COMUNE DI

MORNAGO

PROVINCIA DI VARESE

PII PROGRAMMA INTEGRATO DI INTERVENTO

AREA DI TRASFORMAZIONE AT4: VIA STAZIONE

PII PG 02	RELAZIONE GEOLOGICA

ADOZIONE

ALLEGATO ALLA DELIBERAZIONE DI C.C. n°. DEL

Adozione	DELIBERAZIONE DI C.C. n°.	DEL
Controdeduzioni	DELIBERAZIONE DI C.C. n°.	DEL
Approvazione	DELIBERAZIONE DI C.C. n°.	DEL
Pubblicazione	BURL. n°.	DEL
Entrata in vigore		-

Il Responsabile del Procedimento	

CONTRATTO DI PARTENARIATO

TIGROS S.P.A.
MORNAGO PATRIMONIO E SERVIZI S.R.L. IN LIQUIDAZIONE

migliore engineering

PROGETTO IMPIANTO ELETTRICO
ing. Salvatore Maria Migliore

MORNAGO PATRIMONIO
E SERVIZI S.R.L. IN LIQUIDAZIONE
avv. Andrea Soncini
arch. Roberto Pozzi

TIGROS S.P.A.
avv. Alberto Rimoldi
ing. Enrico Moretti

INDICE

1. PREMESSA 2
2. NORMATIVA 2
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 2
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO 3
   4.1. Inquadramento geologico dell'area 3
   4.2. Geomorfologia 6
5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO 6
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 6
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI 9
8. INQUADRAMENTO SISMICO E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE 13
9. FATTIBILITA' GEOLOGICA 16
10. CONCLUSIONI 18

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta al fine di definire le caratteristiche geologiche dell'area in Comune di Mornago interessata dalla nuova viabilità definita dal progetto preliminare del Programma Integrato di Intervento.

La viabilità esistente è costituta dalla SP 17, che costeggia l'ambito di intervento e lungo la quale risulta presente l'interconnessione con la Via Laghetto sul lato opposto all'accesso attuale all'area sportiva.

L'accesso veicolare all'area avverrà mediante svincolo a rotatoria dalla strada provinciale.

2. NORMATIVA

Nella redazione della presente relazione ci si è riferiti alla seguente normativa:

- OPCM 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";
- D.G.R. 22 dicembre 2005, D.G.R. 22.12.2005 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 della L.R. 11.03.2005 n. 12";
- D.G.R. 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, primo comma, della L.R. 11.03.2005 n. 12", approvati con D.G.R. 22.12.2005, n. 8/1566";
- D.G.R. 30 novembre 2011 - n. IX/2616 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11.03.2005 n. 12", approvati con D.G.R. 22.12.2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374";
- D.G.R. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", entrata in vigore in data 10.04.2016;
- D.M.17.01.2018 Contenente le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC 2018);
- D.d.u.o. 22 maggio 2019 - n. 7237 Aggiornamento del d.d.u.o. 21 novembre 2013 n. 19904 - Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della D.G.R. n. 19964 del 7 novembre 2003.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Mornago è situato circa 10 chilometri a Sud del capoluogo di provincia Varese, in un'area caratterizzata da blandi rilievi collinari, ad un'altitudine media di circa 300 m s.l.m.

Il territorio comunale confina con i Comuni di Casale Litta a Nord-Ovest, Crosio della Valle a Nord, Sumirago ad Est, Besnate a Sud, Arsago Seprio a Sud-Ovest e Vergiate a Ovest-Sud-Ovest.

L'area di interesse si trova nella porzione occidentale del territorio comunale, all'incrocio tra la SP 17 e Via Laghetto (cfr. Figura 1).

Figura 1 - Corografia dell'area di progetto

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

4.1. Inquadramento geologico dell'area

Il territorio comunale di Mornago rientra nell'ambito dell'Anfiteatro morenico del Verbano; esso è caratterizzato dalla presenza di depositi incoerenti continentali di tipo glaciale e fluvioglaciale che ricoprono il substrato roccioso.

Dal basso verso l'alto, ossia dalla più antica alla più recente, si susseguono le seguenti Unità:

