

COMUNE DI ORZINUOVI
Provincia di Brescia

**INDAGINE GEOLOGICA E GEOTECNICA RELATIVA ALLA
CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA
DEI TERRENI DELL'INTERVENTO OGGETTO DI
PIANO DI RECUPERO GALILEO GALILEI.**

RELAZIONE GEOLOGICA

ai sensi del
D.M. 14/01/2008
D.G.R. 2616/2011

RELAZIONE GEOTECNICA

ai sensi del
D.M. 14/01/2008

RELAZIONE SISMICA

ai sensi del
D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129

COMMITTENTE: STUDIO TECNICO ABBASSAGGI RUBAGOTTI

GEOLOGO: DOTT. GUIDO TORRESANI
O.G.L. n° 1141

DATA: 31 AGOSTO 2017

Studio di Geologia dott. GUIDO TORRESANI

25034 – ORZINUOVI (BS) - Via Giordano Bruno, 44

tel/fax 030 944193

GEOLOGIA AMBIENTALE, IDROGEOLOGIA, GEOTECNICA, GESTIONE CAVE, AUTORIZZAZIONI POZZI

SOMMARIO

- Premessa;
- Inquadramento geologico e natura litologica dei terreni di fondazione;
- Piano di imposta e tipo di fondazione;
- Sismicità dell'area;
- Definizione dell'azione sismica;
- Indagini geognostiche;
- Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica;
- Determinazione delle resistenze dei terreni Rd ai sensi del D.M. 14-01-2008;
- Calcolo dei cedimenti;
- Suscettibilità alla liquefazione dei terreni di fondazione;
- Verifica della fattibilità geologica dell'intervento in riferimento ai criteri indicati nella D.G.R. 2616/2011
- Considerazioni conclusive.

ALLEGATI

- Inquadramento corografico (CTR scala 1:10.000);
- Tabelle e diagrammi di interpretazione dei dati penetrometrici;
- Estratto mappa scala 1:1000
- Asseverazione relazione geologica – MODULO 9;
- Asseverazione relazione geotecnica – MODULO 10

PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica, commissionata al sottoscritto professionista dallo Studio tecnico Abbassaggi Rubagotti di Orzinuovi, ha lo scopo di caratterizzare da un punto di vista geologico, geomeccanico, litostratigrafico, idrogeologico e sismico l'immobile sito in Via Galileo Galilei nel Comune di Orzinuovi, interessato dal piano di recupero identificato come "Galileo Galilei".

L'indagine è stata programmata ed esperita sulla base della normativa ministeriale oggetto del D.M. 14.01.2008 concernente le "Norme tecniche sulle costruzioni". Tale caratterizzazione è importante non solo per una corretta scelta e dimensionamento delle strutture di fondazione, ma anche perchè a seguito di detto D.M. è necessario verificare i parametri sismici della zona.

Sulla base del D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", **il territorio comunale di ORZINUOVI è stato classificato come ZONA 3**. In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 e sulla base della litostratigrafia rilevata e delle conoscenze geologiche del sito, è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del **suolo di fondazione di "tipo C"**. Il profilo stratigrafico del suolo di tipo "C" deriva dall'analisi sismica condotta a livello di studio di microzonazione sismica comunale, allegato al PGT, redatto dal sottoscritto professionista nel 2010. Tutto il territorio comunale è risultato appartenere a questo tipo; si è ritenuta quindi non indispensabile la realizzazione di una specifica indagine sismica tipo MASW. Inoltre dall'approfondimento sismico di II livello risulta che il fattore di amplificazione F_a è minore al valore di soglia regionale, come riportato nello studio sismico comunale.

E' necessario quindi prevede in sede di indagine geologico-tecnica la verifica di alcuni elementi e fattori che influenzano il comportamento delle fondazioni; tra questi la **litologia** dei terreni di substrato, la **profondità del piano di imposta**, il **carico allo stato limite ultimo**, la **suscettibilità alla liquefazione** dei terreni di fondazione, i possibili **cedimenti** e il **livello della falda acquifera**.

L'indagine ha inoltre lo scopo di verificare la fattibilità geologica dell'intervento in riferimento ai criteri indicati nella **D.G.R. 2616/2011 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT"**.

Considerata l'estensione del lotto da indagare, l'entità delle opere di progetto e considerate le caratteristiche geomeccaniche dei terreni della zona, per la definizione dei parametri caratteristici del terreno si è fatto riferimento ad una **prova penetrometrica statica CPT** eseguita dal sottoscritto a circa 150 m di distanza (proprietà Macelleria Bonetti Piazza Garibaldi) in una zona il cui modello geologico può essere ritenuto confrontabile con quello del lotto in esame. Con tale prova si è potuto verificare il comportamento geomeccanico del sottosuolo ed è stata intercettata anche la falda acquifera ad una profondità di circa -5 m dal p.c.

Considerata l'omogeneità litostratigrafica e geomeccanica dei terreni presenti nell'ambito della zona indagata e tenuto in considerazione l'estensione del lotto da indagare, si ritiene che le indagini prese come riferimento siano sufficienti per poter caratterizzare i terreni in oggetto. Tale scelta è avvalorata dalla conoscenza delle aree circostanti a quella di intervento che in un intorno significativo presentano caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche simili.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NATURA LITOLOGICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

L'areale indagato è ubicato nel centro storico dell'abitato di Orzinuovi (come evidenziato nella allegata C.T.R. 1:10.000).

L'area si presenta come una superficie pianeggiante ad una quota di ca. 86 metri s.l.m.

Dal punto di vista morfologico questa zona appartiene all'unità definita "Livello Fondamentale della Pianura" ovvero "Piano Generale Terrazzato (P.G.T.)".

Una descrizione geologica a carattere generale dei terreni prossimi all'area di intervento ha poco significato in un'indagine di dettaglio come la presente e pertanto viene tralasciata.

Sulla base delle conoscenze dei terreni della zona e delle prove penetrometriche eseguite, si prevede una buona uniformità litostratigrafica e geomeccanica dei terreni di fondazione.

