM) nel PGRA2015, si ricava che l'area non è interessata da dissesti idrogeologici o idraulici censiti.

La zona dell'edificio in progetto è ubicata in corrispondenza di una ampia depressione valliva lungo la quale si è impostato il corso del torrente Bevera di Molinello che scorre verso WSw.

Dal punto di vista geologico il territorio è caratterizzato in superficie da terreni di natura glaciale e fluvioglaciale e da affioramenti localizzati del substrato roccioso che costituisce l'ossatura sepolta della successione locale dei depositi quaternari. Il substrato roccioso è costituito da marne e calcari marnosi paleocenici riconducibili alla formazione di Tabiago, qui presenti in sporadici affioramenti in corrispondenza delle porzioni superiori delle colline poste a nord e sud del mappale in esame.

L'indagine geognostica ha permesso di individuare un orizzonte sabbioso limoso spesso circa 3 m formato da depositi alluvionali fini molto sciolti che nella porzione meridionale sono localmente coperti da terreni riportati per la realizzazione del piazzale alla quota attuale avvenuta dopo il 2005. Tali depositi fini ammantano sedimenti fluvioglaciali più grossolani, sede di un acquifero collegato al subalveo del torrente Bevera di Molinello, che costituiscono lo strato portante. In base alle indicazioni ricavabili dall'indagine sismica si stima che la roccia sia a circa 10-12 m di profondità rispetto al p.c. attuale. Si segnala la presenza della falda freatica intorno alla profondità di – 3.0 m rispetto allo 0.0 di riferimento (vedi tav.3). Il livello piezometrico della falda è soggetto ad oscillazioni stagionali legate al regime pluviometrico che si stimano nell'ordine del metro.

Dal punto di vista sismico, in base alla riclassificazione sismica dei comuni operata da Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 n°2129), il comune di Bulciago ricade in **Zona Sismica 3**.

In base alla quota prevedibile del piano di posa delle fondazioni per il calcolo delle azioni sismiche, si potrà adottare lo spettro sismico previsto dalla normativa vigente per il comune di Bulciago per la categoria di suolo **Tipo B** e categoria topografica **T1,** come specificato nel capitolo 6.

In via preliminare, con lo scopo di fornire le prime indicazioni al progettista geotecnico, si sono valutati la resistenza del terreno e i possibili assestamenti prevedibili in base alle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione. I risultati preliminari del calcolo della capacità portante agli stati limite e la valutazione degli assestamenti per i vari ambiti di intervento sono contenuti nel capitolo 7. Si ricorda che quando saranno note le azioni di progetto definitive (Ed) si dovrà procedere al dimensionamento definitivo/esecutivo della fondazione, che dovrà essere verificata nell'apposita *Relazione Geotecnica* tenendo conto dei parametri geotecnici caratteristici del terreno.

Data la presenza della falda freatica a quote interferenti con l'interrato e con gli scavi per la posa delle fondazioni si dovrà prevedere l'utilizzo di pompe durante il cantiere e l'impermeabilizzazione dell'interrato.

Per l'esecuzione del progetto si prevedono sbancamenti e scavi di altezze variabili per raggiungere lo strato ghiaioso portante posto a -3 m da p.c. nella parte nord e intorno a -4.3 m da piano piazzale nella porzione meridionale. Considerata la natura del terreno da scavare, non si prevedono difficoltà esecutive particolari; si segnala, tuttavia, la prevedibile presenza di infiltrazioni di acqua oltre i 3.0 m di profondità (rispetto allo 0.0 di Tav.3) e l'opportunità di prevedere opere provvisionali per ridurre i volumi di scavo e assicurarne la stabilità, in particolare per i plinti previsti nel piazzale verso il capannone esistente.

Particolare attenzione andrà prestata nel valutare le interferenze con i numerosi sottoservizi attivi nel piazzale attuale oltre che al sostegno del fronte di scavo dei due plinti più vicini alle fondazioni del capannone esistente, soprattutto se queste sono poste a quote superiori rispetto al fondo scavo in progetto.

Considerata la presenza della falda superficiale e della natura sabbioso-ghiaiosa del primo sottosuolo, sarà necessario prestare la massima attenzione ad evitare contaminazioni della falda idrica/dei terreni, evitando il deposito di materiali inquinanti liquidi e/o solubili nello scavo o nelle sue immediate vicinanze. Eventuali incidenti di carattere ambientale andranno immediatamente segnalati alle autorità competenti e andranno adottati tempestivamente tutti i possibili accorgimenti per l'immediata messa in sicurezza del sito per limitare i danni dell'evento.

Per la gestione del materiale di scavo prodotto, si presentano i seguenti scenari:

1. Gestione in qualità di rifiuti secondo le relative norme;
2. Riutilizzo nel sito di produzione;
3. Impiego come sottoprodotto in altro sito, destinati a recuperi, ripristini, rimodellamenti, ecc.

Per la gestione si rimanda al capitolo 9; si raccomanda l'esecuzione delle analisi di laboratorio previste su campioni significativi al fine di certificare le dichiarazioni richieste.

La realizzazione di nuova superficie impermeabilizzata comporta sempre la produzione di un maggior volume di acque meteoriche da gestire rispetto alla situazione preesistente.

A tal fine si rimanda al Regolamento Regionale n° 7 del 23 novembre 2017 *"Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12*".

Per gestire la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia il regolamento prevede che venga redatto un apposito progetto di invarianza idraulica e idrologica secondo quanto indicato all'art. 10 del R.R.

Le considerazioni sopra esposte derivano da dati bibliografici e da indagini puntuali. Nel caso di eventuale mancata corrispondenza tra il modello geologico proposto e quanto osservabile a scavi aperti, la D.L. potrà sospendere i lavori e contattare lo Scrivente.

Lecco, gennaio 2019

dott. Vittorio Buscaglia
geologo

firmato digitalmente

ALLEGATO

Documentazione fotografica

Esecuzione prova DP1

Esecuzione prova DP2

Esecuzione prova DP4

Esecuzione prova DP5

Esecuzione indagine HVSR

ALLEGATO

Prove penetrometriche DP

Committente: IMATEX SPA
Luogo: BULCIAGO (lc)
Data: 17-12-2018

Numero prova: 1
Quota: p.c.

