

tecno habitat

società di ingegneria

**Dipartimento dei Vigili del Fuoco del Soccorso
Pubblico e della Difesa Civile
Direzione Regionale Lombardia
Via Ansperto, 4 - Milano (MI)**

**RELAZIONE GEOLOGICA
ai sensi della DGR 2616/2011 (R3) e ai sensi delle N.T.C. (R1)
a supporto del progetto preliminare e definitivo della nuova sede centrale del
Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco in Viale Don Giovanni Ticozzi -
Lecco**

Foglio 107, mappali 4225 - 4227

Luglio 2018

tecno habitat

società di ingegneria

INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GENERALE DEL SITO	5
3.1	Inquadramento catastale	5
3.2	Inquadramento geografico	5
3.3	Inquadramento geologico e geomorfologico	7
3.4	Inquadramento idrogeologico	9
3.5	Pericolosità sismica locale, vincoli e fattibilità geologica	12
3.5.1	<i>Definizione dell'azione sismica locale</i>	12
3.5.2	<i>Vincoli e fattibilità geologica</i>	17
4	INDAGINI IN SITO	22
4.1	Descrizione dell'opera e volume di terreno significativo	22
4.2	Sondaggi geognostici eseguiti nel 2007	23
4.3	Sondaggi geognostici eseguiti nel 2017	27
4.4	Indagine Geofisica	28
5	RISULTATI	29
5.1	Analisi geotecniche di laboratorio	29
5.2	Modello geologico	35
5.3	Caratterizzazione sismica del sito	39
5.4	Parametri sismici	40
5.5	Analisi del rischio alla liquefazione	43
5.6	Assetto idrogeologico	47
6	CONCLUSIONI	48

ALLEGATI:

1. Tavola ubicazione punti di indagine
2. Stratigrafie dei sondaggi eseguiti nel 2007 e nel 2017
3. Risultati prove penetrometriche e analisi geotecniche di laboratorio del 2007
4. Sezione interpretazione sismica
5. Verifica della suscettibilità alla liquefazione
6. Piezometria della falda superficiale
7. Sezioni geologiche interpretative dell'area

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	1 di 49

1 PREMESSA

Il presente documento, commissionato dal Dip. Reg. dei Vigili del Fuoco della Lombardia, rappresenta la Relazione Geologica a supporto del progetto preliminare e definitivo della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, presso l'area fronte lago, località "Bione", in Viale Don Giovanni Ticozzi – Lecco.

Per lo svolgimento del lavoro in oggetto si è proceduto all'esecuzione attività di vario tipo e natura, riassumibili come segue:

- raccolta e sistemazione della documentazione e delle indagini pregresse;
- elaborazione dei dati collezionati durante le precedenti campagne di indagine;
- reperimento e disamina della documentazione contenuta nella componente geologica del P.G.T. del Comune di Lecco;
- definizione dei parametri geologici, idrogeologici, geomeccanici e sismici sito specifici del sito.

Le indagini geologiche, svolte in due fasi distinte (nel 2007 e nel 2017), hanno avuto la finalità di valutare la fattibilità dell'opera in funzione dei vincoli geologici, idrogeologici e sismici locali, di classificare il comportamento geomeccanico e sismico dei futuri terreni di fondazione e di monitorare nel dettaglio l'assetto della falda in sito.

Nel 2017 inoltre, contestualmente alle suddette attività di indagine geologica svolte dalla scrivente società, è stata condotta, da una società terza e in contraddittorio con ARPA, una campagna di indagine di caratterizzazione ambientale volta a valutare la compatibilità dell'opera in progetto con lo stato ambientale dei futuri terreni di fondazione.

Come meglio dettagliato nel capitolo successivo, la presente relazione è stata svolta ai sensi della normativa vigente nel settore delle indagini geologiche e geotecniche a supporto di progettazioni strutturali in campo civile, valutando quindi la fattibilità dell'opera sulla base dei vincoli noti a livello di pianificazione territoriale e delle caratteristiche geologiche/geotecniche dei terreni di fondazione. La presente relazione e le sue conclusioni esulano pertanto da tutto quello che è previsto o che potrebbe derivare dalla normativa ambientale vigente (in particolare D.Lgs. 152/06 e s.m.i.) in riferimento allo stato ambientale dei futuri terreni di fondazione e alle criticità in essi riscontrate. Tale aspetto è infatti in corso di valutazione, attraverso un apposito iter di caratterizzazione-bonifica-messa in sicurezza, tra ARPA e gli altri Enti di controllo, consulenti terzi e il Dipartimento dei Vigili del Fuoco.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	2 di 49

Il rilascio del titolo edilizio potrà pertanto avvenire solo a valle della positiva conclusione dell'iter di bonifica ambientale di cui sopra.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato condotto secondo la normativa vigente di settore, in particolare:

- D. P. R. 5 ottobre 2010, n. 207 Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture»;
- D.M. 17 gennaio 2018 Nuove norme tecniche per le costruzioni 2018;
- D.G.R. 5001/2016 contenente i criteri attuativi previsti dalla Legge Regionale 33/15;
- L.R. 33/2015 in materia di costruzioni in zona sismica e relativa vigilanza;
- D.G.R. 2129/2014 con la nuova classificazione sismica regionale;
- Eurocodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- Eurocodice 7 Progettazione geotecnica;
- D.G.R. del 30 novembre 2011 n. 9/2616, 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 con d.g.r. 22/12/2005 n. 8/1 566 e successivamente modificati con d.g.r. 28/05/2008 n. 8/7374;
- D.G.R. del 28 maggio 2008 n. 8/7374, 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 con d.g.r. 22/12/2005 n. 8/1 566;
- DGR del 22 dicembre 2005 n. 8/1566 – “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 ”;
- OPCM 3 maggio 2005 Ulteriori modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	3 di 49

tecno habitat

società di ingegneria

per le costruzioni in zone sismiche” (Ordinanza n. 3431)–(G.U.n.107 del 10 maggio 2005–
Suppl.Ord.n.85);

- 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” (G.U. n. 105 del 8.05.2003);
- D.M.LL.PP 11/03/88 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	4 di 49

3 INQUADRAMENTO GENERALE DEL SITO

3.1 Inquadramento catastale

Da un punto di vista catastale l'intervento ricade nel Foglio 107, mappali 4225 e 4227 del NCT del comune di Lecco (vedi figura sotto).



Figura 1 – Estratto della mappa catastale dal sito di Regione Lombardia (in rosso l'area di pertinenza)

3.2 Inquadramento geografico

L'area in oggetto è localizzata nel comune di Lecco, in località "Bione", nella porzione sud-occidentale del territorio comunale, sulla sponda idrografica sinistra del Lago di Garlate. Essa è individuata dalle seguenti coordinate:

- Sistema UTM: 32T 531570.59 m E 5075492.91 m N (ingresso cancello sud)
- Quota media s.l.m.: 198 m
- Comune: Lecco
- Provincia: Lecco
- Regione: Lombardia

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	5 di 49

tecno habitat

società di ingegneria

Di seguito si riporta uno stralcio della Sezione "B4d4" della Carta Tecnica Regionale della Lombardia (C.T.R.) e una ortofoto della zona, con evidenziato il perimetro dell'area oggetto di indagini.

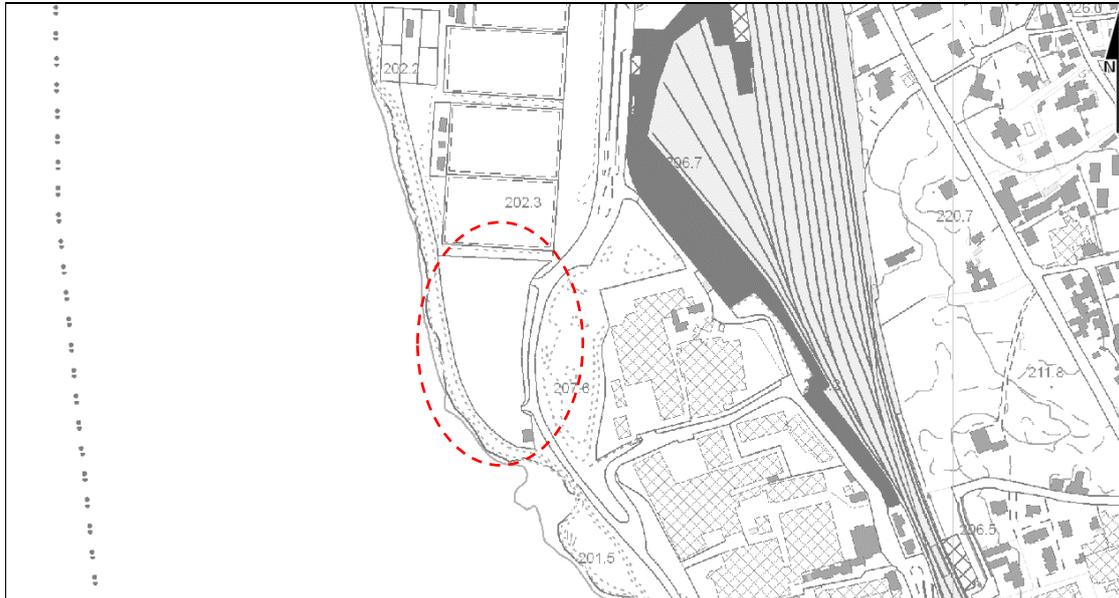


Figura 2 - Stralcio C.T.R. Regione Lombardia con individuazione dell'area indagata (cerchio rosso)



Figura 3 – Ortofoto con individuazione dell'area indagata (nel cerchio rosso)

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	6 di 49

3.3 Inquadramento geologico e geomorfologico

Come desumibile dalla componente geologica a supporto del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del comune di Lecco, in generale l'area lecchese è caratterizzata da vari affioramenti del substrato roccioso di natura sedimentaria e da abbondanti depositi terrigeni quaternari di copertura (depositi morenici, alluvionali e lacustri). Le unità sedimentarie affioranti hanno un'età compresa tra il Triassico (Anisico) ed il Paleogene-Neogene basale e sono rappresentate dalle Molasse Alpine.

E' possibile distinguere quattro diversi tipi di depositi terrigeni: glaciali, fluviali, lacustri, gravitativi e antropici. Le estese coperture tendono a mascherare sia le formazioni rocciose basali sia i motivi strutturali esistenti nella zona.

Le diverse unità litostatigrafiche individuabili sono:

- **Substrato roccioso** (*Triassico medio-Cretacico inferiore*): Calcarea di Angolo, Calcarea di Esino, Calcarea Metallifera Bergamasca, Arenarie di Val Sabbia, Formazione di Gorno, Formazione di San Giovanni Bianco, Dolomia principale, Calcarea di Zu, Dolomia a Conchodon, Calcarea di Sedrina, Calcarea di Moltrasio, Calcarea di Domaro, Rosso Ammonitico Lombardo, Formazione di Sogno, Gruppo del Selcifero Lombardo, Maiolica, Sass de la Luna.

- **Depositi di copertura** (*Neogene-Quaternario*): nella conca lecchese è possibile distinguere in successione stratigrafica i depositi morenico-lacustri (Sistema del Po), i conglomerati alluvionali e fluvio-glaciali e i depositi prettamente morenici (Sistema di Cantù).

L'assetto geomorfologico del territorio comunale di Lecco è assai vario comprendendo aree costiere sottoposte alle dinamiche lacustri (sponde orientali del Lago di Como e di Garlate) e porzioni di territorio a tipica morfologia delle Prealpi calcaree, con valli profondamente incise da processi legati all'azione dei corsi d'acqua (Gerenzone, Bione e Caldono) e creste e pareti rocciose (Coltignone e Resegone), sottoposte a intensi processi di degradazione.

Si rilevano in prevalenza forme legate all'azione della gravità e ad alterazioni chimico fisiche dei materiali che portano a diffusi fenomeni franosi (crolli e scorrimenti) sia nei depositi di copertura sia nel substrato roccioso.