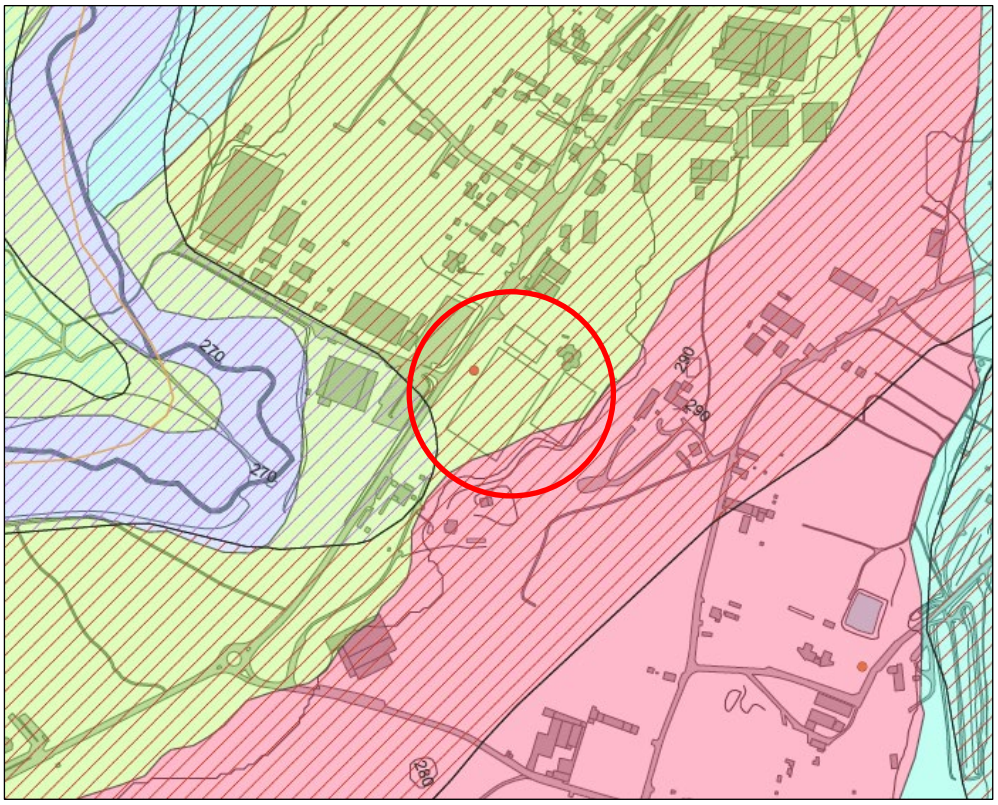
- Il substrato roccioso è qui rappresentato dalla Gonfolite (Oligocene-Miocene), formazione sviluppata ai piedi delle Prealpi tra il Lago Maggiore ed il Lago di Como, potente localmente oltre 1.000 m e caratterizzata da conglomerati, che costituiscono la parte più consistente della formazione, arenarie e marne. Tale formazione si è originata in seguito al rapido sollevamento e smantellamento dei rilievi alpini da parte dei corsi d'acqua allora esistenti e dalla successiva deposizione in mare dei sedimenti erosi.
- Argille di Castel di Sotto (Pliocene inferiore), di ambiente marino, caratterizzate da incisioni a formare paleoalvei e dorsali.
- Depositi fluviali (Pliocene medio), che hanno colmato le paleovalli precedentemente formatesi e che costituiscono corpi tabulari di notevole estensione.

- Le Unità più superficiali sono, infine, costituite da depositi morenici caratterizzati da limi sabbiosi con ciottoli e blocchi in matrice limosa, depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie, sabbie e ciottoli, depositi alluvionali attuali e recenti costituiti da limi sabbiosi debolmente argillosi con rari ciottoli.

Si tratta di materiali litologicamente eterogenei e che manifestano frequenti variazioni laterali.

I depositi morenici sono, inoltre, caratterizzati da una marcata disomogeneità granulometrica e da una elevata caoticità degli accumuli, oltre che da frequente discontinuità areale.

In particolare, dallo stralcio della Carta di inquadramento geologico e geomorfologico estratto dal P.G.T. del Comune di Mornago, riportato in Figura 2, nell'area oggetto di studio si osserva la presenza di depositi fluvioglaciali e fluviali, costituiti da ghiaie, sabbie e ciottoli, al confine con depositi morenici costituiti da sabbie con ciottoli e massi.



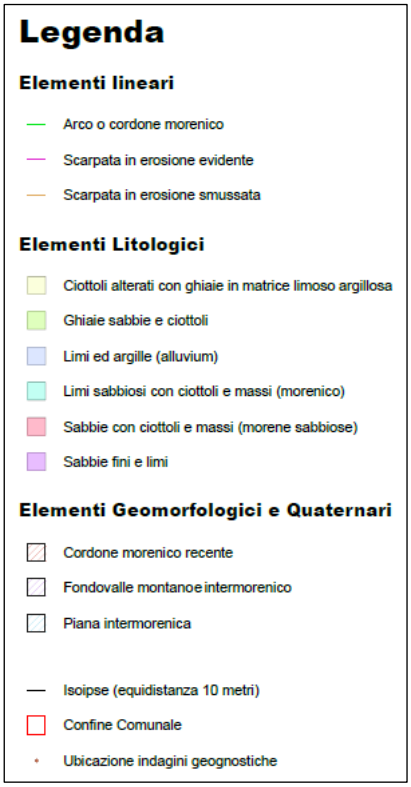


Figura 2 - Stralcio della Carta di inquadramento geologico e geomorfologico dal P.G.T. del Comune di Mornago

4.2. Geomorfologia

La morfologia del territorio di Mornago è tipica delle aree collinari pedemontane, legata principalmente all'azione di avanzamento e successivo ritiro da parte dei ghiacciai che si è sviluppata durante il Pleistocene.

L'assetto geomorfologico dell'area risulta collinare, con pendii dolci e senza bruschi cambi di pendenza, caratterizzato dalla presenza di depositi glaciali rimodellati dall'attività fluviale e da depositi fluvioglaciali terrazzati che si raccordano verso Sud con la pianura.

Durante la fase di ritiro del ghiacciaio Verbano si sono succedute più fasi con arresti e pulsazioni del fronte glaciale, che hanno portato alla formazione di bacini interglaciali e la deposizione di morene laterali e frontali.

I cordoni morenici formano rilievi collinari blandi ed arrotondati, con direzione prevalente da Nord verso Sud, divenendo via via meno evidenti procedendo verso la pianura. I cordoni morenici sono spesso discontinui, interrotti da piane fluvioglaciali anche di notevole ampiezza, che si sono generate in seguito allo smantellamento delle cerchie moreniche ad opera delle acque di fusione provenienti dai fronti glaciali, con il trasporto e la deposizione di notevoli quantità di materiale incoerente a colmare le depressioni esistenti.