Piezometro (m):
Falda: -2,6

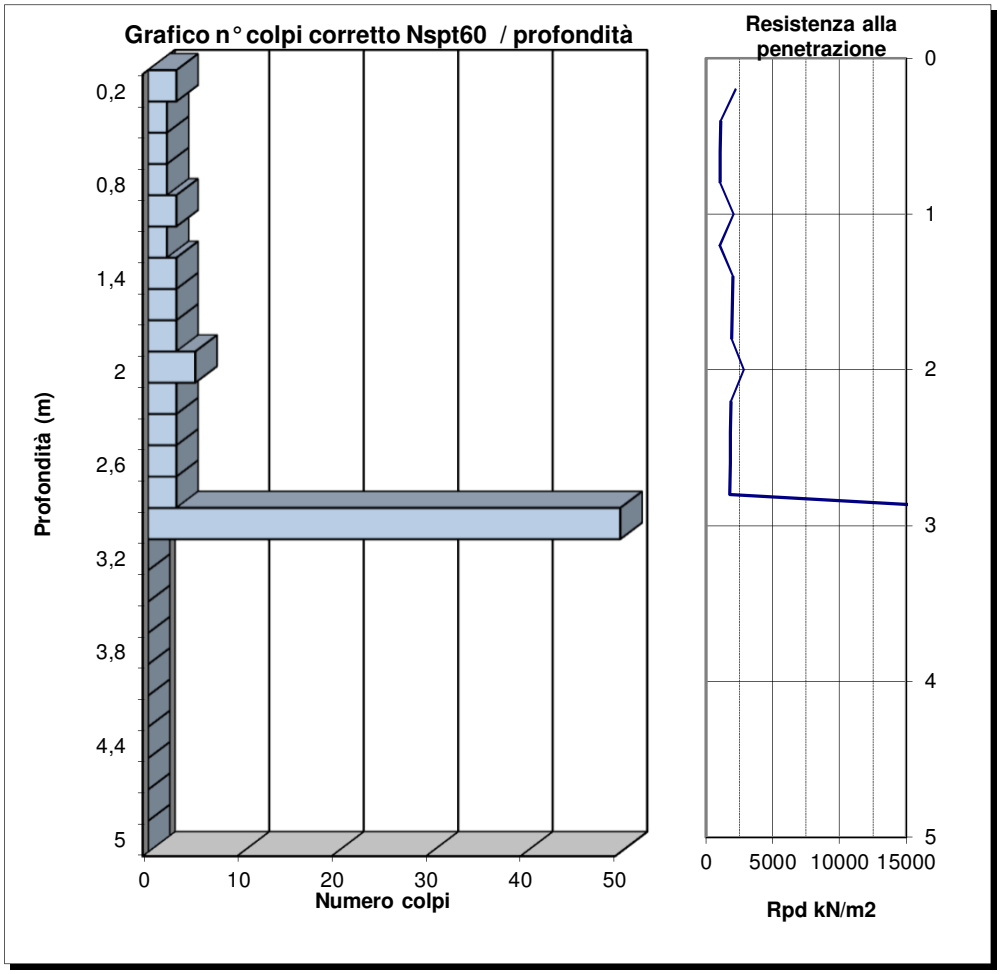
Note: alluvioni sabbiose su F.GL

Caratteristiche Tecniche:
PAGANI TG63-100

Peso massa battente: 63,5 kg
Altezza caduta libera: 75 cm
Diametro punta conica: 5,1 cm
Area base punta conica: 20,43 cm2
Angolo apertura punta: 60°
Lunghezza aste: 1,0 m
Avanzamento punta: 20 cm

Falda	Profondità (m)	2,60

Prof. (m)	colpi Ndp	colpi Nspt	colpi Nspt60	colpi Nspt'60
0,2	2	3	3	5
0,4	1	1	2	2
0,6	1	1	2	2
0,8	1	1	2	2
1	2	3	3	4
1,2	1	1	2	2
1,4	2	3	3	4
1,6	2	3	3	4
1,8	2	3	3	4
2	3	4	5	6
2,2	2	3	3	4
2,4	2	3	3	4
2,6	2	3	3	4
2,8	2	3	3	4
3	50	74	80	97
3,2				
3,4				
3,6				
3,8				
4				
4,2				
4,4				
4,6				
4,8				
5				
5,2				
5,4				
5,6				
5,8				
6				
6,2				
6,4				
6,6				
6,8				
7				
7,2				
7,4				
7,6				
7,8				
8				
8,2				
8,4				
8,6				
8,8				
9				
9,2				
9,4				
9,6				
9,8				
10				



Da (m)	A (m)	Granulometria prev.	Nspt(60)	Yn (kN/m3)	Φ (°)	E (kN/m2)	Cu (kN/m2)	Kw (kN/m3)
0	3	sabbie limose	3	16,5	25	2,2E+3	12,0	9,1E+3
3		Rifiuto alla penetr.	50	19,5	40	>40E+3	>200	>180E+3

Committente: IMATEX SPA
Luogo: BULCIAGO (lc)
Data: 17-12-2018

Numero prova: 2
Quota: p.c.