I fenomeni attivati dalla gravità hanno profondamente segnato la morfogenesi del territorio caratterizzato da estesi accumuli di materiale detritico che bordano le pareti rocciose e coprono in maniera discontinua, con spessore fino ad alcune decine di metri, i versanti. Queste coltri sono caratterizzate da diverso grado di cementazione e, in alcuni casi, si possono assimilare come comportamento geomeccanico a materiali lapidei.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	7 di 49

tecno habitat

società di ingegneria

Sono stati rilevati, in studi precedenti, anche estesi accumuli di paleofrane, come ad esempio presso i Piani d'Erna, dove il materiale di accumulo dell'avvenuta frana costituisce la porzione sommitale della zona di Versasio.

La presenza di corsi d'acqua a carattere torrentizio con elevato trasporto solido e deposizione di materiale in corrispondenza degli sbocchi a lago ha creato numerose conoidi alluvionali alla confluenza delle valli laterali torrentizie con la valle del fiume Adda.

Le conoidi, legate all'azione erosiva, di trasporto e deposito dei materiali da parte dei corsi d'acqua torrentizi, possono essere definite come forme di deposito, con superficie a forma di segmento di cono, che si irradiano sottopendio dal punto in cui il corso d'acqua esce da un'area montuosa e cambia il gradiente topografico (Ricci Lucchi, 1978).

Nelle aree di scorrimento dei torrenti principali si rintracciano altre forme dovute all'azione delle acque correnti superficiali cui si uniscono quelle legate alla dinamica lacustre

Dalla Carta Geologica in scala 1 : 50000 del Progetto CARG, Foglio "Lecco" (di cui è visibile uno stralcio nella figura che segue), emerge che l'area in oggetto sorge su depositi antropici, verosimilmente poggianti su depositi lacustri del Quaternario.

Scendendo nel dettaglio del sito indagato, durante le indagini è emersa la presenza di una coltre superficiale di terreni di riporto dallo spessore variabile ma generalmente corposo, compreso cioè tra i 6.0 e i 10. 0 m.

Al di sotto di questa copertura sono stati rinvenuti depositi di natura glacio-lacustre e fluvio-glaciale, litologicamente costituiti da sabbie fini e medie, limose o debolmente argillose, intervallate da sottili lenti di materiale più grossolano (ghiaia e, localmente, ciottoli).

Da un punto di vista geomorfologico l'area, che si presenta oggi completamente pianeggiante, rappresenta il "colmamento" artificiale, realizzato mediante materiale di origine antropica, di quella che era l'originale sponda lacustre, che digradava nel lago con ripidità molto più accentuata, oltre che arretrata di circa 100 m rispetto all'attuale sponda.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	8 di 49

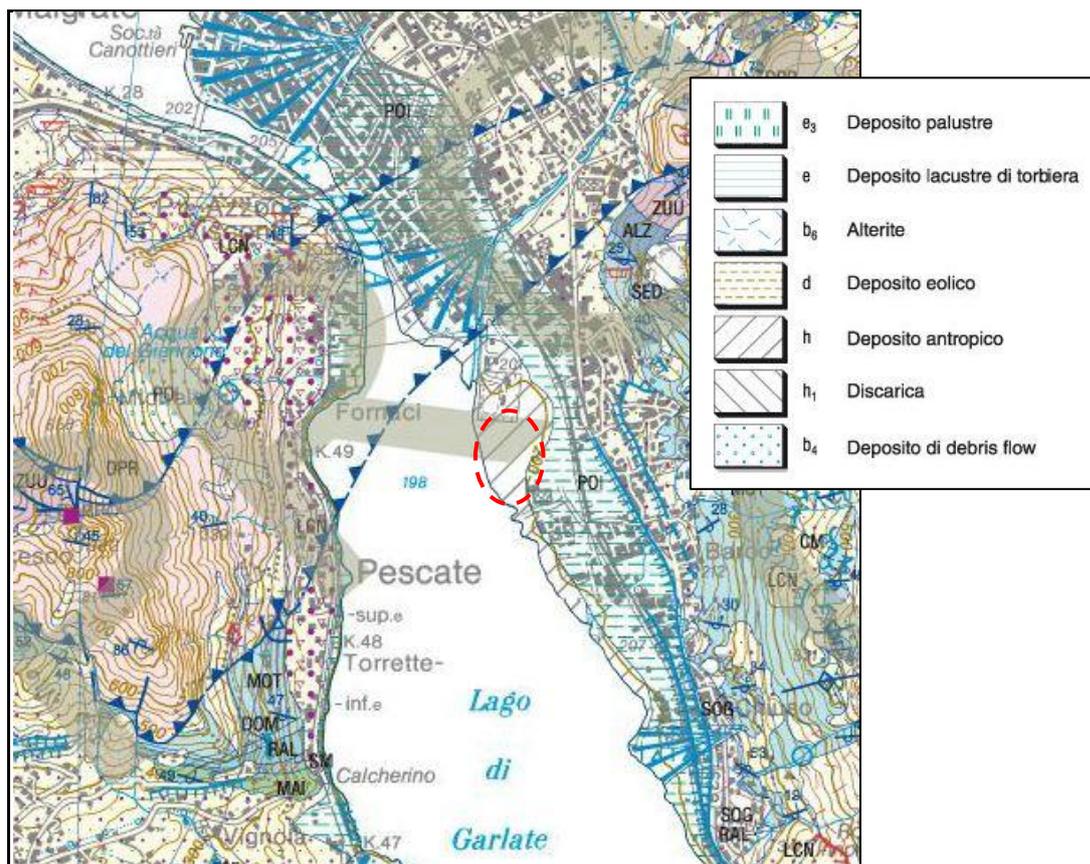


Figura 4 – Stralcio della carta geologica ISPRA in scala 1 : 50000 (Progetto CARG), nel cerchio rosso la zona di interesse.

3.4 Inquadramento idrogeologico

Come desumibile dal PGT, in linea generale, la falda sotterranea è contenuta nei depositi ghiaioso-sabbiosi di natura alluvionale delle conoidi coalescenti dei torrenti Gerenzone, Caldone e Bione, che localmente raggiungono i 130 m di spessore. Tali corpi presentano una struttura tipicamente lenticolare, con livelli di argilla e/o limo di ambiente fluvio-glaciale presenti sull'intera estensione dell'acquifero.

Sebbene non continue, queste lenti diminuiscono la vulnerabilità della falda proteggendo gli strati più profondi.

Sulla base inoltre dell'analisi delle stratigrafie dei pozzi limitrofi e di quanto già elaborato e descritto nella relazione tecnica di indagine di caratterizzazione ambientale prodotta nel Maggio 2017 a cura dello studio "Geologica", è possibile identificare le principali unità idrogeologiche presenti nel sottosuolo che, dalla più recente alla più antica, risultano essere le seguenti:

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	9 di 49

- *unità ghiaioso-sabbiosa* (depositi di conoide- facies alluvionali e fluviali del Pleistocene Medio e Sup.)
- *unità limoso-argillosa* (depositi fluvio-lacustri- Villafranchiano?)

Le caratteristiche litologiche e strutturali delle suddette unità sono così descrivibili:

Unità ghiaioso-sabbiosa - Questa unità è costituita da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbiosi che nella porzione più superficiale sono attribuibili ai depositi di conoide alluvionale di età wurmiano-olocenica e nella porzione più profonda a depositi fluvio-glaciali prewurmiani.

L'azione di erosione e deposito operata dai corsi d'acqua che si originano dai versanti rocciosi a tergo dell'abitato di Lecco, ha permesso infatti l'edificazione di alcune conoidi di deiezione, tra le quali quella del T. Bione e del T. Tuf che individuano unità idrogeologiche caratterizzate dalla netta prevalenza di litotipi grossolani (ghiaie e sabbie prevalenti) di buona permeabilità con orizzonti limosi di limitata spessore ed estensione areale.

Questa unità costituisce l'acquifero principale dell'area in quanto forma il serbatoio della falda a carattere libero presente nel settore in esame.

L'unità ghiaioso-sabbiosa presenta uno spessore piuttosto variabile connesso sia alla geometria delle conoidi (porzione apicale, distale e laterale) sia all'andamento del substrato roccioso o dell'unità limoso-argillosa in profondità.

In genere le stratigrafie dei pozzi per acqua perforati in zona conducono a valutare spessori massimi di 25-30 m, che diminuiscono a circa 10-15 m in direzione del Lago di Garlate, laddove i depositi appartenenti a tale unità passano lateralmente a depositi fluvio-lacustri.

L'alimentazione dell'acquifero si deve principalmente all'infiltrazione di acque meteoriche, a perdite di subalveo dei corsi d'acqua e localmente all'alimentazione operata dai bacini lacustri.

Unità limoso-argillosa

Le fasi preglaciali e interglaciali che hanno contraddistinto il Pleistocene medio e inferiore hanno portato alla formazione di depositi palustri e alluvionali che individuano un'unità idrogeologica formata in prevalenza da argille e limi con subordinati livelli sabbiosi. Lo spessore complessivo è assai variabile (da pochi metri a ridosso dei versanti a 50-60 m in corrispondenza dell'asse vallivo). Per le caratteristiche di bassa permeabilità l'unità è scarsamente produttiva ma riveste notevole significato idrogeologico in quanto sostiene la falda contenuta nell'unità soprastante dei depositi di conoide.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	10 di 49

Nel dettaglio dell'area in esame, la falda sotterranea è intercettabile mediamente a circa 4.5 m dal piano campagna. Non si tratta in realtà di un corpo acquifero tradizionale ma dell'acqua lacustre che filtra nei terreni spondali e li satura fino alla quota del pelo libero dell'acqua del lago stesso. Per avere una conferma di questo fenomeno è sufficiente confrontare la quota dello zero idrometrico del lago con la quota della falda nel sito in oggetto (entrambe attestate a circa 197 m s.l.m.).

Considerata la litologia prevalente in sito, l'area in esame risulta caratterizzata da una bassa permeabilità, come desumibile dalla carta idrogeologica redatta a supporto del P.R.G. del Comune di Lecco.

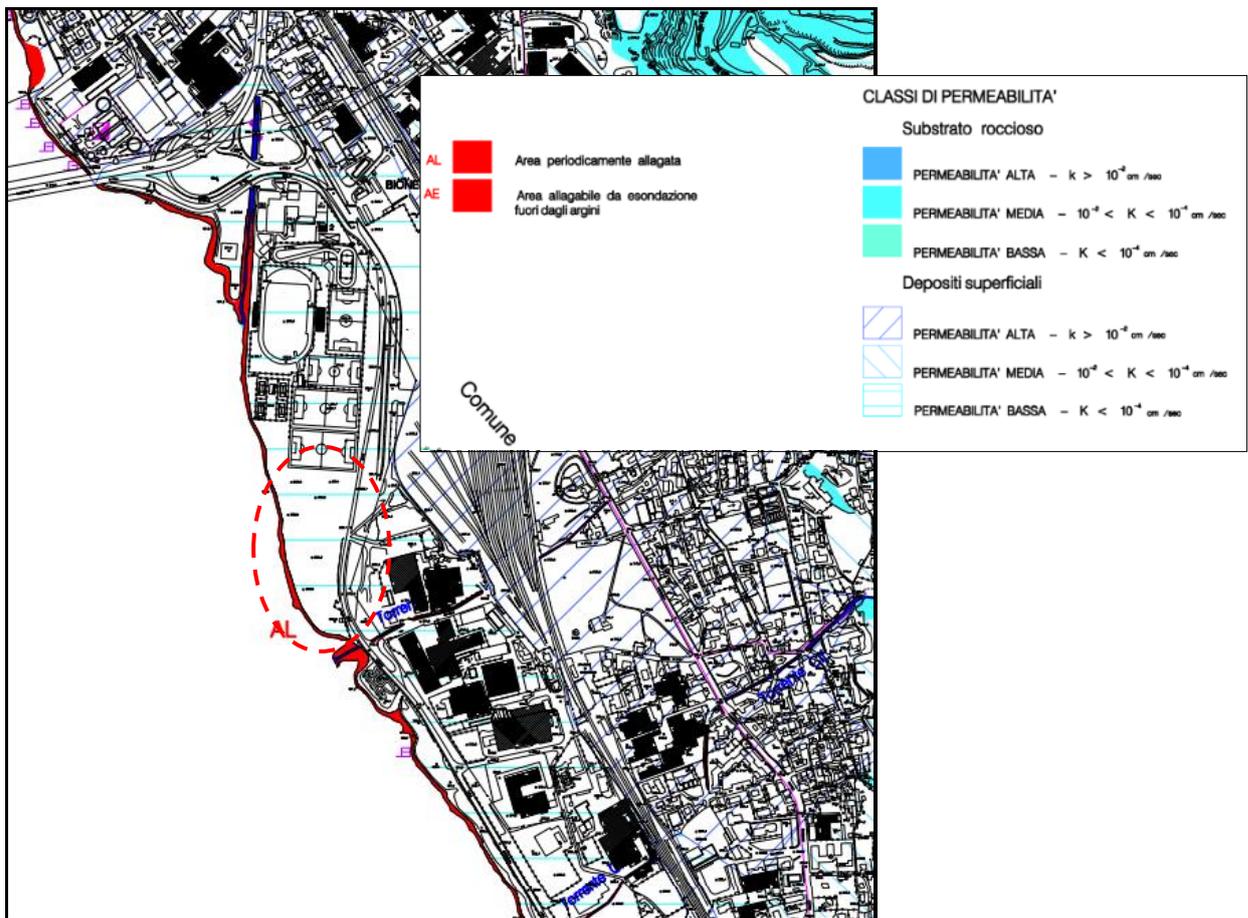


Figura 5 – Stralcio della carta idrogeologica a supporto del PRG con indicazione dell'area in studio (cerchio rosso)

3.5 Pericolosità sismica locale, vincoli e fattibilità geologica

3.5.1 Definizione dell'azione sismica locale

Il rischio sismico del territorio può essere identificato con i danni attesi prodotti da un terremoto e deriva dall'interazione tra la pericolosità sismica e la vulnerabilità sismica del sito stesso.

