

STUDIO GEOLOGICO

Dott. Geol. DANIELE CALVI

Indagini geognostiche geofisiche e geotecniche - Studi geologici territoriali

VIA ANTONIO GRAMSCI, 22 - 27049 STRADELLA (PV) _ tel.338-70.73.831 fax 0385-83.02.67
geocalvi@gmail.com

COMUNE DI MORIMONDO

CITTA' METROPOLITANA DI MILANO

CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE

PERCORSO DEI MONACI

RELAZIONE GEOLOGICA R1 - R3

DELIBERAZIONE DI GIUNTA REGIONALE 30 NOVEMBRE 2011 - N. IX/2616

"Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n°12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n°8/7374"

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - Decreto 17 gennaio 2018

"Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»"

Consulenza a cura di:

Studio geologico Dott. Geol. Daniele Calvi
Via Antonio Gramsci, 22 - 27049 Stradella (PV)
tel: ++39-338-70.73.831
fax: ++39-0385-83.02.67
mail: geocalvi@gmail.com
PEC: danielecalvi@epap.sicurezzapostale.it

Il Professionista incaricato

Dott. Geol. DANIELE CALVI

Committente:

Comune di Morimondo (MI)
Piazza Municipio, 1
20081 - Morimondo (MI)
Cod. fisc. servizio di F.E.:82003090154
PEC: comune.morimondo@pec.regione.lombardia.it

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSE

1.1 OGGETTO DELL'INDAGINE

La presente RELAZIONE GEOLOGICA R1 (punto 6.2.1 D.M. 17/01/18) e R3 (parte 1 - punto 4 D.G.R. IX/2616/2011), commissionata dal Comune di Morimondo (MI), con Sede Legale in Piazza Municipio, 1 - 20081 - Morimondo (MI) - Cod. fisc. servizio di F.E.:82003090154 PEC: comune.morimondo@pec.regione.lombardia.it, nella persona del Responsabile Area Tecnica Arch. SARA MAGNANI - PEC: ufficiotecnico@comune.morimondo.mi.it (riferimento Determina dirigenziale n°223/2019 di data 24/12/2019 - Codice CIG Z532B5DD62), viene redatta a supporto della progettazione di un ponticello di attraversamento del corso d'acqua "Cavo Perteghè", da realizzarsi nell'ambito della creazione di una nuova pista ciclopedonale denominata "Percorso dei Monaci".

L'intervento è da realizzarsi in Comune di Morimondo (MI), in corrispondenza di alcuni terreni identificati catastalmente al Foglio 11 - Particelle 5-6-7-11-12-25-131-133-247 - Comune censuario di Morimondo.

Il progettista incaricato dell'intervento è la stessa arch. SARA MAGNANI.

Per la determinazione del MODELLO GEOLOGICO del sito e per la definizione dei principali parametri geotecnici utili a definire il MODELLO GEOTECNICO della stessa area d'indagine (rifer. RELAZIONE GEOTECNICA R2) si è proceduto all'esecuzione di specifiche indagini di campagna, consistite in n°1 prova penetrometrica statica *Cone Penetration Test* (CPT-01) condotta a rifiuto strumentale coincidente con il disancoraggio del penetrometro, ed approfondita alla quota di -7,20 metri dall'attuale piano campagna. La prova è stata realizzata in data 15 gennaio 2020.

Attraverso questa indagine, appositamente eseguita nel sito d'interesse, viene considerato un volume significativo di terreno compatibile con le caratteristiche dell'intervento e la natura e caratteristiche del sottosuolo.

I rilievi eseguiti e le risultanze delle indagini geotecniche effettuate sono da ritenersi sufficienti a definire e a caratterizzare dal punto di vista geologico e sismico l'area in esame, nonché per poter determinare il successivo modello geotecnico della stessa area d'indagine (rifer. RELAZIONE GEOTECNICA R2).

Le presente relazione geologica si articola nelle seguenti fasi:

- valutazione delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e idrogeologiche dell'area d'indagine (rifer. Cap.2);
- identificazione della categoria di sottosuolo e determinazione dei parametri di pericolosità sismica del sito (rifer. Cap.3);
- verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (rifer. Cap.4);
- verifica della compatibilità degli interventi di progetto con la situazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica dei luoghi (rifer. Cap.5).

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

L'attuale strumento urbanistico del Comune di Morimondo (MI) risulta essere dotato di apposita *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* estesa all'intero territorio comunale, redatta conformemente alle direttive tecniche di cui alla D.G.R. 22 dicembre 2005, n°8/1566 e s.m. e i.. Di essa se ne è tenuto conto sia per le analisi e le valutazioni degli effetti sismici di sito che per l'individuazione delle prescrizioni e/o degli accorgimenti tecnici da adottare preliminarmente alla realizzazione degli interventi.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo sviluppo della presente RELAZIONE GEOLOGICA R1 - R3 e l'interpretazione dei risultati fanno riferimento alla normativa vigente:

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - DECRETO 17 GENNAIO 2018 (Gazzetta Ufficiale Serie Generale n°42 del 20-02-2018 - Supplemento Ordinario n°8) *“Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»* e CIRCOLARE 21 GENNAIO 2019, n°7 C.S.LL.PP. (Gazzetta Ufficiale Serie Generale n°35 del 11-02-2019 - Supplemento Ordinario n°5) *“Istruzioni per l'applicazione di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”*
- D.G.R. 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, alla L.R. 11 marzo 2005, n°12”*

Conseguentemente all'applicazione delle nuove norme tecniche, va precisato che:

- 1) **Il territorio di Morimondo (MI)** risulta essere stato riclassificato in **Zona Sismica 4**, con riferimento sia alla D.G.R. 11 luglio 2014, n°10/2129 che alle successive D.G.R. 10 ottobre 2014, n°10/2489 e D.G.R. 8 ottobre 2015, n°10/4144 (differimento di entrata in vigore della nuova classificazione sismica al 10 aprile 2016)
- 2) **Le opere in progetto** sono **costruzioni di tipo 2**, con riferimento alla seguente tabella (§ 2.4.1 delle NTC)

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di Vita Normale V_N (anni)
1. Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2. Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3. Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- 3) **Poiché non si tratta di una costruzione con funzioni pubbliche e sociali essenziali**, sulla scorta del D.M. 17.01.2018 **la Classe d'Uso è la Classe II** (NTC 2018 - § 2.4.2.) CLASSE II *“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.”*

Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica.

2. VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE, STRATIGRAFICHE E IDROGEOLOGICHE DELL'AREA D'INDAGINE

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA D'INDAGINE

L'area in esame, situata ad una quota topografica di circa 93 metri s.l.m. (rifer. All.1), risulta collocata dal punto di vista geologico in corrispondenza di un ripiano alluvionale costituito da depositi di origine fluviale di età olocenica, ed indicati dalla Carta Geologica Italiana - foglio 59 - "Pavia" come "*Alluvium antico o Diluvium tardivo*", in quanto ricompresi tra i sottostanti depositi ascrivibili morfologicamente alla superficie dell'*Alluvium recente* ed i soprastanti depositi continentali di età pleistocenica wurmiana ascrivibili a quello che viene comunemente indicato in letteratura come il "*livello fondamentale della pianura padana*" o Piano Generale Terrazzato (P.G.T.).

Dal punto di vista litologico i depositi dell'*Alluvium antico* risultano costituiti principalmente da ghiaia e ciottoli con sabbia, sovrapposti fra loro in strati di spessore metrico o plurimetrico e con strato superficiale di alterazione argilloso limitato al primo metro. Localmente sono presenti anche, in alternanza con i precedenti, alcuni orizzonti più fini costituiti da sabbia limosa e rara ghiaia, spesso contenente una notevole frazione organica, di colore variabile da marrone nerastro a ocra.

L'idrografia superficiale dell'area è caratterizzata dalla presenza del Fiume Ticino, il quale mostra nelle vicinanze di Morimondo un andamento prevalentemente NW-SE e senso di scorrimento verso SE. Esso è ubicato circa 2000 metri ad Ovest dell'area di indagine.

La Roggia Perteghè e il Cavo Filosa, posti in corrispondenza dell'area di indagine, completano il quadro idrografico della zona.

2.2 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICO - STRATIGRAFICA DEL TERRENO

L'esecuzione di n°1 prova penetrometrica statica (rifer. All.2) ha permesso di verificare la reale situazione litologico - stratigrafica del terreno in corrispondenza dell'area investigata, consentendo di definire in modo sufficientemente dettagliato il MODELLO GEOLOGICO del primo sottosuolo. Dall'elaborazione e dalla successiva discretizzazione dei dati strumentali relativi alla prova CPT-01, è stato possibile ricavare i parametri geotecnici esposti nelle tabelle dell'allegato 3 e a definire il successivo MODELLO GEOTECNICO della stessa area d'indagine (rifer. RELAZIONE GEOTECNICA R2).

Procedendo dalla superficie in profondità si può schematicamente individuare una successione di depositi stratificati costituiti da terreni sabbiosi e ghiaiosi (strato **SG**), molto addensati. Essi si presentano nel complesso dotati di elevate caratteristiche geotecniche, in termini di resistenza al taglio e ridotta compressibilità.

I depositi investigati risultano pedogenizzati nella porzione più superficiale (strato **A₀**, dato da sedimenti limoso - sabbiosi).

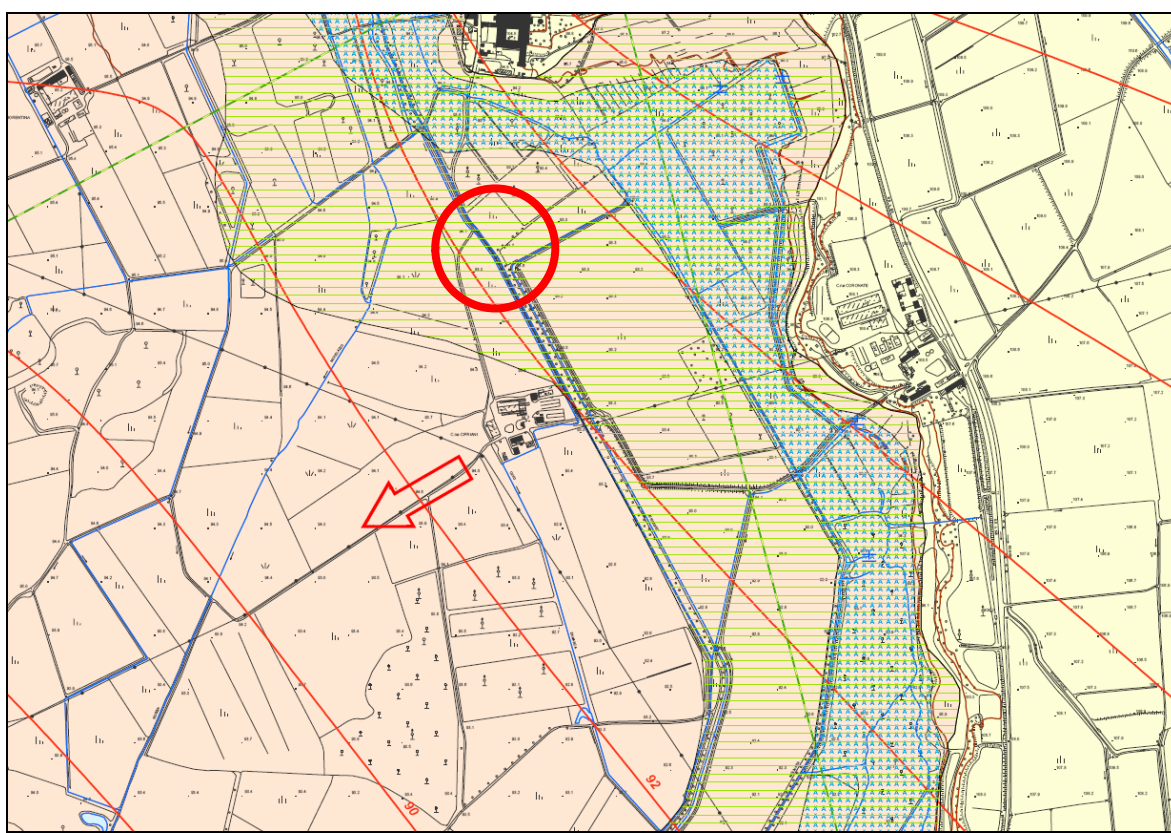
Dal piano campagna attuale alla quota di -0,60 metri circa è probabilmente presente del materiale di riporto **R** (tout-venant compattato costituito da sabbia limosa).

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

2.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI INVESTIGATI

L'indagine ha evidenziato la presenza di una falda acquifera superficiale, di tipo freatico.

La soggiacenza della stessa falda, rilevata nel corso dell'indagine alla profondità di -0,80 metri dal piano campagna (misura freatimetrica eseguita in data 15/01/2020 in corrispondenza del foro di prova CPT-01) è confermata dall'esame della Tav.2b "CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITÀ CON ELEMENTI DI IDROLOGIA" di cui allo Studio Geologico redatto a supporto del Piano di Governo del Territorio (redatto da: Studio Associato di geologia applicata Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata - novembre 2011), che indica la presenza di una prima falda freatica caratterizzata, nella zona in esame da una soggiacenza compresa tra -0,50 e -2,00 metri dal p.c.