L'azione erosiva e deposizionale del Torrente Strona, il principale corso d'acqua della zona, ha poi determinato la formazione dei terrazzi di origine fluviale nelle aree circostanti al corso d'acqua stesso.

5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il principale corso d'acqua della zona è il Torrente Strona, che trae origina dalle colline moreniche del settore meridionale del Lago di Varese e si immette nel Ticino a Somma Lombardo, ricevendo le acque della rete idrografica secondaria di questa porzione di territorio. Il Torrente Strona scorre con direzione NNE-SSO nella porzione occidentale del territorio comunale di Olgiate Comasco, rappresentandone in parte anche il confine, raccogliendo le acque provenienti dalla gran parte del territorio comunale.

Per quanto riguarda gli aspetti idraulici del corso d'acqua, non esistono registrazioni storiche delle portate e non vi sono notizie di eventi di piena e, quindi, del loro tempo di ritorno.

Il reticolo idrico minore è, invece, costituito dai Torrenti Gobbia e Montano, due corsi d'acqua di piccola entità che scorrono nel settore Nord-orientale del territorio comunale e che confluiscono nel Torrente Strona a Sud di Mornago.

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

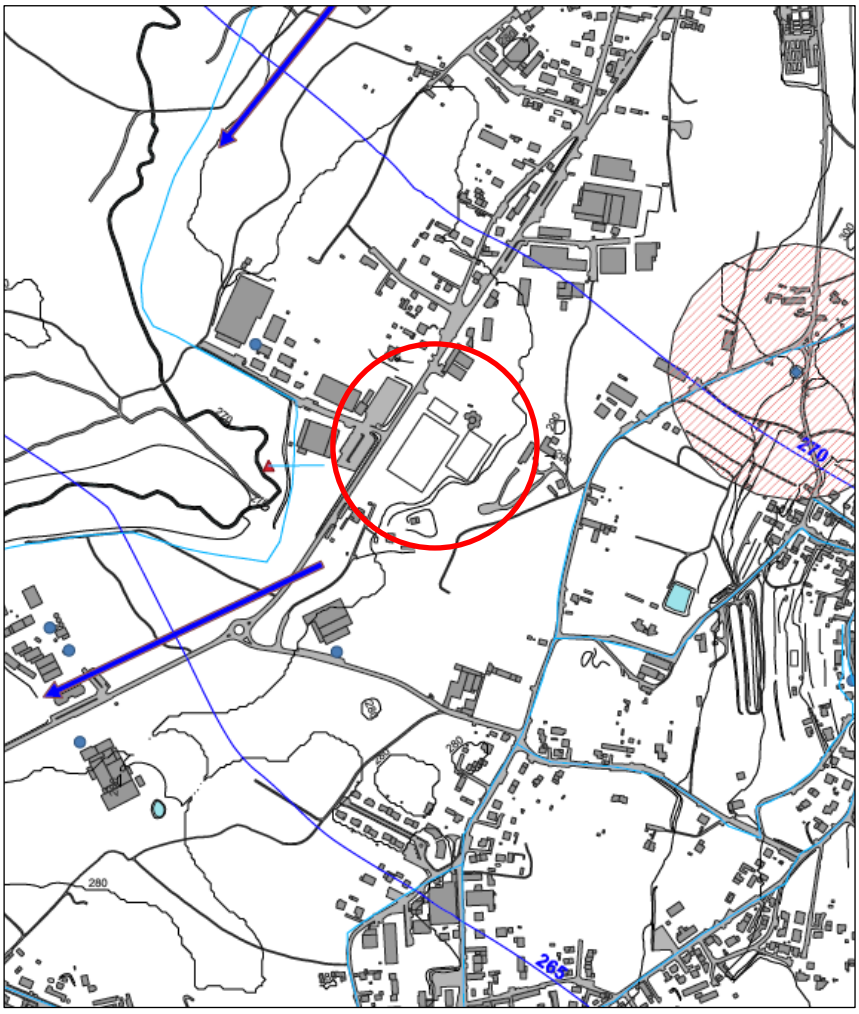
Le caratteristiche idrogeologiche della zona sono strettamente connesse alla natura litologica e alla distribuzione dei depositi nel sottosuolo.

La base della serie è rappresentata dal substrato roccioso costituito dalla Gonfolite, che, presentando caratteristiche di permeabilità pressochè nulla, costituisce una soglia all'infiltrazione idrica nel sottosuolo.

Il territorio del Comune di Mornago rientra all'interno del bacino idrogeologico Cimbro-Daverio-Vergiate.

Le variazioni altimetriche del substrato gonfolitico creano degli spartiacque sotterranei che determinano gli scambi delle acque sotterranee tra bacini idrogeologici adiacenti.