La pericolosità sismica, intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito, è legata invece alle caratteristiche sismotettoniche, alle modalità di rilascio dell'energia alla sorgente, al percorso di propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e alla loro interazione con la geologia e la geomorfologia locale.

La vulnerabilità sismica, intesa come la propensione di un edificio a subire un danneggiamento a seguito di un evento sismico, è legata alle caratteristiche costruttive dell'edificio stesso; la combinazione di questi due fattori porta alla valutazione del rischio sismico.

La normativa sismica (D.M. 16 gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003 suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C = S^2 / 100$). Lo spettro di progetto $S_a(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione e che di regola è unitario, salvo che per "terreni particolarmente compressibili" per i quali si consiglia di incrementare e fino a 1.3.

A seguito della D.G.R 11 Luglio 2014 – n. X/2129 – “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia” entrata in vigore dal 10 Aprile 2016 (D.G.R 10 ottobre 2014 – n. X/2489) il Comune di Lecco è passato in classe sismica 3.

In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento e la gestione della "mappa di pericolosità sismica" prevista dall'OPCM 3274.

Già l'Ordinanza PCM 3519 del 27/04/06 forniva una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inseriva il territorio di **LECCO** nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.025 e 0.050 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	12 di 49

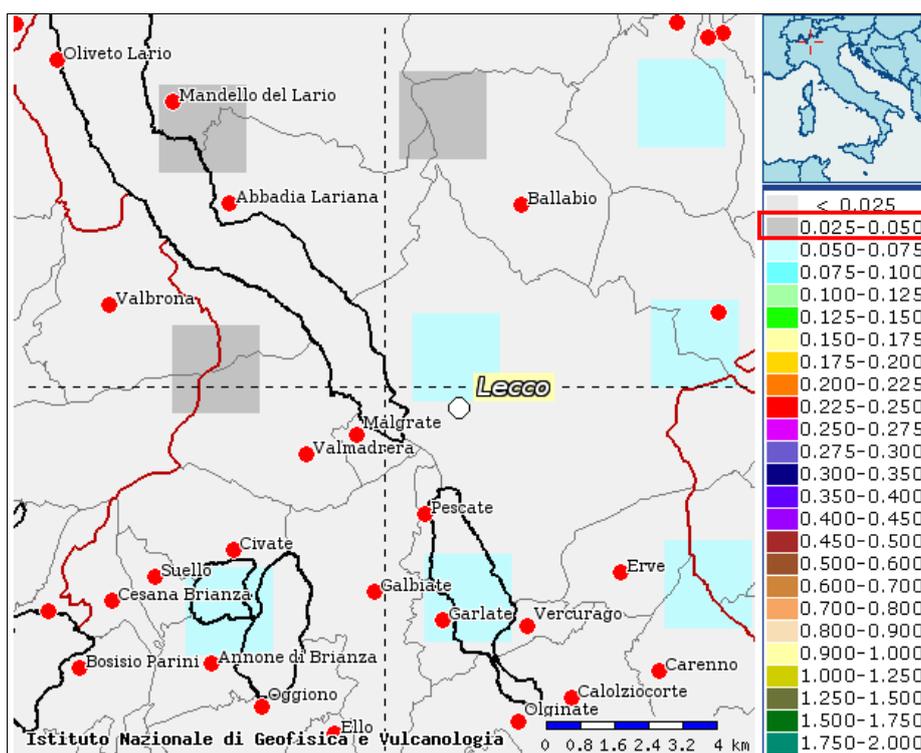


Figura 5 - Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

In seguito, nell'ambito della revisione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e dividono il territorio sulla base di 4 zone sismiche, che mantengono tuttavia una funzione prevalentemente amministrativa. La Regione Lombardia ha stabilito, nella D.G.R. n°8/7374 del 28/05/2008 (punto 1.4.3), che "la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'OPCM 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria".

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, la determinazione delle azioni sismiche fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti; pertanto, in fase di progettazione, la determinazione delle azioni sismiche non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito.

Tali indicazioni coincidono per lo più con quelli riportati nell'Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l'utilizzo di programmi applicativi.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	13 di 49

tecno habitat

società di ingegneria

Per quanto riguarda le categorie di sottosuolo, secondo le NTC 2018, vengono eliminate le categorie S1 ed S2, mentre con l'utilizzo della $V_{S,eq}$, le categorie di sottosuolo B, C e D vengono ampliate inglobando alcune configurazioni che rientravano in S2, quando il bedrock sismico si posizionava tra i 3 ed i 25 metri dal piano di riferimento. Inoltre la Categoria di sottosuolo D (che nelle NTC08 erano definite con $V_{s,30} < 180$ m/sec) viene classificata con valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 100 e 180 m/sec. Inoltre, com'è possibile osservare dalla seguente tabella, non si ricava più la categoria di sottosuolo usando N_{SPT30} o C_{U30} .

Categorie	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio ($V_{S,eq}$) 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 fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ($V_{S,eq}$) compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ($V_{S,eq}$) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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 ($V_{S,eq}$) 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.

Tabella 1 – Categorie di sottosuolo

Nelle definizioni precedenti $V_{S,eq}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	14 di 49

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

h_i = spessore dello stato i -esimo;

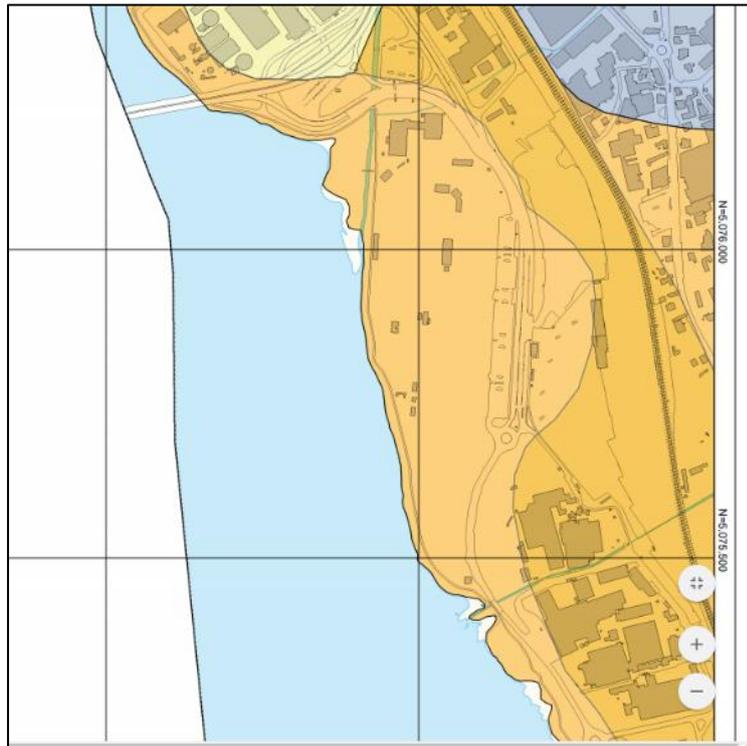
$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Riguardo alla zona di interesse, analizzando la Carta di pericolosità sismica locale di I livello del PGT del Comune di Lecco, essa è classificata come ZONA 2, ovvero "zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) e zone con depositi granulari fini" (vedi figura seguente).

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	15 di 49



LEGENDA - CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE DI PRIMO LIVELLO

SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

-  Z1a = Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
-  Z1b = Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
-  Z1c = Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
-  Z2 = Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) e zone con depositi granulari fini
-  Z3a = Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)
-  Z3b = Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate
-  Z4a = Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
-  Z4b = Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre
-  Z4c = Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

Figura 6 – Stralcio della carta della pericolosità sismica locale tratta dal PGT del Comune di Lecco (nel cerchio rosso l'area di interesse)

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	16 di 49

3.5.2 Vincoli e fattibilità geologica

Come desumibile dalla Tavola dei Vincoli (di cui è visibile uno stralcio nella Figura 7 che segue) non risultano gravare sull'area vincoli di natura idraulica o idrogeologica.

Nella Carta di Sintesi (di cui è visibile uno stralcio nella Figura 8), nella quale viene riassunto il quadro delle criticità e dei vincoli, viene quindi evidenziato che nell'area sono presenti terreni con scadenti caratteristiche geotecniche a causa della presenza di colmamenti e riporti antropici.

Analizzando infine la Carta della Fattibilità Geologica (Figura 9), che traduce in termini di prescrizioni e accorgimenti tutti i vincoli e le criticità del territorio, emerge che l'area ricade in CLASSE 2, "fattibilità con modeste limitazioni", a causa delle caratteristiche scadenti dei terreni di fondazione.

Sulla base delle Norme geologiche di Piano (Allegato 1 della Relazione Geologica del PGT), tale classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

Per superare tali condizioni limitative, sono necessari approfondimenti di carattere geologico, geotecnico e idrogeologico che valutino la compatibilità dell'intervento previsto con le caratteristiche del sito.

Per tutti gli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione edilizia, di recupero e risanamento conservativo, di manutenzione straordinaria (art. 27, comma 1, lettere e), d), c), b), della L.R. 12/2005) è obbligatoria la relazione geologica, applicando quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC, 2008) e s.m.i., ad eccezione che per gli interventi di manutenzione straordinaria finalizzati alla realizzazione ed integrazione dei servizi igienico-sanitari e tecnologici, per le modificazioni dell'assetto distributivo interno di singole unità immobiliari, nonché per gli interventi necessari al superamento delle barriere architettoniche a condizione che questi ultimi non comportino la realizzazione di opere strutturali articolate in corpi edilizi.

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o intervento e devono riguardare il volume significativo di terreno, ossia la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto o che influenza il manufatto stesso.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	17 di 49

In generale, si prescrive di non modificare il naturale scorrimento delle acque e di ridurre al minimo gli sbancamenti e i riporti di materiale, al fine di non alterare l'equilibrio naturale del pendio. L'impermeabilizzazione delle superfici sarà consentita solo laddove necessaria.