P.G.T. del Comune di Morimondo "Componente geologica, idrogeologica e sismica"
"CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITÀ CON ELEMENTI DI IDROLOGIA" (stralcio)

In sintesi, la falda freatica è perciò da ritenersi potenzialmente interferente con le fondazioni di progetto solo in caso di risalita. Si tenga comunque conto che, per quanto riguarda l'area in esame, le piene stagionali del fiume Ticino possono relativamente influenzare l'oscillazione della falda, e comunque per brevi periodi e limitatamente alle fasce di territorio più prossime allo stesso corso d'acqua.

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

2.4 FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Per la definizione della Fattibilità geologica degli interventi si è consultato lo *Studio geologico - tecnico territoriale a supporto del P.g.T. del Comune di Morimondo (MI)* - a firma Studio Associato di geologia applicata Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata (novembre 2011). In particolare si è fatto riferimento alle "NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE" e alle seguenti tavole scritto-grafiche:

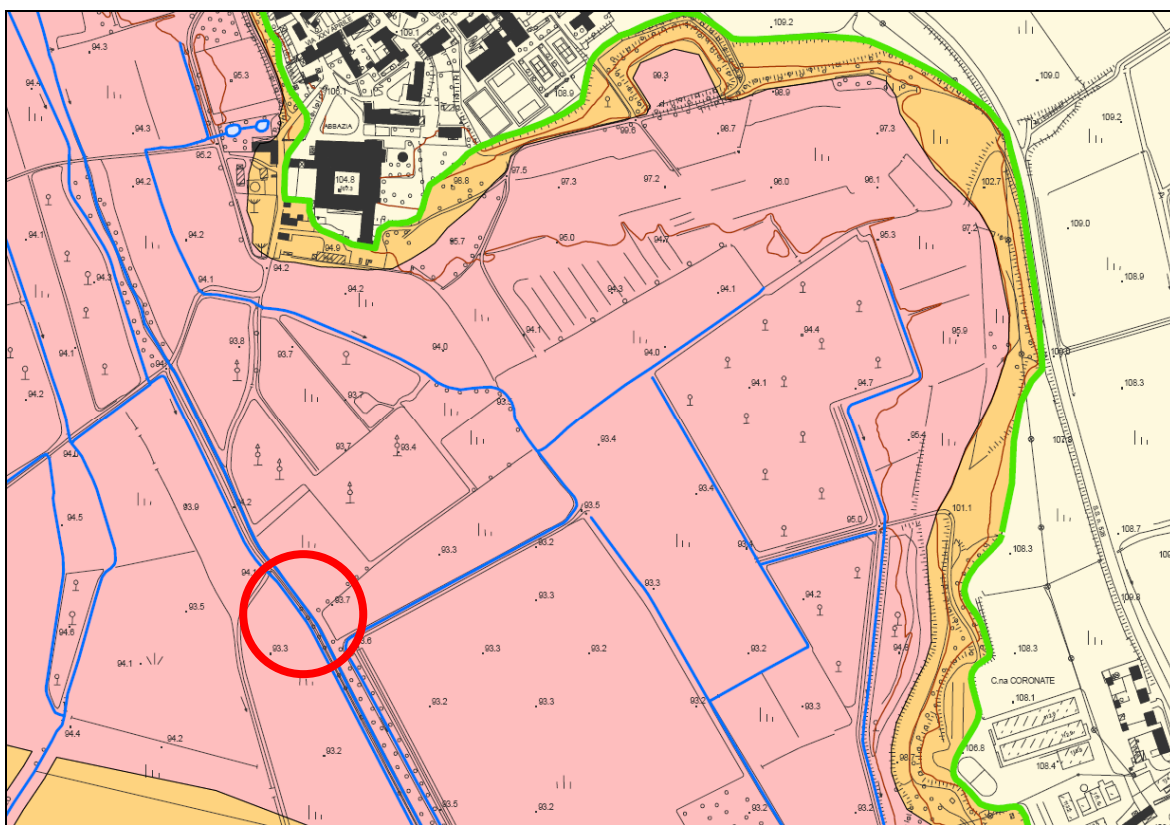
TAV. N. 5B CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (SCALA 1:5.000)

TAV. N. 6B CARTA DEI VINCOLI (SCALA 1:5.000)

TAV. N. 7B CARTA DI SINTESI (SCALA 1:5.000)

TAV. N. 8B CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA CON ELEMENTI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (SCALA 1:5.000)

L'area dell'intervento risulta ricadere in corrispondenza della seguente classe di fattibilità geologica: **CLASSE 4** (fattibilità con gravi limitazioni -rossa-).



COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

Classe 4 di fattibilità (Par.2.3 Norme geologiche di Attuazione)

In questa classe sono individuate le aree ove l'alto rischio geologico comporta gravi limitazioni per la modifica alla destinazione d'uso del territorio. In tale ambito sono escluse nuove edificazioni, se non interventi volti al consolidamento e/o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo così come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a) b) e c) della L.R.12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativi. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Inoltre:- eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Le aree a gravi limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità e dalle relative unità di sintesi:

4-A Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

A.19: Aree di versante molto acclive (maggiore di 30°).

4-B Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

B.1: Aree ad elevata vulnerabilità del primo acquifero

B.2: Aree con emergenze idriche diffuse (risorgive e fontanili)

B.3: Aree a bassa soggiacenza della falda

4-C Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

C.1: Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili

C.8: Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa Saranno possibili ed auspicabili opere di difesa dall'erosione spondale, arginale ed in alveo e di regimazione dei flussi idrici, con particolare attenzione nelle aree antropizzate ai manufatti che attualmente interferiscono negativamente con il deflusso delle acque.

Tali interventi devono essere progettati e realizzati anche in funzione della salvaguardia e della promozione della qualità dell'ambiente. La progettazione deve essere supportata da uno studio geologico che definisca in particolare le caratteristiche dinamiche dell'alveo e da uno studio idrologico ed idraulico che stimi le portate di piena e le altezze del livello idrico in corrispondenza di sezioni di interesse, per una più accurata scelta delle tipologie di intervento ed un loro corretto dimensionamento.

Quando l'intervento prevede la costruzione di opere, è necessario adottare metodi di realizzazione tali da non compromettere in modo irreversibile le funzioni biologiche dell'ecosistema in cui vengono inserite ed arrecare il minimo danno possibile alle comunità vegetali ed animali presenti, rispettando contestualmente i valori paesaggistici dell'ambiente fluviale e vallivo.