Piezometro (m):
Falda: -2,6

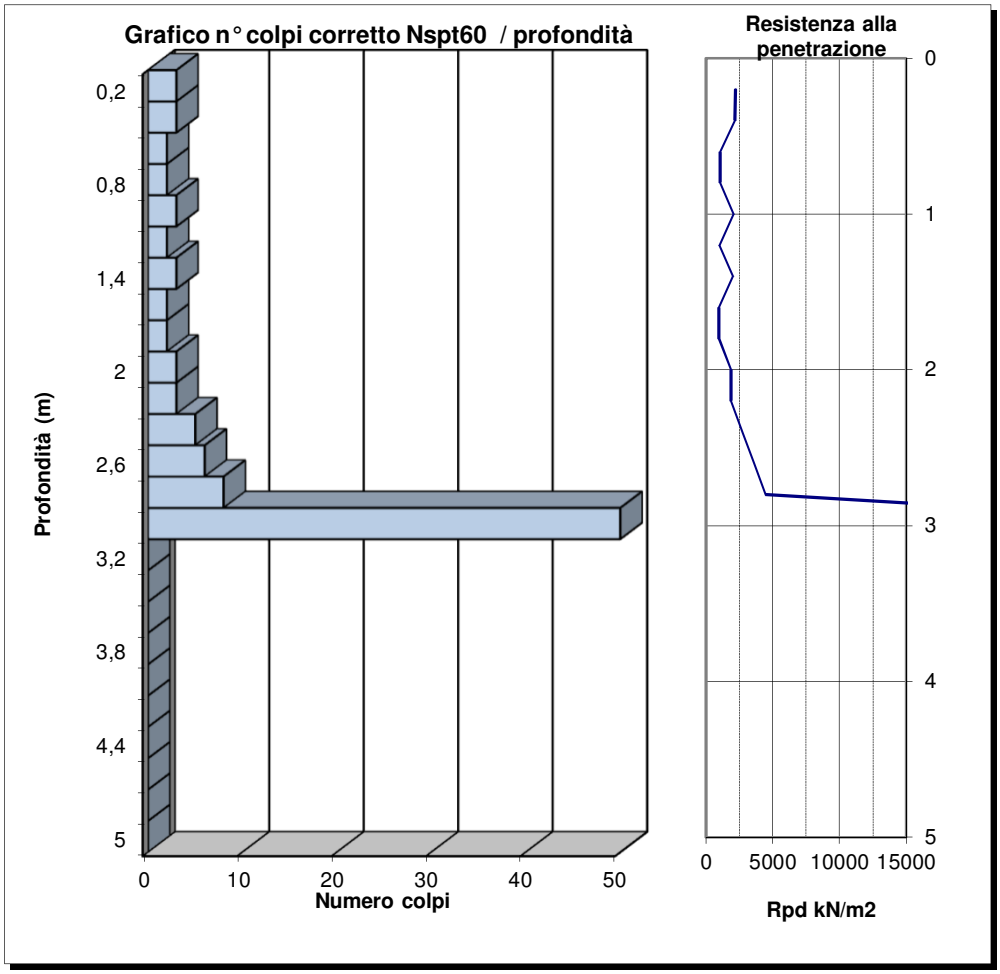
Note: alluvioni sabbiose su F.GL

Caratteristiche Tecniche:
PAGANI TG63-100

Peso massa battente: 63,5 kg
Altezza caduta libera: 75 cm
Diametro punta conica: 5,1 cm
Area base punta conica: 20,43 cm2
Angolo apertura punta: 60°
Lunghezza aste: 1,0 m
Avanzamento punta: 20 cm

Falda	Profondità (m)	2,60

Prof. (m)	colpi Ndp	colpi Nspt	colpi Nspt60	colpi Nspt'60
0,2	2	3	3	5
0,4	2	3	3	5
0,6	1	1	2	2
0,8	1	1	2	2
1	2	3	3	4
1,2	1	1	2	2
1,4	2	3	3	4
1,6	1	1	2	2
1,8	1	1	2	2
2	2	3	3	4
2,2	2	3	3	4
2,4	3	4	5	6
2,6	4	6	6	8
2,8	5	7	8	10
3	50	74	80	97
3,2				
3,4				
3,6				
3,8				
4				
4,2				
4,4				
4,6				
4,8				
5				
5,2				
5,4				
5,6				
5,8				
6				
6,2				
6,4				
6,6				
6,8				
7				
7,2				
7,4				
7,6				
7,8				
8				
8,2				
8,4				
8,6				
8,8				
9				
9,2				
9,4				
9,6				
9,8				
10				



Da (m)	A (m)	Granulometria prev.	Nspt(60)	Yn (kN/m3)	Φ (°)	E (kN/m2)	Cu (kN/m2)	Kw (kN/m3)
0	2,4	sabbie limose	3	16,5	25	2,2E+3	12,0	9,1E+3
2,4	3	sabbie medio-fini	7	17,3	29	5,9E+3	28,0	24,9E+3
3		Rifiuto alla penetr.	50	19,5	40	>40E+3	>200	>180E+3

Committente: IMATEX SPA
Luogo: BULCIAGO (lc)
Data: 17-12-2018

Numero prova: 3
Quota: p.c.

Piezometro (m):
Falda: -2,6

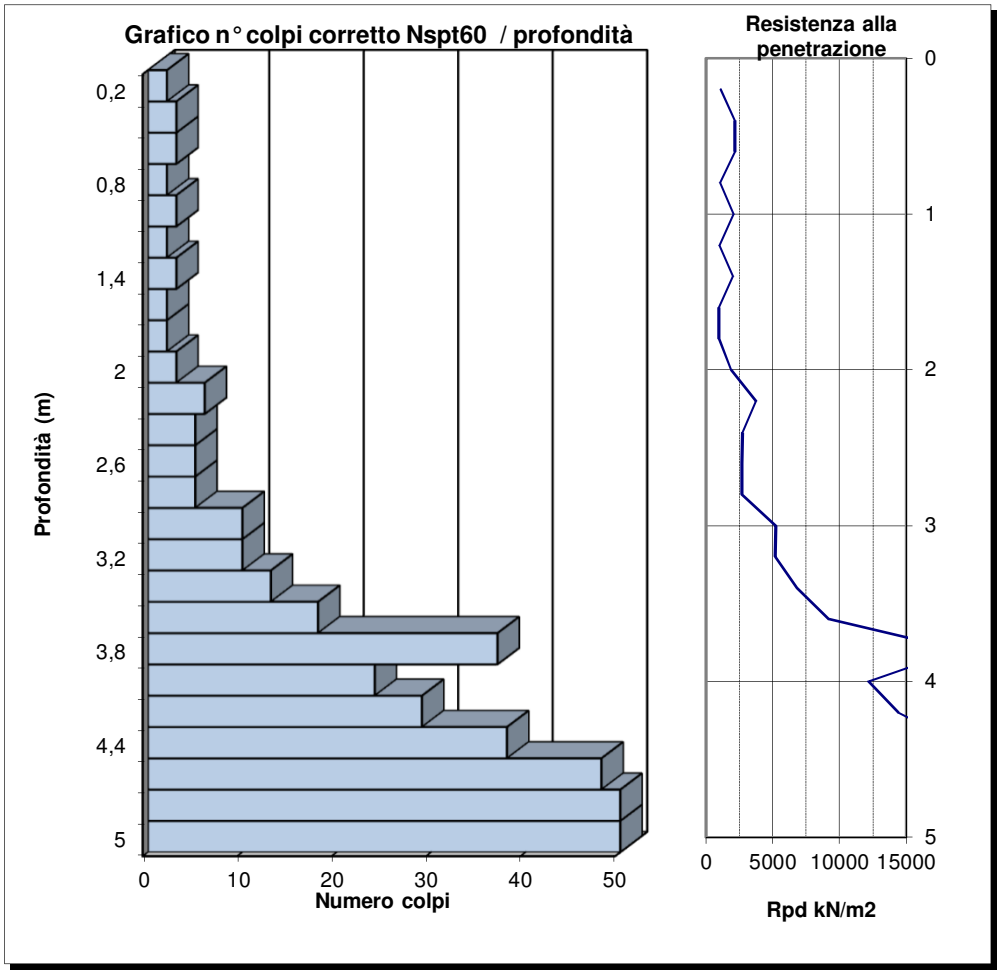
Note: alluvioni sabbiose su F.GL

Caratteristiche Tecniche:
PAGANI TG63-100

Peso massa battente: 63,5 kg
Altezza caduta libera: 75 cm
Diametro punta conica: 5,1 cm
Area base punta conica: 20,43 cm2
Angolo apertura punta: 60°
Lunghezza aste: 1,0 m
Avanzamento punta: 20 cm