La natura del terreno, dedotta indirettamente dalla prova penetrometrica di riferimento raffrontate con le indagini e le informazioni a disposizione recuperate da altri cantieri nelle vicinanze, mostra una successione litostratigrafica che può essere schematizzata come di seguito riportato (quote riferite allo 0 RIF. = p.c.):

da 0,0 a 2,4 m	sabbie e ghiaie	(orizzonte "A")
da 2,4 a 5,7 m	ghiaie e sabbie	(orizzonte "B")
oltre 5,7 m	sabbie e ghiaie acquifere	(orizzonte "C")

All'interno della prova penetrometrica di riferimento il livello della falda freatica è stato individuato a -5 m dal p.c. (-5 m dallo 0 RIF.). Tale valore piezometrico può subire delle oscillazioni verticali; in particolare durante il periodo estivo-autunnale tale valore può raggiungere i -4,5 m di profondità dal p.c. (-4,5 m dallo 0 RIF.). Quest'ultimo valore è da considerarsi come la massima risalita verticale annua successiva alle irrigazioni estive attualmente nota. Non è possibile sapere ad oggi se in futuro la falda acquifera potrà risalire ulteriormente, raggiungendo quote più superficiali.

La natura eterometrica dei terreni di substrato dell'intera area indagata rispecchia la litologia delle alluvioni fluvioglaciali wurmiane che affiorano in maniera continua in questo tratto della medio-bassa pianura bresciana.

Come riscontrato in sito la composizione della sopra citata "unità litostratigrafica" presenta uno spettro granulometrico esteso dalle ghiaie ai limi; tale eterogeneità è la causa di possibili variazioni della capacità portante del terreno evidenziate dall'andamento delle prove penetrometriche.

PIANO DI IMPOSTA E TIPO DI FONDAZIONE

I valori di resistenza alla punta ottenuti valutando le prove di riferimento supportati dalle conoscenze litostratigrafiche locali, portano a ritenere l'intera area indagata omogenea da un punto di vista litostratigrafico e geomeccanico e costituita da terreni a sabbie e ghiaie nella litozona superficiale (orizzonte A) passanti, a partire da circa -2,4 m dal p.c. (-2,4 m dallo 0 RIF.), a ghiaie e sabbie (orizzonte B). Oltre i 5,7 m di profondità si rinvenivano sabbie e ghiaie acquifere (orizzonte C).

Valutate pertanto le caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni indagati, in relazione alle caratteristiche strutturali delle fondazioni di progetto, si è proceduto al calcolo della capacità portante del terreno utilizzando fondazioni superficiali tipo FONDAZIONI CONTINUE impostate ad una profondità $\geq 3,5$ m dal p.c. ($\geq 3,5$ m dallo 0 RIF.), direttamente nell'orizzonte B costituito da terreni ghiaioso-sabbiosi compatti.

Di seguito verranno quindi verificate le seguenti tipologie di fondazioni:

- **FONDAZIONI CONTINUE** aventi larghezza di 1,2 m, impostate ad una profondità $\geq 3,5$ m dallo 0 RIF., all'interno dell'orizzonte B (ghiaie e sabbie).

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di ottenere utili informazioni tecniche destinate ad una corretta interpretazione delle caratteristiche geologiche dei terreni di fondazione dell'opera in progetto si è fatto riferimento alle seguenti indagini:

- n.1 prova penetrometrica STATICA (CPT) – prova P1 - eseguita in passato nella vicina Piazza Garibaldi in concomitanza dell'intervento di ristrutturazione del fabbricato di proprietà della Ditta Bonetti F.lli. Le conoscenze locali portano a ritenere uniforme il modello geologico-geomeccanico dei due siti.

La quota 0 di RIFERIMENTO per tutte le quote indicate nella relazione è il PIANO STRADA DI VIA GALILEO GALILEI (0 DI RIFERIMENTO in sezione), che corrisponde con il piano campagna su cui sono state eseguite le indagini prese come riferimento.

Prova penetrometrica statica CPT – prova P1

Le prove statiche (CPT) consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica e un manicotto di attrito di dimensioni standard utilizzando un pistone idraulico che esercita una spinta costante (10 t).

La punta e il manicotto di attrito misurano rispettivamente la resistenza alla punta (R_p) e la resistenza laterale (R_l).

L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm.

Le caratteristiche del penetrometro statico Pagani tipo Gouda da 10 t utilizzato, rispondono agli standard europei richiesti per questo tipo di prove e presenta le seguenti specifiche tecniche:

- punta conica con angolo di 60° e superficie di 10 cm^2 ;
- manicotto di frizione con superficie di 150 cm^2 posto sopra la punta;
- le letture dei valori di resistenza alla punta e al manicotto vengono fatte su un manometro.

Nell'esecuzione della prova non è stata raggiunta la situazione di rifiuto geotecnico ed è stata arrestata ad una profondità ritenuta sufficiente per la comprensione delle problematiche inerenti il sistema terreno-fondazione.

Le tabelle e i diagrammi di interpretazione della prova penetrometrica vengono riportati in allegato.

SISMICITA' DELL'AREA

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre sono state definite le norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno. La suddetta ordinanza riporta, sino alla deliberazione delle regioni (cosa che in Lombardia è avvenuto con la D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129), le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". In particolare, l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone.

Nello specifico il territorio comunale di **ORZINUOVI** ricade, per quanto indicato in Allegato A della D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "elenco dei Comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (a_{gmax}) presente all'interno del territorio comunale" in **ZONA 3**.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica A_{gMax}	A_{gmax}
03017125	BS	ORZINUOVI	3	0,13266

Il terreno indagato secondo lo schema presente nell'Ordinanza risulta appartenente alla categoria di **suolo di fondazione tipo "C"**, (Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s e $15 < NSPT < 50$) così come specificato al paragrafo 3.1 del Capitolo 3 "Azione sismica" di dette norme.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- 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.

Per il calcolo dei valori sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri in base al tipo di opera in progetto:

- **Vita nominale dell'opera V_N :** intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata

Tabella 1 – Vita nominale v_n per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

- **Classe d'uso:** classe nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso

L'opera in progetto appartiene alla Classe d'uso II: costruzioni il cui uso preveda affollamenti normali.

Le azioni sismiche su 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 N_v** per il **coefficiente d'uso C_U** :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente Tabella:

Tabella n. 2 - Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni

Dopo aver definito la Vita Nominale e la Classe d'uso è possibile, quindi, calcolare il **Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R** come:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Tabella 3 -riassuntiva

tipo di costruzione	2
vita nominale	≥ 50
classe d'uso	II
coefficiente C_U	1,0
vita di riferimento $V_R = V_n \times C_U$	50

DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA -STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Le *azioni sismiche di progetto* si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_R espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" (P_{VR}).