Per le "aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche" si hanno le seguenti prescrizioni:

- redazione di uno studio sulle condizioni stratigrafiche e sul regime delle pressioni interstiziali per valutare l'omogeneità e la tendenza a produrre cedimenti differenziali da parte dei terreni di appoggio dei piani fondali, attraverso indagini geognostiche che attestino le condizioni di uniformità laterale del sito di interesse progettuale; il tipo e la tecnica esecutiva delle indagini devono essere scelti in funzione della natura dei terreni e delle operazioni da compiere (prelievo di campioni indisturbati, installazione di strumenti di misura, esecuzione di prove, ecc.);
- classificazione e caratterizzazione fisico-meccanica dei depositi superficiali e determinazione della loro potenza (depositi antropici/riporti) attraverso prove e indagini in sito e/o specifiche prove di laboratorio (vedi tab. C6.2.1 della Circolare 2009 n. 617/C.S.LL.PP.) eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR 6 giugno 2001, n. 380;
- verifica delle condizioni predisponenti e studio della potenziale liquefacibilità dei terreni presenti;
- esame dell'assetto idrogeologico generale.



COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	18 di 49

LEGENDA - CARTA DEI VINCOLI

VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA (ai sensi della D.G.R. n. 7/7868 del 25.01.2002 e s.m.i.)

-  Fascia di rispetto del reticolo idrico minore di ampiezza 4m
-  Fascia di rispetto del reticolo idrico minore di ampiezza 4m per i tratti intubati
-  Fascia di rispetto del reticolo idrico minore di ampiezza 10m
-  Fascia di rispetto del reticolo idrico principale di ampiezza 10m

AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE (D.LGS. n. 258/2000, art. 5, comma 4)

-  Pozzo pubblico per uso idropotabile
-  Sorgente captata
-  Sorgente captata con galleria drenante
-  Zona di tutela assoluta
-  Zona di rispetto (D.G.R. n. 6/15137 del 27.06.1996)

AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (L. n. 267/1998)

-  Frane: Zona 1 (Z1)
-  Frane: Zona 2 (Z2)

VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO (L. N. 183/1989)

FRANE

-  Area di frana attiva (Fa)
-  Area di frana quiescente (Fq)
-  Area di frana stabilizzata (Fs)

ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO

-  Area a pericolosità elevata (Eb)
-  Area a pericolosità media o moderata (Em)

TRASPORTO IN MASSA SU CONOIDI

-  Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)

VALANGHE

-  Area a pericolosità media o moderata (Vm)

Figura 7 – Stralcio della carta dei vincoli tratta dal PGT del Comune di Lecco (nel cerchio rosso l'area di interesse)

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	19 di 49



LEGENDA - CARTA DI SINTESI

AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI

Are sottoggette a crolli/ribaltamenti diffusi

Nicchia

Are di frana attiva

Scivolamento rotazionale/traslattivo

Colamenti

Crollo/Ribaltamento (nicchia)

Crollo/Ribaltamento (accumulo)

Are di frana quiescente

Scivolamento rotazionale-traslattivo/nicchia

Scivolamento rotazionale-traslattivo/accumulo

Are a pericolosità potenziale per frane complesse quiescenti

Nicchia

Accumulo

Are di frana relitta

Accumulo

Are a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata

Area sorgente

Area influenza

Siti valanghivi

Are interessate da valanghe già avvenute

Are a probabile localizzazione di valanghe potenziali

Are estrattive

Ambito estrattivo

Ambito di sfruttamento

Pendenze

Versanti in roccia con pendenze superiori a 35°

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Zona di tutela assoluta

Zona di rispetto (D.G.R. n. 6/15137 del 27.06.1996)

AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Are potenzialmente inondabili

Are sottoggette ad esondazioni lacuali

Are potenzialmente interessate da flussi di detrito

Are interessabili da fenomeni di erosione fluviale

AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Are prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante

Are con consistenti disomogeneità tessitura verticali e laterali

Are con riporti di materiale, aree colmate

INTERVENTI IN AREE DI DISSESTO O DI PREVENZIONE IN AREE DI DISSESTO POTENZIALE

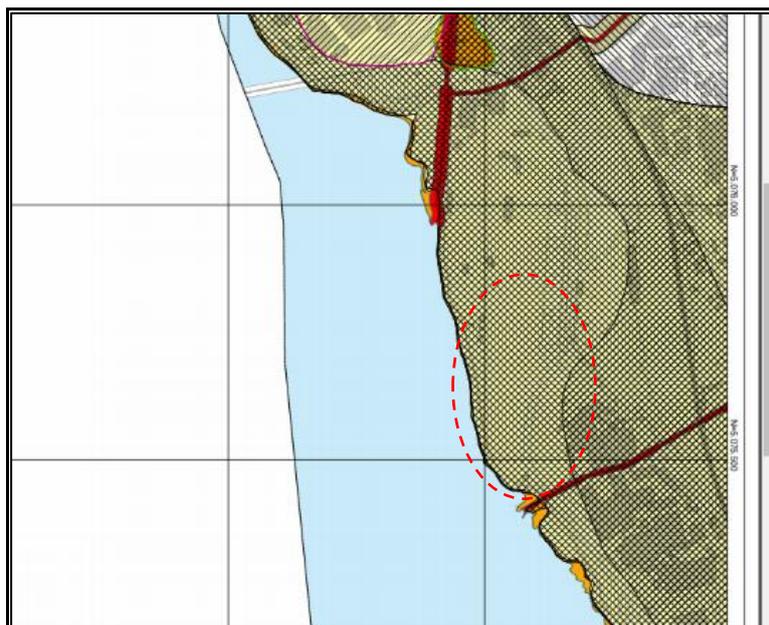
Reti in aderenza e chiodature

Vallo paramassi

Reti paramassi

Figura 8: Stralcio della carta di sintesi tratta dal PGT del Comune di Lecco (nel cerchio rosso l'area di interesse)

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	20 di 49



LEGENDA - CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA

CLASSI DI FATTIBILITA'

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

AREE SOGGETTE AD AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

-  Z2 = Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) e zone con depositi granulari fini
-  Z3a = Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)
-  Z3b = Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate
-  Z4a = Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
-  Z4b = Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre
-  Z4c = Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

VINCOLI

AMBITI SOGGETTI ALL'ART. 50 DELLE N.d.A. DEL PAI

-  Area a rischio idrogeologico molto elevato

AMBITI SOGGETTI ALL'ART. 94 COMMA 4 DEL D.LGS. N. 152/2006

-  Area di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile

AMBITI SOGGETTI ALL'ART. 5, COMMA 4 DEL D.LGS. N. 258/2000

-  Area di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile

AMBITI SOGGETTI ALL'ART. 9 DELLE N.d.A. DEL PAI

-  Area di frana attiva (Fa)
-  Area di frana quiescente (Fq)
-  Area di frana stabilizzata (Fs)
-  Area a pericolosità elevata (Eb)
-  Area a pericolosità media o moderata (Em)
-  Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)
-  Area a pericolosità media o moderata (Vm)

Figura 7 - Stralcio della Carta della Fattibilità Geologica tratta dal PGT del Comune di Lecco (in rosso l'area di interesse)

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	21 di 49

4 INDAGINI IN SITO

4.1 Descrizione dell'opera e volume di terreno significativo

I dettagli della struttura da realizzare non sono ancora stati definiti dal momento che il progetto si trova nella sua fase preliminare.

Allo stato attuale risulta noto che l'edificio in progetto avrà un'impronta a forma di "C", con il corpo centrale allungato rispetto alle due ali laterali; ingombro in pianta di circa 2000 m², due piani fuori terra e nessun piano interrato. Completerà il progetto un edificio separato destinato a torre di addestramento.

Nonostante non siano ancora noti i dettagli dell'ubicazione della struttura e della tipologia di fondazioni che saranno realizzate, e che quindi non sia possibile calcolare con precisione il volume significativo di terreno (cioè la parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa), è possibile affermare che il volume di terreno finora indagato sia esaustivo e le indagini condotte consentano la caratterizzazione geologica e geotecnica dell'area in oggetto.

Sono infatti stati eseguiti in totale n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (n. 2 nel 2007 spinti fino a 30 m di profondità e n. 3 nel 2017 spinti fino a 15 m di profondità, tutti adibiti a piezometro) oltre a n. 3 prove penetrometriche e una indagine sismica.

I due sondaggi del 2007 (denominati rispettivamente S3 e S5) sono stati corredati da una serie di prove SPT, dal prelievo di alcuni campioni indisturbati (tipo Shelby) - su cui sono state eseguite una serie di prove di laboratorio - e dall'installazione di un doppio piezometro per ciascun foro.

Le tre prove penetrometriche dinamiche (nominate P1, P2 e P3), spinte fino alla profondità di 19.50 m, hanno permesso una correlazione con i dati derivanti dagli SPT, ottenendo una più completa caratterizzazione geotecnica del terreno.

I tre sondaggi geognostici eseguiti nel 2017 (nominati S1, S2 ed S3), sono stati eseguiti a carotaggio continuo, spinti fino alla profondità di 15 metri dal piano campagna e, in seguito, adibiti a piezometro (PZ1, PZ2 e PZ3).

Le prove sopra elencate sono state distribuite uniformemente sul sito al fine di fornire un quadro geologico – tecnico esaustivo di tutta l'area sia in termini di estensione superficiale sia in profondità.

L'ubicazione delle indagini sopra descritte è illustrata nella Tavola 1 in **Allegato 1** mentre le stratigrafie di tutti i sondaggi sono consultabili in **Allegato 2**.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	22 di 49

4.2 Sondaggi geognostici eseguiti nel 2007

I sondaggi sono stati eseguiti utilizzando una sonda perforatrice idraulica Boartlongyear Gelma1 montata su cingoli.

Come utensile per la perforazione ed il recupero dei campioni è stato utilizzato un carotiere semplice con le seguenti caratteristiche:

Diametro Esterno	Diametro Interno	Lunghezza Utile	Corona
101 mm	94 mm	150 cm	Widia

Tabella 2 – Caratteristiche del carotiere utilizzato per il sondaggi del 2007

Per sostenere le pareti del foro si sono utilizzati rivestimenti provvisori costituiti da tubi in acciaio diam. esterno da 127 mm.

I sondaggi, realizzati tutti a “carotaggio continuo”, sono stati spinti fino a 30 m, adottando tutte le precauzioni necessarie a mantenere intatte le caratteristiche dei materiali prelevati. L’avanzamento del carotiere è avvenuto a “secco” senza utilizzare fluidi di perforazione. La presenza dei piezometri permetterà il monitoraggio della falda attraverso misurazioni distribuite nel tempo in modo da controllare l’escursione stagionale della falda stessa nel periodo di massimo e minimo.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno indagato sono state eseguite una serie di prove (sia in situ che in laboratorio) quali: Standard Penetration Test (SPT), prove penetrometriche dinamiche, analisi granulometriche, determinazione del contenuto naturale d’acqua e del peso secco di volume, limiti di Atterberg, prove edometriche, una prova triassiale, prove di taglio diretto e una prova di permeabilità a carico variabile.

Standard Penetration Test (S.P.T.)

Le prove penetrometriche standard (S.P.T.) consistono nel misurare il numero di colpi N necessari ad infiggere per un tratto di 30 cm un campionatore (avente diametro esterno 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza, complessiva di scarpa e raccordo alle aste, di 813 mm). Per l’infissione viene utilizzata una massa battente di 63,5 Kg che cade da una altezza di 76,2 cm, corrispondente ad un lavoro di 0,5 KJ per colpo. In terreni ghiaiosi la scarpa tagliente viene sostituita da una punta conica con diametro di 51 mm e angolo al vertice di 60°.

tecno habitat

società di ingegneria

Nel corso delle indagini del 2007 le prove SPT sono state eseguite durante i sondaggi S3 ed S5 secondo lo schema che segue:

FORO DI SONDAGGIO S3		FORO DI SONDAGGIO S5	
Profondità esecuzione SPT m da p.c.	N. Colpi SPT/15 cm N1 - N2 - N3	Profondità esecuzione SPT m da p.c.	Numero Colpi SPT/15 cm N1 - N2 - N3
1.50	20 – 50 – Rif 10 cm	1.50	3 – 3 - 17
3.00	6 – 10 - 8	3.00	9 – 4 - 4
4.50	1 – 1 - 2		
6.00	9 – 23 - 11	6.00	17 – 25 - 11
7.50	3 - 3 - 11		
9.00	6 - 7 - 10	9.00	11 – 13 - 7
12.00	11 – 10 - 10		
15.00	4 – 8 - 10	16.50	7 – 10 - 8
28.50	4- 10 - 12	30.00	12 - 23 - 30

N1 = numero colpi necessari per l'avanzamento del campionatore nei primi 15 cm

N2 = numero colpi necessari per l'avanzamento del campionatore nei successivi 15 cm

N3 = numero colpi necessari per l'avanzamento del campionatore negli ultimi 15 cm

$N_{spt} / 30 \text{ cm} = N2 + N3$

Il dettaglio dei valori ottenuti dalle prove è riportato anche nelle stratigrafie in **Allegato 2**.