Falda	Profondità (m)	2,60

Prof. (m)	colpi Ndp	colpi Nspt	colpi Nspt60	colpi Nspt'60
0,2	1	1	2	2
0,4	2	3	3	5
0,6	2	3	3	5
0,8	1	1	2	2
1	2	3	3	4
1,2	1	1	2	2
1,4	2	3	3	4
1,6	1	1	2	2
1,8	1	1	2	2
2	2	3	3	4
2,2	4	6	6	8
2,4	3	4	5	6
2,6	3	4	5	6
2,8	3	4	5	6
3	6	9	10	12
3,2	6	9	10	12
3,4	8	12	13	15
3,6	11	16	18	21
3,8	23	34	37	43
4	15	22	24	28
4,2	18	27	29	34
4,4	24	35	38	44
4,6	30	44	48	55
4,8	38	56	61	70
5	50	74	80	91
5,2				
5,4				
5,6				
5,8				
6				
6,2				
6,4				
6,6				
6,8				
7				
7,2				
7,4				
7,6				
7,8				
8				
8,2				
8,4				
8,6				
8,8				
9				
9,2				
9,4				
9,6				
9,8				
10				



Da (m)	A (m)	Granulometria prev.	Nspt(60)	Yn (kN/m3)	Φ (°)	E (kN/m2)	Cu (kN/m2)	Kw (kN/m3)
0,0	2,0	sabbie limose	3	16,5	25	1,8E+3	10,0	7,6E+3
2,00	2,8	sabbie medio-fini	5	16,5	29	4,2E+3	20,0	17,8E+3
2,8	3,5	sabbie medio-fini	10	18,1	30	8,4E+3	40,0	35,5E+3
3,5	5,0	sabbia e ghiaia	33	19,5	36	59,4E+3	132,0	251,1E+3
5		Rifiuto alla penetr.	50	19,5	40	>40E+3	>200	>180E+3

Committente: IMATEX SPA
Luogo: BULCIAGO (lc)
Data: 17-12-2018

Numero prova: 4
Quota: p.c.

Piezometro (m):
Falda: -3,1

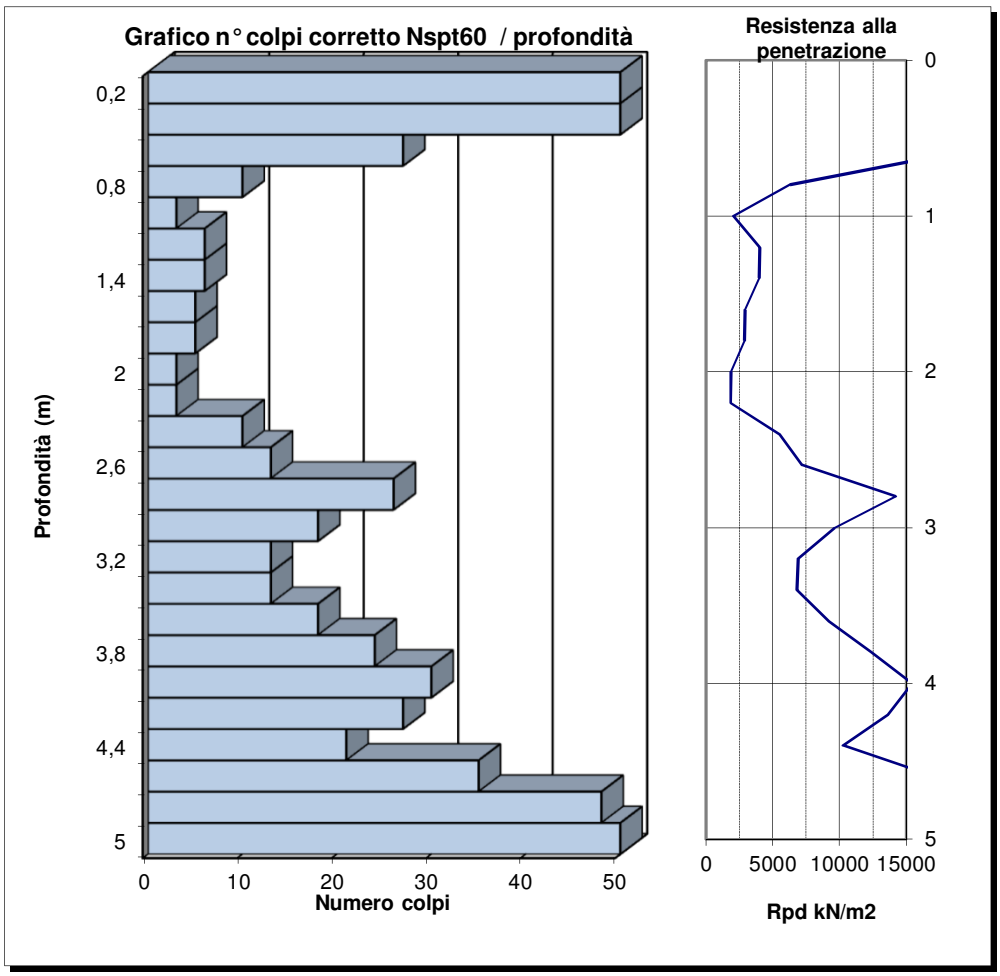
Note: alluvioni sabbiose su F.GL

Caratteristiche Tecniche:
PAGANI TG63-100

Peso massa battente: 63,5 kg
Altezza caduta libera: 75 cm
Diametro punta conica: 5,1 cm
Area base punta conica: 20,43 cm2
Angolo apertura punta: 60°
Lunghezza aste: 1,0 m
Avanzamento punta: 20 cm

Falda	Profondità (m)	3,10

Prof. (m)	colpi Ndp	colpi Nspt	colpi Nspt60	colpi Nspt'60
0,2	40	59	64	94
0,4	44	65	70	102
0,6	17	25	27	39
0,8	6	9	10	13
1	2	3	3	4
1,2	4	6	6	9
1,4	4	6	6	9
1,6	3	4	5	6
1,8	3	4	5	6
2	2	3	3	4
2,2	2	3	3	4
2,4	6	9	10	12
2,6	8	12	13	16
2,8	16	24	26	31
3	11	16	18	21
3,2	8	12	13	15
3,4	8	12	13	15
3,6	11	16	18	21
3,8	15	22	24	28
4	19	28	30	35
4,2	17	25	27	31
4,4	13	19	21	24
4,6	22	32	35	40
4,8	30	44	48	54
5	50	74	80	90
5,2				
5,4				
5,6				
5,8				
6				
6,2				
6,4				
6,6				
6,8				
7				
7,2				
7,4				
7,6				
7,8				
8				
8,2				
8,4				
8,6				
8,8				
9				
9,2				
9,4				
9,6				
9,8				
10				



Da (m)	A (m)	Granulometria prev.	Nspt(60)	Yn (kN/m3)	Φ (°)	E (kN/m2)	Cu (kN/m2)	Kw (kN/m3)
0,0	0,6	sabbia e ghiaia	64	19,5	40	#######	256,0	486,9E+3
0,6	2,2	sabbie limose	5	16,5	26	3,6E+3	20,0	15,2E+3
2,2	3,5	sabbia grossolana	13	18,7	31	15,6E+3	52,0	65,9E+3
3,5	5,0	sabbia e ghiaia	29	19,5	35	51,3E+3	114,0	216,8E+3
5		Rifiuto alla penetr.	64	19,5	40	>40E+3	>200	>180E+3

Committente: IMATEX SPA
Luogo: BULCIAGO (lc)
Data: 17-12-2018

Numero prova: 5
Quota: p.c.