La porzione settentrionale del bacino Cimbro-Daverio non riceve alimentazione da altri bacini idrogeologici, per cui la riserva idrica è dovuta solamente alle precipitazioni meteoriche che si infiltrano nel sottosuolo. La parte meridionale del bacino, invece, che interessa la zona meridionale di Mornago, presenta una notevole consistenza idrica, in quanto vi convergono anche le acque dei bacini limitrofi.
Sulla base di quanto riportato nello studio geologico a supporto del P.G.T. comunale, nell'area oggetto di studio risulta presente fino a 50 m di profondità una litozona ghiaioso-sabbiosa caratterizzata da un valore di permeabilità K pari a 5×10^{-2} cm/s, spesso sovrastata nei primi metri di profondità da sedimenti limoso-argillosi caratterizzati da un valore di permeabilità K pari a 1×10^{-5} cm/s.
Dai risultati di alcune indagini geognostiche eseguite in frazione Crugnola risulta la presenza nei primi metri di profondità di sabbie fini limose e sabbie limose mediamente addensate, che presentano coefficienti di permeabilità K compresi tra 1×10^{-5} cm/s e 1×10^{-6} cm/s.
La litozona più profonda, invece, rappresenta la base dell'acquifero superficiale ed è costituita da argille e limi sabbiosi con intervalli ghiaiosi sede di un acquifero profondo.
La falda captata sia per scopi idropotabili sia per gli utilizzi di tipo industriale è quella superficiale.
Dallo stralcio della Carta di inquadramento idrogeologico dal P.G.T. del Comune di Mornago, riportato in Figura 3, si osserva che nella zona d'interesse la falda principale si attesta intorno a 10 m di profondità, con direzione di flusso da Nord-Est verso Sud-Ovest. Durante l'esecuzione delle prove di permeabilità in data 7/7/2023 presso l'area di progetto, fino alla profondità indagata di 4 m da p.c. non è stata intercettata la falda.
Dall'analisi della Carta di inquadramento idrogeologico si evidenzia, inoltre, come l'area di progetto non interessi aree vincolate da Fasce di rispetto e Zone a tutela assoluta relative a pozzi idropotabili.



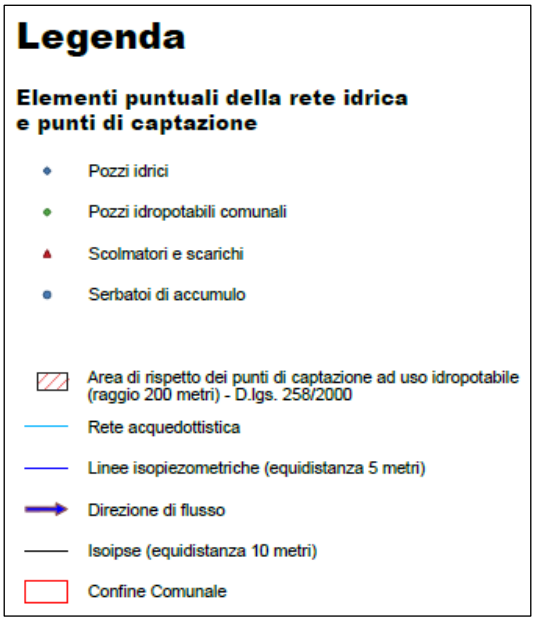


Figura 3 - Stralcio della Carta di inquadramento idrogeologico dal P.G.T. del Comune di Mornago

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Sulla base di quanto riportato nello studio geologico a supporto del P.G.T. comunale, dai risultati di diverse indagini geognostiche effettuate nel Comune di Mornago sono state distinte le seguenti litozone:

Litozona	Profondità (m)	Spessore (m)	G (T/m^3)	N	φ (°)	K's (KN/m^3)
A	0.0 - 1.5	0.9 - 1.5	1.7	1 – 2.5	27	1.7×10^3
B	1.5 – 13.4	1.5 - 3.5	1.5 - 1.9	5.2 – 9.3	31	22.6×10^3
C	4 - 8	1 – 2	2	17 – 24	34	47.7×10^3

dove:

G = peso di volume del terreno (T/m^3)

N = numero di colpi necessari ad ottenere un avanzamento della punta pari a 30 cm in una prova SCPT

Φ = angolo di attrito del terreno (°)

K's = modulo di reazione del sottofondo (o di Winkler)

La Litozona A è costituita da sabbie fini limose, la Litozona B da sabbie limose mediamente addensate, la Litozona C da sabbie limose debolmente ghiaiose aventi un buon grado di addensamento.

Queste tre Litozone presentano coefficienti di permeabilità (K) compresi tra 1×10^{-5} e 1×10^{-6} cm/sec.

A profondità maggiori di 8 m si passa, poi, alla Litozona D, costituita da un deposito sabbioso debolmente limoso e ghiaioso, con permeabilità (K) pari a 1×10^{-2} cm/sec e peso di volume naturale del terreno pari a 1,95 T/m^3.

Dal momento che si tratta di depositi di origine fluvioglaciale e glaciale caratterizzati da elevata eterogeneità litologica, con caratteristiche assai variabili anche a scala locale, per ottenere valori di permeabilità riferibili all'area oggetto di studio, in data 7/7/2023 è stato realizzato il sondaggio S1 mirato all'esecuzione di n. 2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, rispettivamente a 1,5-2,0 m e 3,5-4,0 m di profondità da p.c., la cui ubicazione è riportata in Figura 4.

Figura 4 – Ubicazione del sondaggio S1

Il dettaglio delle prove di permeabilità è riportato nelle Figure 5 e 6.