Prove Penetrometriche Dinamiche (SCPT)

Sono state eseguite tre prove penetrometriche dinamiche, P1, P2 e P3, spinte fino alla profondità di 19,50 m ed eseguite mediante l'utilizzo di un penetrometro montato su carrello cingolato e avente una spinta di infissione di 20t. I risultati hanno permesso una correlazione con i dati derivanti dagli SPT, ottenendo una più completa caratterizzazione geotecnica del terreno.

La prova consiste nell'infingere in continuo nel terreno una punta conica collegata alla superficie da una batteria d'aste. Viene rilevato il numero di colpi necessari per far sì che le aste penetrino nel terreno di 30 cm (N_p), valore che per le interpretazioni verrà collegato al valore N_{spt} (dal quale vengono calcolati densità relativa e angolo d'attrito). Il rifiuto alla penetrazione avviene quando per affondare la punta di 30 cm sono necessari più di 50 colpi.

Il numero di colpi della prova SCPT (N_{30}) è correlato con l'equivalente numero di colpi della prova SPT (N_{SPT} ; Standard Penetration Test) secondo la seguente relazione :

$$N_{30} / N_{SPT} \approx 0,5 \div 0,6 \text{ (Cestari 1990)}$$

La correlazione tra N_{30} e N_{SPT} permette di interpretare i risultati ottenuti al fine di ricavare le necessarie informazioni su di uno o più delle seguenti argomentazioni:

- stratigrafia degli strati e loro omogeneità;
- caratteristiche meccaniche del terreno;
- capacità portante di fondazioni superficiali e/o profonde.

In **Allegato 3** sono riportati tutti i tabulati dei valori ottenuti dalle prove e le prime elaborazioni empiriche eseguite per una prima stima dei parametri geotecnici.

Test di laboratorio su campioni prelevati in foro

Durante l'indagine eseguita sono stati prelevati n° 5 campioni indisturbati e n° 7 campioni rimaneggiati.

I campioni indisturbati sono stati prelevati utilizzando un campionatore a pareti sottili infisso a pressione (modello "Shelby"), dotato di valvola di sfogo per aria e acqua, avente lunghezza 600 mm e diametro 100 mm.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	25 di 49

tecno habitat

società di ingegneria

Le fustelle sono state successivamente sigillate con paraffina fusa e siglate e successivamente consegnate al laboratorio geotecnico per l'elaborazione delle prove previste.

Le tabelle seguenti riportano le profondità di prelievo dei campioni indisturbati e dei campioni rimaneggiati:

SONDAGGIO S3

Profondità m da p.c.	Campione indisturbato	Campione rimaneggiato
0.50		R 1
2.50		R 2
4.50		R 3
5.50		R 4
8.60		R 5
10.50	S 1	
18.0	S 2	
30.0	S 3	

SONDAGGIO S 5

Profondità m da p.c.	Campione indisturbato	Campione rimaneggiato
0.50		
2.50		R 1
4.50		
5.50		
9.00		R 2
11.00	S 1	
19.50	S 2	
30.0		

Le prove sono elencate di seguito:

Determinazione del peso secco di volume:

- S3 (10,50 – 11,20 m, 18,00 – 18,70 m, 30,00 – 30,70 m);
- S5 (11,00 – 11,70 m, 25,00 – 25,70 m);

Determinazione del contenuto naturale d'acqua:

- S3 (10,50 – 11,20 m, 18,00 – 18,70 m, 30,00 – 30,70 m);
- S5 (11,00 – 11,70 m, 25,00 – 25,70 m);

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	26 di 49

Limiti di Atterberg:

- S3 (10,50 – 11,20 m, 18,00 – 18,70 m, 30,00 – 30,70 m);

Analisi granulometrica su terreni:

- S3 (10,50 – 11,20 m, 18,00 – 18,70 m, 30,00 – 30,70 m);
- S5 (11,00 – 11,70 m, 25,00 – 25,70 m);

Prove edometriche (ASTM D 2435):

- S3 (18,00 – 18,70 m);
- S5 (25,00 – 25,70 m);

Prova triassiale UU (Racc. A.G.I.):

- S3 (18,00 – 18,70 m);

Prove di taglio diretto (ASTM 3080):

- S3 (30,00 – 30,70 m);
- S5 (25,00 – 25,70 m);

Prova di permeabilità a carico variabile:

- S5 (25,00 – 25,70 m).

Tutti i certificati delle prove geotecniche di laboratorio condotte sono riportati in **Allegato 3**.

4.3 Sondaggi geognostici eseguiti nel 2017

I sondaggi, denominati S1, S2 e S3 e realizzati tutti a “carotaggio continuo”, sono stati spinti fino a 15 m (S2 fino a 14,50 m), adottando tutte le precauzioni necessarie a mantenere intatte le caratteristiche dei materiali prelevati.

In ogni foro di sondaggio sono quindi stati installati dei piezometri aventi tratto cieco da 0 a - 3 m da p.c. e tratto fessurato da -3 m da p.c. fino a fondo foro. Il tratto fenestrato è stato rivestito con calza di protezione per evitare l'ingresso di particelle fini. Il dreno è stato realizzato con ghiaietto siliceo. La presenza dei piezometri permetterà il monitoraggio della falda (attraverso misurazioni distribuite nel tempo in modo da controllare l'escursione stagionale della falda stessa nel periodo di massimo e minimo).

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	27 di 49

4.4 Indagine Geofisica

In occasione delle indagini geotecniche del 2007 è stata condotta anche una indagine geofisica del tipo sismica a rifrazione basata sulla propagazione delle onde dirette di taglio SH.

E' stato a tale scopo realizzato uno stendimento della lunghezza di 110 m con l'infissione nel terreno di 12 geofoni a spaziatura 10 m.

Nella Tavola in **Allegato 1** viene riportata la traccia dello stendimento sismico realizzato mentre in **Allegato 4** viene riportata la sezione sismica interpretativa.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	28 di 49

5 RISULTATI

5.1 Analisi geotecniche di laboratorio

Vengono di seguito riepilogati i principali risultati emersi dalle prove geotecniche condotte in laboratorio sui campioni prelevati.

SONDAGGIO S 3

ID CAMPIONE PROFONDITÀ	Wn umidità naturale %	Peso di volum e kN/m ³	Peso di volum e secco g/cm ³	LL Limite Liquid o %	LP Limite Plastic o %	IP Indice Plastic o %	Classificazion e U.S.C.S ASTM	Granulometria -Aerometria % ghiaia % sabbia % limo % argilla
S3 10.5-11.2m	22.7	21.55	17.56	32	20	12	CL	47 19 25 9
S3 18.0-18.7m	37.1	18.12	13.22	46	28	18	OL	0.0 7 74 19
S3 30.0-30.7m	16.9	22.19	18.89	18	17	1	ML	3 40 52 5

ID CAMPIONE	IC INDICE DI CONSISTENZA	CA % IN PESO ARGILLA	IA INDICE DI ATTIVITÀ
S3 10.5-11.2m	0.47	9	0.05
S3 18.0-18.7m	0.5	19	0.03
S3 30.0-30.7m	2	5	0.4

SONDAGGIO S 5

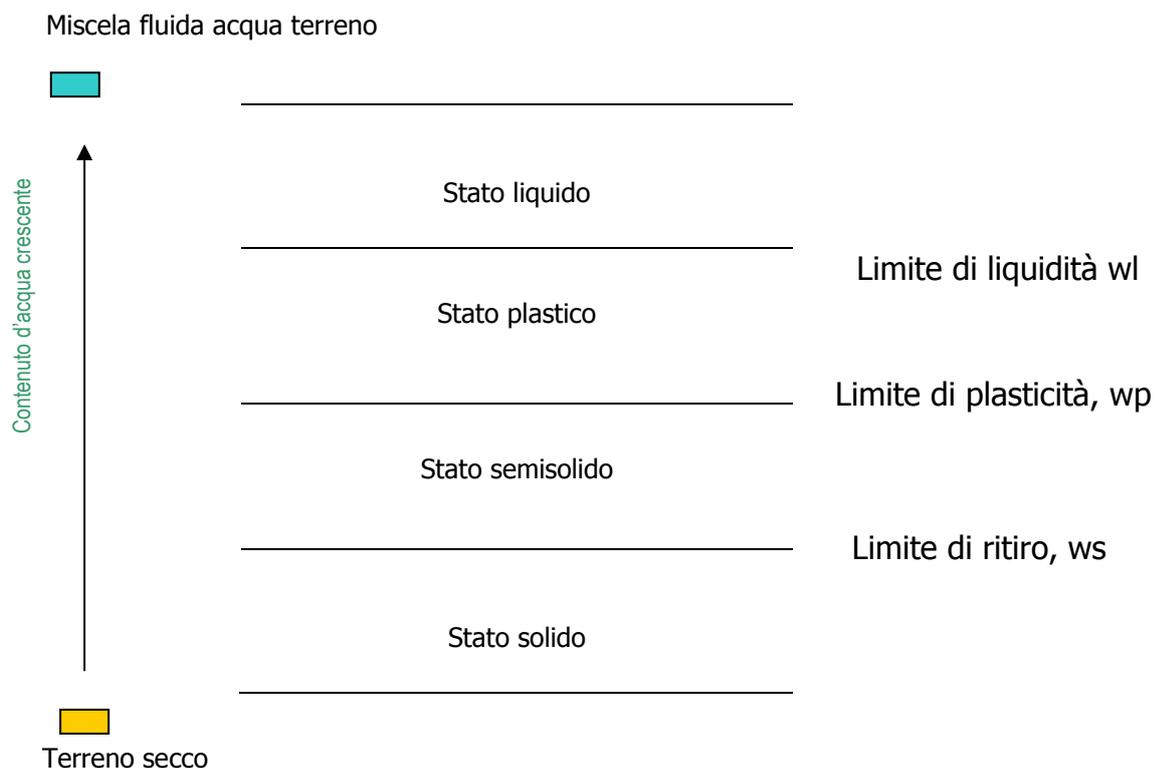
ID CAMPIONE PROFONDITÀ	Wn umidità naturale %	Peso di volum e kN/m ³	Peso di volum e secco g/cm ³	LL Limite Liquido %	LP Limite Plastico %	IP Indice Plastico %	Permeabilità m/s	Granulometria- Aerometria % ghiaia % sabbia % limo % argilla
S5 11.0-11.7m	20.9	21.83	18.6	-	-	-	-	13 62 23 2
S5 25.0-25.7m	21.3	20.59	16.9	-	-	-	1.1 x10 ⁻⁵	0.0 91 9 0

Limiti di Atterberg

Una valutazione di tipo esclusivamente qualitativo di alcune proprietà del terreno può essere definita utilizzando i limiti di Atterberg basandosi sul concetto che un terreno a grana fine può esistere in quattro differenti stati, in funzione del valore del contenuto d'acqua. Un terreno è allo stato solido se è secco, e passa successivamente allo stato semisolido, plastico, ed infine allo stato liquido, all'aumentare del contenuto d'acqua.

I valori del contenuto d'acqua che delimitano i vari stati sono definiti limite di ritiro, limite di plasticità, limite di liquidità.

L'indice di plasticità indica l'ampiezza dell'intervallo dei valori di contenuto d'acqua entro il quale il terreno rimane allo stato plastico ed è la differenza tra il limite liquido ed il limite plastico.