Piezometro (m):
Falda: -2,7

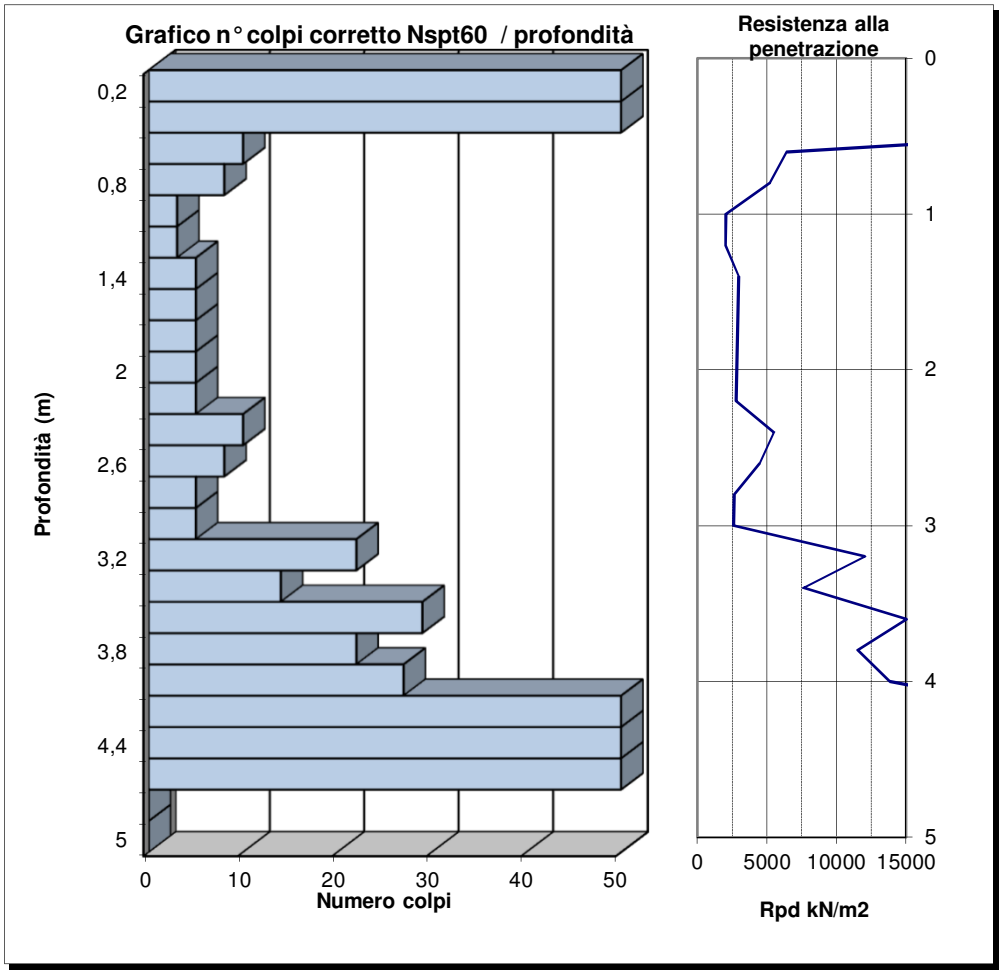
Note: alluvioni sabbiose su F.GL

Caratteristiche Tecniche:
PAGANI TG63-100

Peso massa battente: 63,5 kg
Altezza caduta libera: 75 cm
Diametro punta conica: 5,1 cm
Area base punta conica: 20,43 cm2
Angolo apertura punta: 60°
Lunghezza aste: 1,0 m
Avanzamento punta: 20 cm

Falda	Profondità (m)	2,70

Prof. (m)	colpi Ndp	colpi Nspt	colpi Nspt60	colpi Nspt'60
0,2	40	59	64	94
0,4	40	59	64	93
0,6	6	9	10	14
0,8	5	7	8	11
1	2	3	3	4
1,2	2	3	3	4
1,4	3	4	5	6
1,6	3	4	5	6
1,8	3	4	5	6
2	3	4	5	6
2,2	3	4	5	6
2,4	6	9	10	12
2,6	5	7	8	10
2,8	3	4	5	6
3	3	4	5	6
3,2	14	21	22	27
3,4	9	13	14	17
3,6	18	27	29	34
3,8	14	21	22	26
4	17	25	27	32
4,2	32	47	51	60
4,4	40	59	64	74
4,6	50	74	80	92
4,8				
5				
5,2				
5,4				
5,6				
5,8				
6				
6,2				
6,4				
6,6				
6,8				
7				
7,2				
7,4				
7,6				
7,8				
8				
8,2				
8,4				
8,6				
8,8				
9				
9,2				
9,4				
9,6				
9,8				
10				

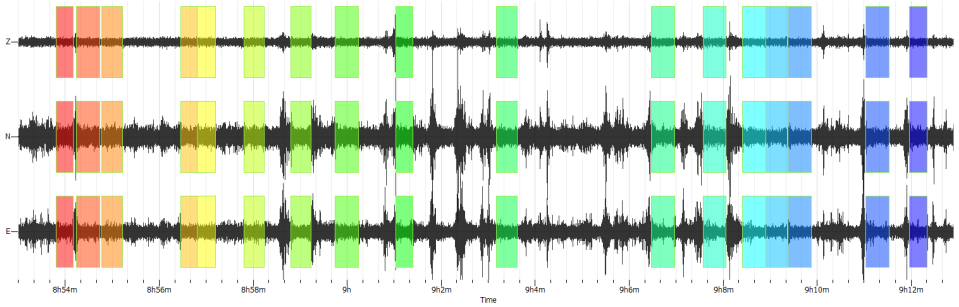


Da (m)	A (m)	Granulometria prev.	Nspt(60)	Yn (kN/m3)	Φ (°)	E (kN/m2)	Cu (kN/m2)	Kw (kN/m3)
0	0,5	sabbia e ghiaia	64	19,5	40	115,2E+3	256,0	486,9E+3
0,5	3	sabbie limose	5	16,5	26	3,6E+3	20,0	15,2E+3
3	4	sabbia e ghiaia	22	19,5	33	39,6E+3	88,0	167,4E+3
4	4,6	sabbia e ghiaia	58	19,5	40	103,5E+3	230,0	437,4E+3
4,6		Rifiuto alla penetr.	64	19,5	40	>40E+3	>200	>180E+3