Le tipologie utilizzate per la realizzazione delle opere devono corrispondere ai criteri di basso impatto ambientale; è pertanto raccomandato, ove possibile, l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica quali: inerbimento, messa a dimora di specie arbustive o arboree, gradonate con talee e/o piantine, cordunate, viminata o graticciata, fascinata, copertura diffusa con astoni, grata in legname con talee, palizzata in legname con talee, palificata in legname con talee, muro di sostegno in pietrame rinverdito, gabbioni con talee, drenaggi con fascinate, briglie in legname e pietrame, terre rinforzate, reti o tessuti, etc. (Quaderno regionale delle opere tipo).

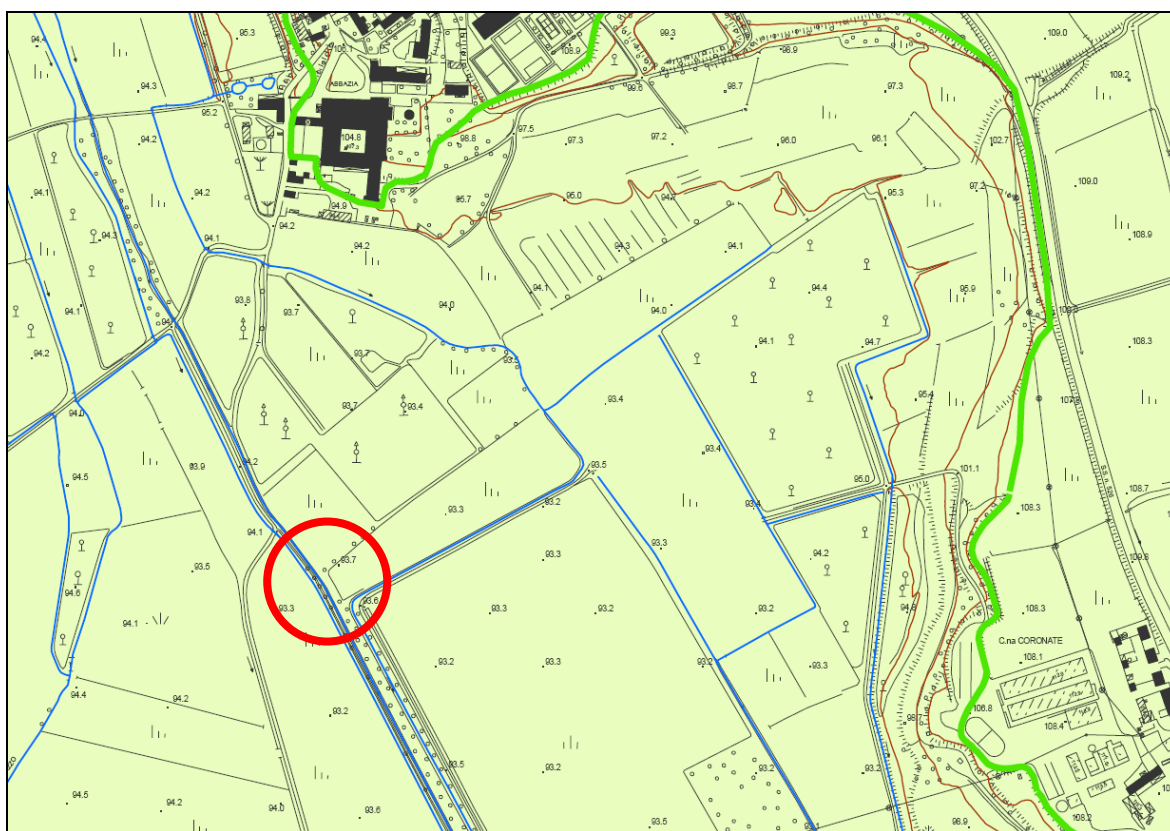
Tenendo conto della reale morfologia dei luoghi nonché degli approfondimenti di indagine condotti, i dati raccolti ed analizzati sono da ritenersi sufficienti ed esaustivi con riferimento alle caratteristiche geologiche sito - specifiche dell'area e a quanto definito nelle "NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE". Le opere da realizzarsi - data la loro tipologia -, sono perciò da ritenersi conformi alle prescrizioni e alle limitazioni d'uso del suolo di cui alla Classe 4 di fattibilità geologica.

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
 RELAZIONE GEOLOGICA

2.5 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Dalla consultazione dello stesso *Studio geologico - tecnico territoriale a supporto del P.g.T. del Comune di Morimondo (MI)* - a firma Studio Associato di geologia applicata Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata (novembre 2011), si evince che l'area di studio ricade all'interno dello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4(A).

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z4(A)	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi: tutto il Comune di Morimondo è compreso in questa zona: con i depositi fluvio-glaciali appartenenti al Livello Fondamentale della Pianura presso l'area a Est e i depositi alluvionali appartenenti al Ticino presso l'area a Ovest	Amplificazioni litologiche e geometriche



CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE CON IDENTIFICATA L'AREA DI INDAGINE

tratto da Studio geologico - tecnico territoriale a supporto del P.G.T. del Comune di Morimondo (MI)
 Studio Associato di geologia applicata Dott. Geol. Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata (novembre 2011)

Si specifica come da PgT vigente non risultano essere stati condotti gli approfondimenti di secondo livello in fase di pianificazione comunale così come previsto dalla normativa regionale (All.5 D.G.R. n°9/2616/2011) in base alla Zona Sismica di appartenenza (Comune di Morimondo ⇒ Zona Sismica 4): *“nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)”*.

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
 CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
 RELAZIONE GEOLOGICA

3. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Il combinato disposto dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n°3274 e s.m.e i., del D.M. 17 gennaio 2018 (Cap. 3.2) e della D.G.R. 11 luglio 2014, n°10/2129 e s.m.e i., hanno classificato il territorio comunale di Morimondo (MI) in Zona Sismica 4, con i seguenti parametri:

Accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria "A" (a_g)	0,05g
Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme tecniche) (a_g/g)	0,05
Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	<0,05g
Accelerazione massima (a_{gMAX}) presente all'interno del territorio comunale (O.P.C.M. 3519/06 e D.M. 17/01/18)	0,047165g

Le indagini in sito eseguite (rifer. All.2 e 3 - n°1 prova penetrometrica statica C.P.T.) portano a riferire l'area esaminata (§ 3.2.2 delle N.T.C. 2018) alla **categoria di sottosuolo di tipo C**.

C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di **velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s**.

In adempimento alla normativa vigente, Regione Lombardia con D.G.R. n°8/1566/2005 e s.m.e.i., ha definito una apposita metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, fondata sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione regionali.

La stima della risposta sismica dei terreni viene fornita in termini di valore del *Fattore di Amplificazione* (F_a). Il valore di F_a si riferisce ai due intervalli di periodo tra 0.1÷0.5 sec e 0.5÷1.5 sec, scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale.

In particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 sec si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 sec si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Comune di <u>MORIMONDO (MI)</u> Valori di soglia del <i>Fattore di Amplificazione (F_a)</i>	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s	1,40	1,90	2,20	2,00
VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s	1,70	2,40	4,20	3,10

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
 RELAZIONE GEOLOGICA

Per la determinazione dei parametri di pericolosità sismica del sito è necessario conoscere le coordinate geografiche decimali dell'opera da verificare.

Al link http://www.geostru.com/geoapp/Parametri_Sismici.aspx, si trova gratuitamente: *GeoStru PS Parametri sismici*.

Si determina quindi la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Otteniamo tre valori: a_g (g/10), F_0 e T_c^* definiscono le forme spettrali. Il passo successivo consiste nella valutazione di a_{max} (accelerazione massima attesa al sito).

Per il Comune di Morimondo $a_{max} = 0,047165g = 0,462217m/sec^2$.

Determiniamo infine i coefficienti sismici orizzontale e verticale: $K_h = \beta_s \cdot a_{max}/g$; $K_v = 0,5 \cdot K_h$

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente cu: 1

	Probabilità di superamento (%)	Tr (anni)	a_g (g)	F_0 (adim)	T_c^* (sec)
Operatività (SLO)	81	30	0,018	2,539	0,160
Danno (SLD)	63	50	0,022	2,512	0,191
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,046	2,655	0,282
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,055	2,704	0,301

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	K_h [-]	K_v [-]	a_{max} [m/s ²]	β [-]
SLO	1,500	1,921	1,000	0,008	0,004	0,462	0,180
SLD	1,500	1,814	1,000	0,008	0,004	0,462	0,180
SLV	1,500	1,594	1,000	0,008	0,004	0,462	0,180
SLC	1,500	1,560	1,000	0,008	0,004	0,462	0,180

LEGENDA

a_g accelerazione orizzontale massima al sito
 F_0 valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
 T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
 SLO stato limite di operatività
 SLD stato limite di danno.
 SLV stato limite di salvaguardia della vita.
 SLC stato limite di prevenzione del collasso
 Ss coefficiente di amplificazione stratigrafica
 Cc: coefficiente categoria sottosuolo
 St: coefficiente amplificazione topografica
 K_h : coefficiente sismico orizzontale
 K_v : coefficiente sismico verticale
 a_{max} : accelerazione massima attesa
 β : coefficiente riduzione accelerazione massima attesa al sito

4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI SUOLI INCOERENTI METODO DI ROBERTSON E WRIDE MODIFICATO 1997 - C.N.R. – GNDT

Nell'ambito dello sviluppo dei calcoli geotecnici derivati dalla prova penetrometrica statica CPT-01 (refer.All.3), eseguita a supporto del presente studio, è stata compiuta una valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione, eseguita con metodo semplificato di Robertson & Wride (1997). Questo metodo, raccomandato dal National Center for Earthquake Research (NCEER), è basato sulla teoria che, partendo dai dati delle prove penetrometriche statiche ed introducendo un sisma di progetto (*che in questo caso corrisponde ad un'accelerazione sismica orizzontale $a_g = 0.05$ corrispondente a quella prevista dalla normativa per le aree classificate in Zona Sismica 4*), permette di calcolare il coefficiente di sicurezza FS in rapporto alla suscettibilità alla liquefazione.

Allo stesso fattore di sicurezza viene assegnato un valore minimo in funzione del tipo di terreno. Si assume:

- per sabbie medio - dense $\Rightarrow F_s \geq 1,3$
- per sabbie medio - sciolte $\Rightarrow F_s \geq 1,5$

Secondo le normative europea (EC8) e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico ($CSR > 0.80$ CRR) che ha provocato liquefazione durante terremoti passati e quindi deve risultare $F_s < 1,25$ perché ciò avvenga.

Pertanto, il valore minimo del Fattore di sicurezza alla liquefazione è $F_s > 1.25$.

Per quanto riguarda la prova analizzata, non sono stati riscontrati FS inferiori a 1,25. I dati sono evidenziati nelle tabelle dell'allegato 3 (con riferimento ai diagrammi qc-fs e interpretazione stratigrafica AGI-1977).

Dalle risultanze complessive della prova penetrometrica statica CPT-01 è stato possibile escludere la presenza negli strati superficiali di depositi granulari fini e poco addensati. Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche della zona - verificate in sede investigativa -, fanno perciò ritenere l'area d'indagine non soggetta a rischio di fenomeni di liquefazione (assenza dello scenario Z2b).

Dalla stessa prova penetrometrica è stato infine possibile riscontrare l'assenza, negli strati superficiali, di sedimenti recenti ed attuali a tessitura fine di natura argillosa ed argilloso organica poco consistenti tali da far ritenere l'area indagata potenzialmente soggetta a marcati cedimenti (assenza dello scenario Z2a).

5. COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO CON LA SITUAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEI LUOGHI

I rilievi condotti in sito e le indagini geotecniche eseguite hanno permesso di verificare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in corrispondenza dell'area in esame. Risultano i seguenti elementi:

- In base alle risultanze delle indagini é possibile definire un MODELLO GEOLOGICO che in via semplificativa risulta contraddistinto da una successione di depositi alluvionali costituiti da terreni sabbiosi e ghiaiosi (strato **SG**), molto addensati. Essi si presentano nel complesso dotati di elevate caratteristiche geotecniche, in termini di resistenza al taglio e ridotta compressibilità. I depositi investigati risultano pedogenizzati nella parte più superficiale (strato **A0**, dato da sedimenti limoso - sabbiosi). Dal piano campagna attuale alla quota di -0,60 metri è infine presente probabilmente del materiale di riporto **R** (tout-venant compattato costituito da sabbia limosa) (rifer. paragrafo 2.2).
- L'indagine geotecnica - in accordo con la documentazione consultata -, ha evidenziato la presenza della falda freatica superficiale ad una profondità di -0,80 metri dal p.c. (misura freatimetrica eseguita in corrispondenza del foro di prova in data 15/01/2020). In relazione a quanto rilevato, nell'elaborazione dei calcoli geotecnici si può ipotizzare, a favore di sicurezza, l'interferenza delle sottostrutture di progetto con la falda idrica (rifer. paragrafo 2.3).
- Dal punto di vista sismico le indagini effettuate portano a riferire il sottosuolo nell'area esaminata alla **categoria di sottosuolo di tipo C** (rifer. capitolo 3).
- Per quanto riguarda la **verifica alla liquefazione**, date le caratteristiche litologiche e stratigrafiche della zona, l'area d'indagine è da considerarsi non soggetta a rischio di fenomeni di liquefazione del terreno (rifer. capitolo 4).