La pericolosità sismica è definita in termini di :

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A, ecc.), con superficie topografica orizzontale (categoria T1; ecc.);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **a_g** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F_o** 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.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Tabella n.4 -Categorie topografiche

Categoria topografica	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 $i \leq 15^\circ \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E il *coefficiente di Amplificazione stratigrafica* (S_s) e il *coefficiente funzione della categoria di sottosuolo* (C_c) possono essere calcolati in funzione dei valori di F_o (Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente Tabella, nella quale g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi:

Tabella n. 5 -Espressioni di S_s e di C_c

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.20$	$1.10 * (T_c) - 0.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.50$	$1.05 * (T_c) - 0.33$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.80$	$1.25 * (T_c) - 0.50$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.60$	$1.15 * (T_c) - 0.40$

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella seguente Tabella, in funzione delle categorie topografiche definite in Tabella n.4 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella n. 6 -Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1		1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove ST assume valore unitario.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma **GEOSTRU**, da cui sono stati ottenuti i seguenti parametri sito-specifici:

Determinazione dei parametri sismici	
(1)* Coordinate WGS84	
Lat. 45,403178°	Long. 9,9256194°
(1)* Coordinate ED50	
Lat. 45,404107°	Long. 9,926661°
Classe dell'edificio	
Il Affollamento normale.	Cu = 1
Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)	

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni

In funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori a_g , F_0 , T^*C e del periodo di ritorno:

Tabella 7 – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati limite		P_{VR}	Periodo di ritorno (anni)	a_g (g) valori nominali	F_0	T^*C (sec)
SLE esercizio	Operatività SLO	81%	30	0,035	2,462	0,207
	Danno SLD	63%	50	0,046	2,437	0,232
SLU ultimo	Vita SLV	10%	475	0,122	2,454	0,276
	Collasso SLC	5%	975	0,158	2,481	0,286

Dove:

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 di 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 nei 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.

Tabella n. 8 - Coefficienti sismici stati limite

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

☐ Muri di sostegno
 ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,47
Cc * Coeff. funz categoria	1,76	1,70	1,61	1,59
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,014	0,044	0,056
kv	0,005	0,007	0,022	0,028
Amax [m/s ²]	0,518	0,671	1,796	2,269
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Le risultanze delle prove penetrometriche di riferimento, unitamente alle conoscenze geologiche acquisite dallo scrivente riguardo le caratteristiche medio generali del territorio comunale dell'area, hanno permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico del sottosuolo e, contestualmente, di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni interessati dalle fondazioni delle opere in progetto.

Modello litostratigrafico del sottosuolo

I valori di resistenza alla punta ottenuti valutando la prova penetrometrica di riferimento, supportati dalle conoscenze litostratigrafiche locali, portano a ritenere l'intera area indagata omogenea da un punto di vista litostratigrafico e geomeccanico e costituita da terreni a sabbie e ghiaie nella litozona superficiale (**orizzonte A**) passanti, a partire da circa -2,4 m dal p.c. (-2,4 m dallo 0 RIF.), a ghiaie e sabbie (**orizzonte B**). Oltre i 5,7 m di profondità si rinvenivano sabbie e ghiaie acquifere (**orizzonte C**).

A	(da 0,0 a 2,4 m dal p.c.) sabbie e ghiaie
B	(da 2,4 a 5,7 m dal p.c.) ghiaie e sabbie
C	(Oltre 5,7 m dal p.c.) sabbie e ghiaie acquifere

Modello geomeccanico

Nella seguente tabella, viene riportato il profilo geotecnico dei livelli riconosciuti, suddivisi sulla base delle seguenti caratteristiche: litologia prevalente, stato di addensamento e proprietà fisico-meccaniche; per ciascuna grandezza fisica considerata, è stato riportato un range di valori di riferimento.

Orizzonte A – “SABBIE E GHIAIE” (da 0,0 m a 2,4 m dal p.c.)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			MEDIAMENTE COMPATTO
Peso di volume	g	t/m ³	1,8
Angolo di attrito	Ø	°	24
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	106
Densità relativa	Dr	%	42

Orizzonte B – “GHIAIE E SABBIE” (da 2,4 m a 5,7 m dal p. c.)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			MOLTO COMPATTO
Peso di volume	g	t/m ³	1,9
Angolo di attrito	Ø	°	33
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	358
Densità relativa	Dr	%	65

Orizzonte C – “SABBIE E GHIAIE ACQUIFERE” (oltre 5,7 m dal p. c.)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			MEDIAMENTE COMPATTO
Peso di volume	g	t/m ³	1,8
Angolo di attrito	Ø	°	26
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	198
Densità relativa	Dr	%	35

Nella seguente tabella, viene riportato per ogni orizzonte individuato il **valore caratteristico * di resistenza al taglio** ottenuto analiticamente partendo dai valori medi sopra riportati:

Orizzonte A

Ø'm	24° valore medio
Ø'k	24° valore caratteristico *
Ø'd	18° valore di progetto

Orizzonte B

Ø'm	33° valore medio
Ø'k	33° valore caratteristico *
Ø'd	27° valore di progetto

Orizzonte C

Ø'm	26° valore medio
Ø'k	26° valore caratteristico *
Ø'd	20° valore di progetto

***il valore caratteristico k rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.**

Nel caso specifico è stato determinato il valore caratteristico dell'angolo di attrito e della coesione non drenata C_u .

I valori caratteristici di ϕ' sono determinabili con la seguente relazione:

$$\phi'_k = \phi'_m (1 + C_x V_{\phi'})$$

Si tenga presente che quanto indicato per l'angolo di attrito interno ϕ' vale anche per la coesione non drenata C_u , applicando la medesima formula

dove:

ϕ'_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno;

ϕ'_m = valore medio dell'angolo di attrito;

$V_{\phi'}$ = coefficiente di variazione di ϕ' , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio (deviazione standard) e la media dei valori di ϕ' ;

C = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L' Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di $C = -1,645$.

Di conseguenza la precedente relazione diventa:

$$\phi'_k = \phi'_m (1 - 1,645 V_{\phi'})$$

$V_{\phi'}$ = coefficiente di variazione = $V_{\phi'}$ = rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori

Si riportano per completezza alcune importanti precisazioni riportate nelle Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC 2008

A) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi

Nelle valutazioni che il geotecnico deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

B) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi

Valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (ad es. terreno di base di un palo, verifica a scorrimento di un muro), con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidezza. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; (ad esempio, effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata).

Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

I valori di progetto (ϕ_d) di ϕ o ($C_u d$) di C_u , sono determinabili invece con la seguente relazione, dove ϕ_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno

$$\phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi_k}{1,25} \right)$$

DETERMINAZIONE DELLE RESISTENZE (Rd)

Affinché una fondazione possa sorreggere con sicurezza il carico di progetto nei riguardi della rottura in generale, in tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$Ed \leq Rd.$$

Dove:

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

Rd = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

La veridicità della suddetta condizione deve essere verificata applicando tre diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più cautelativa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più cautelativa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

- Combinazione 1: (A1+M1+R3)

In particolare, relativamente alle caratteristiche di portanza dei terreni, è stata svolta la procedura che prevede la **verifica allo stato limite ultimo di tipo geotecnico** (per fondazioni superficiali) seguendo l'**approccio progettuale 1-combinazione 2 - GEO (A2+M2+R2)** del suddetto D.M. 14.01.08.

Le verifiche sono state effettuate tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle; (i parametri di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti del gruppo M2 e la resistenza globale del sistema tramite i coefficienti del gruppo R2); per confronto si è poi proceduto alla **verifica dello stato limite applicando l'approccio 2 - combinazione 1**

Tab. -7.1

Azione		Simbolo	Set	
			A1	A2
Permanenti	Sfavorevoli	γ_G	1.35	1.0
	Favorevoli		1.0	1.0
Variabili	Sfavorevoli	γ_Q	1.5	1.3
	Favorevoli		0.0	0.0
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	γ_{G2}	1.5	1.3
	Favorevoli		0.0	0.0

Tab. -7.2

Parametro del terreno	Simbolo	Set	
		M1	M2
Angolo di resistenza al taglio *	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza al taglio in condizioni non drenate	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ_v	1.0	1.0
* Questo coefficiente di sicurezza si applica alla tangente dell'angolo di resistenza al taglio ($\tan \phi$)			

Tab. -7.3

Resistenza	Simbolo	Set		
		R1	R2	R3
Capacità portante	$\gamma_{R;\nu}$	1.0	1.8	2.3
Scorrimento	$\gamma_{R;h}$	1.0	1.1	1.1

La capacità portante alla base delle fondazioni è stata calcolata applicando la seguente relazioni di **Brinch – Hansen**, ritenuta la più cautelativa rispetto ad altre formule di autori diversi:

$$R_d = 1/2 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} \cdot z_{\gamma} + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c \cdot d_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \cdot d_q \cdot z_q$$

dove :

- $N_c \ N_q \ N_{\gamma}$ = Fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di resistenza al taglio;
 $s_c \ s_q \ s_{\gamma}$ = Fattori di forma della fondazione;
 $i_c \ i_q \ i_{\gamma}$ = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
 $b_c \ b_q \ b_{\gamma}$ = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base;
 $g_c \ g_q \ g_{\gamma}$ = Fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del p. c.;
 $z_c \ z_q \ z_{\gamma}$ = Fattori correttivi che tengono conto dell'inerzia dovuta al sisma (solo per condizioni dinamiche)
 $d_c \ d_q$ = Fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa;

γ = Peso specifico del terreno sotto il piano di fondazione;

q = Carico litostatico presente sopra il piano di fondazione (proporzionale all'altezza del confinamento laterale);

Si è proceduto quindi a verificare la capacità portante del terreno considerando le seguenti ipotesi fondazionali:

- **FONDAZIONI CONTINUE** aventi larghezza di 1,2 m, impostate ad una profondità $\geq 3,5$ m dallo 0 RIF., all'interno dell'orizzonte B (ghiaie e sabbie compatte).

Sulla base delle ipotesi dimensionali di fondazione indicate e delle caratteristiche geotecniche del terreno (ridotte secondo gli opportuni coefficienti sulla base della normativa sismica) è opportuno rispettare i valori di R_d indicati nella tabella seguente, calcolate applicando due diverse combinazioni; per entrambe è stata verificata la seguente condizione:

$$E_d \leq (Q_{lim}/\gamma_R)$$

Tipologia di fondazione ipotizzata: **FONDAZIONI CONTINUE**
 Profondità di imposta: $\geq 3,5$ m da 0 RIF.
 Dimensione fondazione: **L = 1,2 m**

APPROCCIO	Combinazione	Q_{lim} (Kg/cm ²)	γ_R	R_d (Kg/cm ²)	Cedimento(cm) $Q_{SLE} = 1,5$ Kg/cm ²
1	2 - GEO (A2+M2+R2)	3,6	1,8	2,0	1,5
2	1 (A1+M1+R3)	5,06	2,3	2,2	1,5

Dalle verifiche eseguite è emerso che la combinazione 2 (GEO) è risultata la più cautelativa in termini di calcolo della capacità portante SLU, rispetto all'APPROCCIO 2 combinazione 1.

CALCOLO DEI CEDIMENTI

Nel calcolo dei cedimenti è stato ipotizzato un carico di esercizio pari a $1,5 \text{ kg/cm}^2$. Per il calcolo dei cedimenti è stato fatto riferimento alla teoria dell'elasticità adottando il metodo di Schmertmann.

Nel dimensionamento delle fondazioni è necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dal carico applicato.

Tali cedimenti dovranno essere ovviamente inferiori ad un valore critico che, se superato, potrebbe generare inconvenienti nella struttura.

E' stata pertanto eseguita una verifica dei cedimenti indotti nel terreno di fondazione dal carico di esercizio determinato nelle ipotesi di fondazione indicate.

Nel calcolo dei cedimenti è stato ipotizzato un carico strutturale di esercizio Q_{SLE} inferiore rispetto al Q_{SLU}

Con tale valore di carico di esercizio i cedimenti primari si sviluppano immediatamente con l'incremento progressivo del carico strutturale, mentre non dovrebbero verificarsi cedimenti differenziali considerata l'omogeneità litologica e l'uniforme distribuzione dei carichi strutturali.

SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Ai sensi della Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'attuale D.M. 14/01/2008, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione possono verificarsi in particolari condizioni, come quelle indotte da un sisma di Magnitudo superiore a 6, in terreni a granulometria fine (sabbioso-limosi), allo stato sciolto o poco addensato, in falda oppure interessati dalla oscillazione della falda stessa.