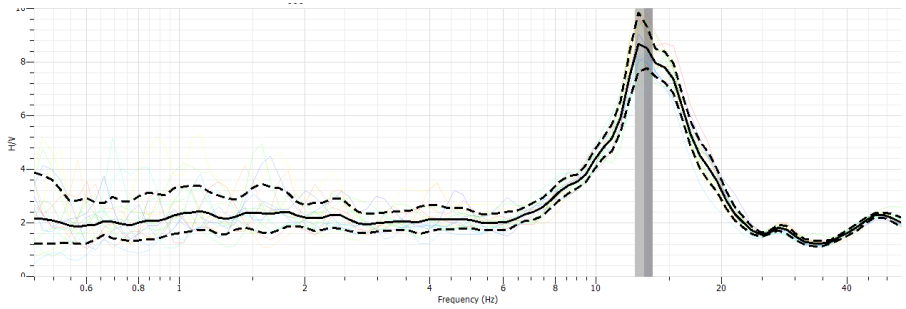
ALLEGATO

Indagine Sismica HVSR

Reg 20 min Finestre temporali nelle direzioni Z, N, E (20-30 sec)

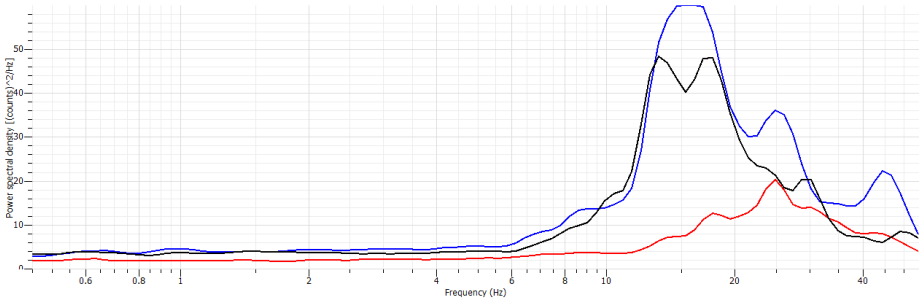


frequenze / rapporto (H/V)

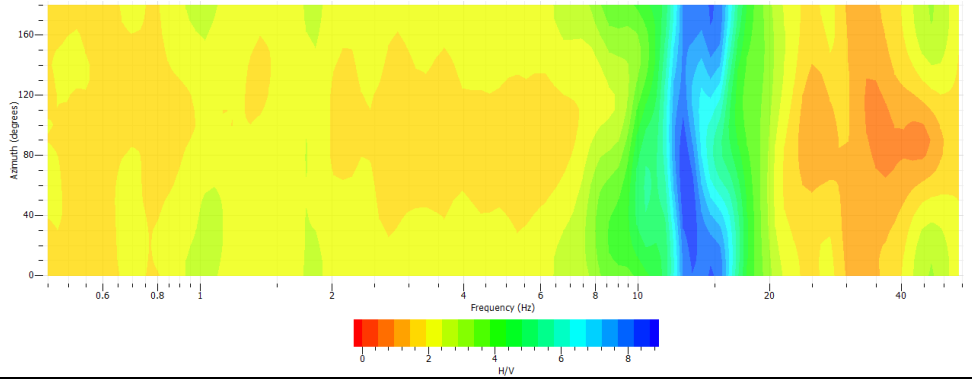


Smoothing tipe: Konno & Ohmachi Smoothing: 40% Direzionalità selezionata: media su 360°

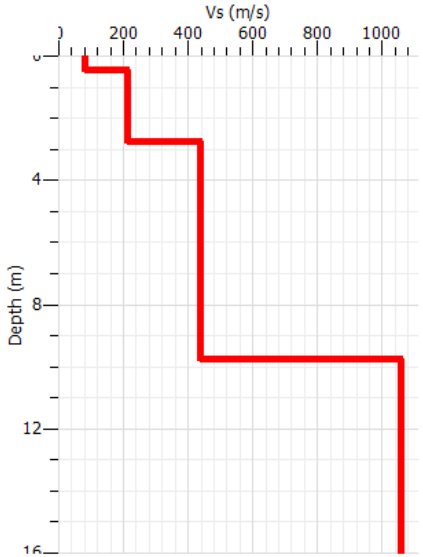
Spettri medi delle singole componenti (Z____ , N____, E____)



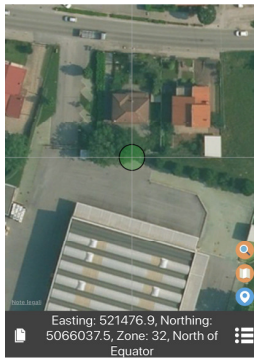
Direzionalità del rapporto H/V

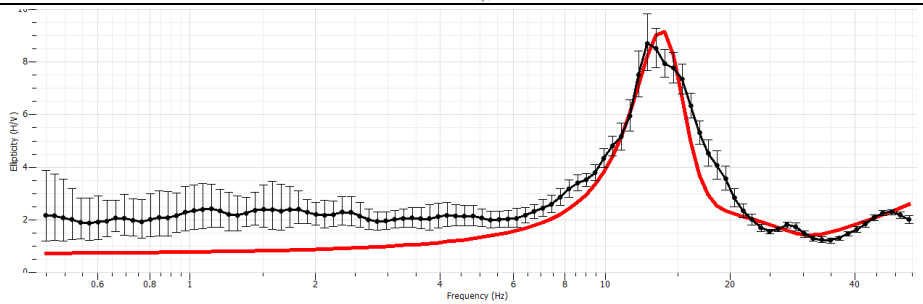


Modello sismostratigrafico da inversione vincolata (prove DP, Sondaggi)