Stante le premesse, gli interventi posti in essere risultano compatibili con la situazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica dei luoghi, in relazione sia alle risultanze dei rilievi eseguiti, sia al grado di approfondimento dei dati geologici e idrogeologici esaminati descritti ai paragrafi precedenti.

Per quanto riguarda il nuovo ponticello di progetto, valga comunque l'adozione dei criteri generali e tecnico - esecutivi di seguito indicati.

1. Per quanto riguarda la tipologia fondazionale si potrà optare - come ipotizzato dalla progettazione -, per una fondazione del tipo "a plinto", in relazione alle caratteristiche del terreno nel punto investigato. Per il dimensionamento strutturale delle opere di fondazione si faccia riferimento a quanto indicato nella RELAZIONE GEOTECNICA R2.
2. In relazione alla presenza nel primo sottosuolo di uno strato di terreno limoso - sabbioso pedogenizzato (A0), le sottostrutture di progetto andranno cautelativamente impostate ad una profondità non inferiore a -1,00 metri rispetto al piano campagna attuale, riferito al punto di esecuzione dell'indagine geotecnica.

Stradella, gennaio 2020

Il Professionista Incaricato
Dott. Geol. Daniele Calvi

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

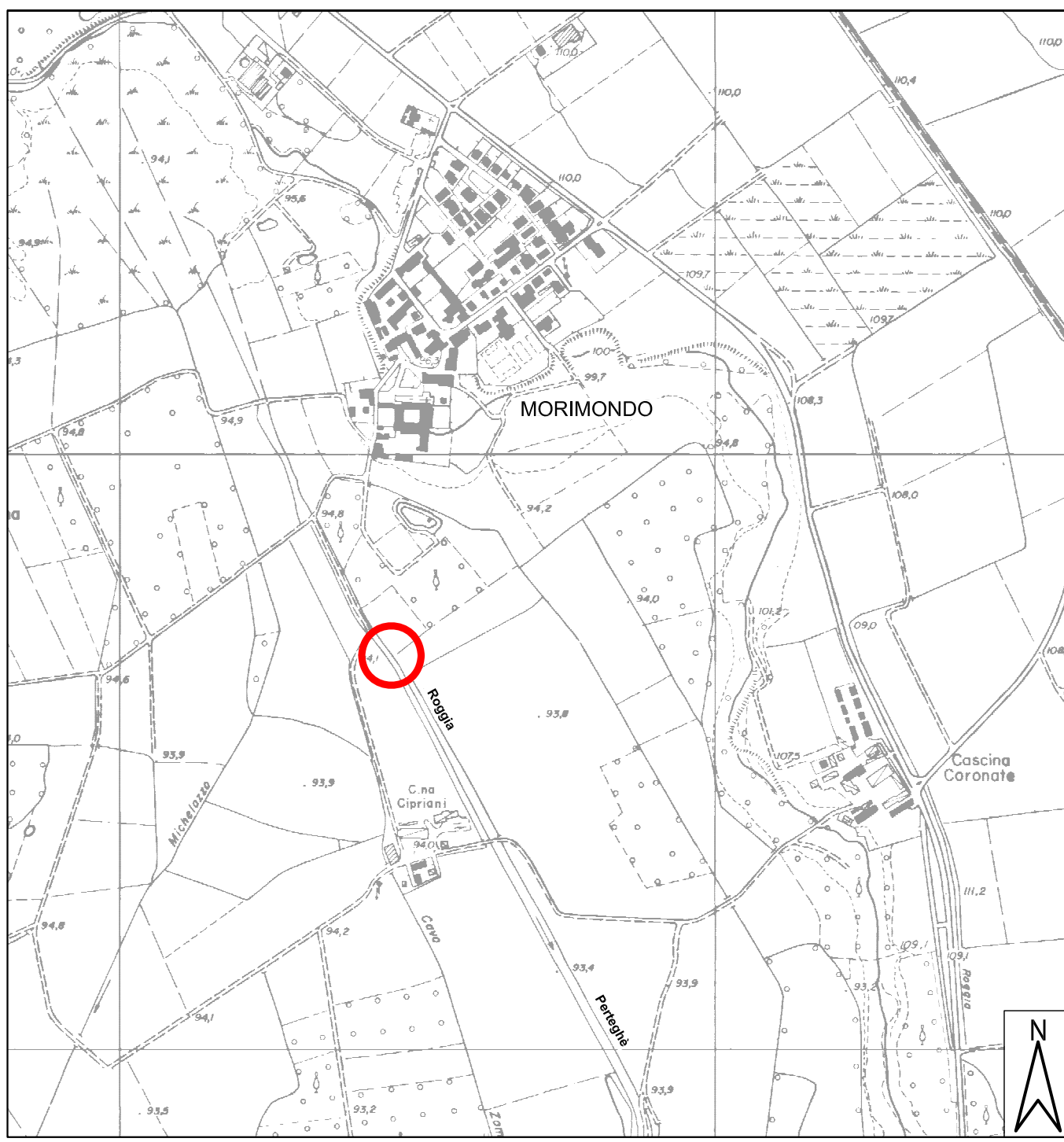
ALLEGATI

ALLEGATO 1

COROGRAFIA CON UBICAZIONE AREA DI INDAGINE

Base C.T.R. foglio A6e5

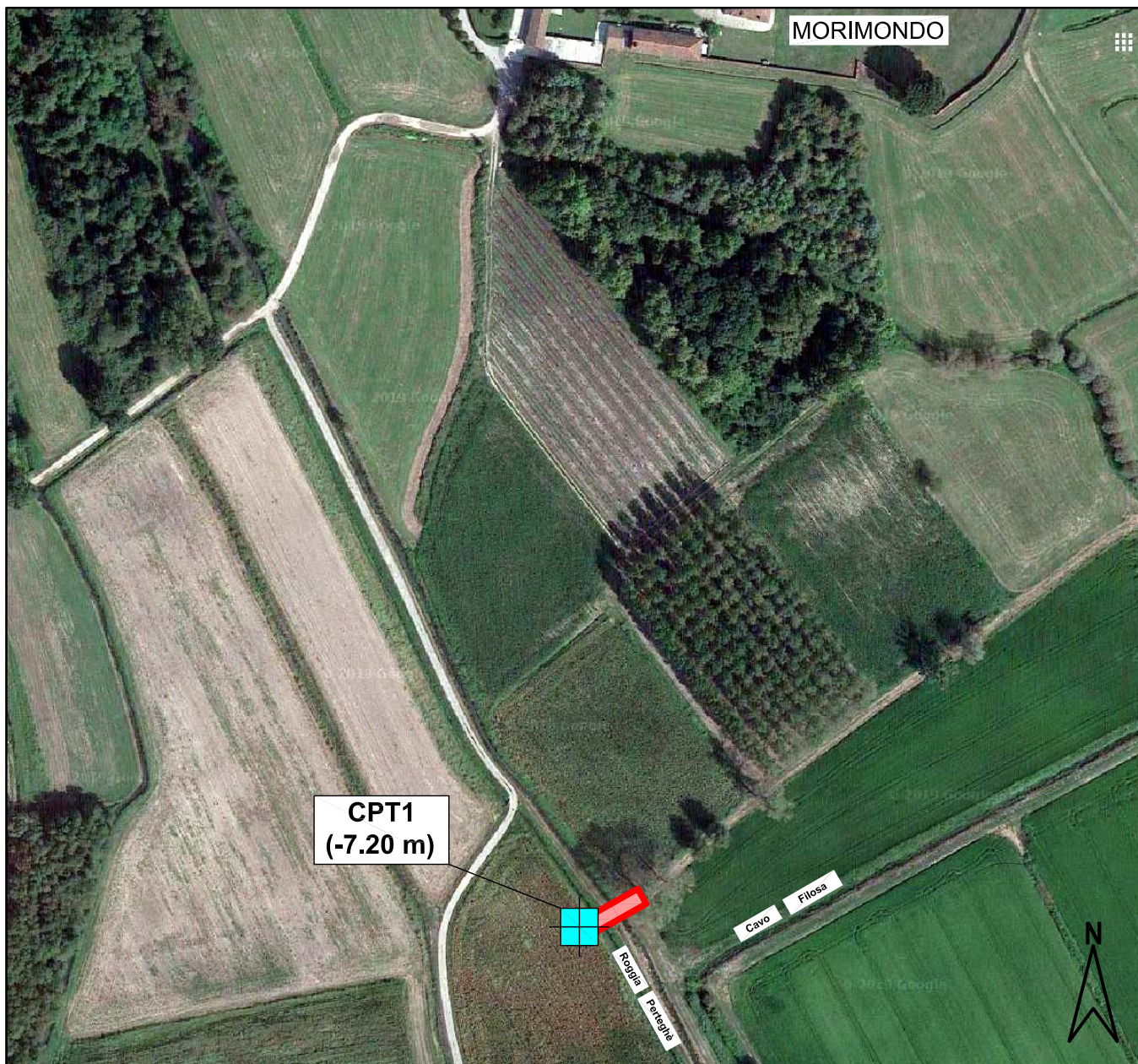
Scala 1:10.000



ALLEGATO 2

PLANIMETRIA DI DETTAGLIO
CON UBICAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE

Scala 1: 2.500



LEGENDA



PROVA PENETROMETRICA STATICA - CPT-01
indagine eseguita in data 15 gennaio 2020 (tra parentesi è indicato l'approfondimento in metri dal p.c.)



MANUFATTO DI PROGETTO - NUOVO PONTICELLO DI ATTRAVERSAMENTO
DEL CORSO D'ACQUA "CAVO PERTEGHÈ" IN COMUNE DI MORIMONDO (MI)

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO n°3

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