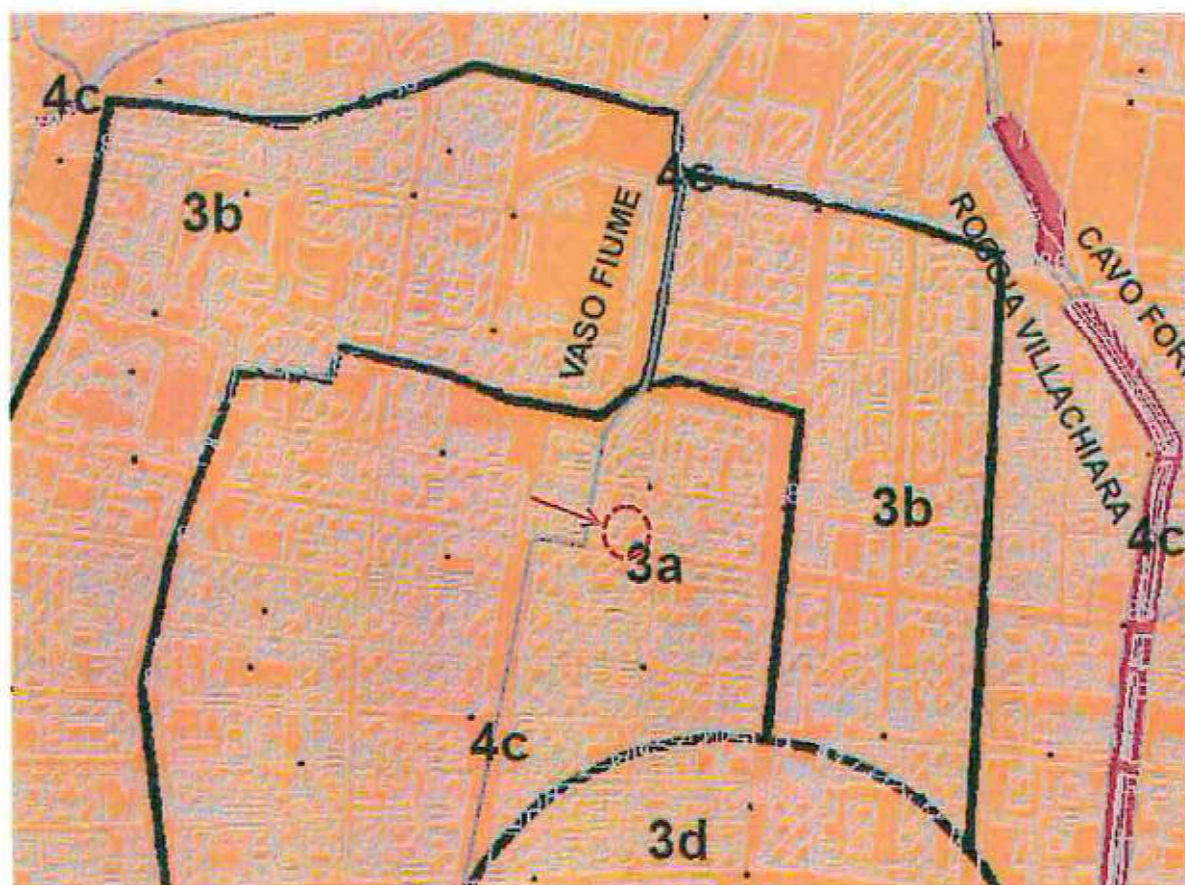
Al paragrafo 7.11.3.4.2 del DM 14.01.2008 è ribadito che tali analisi possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici di magnitudo inferiore a 5 ($M < 5$);
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a $0.1g$ ($a < 1 \text{ m/sec}^2$);
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{160} > 30$;
5. elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Considerato che le litologie in posto sono caratterizzate da sabbie e ghiaie costipate a partire da -2,4 m dal p.c. (come evidenziato dalle risultanze della prova penetrometrica di riferimento), è possibile confermare che per il sottosuolo indagato è verificata almeno la condizione 5 e pertanto si ritiene che nelle condizioni locali non siano prevedibili incipienti fenomeni di liquefazione in seguito ad un evento sismico.

VERIFICA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA AI SENSI DELLA D.G.R. 2616/2011

LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA allegata al PGT, redatta ai sensi della L.R. 12/05 (vedi stralcio allegato), attribuisce all'area in esame una CLASSE 3 – fattibilità con consistenti limitazioni, per l'alta vulnerabilità della falda freatica. Inoltre dall'approfondimento sismico di II livello risulta che il fattore di amplificazione F_a è minore al valore di soglia regionale.

**Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni**

- Aree caratterizzate da elevata vulnerabilità 3a della falda freatica. Rientra in tale classe l'intero territorio comunale.
- 3b Aree con scadenti caratteristiche geotecniche
- 3c Aree umide : zone depresse con falda subaffiorante
- Fasce di rispetto dei pozzi pubblici (raggio 200 m) individuate secondo i criteri stabiliti dal D.Lgs. n.258/2000, D.G.R. n.7/12693/2003, D.Lgs. n.152/2006
- 3d
- 3e Fascia "B" e "C" del PAI

Classe di pericolosità sismica Z4a : zona di fondovalle e di pianura (corrispondente alla totalità del territorio comunale) con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio glaciali granulari e/o coesi

Area corrispondente alla totalità del territorio comunale per la quale F_a (fattore di amplificazione sismica) è minore della soglia comunale prevista dalla Regione Lombardia

Considerati i risultati ottenuti nel corso della presente indagine redatti in prospettiva sismica, non vi sono particolari prescrizioni nell'attuazione delle future strutture di progetto.

Da un punto di vista del rischio idraulico ed idrogeologico locale non si rilevano particolari fattori limitativi o di rischio.

Ai sensi della D.G.R. 2616/2011, si ritiene pertanto fattibile da un punto di vista geologico, idrogeologico e sismico l'intervento prospettato.

CONCLUSIONI

L'indagine presa come riferimento ha consentito di giungere ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, consentendo di verificare la fattibilità dell'intero progetto.

Dal punto di vista geologico tecnico nulla osta alla all'esecuzione dei lavori, purché siano rispettate le prescrizioni riportate in precedenza e qui riassunte:

- superficie di riferimento (0 RIF.): PIANO STRADA DI VIA GALILEO GALILEI (0 DI RIFERIMENTO in sezione), che corrisponde con il piano campagna su cui è stata eseguita l'indagine presa come riferimento..
- Falda acquifera: All'interno della prova penetrometrica di riferimento il livello della falda freatica è stato individuato a -5 m dal p.c. (-5 m dallo 0 RIF.). Tale valore piezometrico può subire delle oscillazioni verticali; in particolare durante il periodo estivo-autunnale tale valore può raggiungere i -4,5 m di profondità dal p.c. (-4,5 m dallo 0 RIF.). Quest'ultimo valore è da considerarsi come la massima risalita verticale annua successiva alle irrigazioni estive attualmente nota. Non è possibile sapere ad oggi se in futuro la falda acquifera potrà risalire ulteriormente, raggiungendo quote più superficiali.
- Categoria sismica di suolo: **tipo "C"**
- Fondazioni verificate: **FONDAZIONI CONTINUE** aventi larghezza di 1,2 m, impostate ad una profondità = 3,5 m dallo 0 RIF., all'interno dell'orizzonte B (ghiaie e sabbie compatte).
- In merito ai valori di resistenza del terreno si veda quanto indicato alla pag. 19.
- cedimenti: **accettabili i secondari**
- coefficiente di sottofondazione **K Winkler: 3,5 Kg/cm³**

Spetta alla Direzione Lavori verificare che il piano di posa delle fondazioni sia solido e non costituito da materiale alterato.

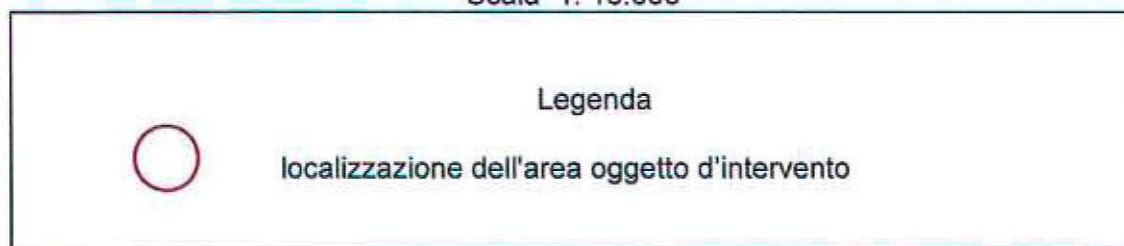
Qualora in fase di esecuzione dei lavori di scavo e preparazione del piano di imposta delle fondazioni, il fondo scavo fosse diverso da quanto in precedenza prospettato (orizzonte B a ghiaie e sabbie) è necessario procedere alla verifica diretta delle caratteristiche del terreno mediante un'indagine geognostica direttamente in sito.

Si rimane infine a disposizione per ulteriori ed eventuali chiarimenti o sopralluoghi, qualora in sede di inizio lavori si riscontrasse qualunque anomalia geologica ritenuta degna di attenzione.

Orzinuovi, 31/08/2017



AEROFOTOGRAMMETRICO
Scala 1: 10.000



ESTRATTO MAPPA SCALA 1:1000

TABELLE E DIAGRAMMI DI INTERPRETAZIONE DEI DATI
PENETROMETRICI

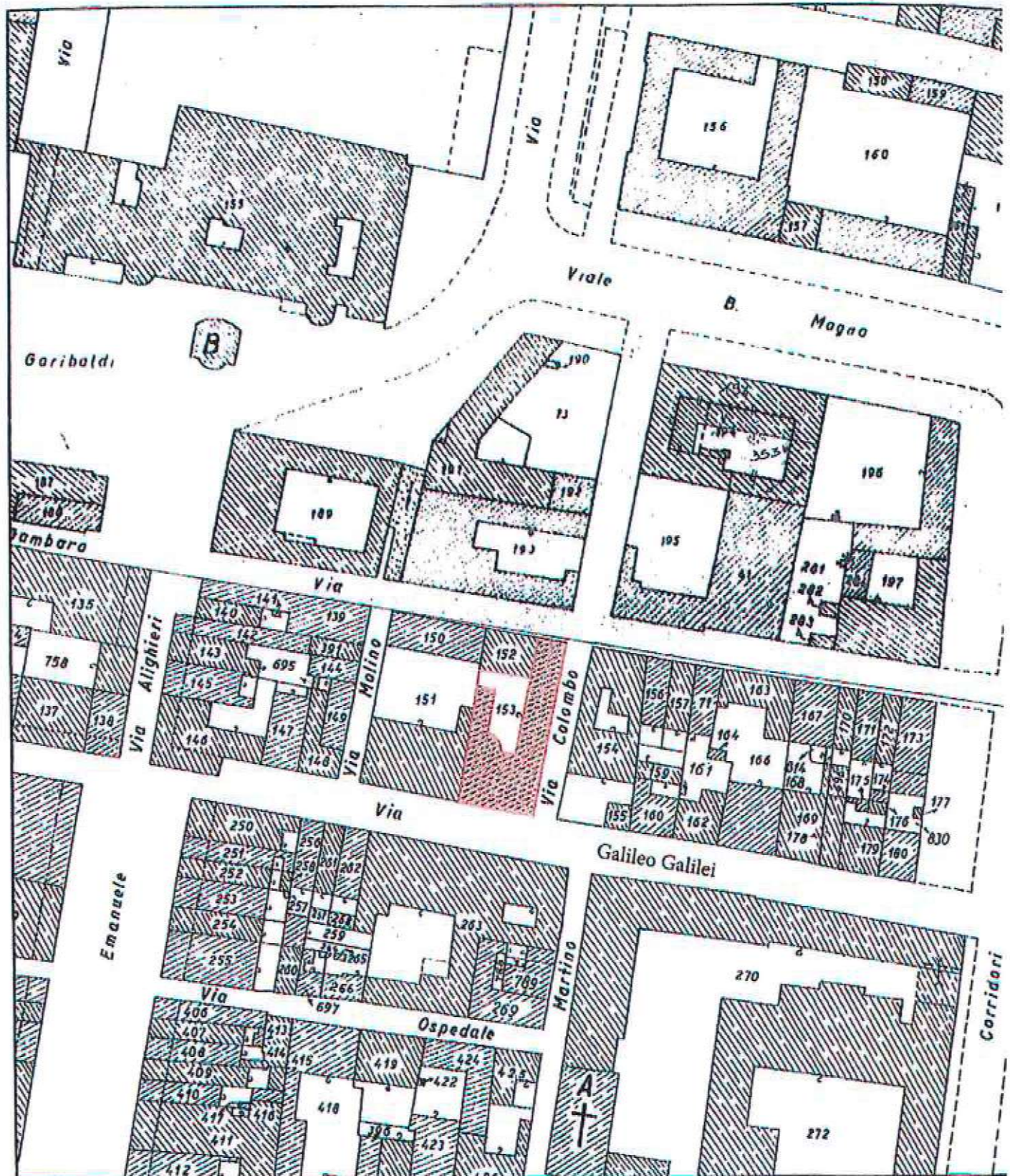
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

ASSEVERAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA – MODULO 9

ASSEVERAZIONE RELAZIONE GEOTECNICA – MODULO 10

ESTRATTO DI MAPPA

SCALA 1:1000



Geologo Torresani Guido

Via Roma, 4-25034 ORZINUOVI-tel 030 943904

Committente: Bonetti Macellazione S.r.l.