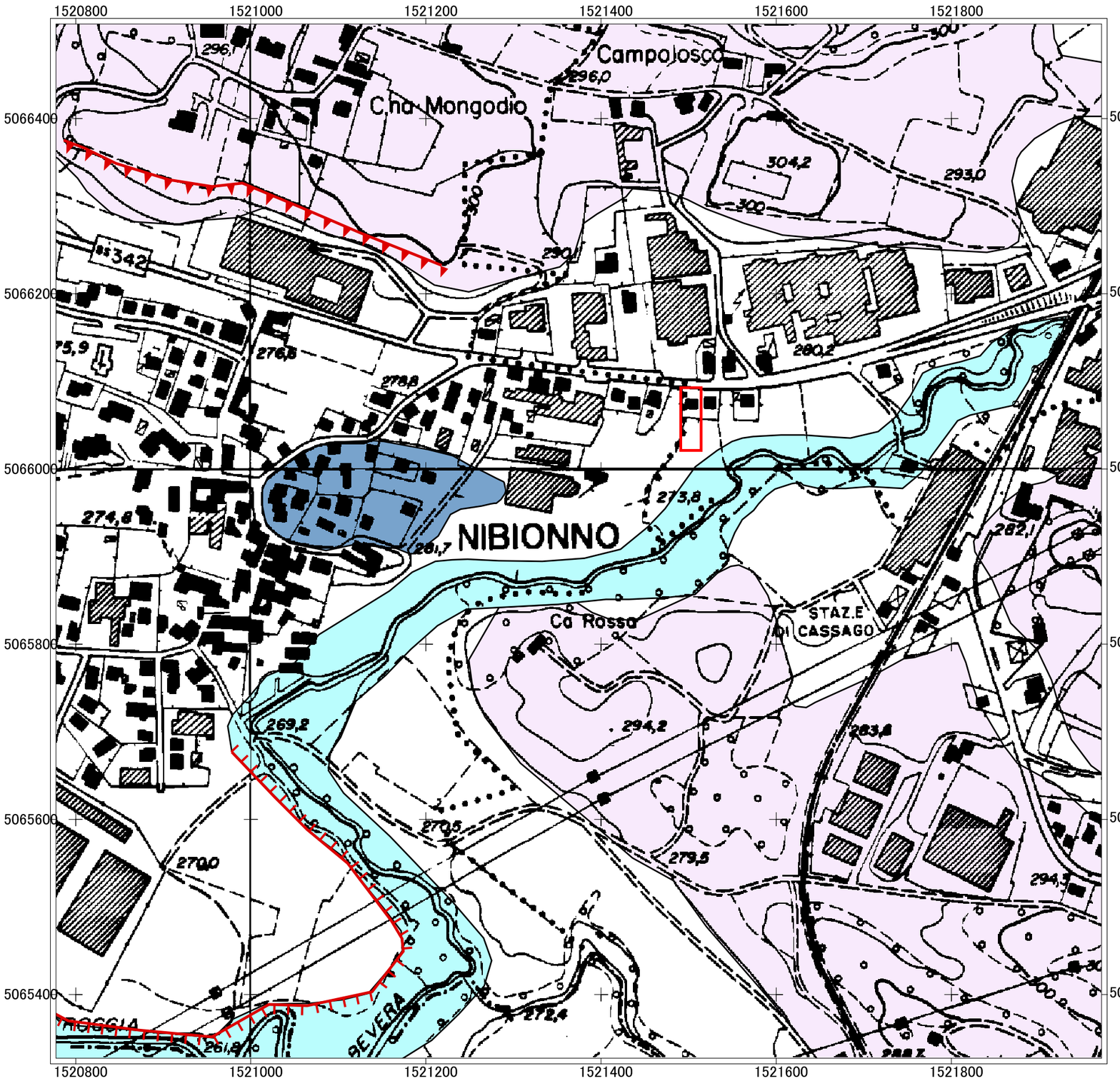
da (m)	a (m)	Vs (m/s)
0	0,5	85
0,5	2,8	210
2,8	9,8	430
9,8		1050
Quota Rif.		0,0 da p.c.
Vs (0.0-9.8)		**296**
Categoria		**E**
Quota Rif.		-4.0 da p.c.
Vs (0.0-30)		**430**
Categoria		**B**





INDAGINE HVSR
Committente = IMATEX SPA
Luogo: BULCIAGO (Lc) Data: 19-12-2018

Frequenza di campionamento = 500 Hz
Sensori = geofoni 4.5 Hz
Acquisitore = geofono triassiale EADC 24 bit



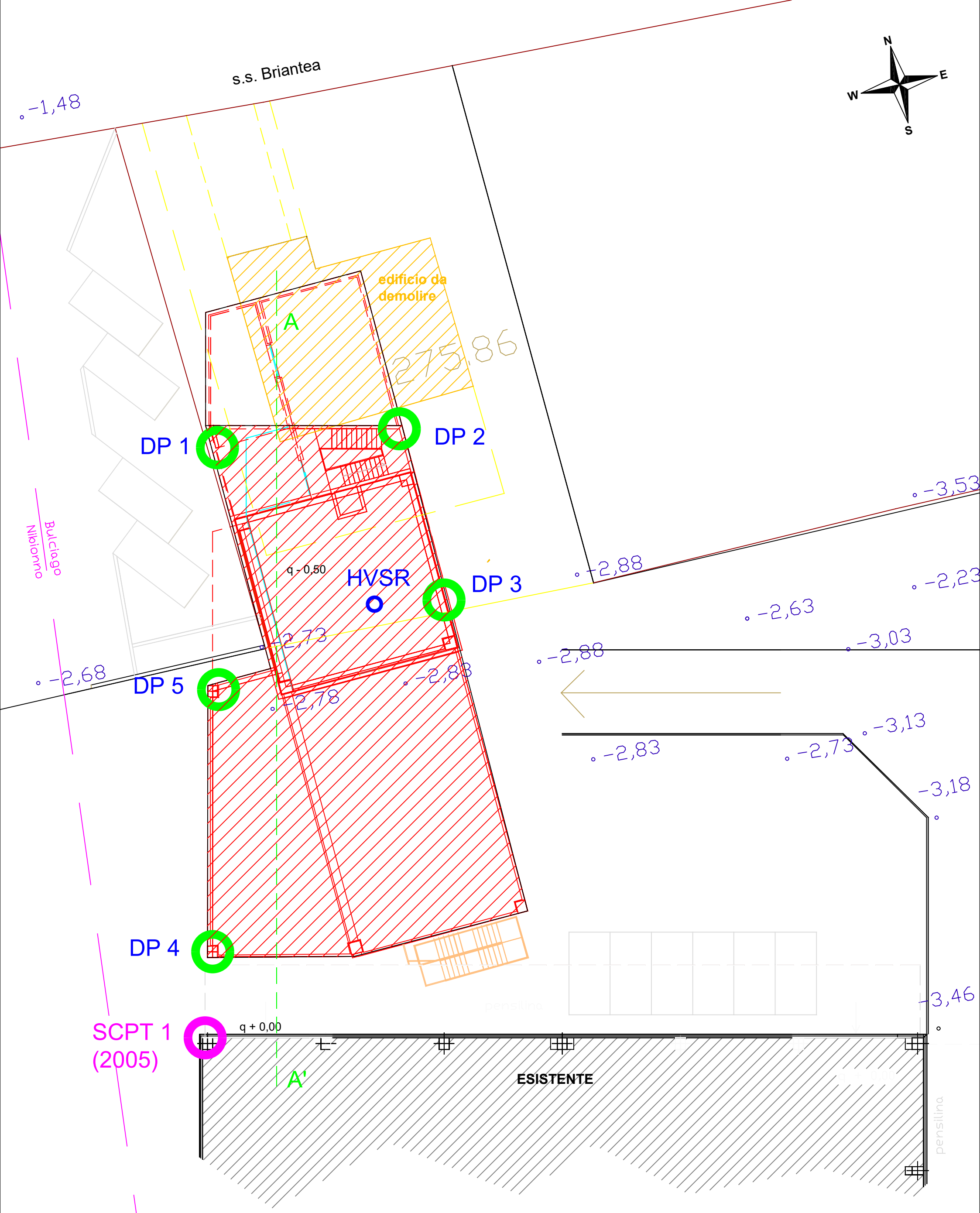
N

LEGENDA

- Scarpata fluviale
- Scarpata morfologica
- Alluvioni attuali
- Depositi fluvioglaciali Wurm
- Depositi glaciali
- Substrato roccioso prequaternar
- AREA IN OGGETTO