CPT 01**

**DATI STRUMENTALI - DIAGRAMMA PENETROMETRICO
CARATTERISTICHE STRATIGRAFICO - GEOTECNICHE DEL TERRENO**

CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CPT-01

PROVA CPT 01

Strumento utilizzato	PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data	15/01/2020
Profondità prova	7,20 metri
Falda acquifera	Falda acquifera -0,80 metri dal p.c.

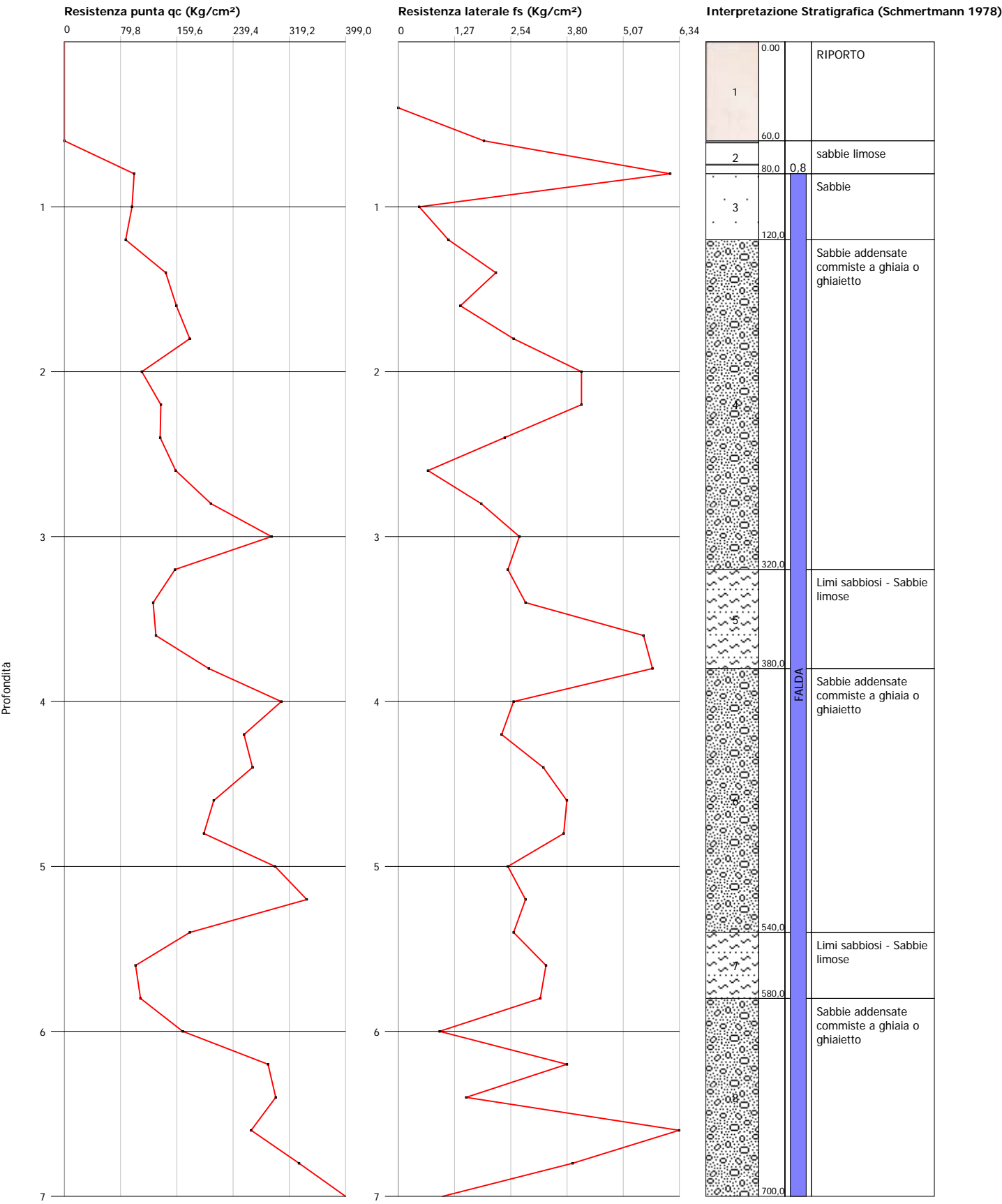
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
0,40	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
0,60	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO	RIPORTO
0,80	99,0	128,0	99,0	6,13	16,15	6,19
1,00	96,0	188,0	96,0	0,47	204,26	0,49
1,20	87,0	94,0	87,0	1,13	76,99	1,30
1,40	144,0	161,0	144,0	2,20	65,45	1,53
1,60	159,0	192,0	159,0	1,40	113,57	0,88
1,80	178,0	199,0	178,0	2,60	68,46	1,46
2,00	110,0	149,0	110,0	4,13	26,63	3,75
2,20	137,0	199,0	137,0	4,13	33,17	3,01
2,40	136,0	198,0	136,0	2,40	56,67	1,76
2,60	158,0	194,0	158,0	0,67	235,82	0,42
2,80	208,0	218,0	208,0	1,87	111,23	0,90
3,00	294,0	322,0	294,0	2,73	107,69	0,93
3,20	157,0	198,0	157,0	2,47	63,56	1,57
3,40	126,0	163,0	126,0	2,87	43,9	2,28
3,60	130,0	173,0	130,0	5,53	23,51	4,25
3,80	205,0	288,0	205,0	5,73	35,78	2,80
4,00	308,0	394,0	308,0	2,60	118,46	0,84
4,20	255,0	294,0	255,0	2,33	109,44	0,91
4,40	267,0	302,0	267,0	3,27	81,65	1,22
4,60	212,0	261,0	212,0	3,80	55,79	1,79
4,80	198,0	255,0	198,0	3,73	53,08	1,88
5,00	299,0	355,0	299,0	2,47	121,05	0,83
5,20	344,0	381,0	344,0	2,87	119,86	0,83
5,40	178,0	221,0	178,0	2,60	68,46	1,46
5,60	101,0	140,0	101,0	3,33	30,33	3,30
5,80	108,0	158,0	108,0	3,20	33,75	2,96
6,00	168,0	216,0	168,0	0,93	180,65	0,55
6,20	289,0	303,0	289,0	3,80	76,05	1,31
6,40	300,0	357,0	300,0	1,53	196,08	0,51
6,60	265,0	288,0	265,0	6,33	41,86	2,39
6,80	333,0	428,0	333,0	3,93	84,73	1,18
7,00	399,0	458,0	399,0	1,00	399,0	0,25
7,20	DISANCORAGGIO	DISANCORAGGIO	DISANCORAGGIO	DISANCORAGGIO	DISANCORAGGIO	DISANCORAGGIO