I valori di permeabilità (K) ricavati sono i seguenti:

$K = 1,6 \times 10^{-4}$ m/s alla profondità di 1,5-2,0 m da p.c.;

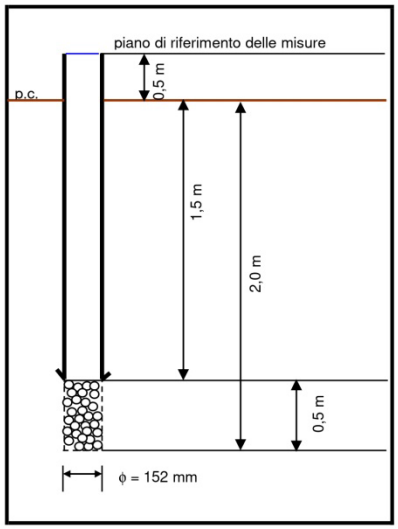
$K = 3,3 \times 10^{-5}$ m/s alla profondità di 3,5-4,0 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

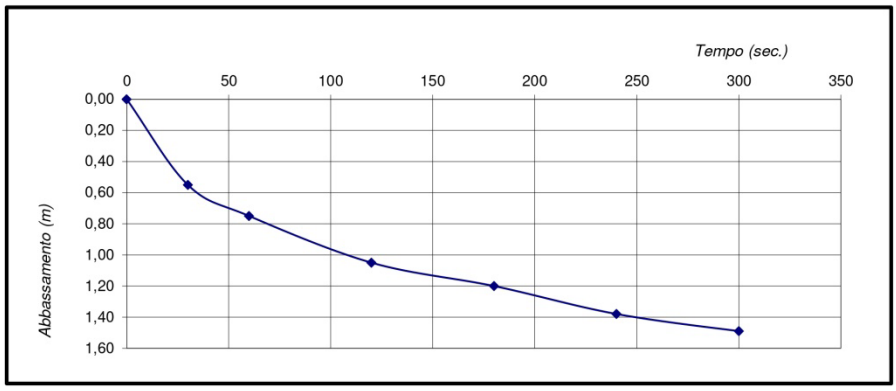
Cantiere: **MORNAGO (VA) - Via Ortigara c/o Campo sportivo**
Data: **07/07/2023**
Foro N°: **S1** Prova N°: **1** da m **1,5** a m **2,0** dal p.c.

Dati generali

Profondità tasca di prova: da 1,5 a 2,0 m da p.c.	Carico variabile
Altezza tasca di prova: 0,5 m	Altezza boccaforo: 0,5 m
Diametro: 152 mm	Falda: assente



Tempo (sec.)	*Abbassamento (m)*	*Permeabilità (m/s)*
0	0,00	-
30	0,55	3,9E-04
60	0,75	1,8E-04
120	1,05	1,7E-04
180	1,20	1,0E-04
240	1,38	1,5E-04
300	1,49	1,2E-04



COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' :

K = 1,6E-04 m/s

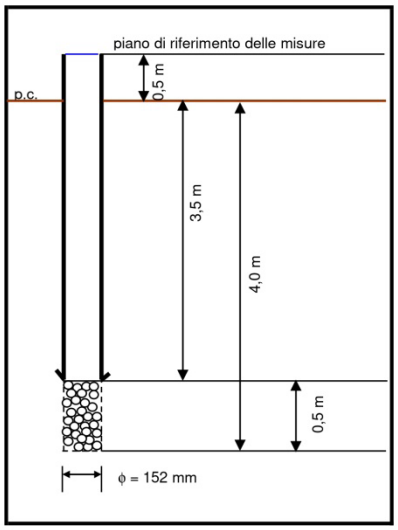
Figura 5 – Sondaggio S1: prova di permeabilità Lefranc, profondità 1,5-2,0 m da p.c.

PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

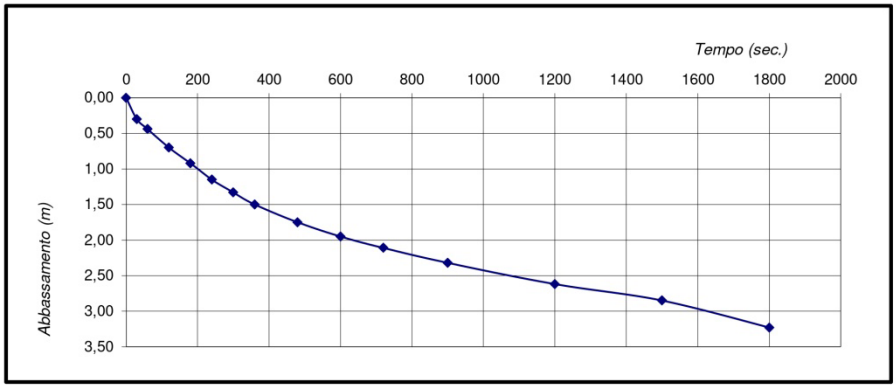
Cantiere: **MORNAGO (VA) - Via Ortigara c/o Campo sportivo**
Data: **07/07/2023**
Foro N°: **S1** Prova N°: **2** da m **3,5** a m **4,0** dal p.c.

Dati generali

Profondità tasca di prova: da 3,5 a 4,0 m da p.c.	Carico variabile
Altezza tasca di prova: 0,5 m	Altezza boccaforo: 0,5 m
Diametro: 152 mm	Falda: assente



Tempo (sec.)	*Abbassamento (m)*	*Permeabilità (m/s)*
0	0,00	-
30	0,30	9,4E-05
60	0,44	4,7E-05
120	0,70	4,6E-05
180	0,92	4,2E-05
240	1,15	4,7E-05
300	1,33	3,9E-05
360	1,50	4,0E-05
480	1,75	3,2E-05
600	1,95	2,8E-05
720	2,11	2,5E-05
900	2,32	2,4E-05
1200	2,62	2,4E-05
1500	2,85	2,2E-05
1800	3,23	6,4E-05



COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' :

K = 3,3E-05 m/s

Figura 6 – Sondaggio S1: prova di permeabilità Lefranc, profondità 3,5-4,0 m da p.c.

8. INQUADRAMENTO SISMICO E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.
I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% essere superata in 50 anni (Figura 7).