La figura seguente riporta la Carta di Plasticità di Casagrande dei campioni indisturbati prelevati durante l'indagine, in ascissa si riporta il Limite di liquidità ed in ordinata l'Indice di Plasticità.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	30 di 49

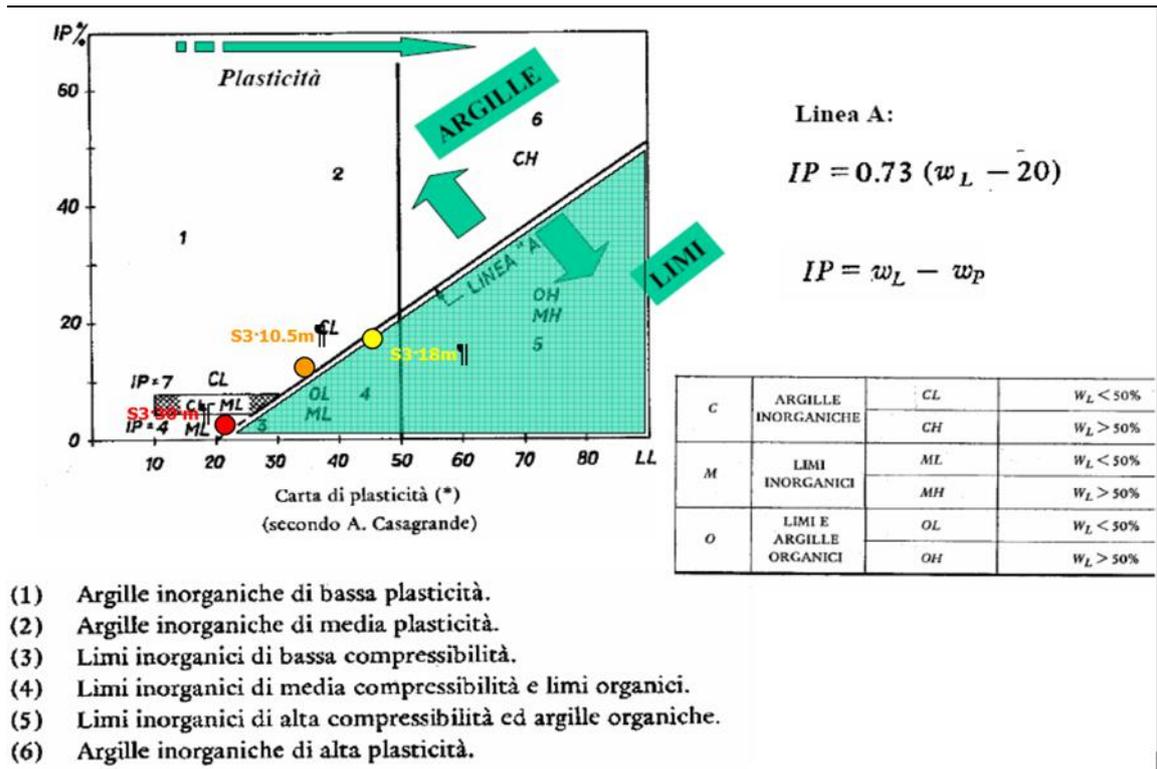


Figura 9 – Carta di plasticità (secondo A. Casagrande)

I terreni ricavati dai campioni indisturbati sono di natura essenzialmente limosa-argillosa con un comportamento di medio bassa compressibilità e plasticità.

Potenziale di rigonfiamento

In relazione all'indice di plasticità ed al valore del limite di ritiro-liquidità è possibile, a titolo indicativo, definire lo stato di rigonfiamento dei campioni analizzati. Osservando la tabella dei valori limite sotto riportata è possibile concludere che i terreni analizzati rientrano nella categoria dei terreni con potenziale di rigonfiamento basso.

Campione	Potenziale di cambiamento di volume	Indice di plasticità Ip	Limite del ritiro ws %	Limite liquido wl %
S3 10.5-11.2m S3 18.0-18.7m S3 30.0-30.7m	Basso	< 18	>15	20-35
-	Medio	15-28	10-15	35-50
-	Elevato	25-41	7-12	50-70
-	Molto elevato	> 35	<11	>70

Tabella 3 - Indici di rigonfiamento Holtz (1959) e Dakshanamurthy e Raman (1973)

Indice di consistenza

Per quanto riguarda lo stato di consistenza, cioè il grado di compattezza raggiunto dal terreno in rapporto al contenuto d'acqua, i campioni prelevati si possono definire come:

consistenza molle plastica S3 10.5-11.20 m

consistenza molle plastica-plastica S3 18.0-18.7 m

consistenza semi solida S3 30.0-30.70 m

Indice di consistenza:

$$I_c = \frac{w_L - w}{w_L - w_P}$$

Ic	consistenza
<0	molle (liquida)
0 - 0.5	medio-bassa (plastica)
0.5 - 1	medio-elvata (plastica)
>1	elevata (solida)

Campione		Valori di IC	Consistenza
/	$W_n > W_l$	< 0	Fluida
/		$< 0 \text{ IC } < 0.25$	Fluido plastica
S3 10.5-11.20 m		$< 0.25 \text{ IC } < 0.50$	Molle plastica
S3 18.0-18.7 m		$< 0.50 \text{ IC } < 0.75$	Plastica
		$< 0.75 \text{ IC } < 1$	Solida plastica
S3 30.0-30.70 m	$W_n > W_s$	$\text{IC} > 1$	Semisolida
	$W_n < W_s$	$\text{IC} > 1$	Solida

Tabella 4 - Tabella Consistenza dei terreni da Lancellotta

Indice di attività

L'indice di attività IA di un terreno si ottiene dividendo il valore dell'indice di plasticità per il valore della percentuale in peso del contenuto delle particelle argillose ottenuto dall' aerometria.

IA = indice di plasticità/ % frazione argillosa è pari a :

Indice di attività	Terreni
< 0.75	inattivi
$0.75 - 1.25$	mediamente attivi
> 1.25	attivi

In base ai valori ricavati la quasi totalità dei campioni in esame si possono definire **inattivi** in quanto presentano valori inferiori a 0,75.

EDOMETRIA (ASTM D 2435)

Per la determinazione delle caratteristiche di compressibilità del terreno, si esegue una prova di consolidazione ad espansione laterale impedita detta "Prova edometrica". Si prepara, con un'apposita fustella, un campioncino circolare di 6 cm di diametro e 2 cm di altezza che viene inserito in una cella opportunamente predisposta e quindi sottoposto ad una serie di carichi

tecno habitat

società di ingegneria

crescenti, così come riportato nei certificati allegati, ognuno per una durata di 24 ore e prendendo nota del cedimento che si ottiene. Tale cedimento permette di calcolare, in corrispondenza di ogni carico, l'indice dei vuoti e conseguentemente il modulo edometrico, il coefficiente di compressibilità e l'indice di compressibilità.

Dalle prove di compressione edometrica sono stati ricavati i seguenti valori:

CAMPIONE S3 18,00-18,70 M

indice dei vuoti iniziale $e_0 = 0.885$,
indici di compressibilità $C_c = 0.228$
indice di rigonfiamento $C_s = 0.0028$,
Coefficiente di permeabilità 1.1×10^{-10}
Coefficiente di consolidazione $C_v 2.5 \times 10^{-7}$

CAMPIONE S5 25,0-25,70 M

indice dei vuoti iniziale $e_0 = 0.495$,
indici di compressibilità $C_c = 0.068$
indice di rigonfiamento $e C_s = 0.0010$,
Coefficiente di permeabilità N.D.
Coefficiente di consolidazione N.D.

Tutti i certificati di prova delle analisi geotecniche di laboratorio sono riportati in **Allegato 3**.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	34 di 49

5.2 Modello geologico

I dati desunti dalla campagna d'indagine realizzata e dalle risultanze delle prove di laboratorio hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico, idrogeologico e geotecnico i terreni indagati.

L'elaborazione dei dati ha evidenziato la presenza di una successione stratigrafica composta da n. 4 orizzonti litologici principali distinti per natura litologica, granulometria e grado di consistenza.

Modello litostratigrafico e geomeccanico del sito

Da un punto di vista litostratigrafico l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza della successione come di seguito schematizzata:

ORIZZONTE A: depositi di natura antropica costituiti da terreni di riporto (composti da rifiuti misti quali inerti, laterizi, scorie di fonderia etc. in matrice sabbioso – limosa con ghiaia e ciottoli) individuati fino ad una profondità massima di 8.0 – 9.0 m.

Tale coltre si presenta estremamente eterogenea sia da un punto di vista della natura e composizione litologica sia di conseguenza da un punto di vista del comportamento geotecnico mostrando infatti valori di Nscpt variabili da 4 a superiore a 50 (rifiuto).

ORIZZONTE B: individuato da circa 9.0 m a 11.00 m, costituito litologicamente da sabbia fine limosa, debolmente argillosa (valori medi Nscpt 8-20, tipici di un deposito poco addensato)

ORIZZONTE C: esteso da circa 11.00 m fino a circa 17.5 m, costituito da litologie sabbiose di colore grigio, localmente argilloso-limose (mediamente addensato, valori medi Nscpt 10-28).

ORIZZONTE D: esteso da circa 17.5 m fino alla massima profondità di 30,0 m da p.c., costituito da sabbia media e fine, debolmente limosa (molto addensato, valori Nscpt 22-49).

Il modello geomeccanico rispecchia il suddetto modello litostratigrafico di riferimento per quanto riguarda lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli orizzonti litotecnici individuati. Si ha quindi:

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	35 di 49

tecno habitat

società di ingegneria

PROFONDITA' media (m da p.c.)	MODELLO LITOSTRATIGRAFICO	MODELLO GEOMECCANICO	N _{SPT} media
0.00 ÷ 9.00 m	Terreno di riporto / Rifiuti	Orizzonte A	4÷Rifiuto
9.00 ÷ 11.00 m	Sabbia fine limosa debolmente argillosa	Orizzonte B	18÷27
11.00 ÷ 17.50 m	Sabbia grigia localmente limoso-argillosa	Orizzonte C	24÷42
17.50 ÷ 30.00 m	Sabbia media – fine, debolmente limosa	Orizzonte D	33÷74

Tabella 5 – Modello geomeccanico

Nella seguente tabella viene riportato il profilo geotecnico dei vari livelli riconosciuti, suddivisi sulla base delle seguenti caratteristiche: litologia prevalente, stato di addensamento dei materiali, proprietà fisico-meccaniche.

All'interno del range di riferimento è possibile identificare il valore medio, considerato come valore medio spaziale ovvero: la media dei valori relativi ad un determinato volume di terreno (esempio : volume di terreno interessato dal cuneo di rottura o da una superficie di scivolamento).