Località: Orzinuovi P.zza Garibaldi

Attrezzatura: penetrometro dinamico

Sigla cantiere: P1

Prova 1

Tabulato della prova

Profondità (m)	N. colpi della punta misurato	N.colpi del rivestimento	N. colpi SPT equivalenti	N. colpi del rivestimento corretto
0,3	10		12	
0,6	3		4	
0,9	4		5	
1,2	3		4	
1,5	2		2	
1,8	2		2	
2,1	3		4	
2,4	5		6	
2,7	11		13	
3	18		22	
3,3	15		18	
3,6	14		17	
3,9	17		20	
4,2	39		47	
4,5	21		25	
4,8	18		22	
5,1	18		22	
5,4	18		22	
5,7	15		18	
6	9		11	
6,3	5		6	
6,6	4		5	
6,9	5		6	
7,2	12		14	
7,5	7		8	

Data luglio 2004

Geologo Torresani Guido

Via Roma, 4-25034 ORZINUOVI-tel 030 943904

Committente: Bonetti Macellazione S.r.l.

Località: Orzinuovi P.zza Garibaldi

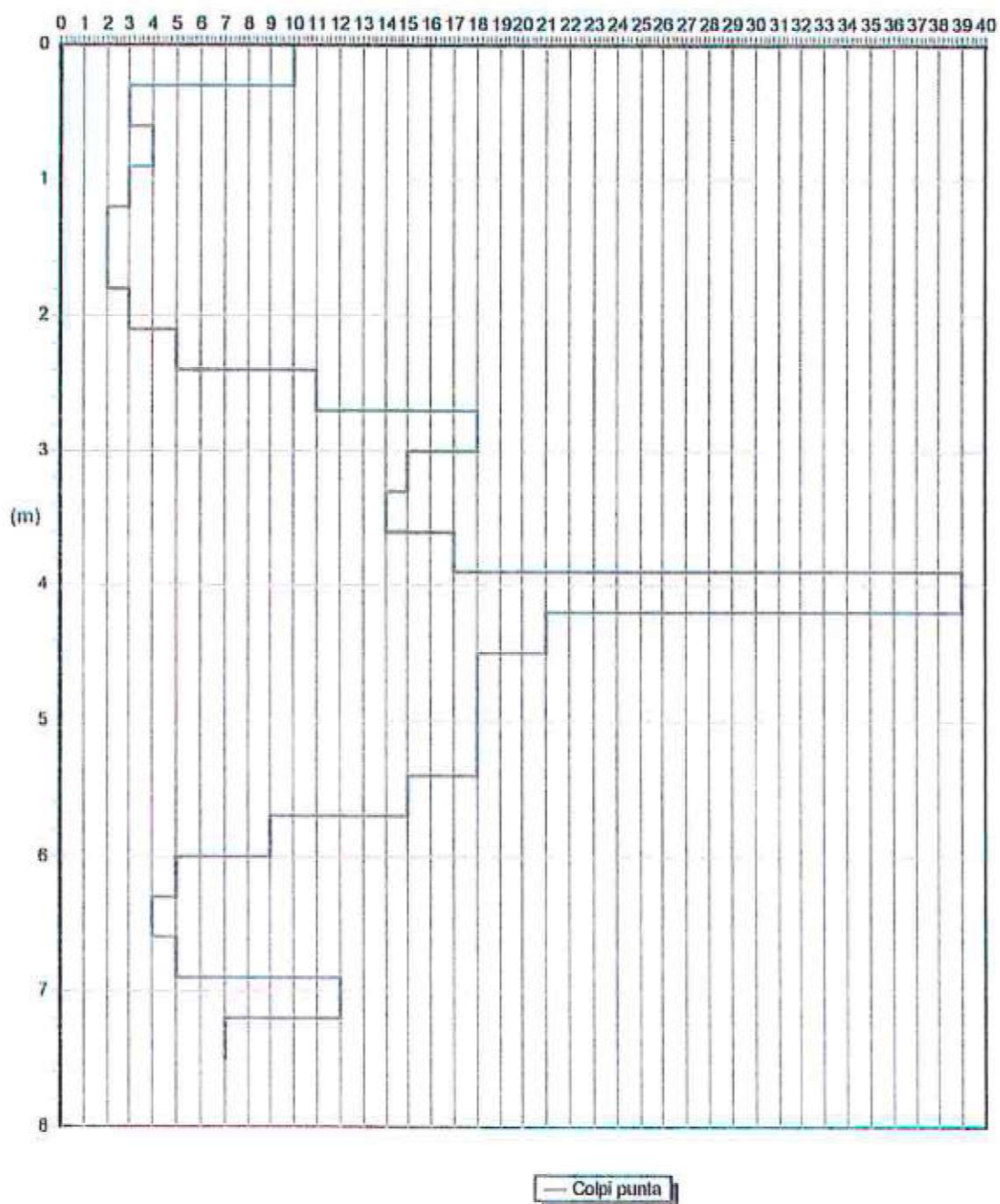
Sigla cantiere: P1

Attrezzatura: penetrometro dinamico

Prova 1

Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c. (m): 5



Data: luglio 2004

Geologo Torresani Guido

Via Roma, 4-25034 ORZINUOVI-tel 030 943904

Committente: Bonetti Macellazione S.r.l.

Località: Orzinuovi P.zza Garibaldi

Sigla cantiere: P1

Attrezzatura: penetrometro dinamico

Prova 1

Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Napt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relative %	Modulo di Young (kg/cmq)	Cessione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	Q C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
2,4	5	sabbia e ghiaia	0,1	24	1,8	42	106				212	36	0,22
5,7	22	ghiaia e sabbia	0,26	33	1,9	65	358				525	156	0,75
7,5	8	sabbia e ghiaia	0,08	26	1,8	35	198				283	57	1,22

Profondità della falda (m): 5

Data: luglio 2004



Regione
Lombardia

MODULO 9

DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO
DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PUNTO
6.2.1 DELLE N.T.C. DM 14/01/08 e/o DALLA D.G.R. IX 2616/2011

Il sottoscritto GUIDO TORRESANI
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA n. AP. 1141 incaricato in
data 31/08/2017 da STUDIO TECNICO ABBASSAGGI RUBAGOTTI
per conto di STUDIO TECNICO ABBASSAGGI RUBAGOTTI
di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento PIANO DI RECUPERO GALILEO GALILEI

eseguito in Comune di ORZINUOVI (BS) Località
Via GALILEO GALILEI n° CAP
Comune Catastale Foglio n. Mappale o Particella