Zona sismica	*Descrizione*	*accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni* ***[ag]***	*accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche)* ***[ag]***	*numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)*
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

(*): I territori di alcuni comuni ricadono in zone sismiche diverse (ad es. il comune di Pescorocchiano).

Figura 7 - Zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006.

Di seguito è riportata la zona sismica per il territorio di Mornago, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la D.G.R. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d", entrata in vigore in data 10/04/2016; il territorio comunale di Mornago è classificato in zona sismica 4; è la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono molto basse; per il Comune di Mornago il valore massimo di Ag è pari a 0,03782g.
La Figura 8 mostra la mappa di pericolosità sismica del territorio lombardo.

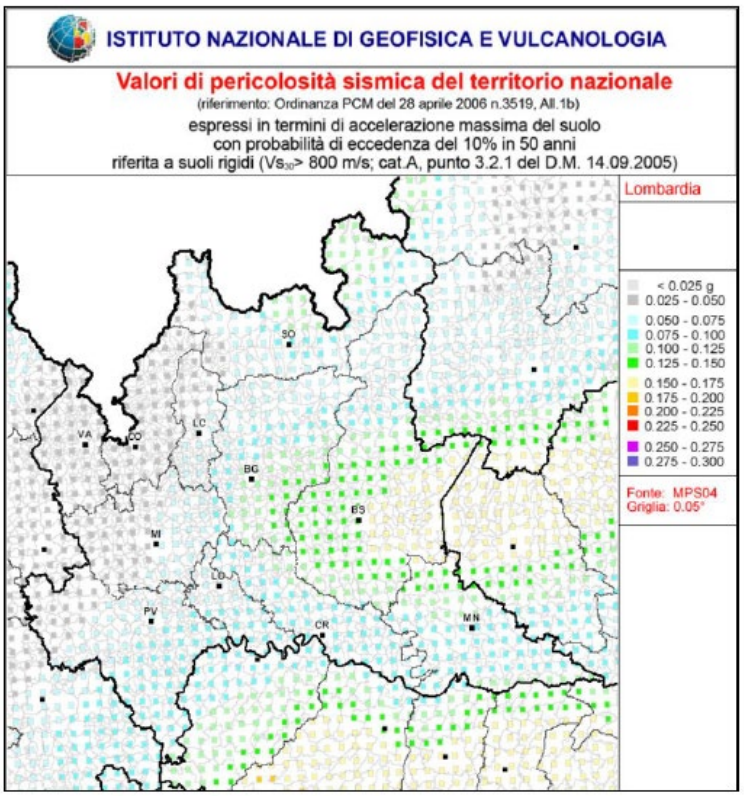
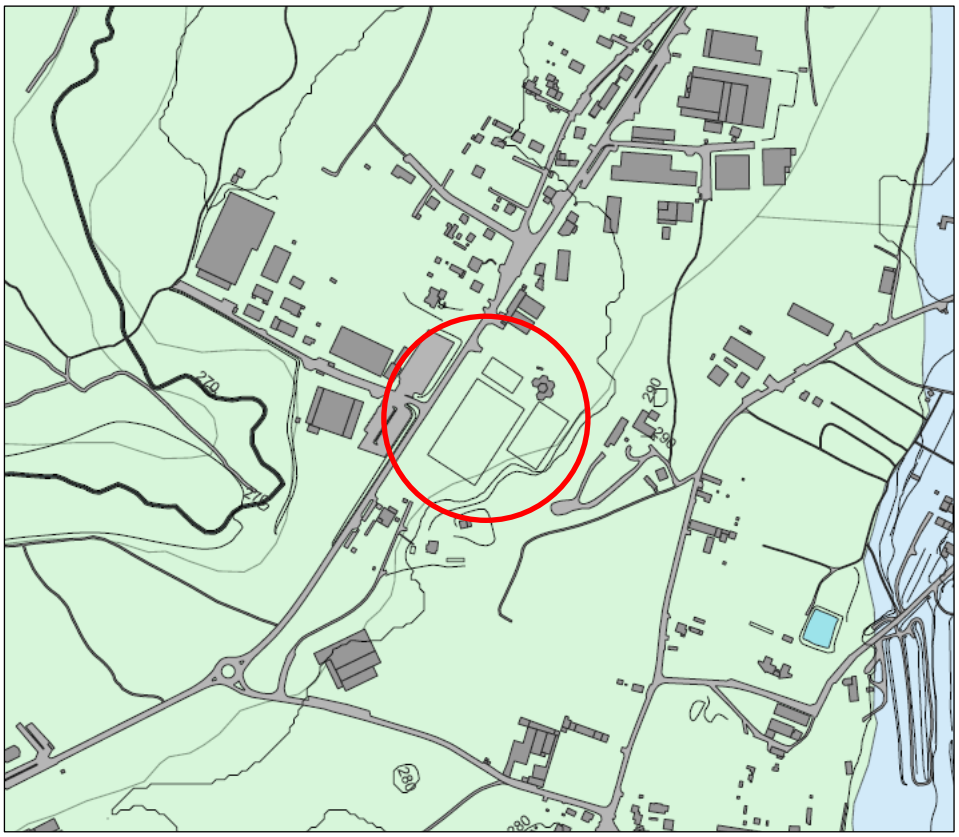


Figura 8 - Mappa di pericolosità sismica del territorio lombardo.

Dall'analisi della Carta della Pericolosità Sismica Locale del P.G.T. di Mornago, di cui si riporta uno stralcio in Figura 9, si evince che l'area di progetto fa parte della zonizzazione sismica Z4a, caratterizzata da zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi, soggetta ad amplificazioni litologiche e geometriche.