I parametri geotecnici degli orizzonti in esame sono stati ricavati utilizzando le correlazioni riportate in letteratura ed in particolare da: *Atti del corso di aggiornamento "Esplorazione geologico-tecnica" organizzato dalla Scuola d'Ingegneria del Canton Ticino e da "Fondazioni" di Joseph e.Bowles.*

Si evidenzia che, relativamente all'Orizzonte A dei riporti/rifiuti, sono stati forniti dei valori medi a titolo meramente indicativo, dal momento che si tratta di un livello estremamente eterogeneo, discontinuo e rimaneggiato che non può essere definito da valori medi rappresentativi dell'intero strato.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	36 di 49

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI FONDAZIONE			
Orizzonte A - Terreno di riporto e rifiuti (valori solo orientativi)			
CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	Simbolo	Unità di misura	Valore
Classificazione			incoerente
Spessore medio		m	8.5
Addensamento			medio
Densità relativa	Dr	%	40÷50
PESI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di volume	γ	t/m ³	1,75÷1,85
Peso di volume immerso	γ'	t/m ³	0,75÷0,85
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	Simbolo	Unità di misura	Valore
Angolo di attrito efficace	ϕ	°	27-29
Coesione efficace	C'	Kg/cm ²	-
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	-
PARAMETRI ELASTICI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	120-150
coefficiente di Poisson	μ	-	0,35
Orizzonte B – Sabbia fine limosa debolmente argillosa			
CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	Simbolo	Unità di misura	Valore
Classificazione			incoerente
Spessore medio		m	2,50
Densità relativa	Dr	%	50÷60
Addensamento			Medio
PESI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di volume	γ	t/m ³	1,80÷1,90
Peso di volume immerso	γ'	t/m ³	0,80÷0,90
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	Simbolo	Unità di misura	Valore
Angolo di attrito efficace	ϕ	°	30÷32
Coesione efficace	C'	Kg/cm ²	-
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	-
PARAMETRI ELASTICI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	180÷250
coefficiente di Poisson	μ	-	0,30
Orizzonte C – Sabbia grigia localmente limoso argillosa			
CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	Simbolo	Unità di misura	Valore
Classificazione			incoerente
Spessore medio		m	7
Densità relativa	Dr	%	60÷70
Addensamento			Medio - elevato
PESI	Simbolo	Unità di misura	Valore
Peso di volume	γ	t/m ³	1,85÷1,95

tecno habitat

società di ingegneria

Peso di volume immerso	γ'	t/m ³	0,85÷0,95
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Angolo di attrito efficace	ϕ	°	31÷34
Coesione efficace	C'	Kg/cm ²	-
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	-
PARAMETRI ELASTICI	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	200÷300
coefficiente di Poisson	μ	-	0,30
Orizzonte D – Sabbia medio fine debolmente limosa			
CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Classificazione			incoerente
Spessore medio		m	12,0
Densità relativa	Dr	%	70÷80
Addensamento			Elevato
PESI	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso di volume	γ	t/m ³	2,00÷2,10
Peso di volume immerso	γ'	t/m ³	1,00÷1,10
PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Angolo di attrito efficace	ϕ	°	38÷40
Coesione efficace	C'	Kg/cm ²	-
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	-
PARAMETRI ELASTICI	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	300÷500
coefficiente di Poisson	μ	-	0,25

Peso dell'unità di volume γ : è stato assunto sulla base dei valori tipici indicati in letteratura come γ_{wet} (peso dell'unità di volume umido) e γ' (peso dell'unità di volume immerso).

Densità relativa Dr: è un parametro che indica il grado di addensamento di un deposito incoerente e quindi la sua compressibilità. E' stata calcolata con la correlazione di Skempton il quale propone la seguente correlazione: $Dr = ((N1)_{60}/60)^{0,5}$

Dove $((N1)_{60})$ si riferisce al sistema di battitura pari a 60% tenendo conto della tensione verticale efficace in Kpa.

Angolo di attrito ϕ' : l'angolo di attrito esprime la resistenza al taglio dei terreni considerando nulla la coesione; il valore è stato ottenuto con la correlazione di Schmertmann (1977) in base alla densità relativa ed alla pressione efficace.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	38 di 49

Modulo elastico : indica la compressibilità del terreno; considerando i depositi incoerenti normalconsolidati si è assunto come valore di progetto quello ottenuto con la correlazione di D'apollonia et alii 1970.

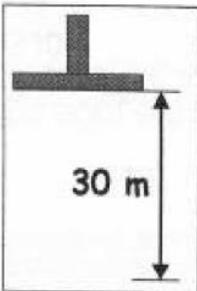
Modulo o rapporto di Poisson μ : costante elastica con valori compresi fra 0 e 5; sulla base delle indicazioni riportate in letteratura per terreni sabbioso ghiaiosi si può assumere un valore pari a 0,30/0,35.

5.3 Caratterizzazione sismica del sito

In base a quanto prescritto nelle NTC 2018, la velocità delle onde di taglio, $V_{s,eq}$, va “determinata mediante apposite misure dirette, derivanti da indagini geofisiche di tipo sismico”.

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate nell'indagine del 2007, è stato possibile calcolare il valore di V_{s30} secondo la formula:

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$


Il diagramma illustra un profilo del terreno con un livello di riferimento a 30 m di profondità. Una freccia indica la distanza di 30 m dal livello di riferimento al substrato.

Per ciascuna sezione sismica, il valore di V_s è stato definito lungo due punti equidistanti per valutare ed escludere la presenza di disomogeneità geologiche che possano indurre a grosse variazioni laterali di tale parametro, le velocità sono risultate abbastanza omogenee.

In tutte le sezioni sismiche, il parametro $V_s 30$ si è sempre mostrato compreso nei limiti della **Categoria C** dei suoli di fondazione (valori di velocità > 180 m/s e < 360 m/s) secondo la distinzione indicata dalle NTC 2018 (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ($V_{s,eq}$) compresi tra 180 m/s e 360 m/s*) con valori di $V_s 30$ misurati che variano da 290 a circa 3505 m/s.

In questo caso, per assenza di substrato sismico, la $V_{s,eq}$ viene definita dal parametro $V_s 30$.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	39 di 49

5.4 Parametri sismici

Poiché ci troviamo su di un terreno completamente pianeggiante, da un punto di vista topografico, il sito ricade nella classe T1 (Tab. 3.2.III - NTC 2018).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 6 - Caratteristiche della superficie topografica

Pertanto, gli elementi fondamentali dell'area di interesse ed i parametri sismici del sito in esame, trattandosi di un'area destinata ad ospitare le nuove strutture della caserma dei vigili del fuoco con funzioni pubbliche e strategiche importanti sono:

SITO IN ESAME	VALORE
latitudine:	45, 8359
longitudine:	9,40748
Vita nominale:	50
Classe d'uso dell'edificio:	IV
PARAMETRI SISMICI	VALORE
Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Coefficiente c_u :	2

Tabella 7 - Dati del sito di riferimento

Le azioni sismiche di ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U):

Tipo di costruzione	Classe d'uso	Coefficiente d'uso (C_U)	V_N	V_R
2	IV	2	50 anni	50 anni

Tabella 8 - Determinazione del periodo di riferimento

tecno habitat

società di ingegneria

A partire dai parametri di input sopra riportati, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} e del periodo di ritorno T_R , sono calcolati, per i diversi stati limite richiesti dalla norma, i valori a_g , F_0 , T_{C^*} e gli ulteriori parametri necessari per la caratterizzazione sismica locale:

		P_{VR}	T_R	a_g	F_0	T_{C^*}	S_s	C_c	St
		[adm]	[anni]	[g]	[adm]	[s]	[adm]	[adm]	[adm]
SLE	SLO	81%	60	0,028	2,56	0,20	1,50	1,79	1,00
	SLD	63%	101	0,034	2,59	0,22	1,50	1,73	1,00
SLU	SLV	10%	949	0,071	2,64	0,29	1,50	1,57	1,00
	SLC	5%	1950	0,088	2,67	0,31	1,50	1,55	1,00

Tabella 9 - Parametri e coefficienti sismici del sito

Si riportano di seguito i principali parametri e riferimenti che entrano in gioco:

P_{VR} = probabilità di superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite;

T_R = periodo di ritorno;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito (valore nominale);

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{C^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

C_c = coefficiente di categoria di sottosuolo

St = coefficiente di amplificazione topografica

T_b = tratto ad accelerazione costante

T_c = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

T_d = periodo inizio tratto a spostamento costante

F = fattore di amplificazione spettrale

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

SLE = stati limite di esercizio:

- **(SLO) Stato Limite di Operatività:** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **(SLD) Stato Limite di Danno:** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

SLU= stati limite ultimi:

- **(SLV) Stato Limite di salvaguardia della Vita:** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **(SLC) Stato Limite di prevenzione del Collasso:** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

I tre valori ottenuti di a_g , F_o e T_c^* definiscono le varie forme spettrali. Per calcolare il valore di A_{max} (accelerazione massima) occorre moltiplicare il valore di a_g per i coefficienti di amplificazione sismica (S) secondo la seguente relazione:

$$A_{max} = a_g \text{ (m/s}^2\text{)} * S$$

Poiché l'accelerazione massima deve essere fornita in m/s^2 , dai valori nominali di a_g trovati in precedenza si determina il valore di accelerazione massima attesa al sito moltiplicando prima i valori di a_g per $9,81 m/s^2$ e successivamente, per ottenere il valore finale di A_{max} relativo ad ogni stato limite, occorre moltiplicare $a_g \text{ (m/s}^2\text{)}$ per i coefficienti di amplificazione sismica S , con $S = S_s \times S_t$ (in questo caso $S = 1,5$ poiché $S_s=1,50$ e $S_t=1,00$).

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	42 di 49

		a_g (acc. orizz. max)	$a_g \times 9,81$ (m/s^2)	S (coeff.ampl. sismica)	A max (acc. max)	A max (acc. Max)
		[g]	m/s^2		m/s^2	g
SLE	SLO	0,028	0,27	1,5	0,40	0,041
	SLD	0,034	0,33	1,5	0,49	0,050
SLU	SLV	0,071	0,70	1,5	1,05	0,107
	SLC	0,088	0,86	1,5	1,29	0,131

Tabella 10 - Determinazione dell'accelerazione massima per i diversi stati limite

I coefficienti K_h (coefficiente sismico orizzontale riferito al sito) e K_v (coefficiente sismico verticale riferito al sito) hanno i seguenti valori:

		K_h	K_v
SLE	SLO	0,008	0,004
	SLD	0,010	0,005
SLU	SLV	0,020	0,010
	SLC	0,026	0,013

Tabella 11 - Valori del coefficiente sismico orizzontale (K_h) e verticale (K_v), riferiti al sito

5.5 Analisi del rischio alla liquefazione

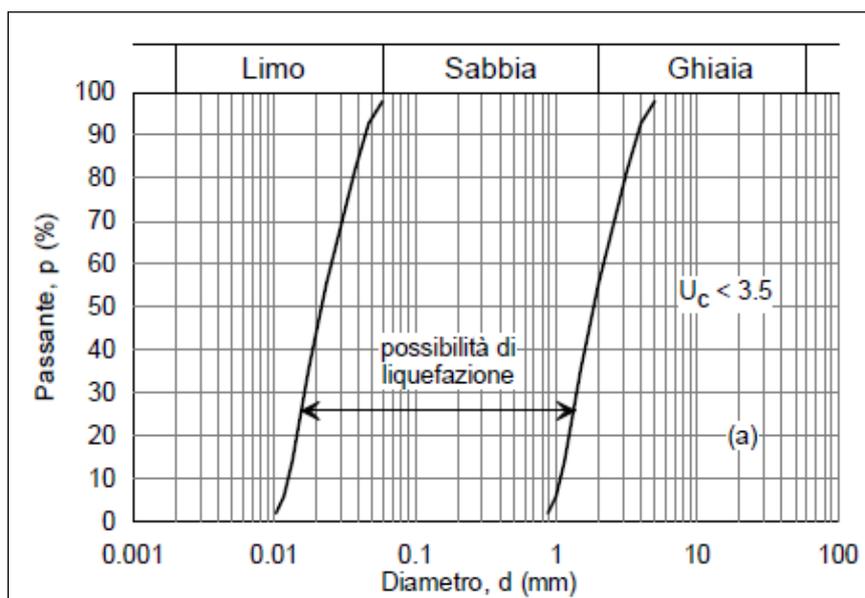
La liquefazione di un terreno è rappresentata dal quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. La predisposizione a tale fenomeno rappresenta un elemento da tenere in considerazione soprattutto in chiave di progettazione antisismica.

La liquefazione interessa soprattutto i depositi sabbiosi sciolti, posti sottofalda, che presentano le seguenti caratteristiche:

- Sabbie da fini a medie con contenuti in materiale fine variabile fra 0 e 25%;
- Grado di saturazione pari a 1 (terreni sotto falda);
- Da poco a mediamente addensati;
- Profondità del deposito entro i 15 m dal piano campagna;
- Valori di N_{spt} inferiori a 10 nei primi 10 m di profondità.

Il D.M. 17/01/18 riporta le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione, in particolare la verifica è da omettere quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} 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 nelle figure sottostanti, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



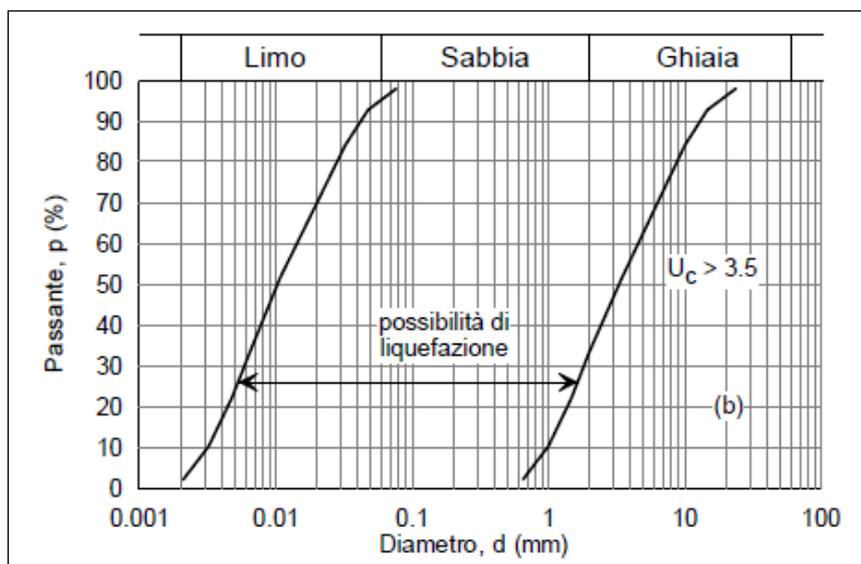


Tabella 12 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4, con riferimento al D.M. 17/01/08 (punto 7.11.3.4.2).

Il calcolo è stato eseguito sulla base dei risultati ottenuti da prove SPT eseguite in due sondaggi geognostici in foro e da una prova dinamica continua. E' stato utilizzato il metodo di Seed & Idriss. Per la stima della magnitudo si è utilizzato il metodo delle zone sismogenetiche con le modalità suggerite in "Indirizzi e criteri per la zonazione microsismica" della Protezione Civile.

Il sito è inserito nelle vicinanze del bordo nordoccidentale della ZS9-907 (Bergamasco), caratterizzata da $M = MwMax2 = 6.14$; esso si trova ad una distanza di interesse dalla zona ZS9-906 (Garda-Veronese), con $M = MwMax2 = 6.60$ (cfr. le figure); poiché la distanza minima tra il sito e quest'ultima zona risulta di circa $R = 79$ km, applicando la $M_s = 1 + 3 \cdot \log(R)$ suggerita dalla citata Protezione Civile, la magnitudo apparente al sito risulta ($M_s = 6.69$) superiore alla M della zona ZS9-907. Per il calcolo si è quindi assunta la magnitudo $MwMax2$ della zona ZS9-907, pari a 6.14.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	45 di 49

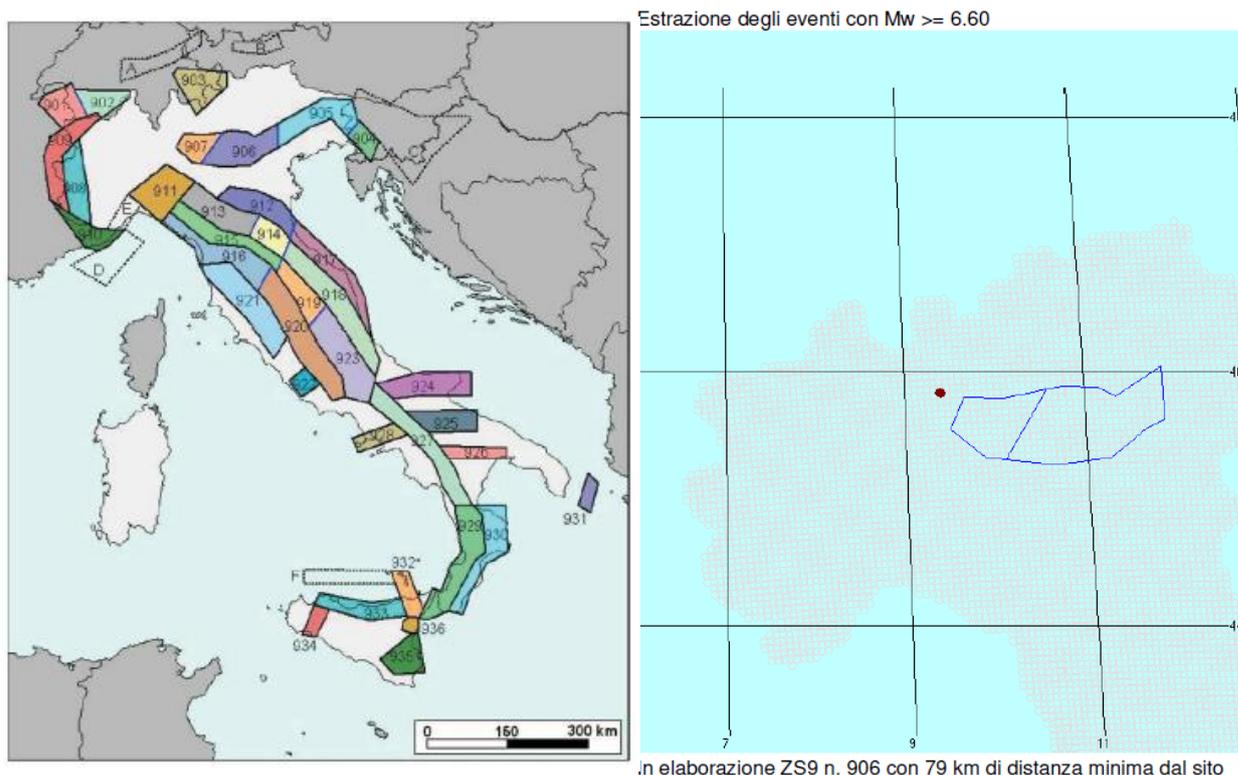


Figura 10 - Zone sismogenetiche d'Italia ed ubicazione del sito nella zona sismogenetica

Per quanto attiene l'accelerazione attesa, secondo la normativa NTC, per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per una struttura di progetto di Tipo IV con vita nominale di 50 anni, sul sito in esame (categoria di suolo C, categoria topografica T1, coefficiente c_u 2.0) l'accelerazione massima al suolo in *free-field* (PGA) raggiunge il valore 0.106 g (cfr il documento Lecco_GeostruReport_24-7-2018).

La falda idrica è stata posta a -5.0 m dal p.c

I calcoli sono stati eseguiti mediante un codice di calcolo in-house. I risultati del calcolo (vedi **Allegato 5**) indicano che, per quanto attiene la suscettibilità alla liquefazione, il terreno in esame è da classificare "NON LIQUEFACIBILE" con rischio di liquefazione "Molto Basso".

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	46 di 49

5.6 Assetto idrogeologico

La misura della quota piezometrica è stata eseguita nei punti di controllo di recente realizzazione (PZ1, PZ2, PZ3 del 2017) ha consentito la ricostruzione dell'andamento locale della superficie piezometrica del primo acquifero freatico.

I risultati del rilievo piezometrico sono visibili nella tabella di seguito riportata mentre in **Allegato 6** è visibile la rappresentazione grafica della piezometria del primo acquifero, dalla quale si evince una direzione di flusso circa N-S con un gradiente medio di circa 0.003.

CONDIZIONI STATICHE			
I.D.	Quota Topografica (m slm)	Soggiacenza (m)	Quota Piezometrica (m slm)
S1\PZ1	203.123	4.96	198.163
S2\PZ2	202.720	4.395	198.325
S3\PZ3	202.993	5.23	197.763

Tabella 13 – Sintesi dei valori piezometrici misurati nell'Ottobre 2017

6 CONCLUSIONI

Le indagini geologiche esperite nel 2007 e nel 2017 presso l'area oggetto della presente relazione hanno consentito di valutare il comportamento geomeccanico dei futuri terreni di fondazione e di inquadrare il sito da un punto di vista della fattibilità geologica.

In particolare, i risultati delle analisi eseguite, consentono di indicare i seguenti dati geologici e geotecnici di sintesi.

- Dalle indagini condotte sul PGT del Comune di Lecco è emerso che la zona di imposta del nuovo progetto non ricade in aree sottoposte a vincoli di natura geologica, idrogeologica o idraulica e che rientra nella classe di fattibilità geologica F2 (Fattibilità con modeste limitazioni). In base alle Norme Geologiche di Piano, contenute nella Relazione Illustrativa dello studio geologico del PGT, non si riscontrano in tali aree generali limitazioni all'edificabilità, fatta salva l'attenzione alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni e alla minima modifica della naturale circolazione delle acque superficiali.

Alla luce di quanto ad oggi noto, il progetto risulta pertanto compatibile, da un punto di vista dei vincoli attualmente esistenti a livello pianificatorio, con l'assetto dell'area.

- Da un punto di vista sismico, nella "Carta di pericolosità sismica locale di I livello" del PGT il sito è classificato come scenario di pericolosità sismica locale Z2, ovvero "zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) e zone con depositi granulari fini"; le condizioni morfologiche risultano ricadere nella Categoria T1; a seguito di indagine sismica locale, il sottosuolo dell'area è risultato classificabile in Categoria C (Tab. 3.2.II delle NTC);
- I terreni indagati risultano "non liquefacibili" in caso di sollecitazioni sismiche;
- nel sottosuolo del sito è stata intercettata una falda freatica, strettamente collegata al Lago di Garlate, caratterizzata da una soggiacenza media pari a circa 4.5 – 5,0 m;
- Da un punto di vista geologico-tecnico il sottosuolo del sito è suddivisibile in n. 4 orizzonti distinti per litologia e caratteristiche geomeccaniche. Al di sotto di una spessa coltre di terreni di riporto / rifiuti di origine antropica (estesa da piano campagna fino a circa 9.00 m di profondità) sono infatti presenti depositi prevalentemente sabbiosi, localmente limoso-argillosi, da mediamente addensati a molto addensati, aventi comportamento prevalentemente granulare con caratteristiche meccaniche che migliorano con la profondità.

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	48 di 49

tecno habitat

società di ingegneria

- Fatte salve ulteriori considerazioni di tipo ambientale in corso di svolgimento nella sede opportuna, è possibile concludere che, da un punto di vista geotecnico, il primo strato di terreni di riporto/rifiuti non sia assolutamente idoneo alla posa di alcun tipo di fondazioni, in considerazione della estrema eterogeneità dei depositi e delle scadenti caratteristiche meccaniche degli stessi.

Per la realizzazione delle strutture dovranno quindi essere previste fondazioni profonde quali pali (infissi o trivellati) spinti ad una profondità sufficiente da tramettere il carico delle strutture attraverso i depositi sabbiosi presenti al di sotto dei materiali antropici.

Relativamente ai materiali di riporto e rifiuti sopra citati, si precisa che il presente elaborato è stato redatto ai sensi della normativa vigente nel settore delle indagini geologiche e geotecniche a supporto di progettazioni strutturali in campo civile (in particolare le NTC18), valutando quindi la fattibilità dell'opera sulla base dei vincoli noti a livello di pianificazione territoriale e delle caratteristiche geologiche/geotecniche dei terreni di fondazione.

La presente relazione con le relative conclusioni non riguarda pertanto tutti gli aspetti di carattere ambientale che deriveranno dalle indagini di caratterizzazione ambientale in corso, condotte da altri consulenti in contraddittorio con gli Enti di controllo ai sensi della normativa ambientale vigente (in particolare D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

I giudizi di fattibilità dell'opera espressi nel presente documento sono pertanto riferiti esclusivamente ai vincoli noti a livello di pianificazione territoriale e alle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Il rilascio del titolo edilizio potrà pertanto avvenire solo a valle della positiva conclusione dell'iter di bonifica ambientale di cui sopra.

Per l'adempimento di quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC18), il presente studio dovrà inoltre essere integrato con una relazione geotecnica che motivi la scelta del sistema di fondazione adottato, ne verifichi gli aspetti di collasso per capacità portante agli SLU e le condizioni di equilibrio agli SLE.

Milano, 25/07/2018

Dott. Geol. Gianpaolo Iadarola*

** Documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005 s.m.i. e norme collegate. Sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa*

COMMITTENTE	TITOLO	VERSIONE	DATA STAMPA	PAGINA
Dip. VV.F. del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, Dir. Reg. Lombardia Via Ansperto, 4 - Milano (MI)	Relazione geologica a supporto del progetto di realizzazione della nuova sede centrale del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Lecco, sita nell'area fronte lago "Bione" di Lecco	1	25/07/2017	49 di 49