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
☒ D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono:

1. **SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.1**

- | | | |
|---|---|---|
| ☐ Z1 Instabilità dei versanti | ☐ Z2a Cedimenti | ☐ Z2b Liquefazione |
| ☐ Z3 Amplificazione topografica | ☒ Z4 Amplificazione Stratigrafica | |
| ☐ Z5 Comportamenti differenziali | ☐ Nessuno scenario | |

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- ☐ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
- ☒ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
- ☐ Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1

- ☐ 1 senza particolari limitazioni
- ☐ 2 con modeste limitazioni
- ☒ 3 con consistenti limitazioni
- ☐ 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2

- ☐ a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- ☒ b) Vulnerabilità idrogeologica
- ☐ c) Vulnerabilità idraulica
- ☐ d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- ☐ nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

- C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di ORZINUOVI
- D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:
- ☐ Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
 - ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
 - ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
 - ☐ Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
 - ☒ Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
 - ☐ Nessun particolare approfondimento
- E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:
- ☐ indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo
 - ☒ indagini progressive, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)

- F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:
- ☐ analisi di risposta sismica locale
 - ☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione :
OA OB OC OD OE
mediante la seguente tipologia d'indagine PROVE MASW E ANALISI SECONDO LIVELLO PGT COMUNALE
la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:
- ☐ analisi di risposta sismica locale
 - ☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:
OT1 OT2 OT3 OT4
mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala 1:500
la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:
- ☒ esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione
 - ☐ verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia
- I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:
- ☒ senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
 - ☐ previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
 - ☐ previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
 - ☐ non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
 - ☐ sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

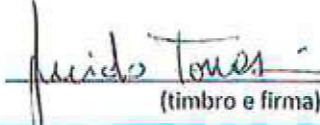
ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data 31/08/2017

IL GEOLOGO


(timbro e firma)



MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – AMPLIFICAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo 23, 24 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), *previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. IX/2616); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo 25 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616).

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	☒ Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	☒ Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR IX/2616 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di $V_{s0} > 250$ m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	☒ $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{s0} misurato ☐ $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{s0} misurato	☐ $FAC > FAS^*$ Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni 2° grado di approfondimento	☐ Non applicabilità dell'analisi di II° livello (obbligo del 3° grado di approfondimento) Oppure nel caso ☐ $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{s0} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☐ Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☐ Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☐ $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{s0} misurato ☐ $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{s0} misurato	Nel caso ☐ $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{s0} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Indagini di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione Fine approfondimento

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – LIQUEFAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z2b (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616) soggetti a fenomeni di liquefazione

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	☒ Valore di Magnitudo massima attesa ☒ Valore di a_{max} in superficie ☒ Soggiacenza della falda ☒ Curva granulometrica e valori di resistenza penetrometrica normalizzata negli orizzonti non coesivi saturi presenti entro il volume significativo di sottosuolo		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	☒ Valutazione dei requisiti per l'esclusione della verifica di sicurezza alla liquefazione		
Risultati al 1° grado di approfondimento	☒ Assenza dei fattori scatenanti e/o predisponenti Fine approfondimento SITO STABILE	☐ Presenza dei fattori scatenanti e predisponenti Obbligo del 2° grado di approfondimento	
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☐ Prove in sito per la determinazione indiretta del parametro di resistenza ciclica CRR ☐ Determinazione sperimentale della frazione di fine FC alle profondità di analisi	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☐ Stima del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FI) tramite applicazione puntuale di metodi storico-empirici ad almeno 3 diverse profondità ritenute significative	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☐ FI ≥ 1.0 (per tutti i punti d'analisi) Fine approfondimento SITO STABILE	☐ FI < 1.0 (per almeno un punto d'analisi) Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTe) o piezocono (CPTu)
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Stima dell'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità tramite applicazione di metodi storico-empirici e calcolo del potenziale di liquefazione l_L valido per una profondità critica almeno pari al volume significativo di sottosuolo
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ $l_L \leq 2.0$ Fine approfondimento SITO STABILE ☐ $2.0 < l_L \leq 5.0$ Verifica DI AMMISSIBILITA' DEL CEDIMENTO ATTESO STIMATO ☐ $l_L > 5.0$ OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO
☐ Eventuali verifiche di sicurezza con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)			



MODULO 10

**DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DELL'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA DI
CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOTECNICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL
PUNTO 6.2.2 DELLE N.T.C. DM 14/01/08**

Il sottoscritto GUIDO TORRESANI
iscritto ALBO DEI GOLOGI DELLA LOMBARDIA, incaricato in data 31/08/2017
da STUDIO TECNICO ABBASSAGGI RUBAGOTTI
per conto di STUDIO TECNICO ABBASSAGGI RUBAGOTTI
di redigere la relazione geotecnica relativa al seguente intervento
PIANO DI RECUPERO GALILEO GALILEI

.....

.....

eseguito in Comune di ORZINUOVI (BS) Località
Via GALILEO GALILEI n° CAP
Comune Catastale Foglio n. Mappale o Particella

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000).

DICHARA

- A. di aver fatto riferimento al modello geologico desunto da specifica relazione a firma del Geologo GUIDO TORRESANI
- B. di aver redatto il modello geotecnico del sito considerando un volume significativo di terreno compatibile con le caratteristiche dell'intervento e la natura e caratteristiche del sottosuolo
- C. di aver considerato nei relativi calcoli geotecnici l'effetto delle azioni sismiche attese, tenendo adeguatamente in considerazione:
1. gli effetti di amplificazione stratigrafica, attraverso:
- ☐ analisi di risposta sismica locale
- ☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo (punto 3.2.2 delle NTC2008):
- O A O B O C O D O E

2. gli effetti di amplificazione topografica, attraverso:

☐ analisi di risposta sismica locale

☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica (punto 3.2.2 delle NTC2008):

OT1

OT2

OT3

OT4

D. di aver adeguatamente tenuto in considerazione i risultati della verifica di sicurezza del terreno di fondazione nei confronti della liquefazione

E. di aver individuato i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

peso dell'unità di volume: $1,0 \text{ T/m}^3$

angolo di resistenza al taglio: 35°

coesione efficace:

coesione non drenata:

F. di aver eseguito i calcoli geotecnici:

☒ in condizioni drenate

☐ in condizioni non drenate

G. di avere redatto la presente relazione conformemente a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14-01-2008

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito al fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti e delle relative istruzioni applicative.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

L'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA

31/08/2017

(timbro e firma)

Luigi Torres