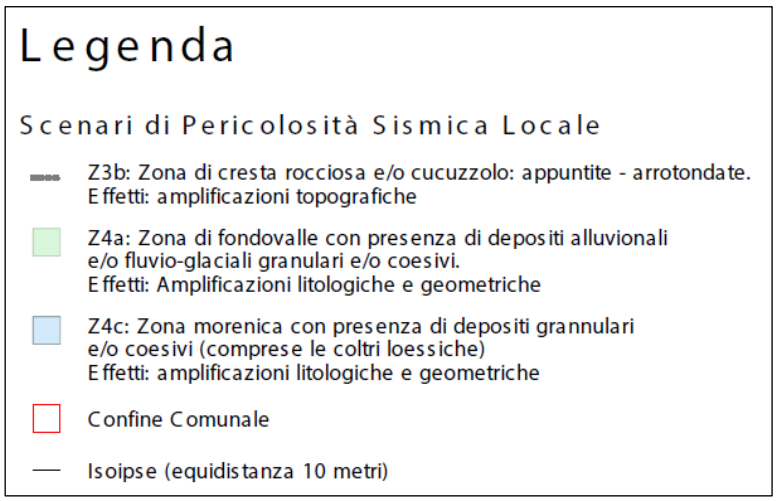


Figura 9 - Stralcio della Carta di Pericolosità Sismica Locale dal P.G.T. del Comune di Mornago

Ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011, in tale zona sismica l'effettuazione del secondo o terzo livello di approfondimento è obbligatoria nelle aree PSL identificate con il primo livello solo nel caso di

costruzioni o infrastrutture strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.d.u.o. 22 maggio 2019 n. 7237).

Sulla base di quanto riportato nello studio geologico a supporto del P.G.T. comunale, per quanto riguarda la classificazione delle Categorie di Sottosuolo in funzione dei valori delle Vs30, velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, la zona sismica Z4a, in cui ricade l'area di progetto, appartiene alla Classe C.

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

9. FATTIBILITA' GEOLOGICA

Sulla base di quanto riportato nello studio geologico a supporto del P.G.T. comunale e dallo stralcio della Carta di fattibilità geologica dal P.G.T. del Comune di Mornago, riportato in Figura 10, si evince che per i terreni interessati dal progetto è stata individuata la seguente classe di fattibilità:

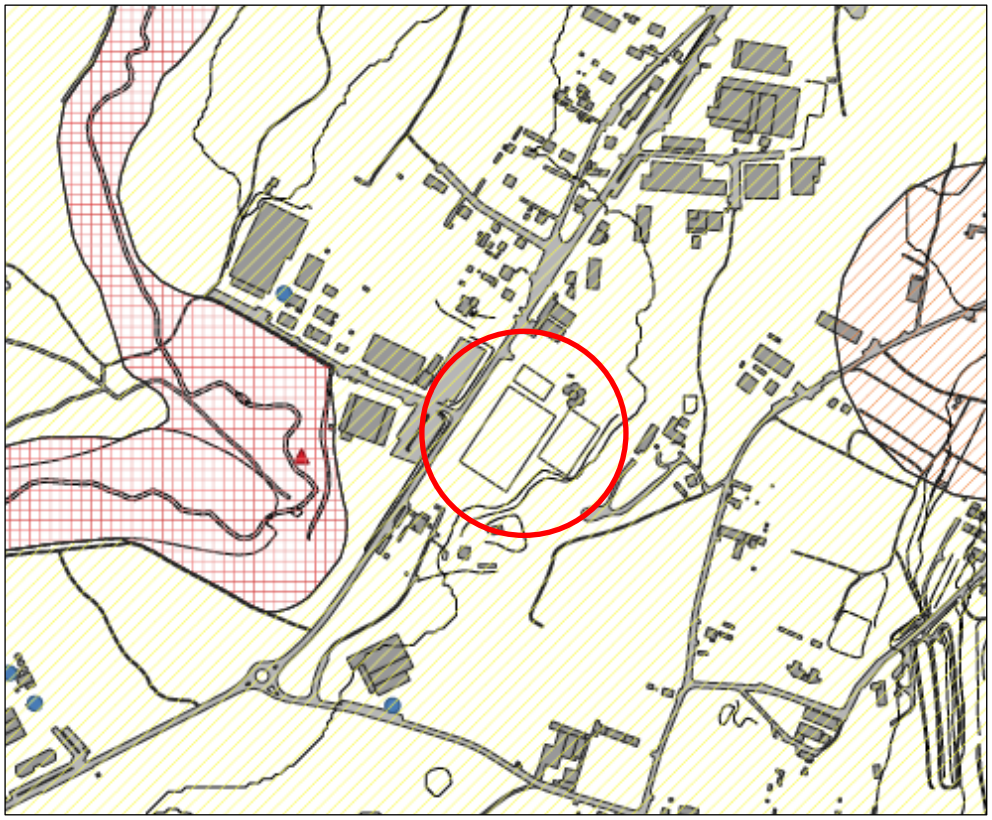
- **Classe 2** – Fattibilità con modeste limitazioni

La classe 2 comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Si tratta di aree moderatamente acclivi (inclinazione <20°) in cui i terreni sono caratterizzati da discreti parametri geotecnici e di aree pianeggianti con buone caratteristiche geotecniche dei terreni. La falda idrica non interferisce con il suolo ed il primo sottosuolo.