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
Strumento utilizzato... PAGANI TG 63 (200 kN)
Diagramma Resistenze qc fs

Committente : Comune di Morimondo
Cantiere :
Località : Morimondo

Data :15/01/2020

Scala 1:32



CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CPT-01

PROVA CPT 01

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI COESIVI

Cu *Coesione non drenata (Correlazione Lunne, Robertson and Powell 1977)*
Eed *Modulo Edometrico (Correlazione Robertson & Campanella da Schmertmann)*
 γ_{sat} *Peso unità di volume saturo (Correlazione Meyerhof)*

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Eed (Kg/cm ²)	γ_{sat} (t/m ³)
Strato 1	0,60	-----	-----	-----	-----	1,80
Strato 2	0,80	99,0	6,13	0,58	45,42	2,32
Strato 5	3,80	153,67	4,71	0,89	47,18	2,40
Strato 7	5,80	104,5	3,27	3,34	128,0	2,33

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - TERRENI INCOERENTI

Dr *Densità relativa (Correlazione Baldi 1978 – Schmertmann 1976)*
(°) *Angolo di resistenza al taglio (Correlazione Meyerhof 1951)*
Eed *Modulo Edometrico (Correlazione Robertson & Campanella da Schmertmann)*
 γ_{sat} *Peso unità di volume saturo (Correlazione Meyerhof)*
FS *Fattore di sicurezza a liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,05 (Robertson e Wride 1997)*

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Dr (%)	(°)	Eed (Kg/cm ²)	γ_{sat} (t/m ³)	FS
Strato 1	0,60	0,0	0,64	-----	17	-----	1,80	-----
Strato 2	0,80	99,0	6,13	59,70	21,94	77,18	2,10	-----
Strato 3	1,20	91,5	0,80	46,51	22,39	56,75	2,20	32,803
Strato 4	3,20	168,1	2,46	45,51	23,74	52,75	2,20	153,889
Strato 5	3,80	153,67	4,71	44,20	24,63	49,59	2,10	221,641
Strato 6	5,40	257,63	2,96	52,05	32,01	54,55	2,20	283,509
Strato 7	5,80	104,5	3,27	62,33	45	64,71	2,10	104,37
Strato 8	7,00	292,33	2,92	64,00	45	66,77	2,20	375,301

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO n°4

PARAMETRI SISMICI

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

STRADA VICINALE PER C.NA CIPRIANI

COMUNE DI MORIMONDO (MI)



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale

50

Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.018	2.539	0.160
Danno (SLD)	50	0.022	2.512	0.191
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.046	2.655	0.282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.055	2.704	0.301

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Tipo

Muri di sostegno NTC 2008

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

H (m)

1

us (m)

0.1

Cat. Sottosuolo

C

Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,92	1,81	1,59	1,56
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☒ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0,462217

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.008	0.008	0.008	0.008
0.004	0.004	0.004	0.004	
Amax [m/s²]	0.462	0.462	0.462	0.462
Beta	0.180	0.180	0.180	0.180

COMUNE DI MORIMONDO (MI)
CREAZIONE DI PISTA CICLOPEDONALE - PERCORSO DEI MONACI
RELAZIONE GEOLOGICA

ALLEGATO n°5

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI GEOTECNICHE

Dott. Geol. Daniele Calvi
Via Antonio Gramsci, 22
27049 Stradella (PV)
Tel. 338-7073831 - Fax 0385-830267
geocalvi@gmail.com

Committente: Comune di Morimondo (MI)
Località: Strada vicinale per C.na Cipriani
Cavo Perteghè
Data: 15/01/2020



PROVA PENETROMETRICA STATICA
C.P.T. 01