100 0 100 200 300 metri

inGeo *Consulenze e indagini geo-ingegneristiche e ambientali*	Committente: IMATEX SPA	
	RELAZIONE GEOLOGICA E INQUADRAMENTO SISMICO PER NUOVA PALAZZINA UFFICI NEL COMUNE DI BULCIAGO (Lc)	
	Oggetto: CARTA GEOLOGICO-MORFOLOGICA	
Corso Martiri della Libertà 28 - 23900 LECCO tel. fax 0341 360078 e-mail ingeo.lecco@tin.it	Scala: 1:5.000	Tav. 1



Ubicazione prove DP

Ubicazione prova HVSR

inGeo
Studio Associato
di ingegneria e geologia

Corso Martiri della Liberazione 28 - 23900 LECCO
Tel/fax 0341 360078 - E mail: ingeo@studioingeo.it

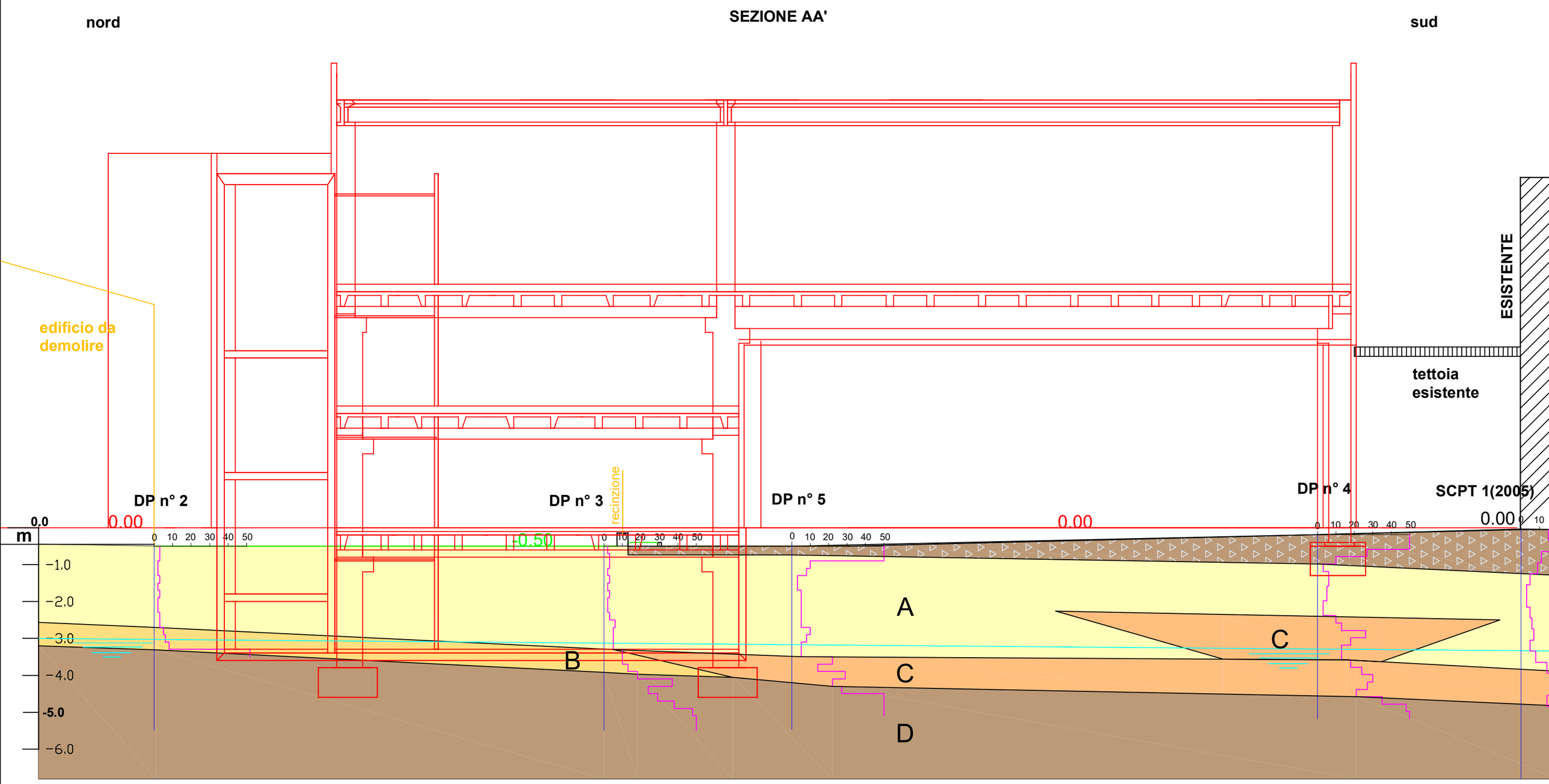
Committente: IMATEX SPA

RELAZIONE GEOLOGICA
E INQUADRAMENTO SISMICO
PER NUOVA PALAZZINA UFFICI
NEL COMUNE DI BULCIAGO (LC)

Oggetto: planimetria con ubicazione indagini

Scala: 1:200

Tav. 2



livelllo falda dic. 2018

sottofondo di riporto: ghiaia sabbia e ciottoli

A	Natura del terreno: sabbia fine limosa Grado di addensamento: molto sciolto Nspt=2-4
B	Natura del terreno: sabbia media Grado di addensamento: sciolto Nspt=4-10
C	Natura del terreno: sabbia e ghiaia Grado di addensamento: moderatamente addensato Nspt=10-20
D	Natura del terreno: ghiaia sabbia e ciottoli Grado di addensamento: addensato Nspt>25

inGeo
Studio Associato di ingegneria e geologia
Corso Martiri della Liberazione 28 - 23900 LECCO
Tel/fax 0341 360078 - E mail: ingeo@studioingeo.it

Committente: IMATEX SPA

RELAZIONE GEOLOGICA
E INQUADRAMENTO SISMICO
PER NUOVA PALAZZINA UFFICI
NEL COMUNE DI BULCIAGO (LC)

Oggetto: MODELLO STRATIGRAFICO

Scala: 1:100

Tav. 3