Prescrizioni: le destinazioni d'uso del territorio dipenderanno da quanto previsto dallo strumento urbanistico. Per quanto riguarda le destinazioni d'uso del territorio, nell'area boscata è vietata la trasformazione dei boschi in altre qualità di coltura ed è altresì vietata l'edificazione e l'apertura di attività estrattive. Inoltre, per le opere pubbliche e private, in fase di progetto esecutivo, è necessario che vengano realizzati preventivamente gli studi previsti dal D.M. 11.03.88 e successive modifiche al fine di effettuare i necessari accertamenti preliminari di carattere geognostico-geotecnico, finalizzati al corretto dimensionamento delle strutture fondali, anche in funzione dei cedimenti del terreno. Saranno anche necessarie verifiche di carattere idrogeologico per la determinazione della soggiacenza della falda.

Cautele da adottare e accorgimenti costruttivi: Necessaria un'idonea manutenzione dei canali e delle rogge al fine di conservare un'adeguata portata; l'eventuale tombinatura delle stesse, ammissibile solo per dichiarato interesse pubblico, dovrà essere accuratamente verificata in termini di sezione di deflusso.



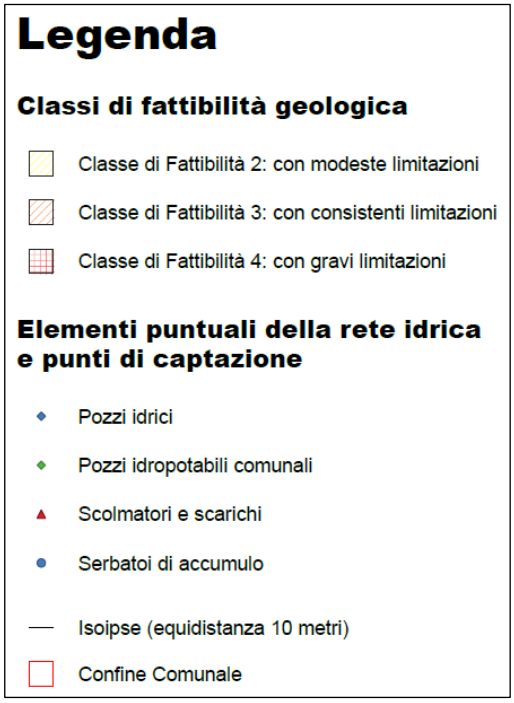


Figura 10 - Stralcio della Carta di fattibilità geologica dal P.G.T. del Comune di Mornago

10. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto si conclude quanto segue.

Il territorio comunale di Mornago rientra nell'ambito dell'Anfiteatro morenico del Verbano, caratterizzato dalla presenza di depositi incoerenti continentali di tipo glaciale e fluvioglaciale che ricoprono il substrato roccioso. Nell'area di progetto, in particolare, sono presenti depositi fluvioglaciali e fluviali, costituiti da ghiaie, sabbie e ciottoli, al confine con depositi morenici costituiti da sabbie con ciottoli e massi.

Nella zona d'interesse la falda principale si attesta intorno a 10 m di profondità, con direzione di flusso da Nord-Est verso Sud-Ovest.

L'area di progetto non interessa aree vincolate da Fasce di rispetto e Zone a tutela assoluta relative a pozzi idropotabili.

Dal punto di vista idrogeologico, fino a 50 m di profondità è presente una litozona ghiaioso-sabbiosa caratterizzata da un valore di permeabilità K pari a 5×10^{-2} cm/s, spesso sovrastata nei primi metri di profondità da sedimenti più fini caratterizzati da valori di permeabilità K variabili tra 1×10^{-5} cm/s e 1×10^{-6} cm/s. La litozona più profonda, invece, rappresenta la base dell'acquifero superficiale ed è costituita da argille e limi sabbiosi con intervalli ghiaiosi sede di un acquifero profondo.

Dal momento che si tratta di depositi di origine fluvioglaciale e glaciale caratterizzati da elevata eterogeneità litologica, con caratteristiche assai variabili anche a scala locale, per ottenere valori di permeabilità riferibili all'area oggetto di studio, in data 7/7/2023 è stato realizzato un carotaggio mirato all'esecuzione di n. 2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, rispettivamente a 1,5-2,0 m e 3,5-4,0 m di profondità da p.c.

I valori di permeabilità (K) ricavati sono i seguenti:

$K = 1,6 \times 10^{-4}$ m/s alla profondità di 1,5-2,0 m da p.c.,

$K = 3,3 \times 10^{-5}$ m/s alla profondità di 3,5-4,0 m da p.c.

L'area di progetto rientra nella zonizzazione sismica Z4a, caratterizzata da zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi, soggetta ad amplificazioni litologiche e geometriche.

Il territorio comunale di Mornago è classificato in zona sismica 4.

L'area di interesse ha una accelerazione al suolo con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni pari a PGA = 0.025-0.050.

Ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011, in tale zona sismica l'effettuazione del secondo o terzo livello di approfondimento è obbligatoria nelle aree PSL identificate con il primo livello solo nel caso di costruzioni o infrastrutture strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.d.u.o. 22 maggio 2019 n. 7237).

Sulla base di quanto riportato nello studio geologico a supporto del P.G.T. comunale, per quanto riguarda la classificazione delle Categorie di Sottosuolo in funzione dei valori delle Vs30, velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, la zona sismica Z4a, in cui ricade l'area di progetto, appartiene alla Classe C.

Per i terreni interessati dal progetto è stata individuata la seguente classe di fattibilità:

- Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni