

LOCALIZZAZIONE:

COMUNE DI TOSCOLANO MADERNO
VIA LUNGOLAGO ZANARDELLI

OGGETTO DELL'ELABORATO:

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE
EDIFICIO RESIDENZIALE

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

**ai sensi del D.M. 17/01/2018 e DGR n°IX/2616 del 30
novembre 2011**

(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, 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28/05/2008 n. 8/7374)

STUDIO A CURA DI:

Dott. Giovanni Bembo - Geologo

Dott.ssa Loredana Zecchini - Geologa

TIMBRI E FIRME



NOVEMBRE
2018

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA

Studio Associato di
Geologia Applicata
ed Ambientale

Via Trieste, 45 Bogliaco
25084 Gargnano (Bs)
Tel/Fax 0365 791070
Cell. 347-7838837 / 3470-
5747290

E-mail bembozecchini@virgilio.it
Casella PEC
giovanni.bembo@epap.sicurezza postale.it
loredana.zecchini@epap.sicurezza postale.it



Geologi
Bembo G. & Zecchini L.

DATA
23/11/2018

INDICE

1. Premessa	3
2. Riferimenti normativi	4
3. Quadro dei vincoli normativi di natura geologica	5
4. Considerazioni sulla fattibilità geologica	9
5. Inquadramento geologico e geomorfologico generale	10
5.1 Inquadramento idrogeologico	12
6. Caratterizzazione dei terreni presenti in sito	16
7. Indagine di sismica passiva e parametri per la determinazione dell'azione sismica di progetto	23
8. Spettri di risposta elastici allo stato limite SLE e SLU	29
9. Disaggregazione della pericolosità sismica e valutazione potenziale rischio di liquefazione dei terreni (Analisi di III livello-Scenario Z2)	31
10. Verifica della capacità portante dei terreni	36
11. Conclusioni	39

3. 1. Premessa

Il presente documento, elaborato dallo Studio Associato di Geologia Applicata ed Ambientale con sede in Bogliaco di Gargnano (Bs) su incarico dello Studio Saramondi e per conto della Sig.ra Galli Rosangela, rappresenta la Relazione Geologica, Geotecnica e di Pericolosità sismica ai sensi delle Norme Tecniche per le costruzioni 17/01/2018 e della D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011 (Relazione **R1**, **R2** e **R3** pratica MUTA DGR X/5001/2016), redatta a supporto del progetto per la demolizione e ricostruzione di un edificio residenziale, sito in via Lungolago Zanardelli nel comune di Toscolano Maderno.

Dalla visione degli elaborati progettuali forniti dai Progettisti si tratta della demolizione e della successiva ricostruzione di un edificio residenziale con piscina, di forma rettangolare con dimensioni massime di 7.74 x 16.66 metri ed articolato secondo due piani fuori terra. Si riporta di seguito la planimetria di progetto a cura dello Studio Arch. Saramondi Alberto ove si evince l'intervento nel complesso.



Planimetria di progetto a cura Di Arch. IU Saramondi

Lo scopo della presente relazione è quello di esplicitare a livello di fattibilità generale e di pianificazione, le caratteristiche dell'area oggetto di intervento e fornire indicazioni riguardo la vincolistica geologica e prescrizioni in merito alla classe di fattibilità geologica in cui ricade.

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

L'incarico professionale di cui sopra si è articolato in :

- Analisi della documentazione esistente relativa alla cartografia geologica Ufficiale,
- Verifica delle informazioni geologiche contenute nel Piano di Governo del Territorio e dello studio del Reticolo Idrico Minore del Comune oltre ad ulteriori carte tematiche sovracomunali;
- Esecuzione di un'indagine di sismica passiva – (HVRS);
- Esecuzione di n°4 Prove penetrometriche dinamiche;

4. 2. Riferimenti normativi

- D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011, 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, 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r 28/05/2008 n. 8/7374);
- Aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio;
- D.G.R. n° X/2129 del 11 luglio 2014 – Aggiornamento delle zone sismiche in regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d);
- L.R.12 ottobre 2015, n°33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche (*BURL n. 42, suppl. del 16 Ottobre 2015*);
- Dgr 30 marzo 2016 – n°X/5001 approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3 comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015).
- Norme tecniche per le costruzioni NTC 17/01/2018;

5. Quadro dei vincoli normativi di natura geologica

La classificazione e la cartografia inerente il territorio comunale che sintetizzano le conoscenze aggiornate circa il sito esaminato sono illustrate nella *Carta dei vincoli esistenti* e la *Carta di Fattibilità geologica* allegata alla *Componente geologica del Piano di Governo del Territorio*, redatta secondo la D.G.R. 28 maggio 2008 n° 8/7374.

Nelle medesime carte sono riportati i limiti delle aree sottoposte a vincolo (di natura geologica), da riferirsi sia a normative nazionali che regionali e comunali e i limiti delle zonizzazioni del territorio caratterizzate da limitazioni di tipo geologico (geomorfologico, idrogeologico, idraulico ecc.) nella trasformazione del territorio e relative prescrizioni (Carta di Fattibilità).

Dalla visione degli estratti cartografici di seguito riportati è possibile apprezzare come:

La zona **ricade nelle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile** (*normativa di riferimento nazionale è il D.Lgs. 3 aprile 2006, n°152 “Norme in materia ambientale” che disciplina e norma le aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano (art. 93) definendo le zone di tutela assoluta e la zona di rispetto dei pozzi e delle sorgenti*).

La zona **ricade nelle aree vincolate Pai** (*Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del Fiume Po, redatto dall’Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi della legge 18 maggio 1989 n°183, è entrato in vigore con D.P.C.M del 24 maggio 2001 -Delibera di adozione del Piano Stralcio del Comitato istituzionale n°18 del 26 aprile 2001. Con la pubblicazione del D.P.C.M di approvazione della G.U. n°183 del 8 agosto 2001 il Piano è entrato definitivamente in vigore*), **nelle aree Cn: Aree di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta e PGRA.**

La zona **non ricade nelle aree normate da vincoli di Polizia idraulica** (*DGR n. 7/7868 del 25 gennaio 2002, modificata ed integrata dalla dgr n°7/13950 del 1 agosto 2003 e successive - dgr n. 8943 del 3 agosto 2007.*

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

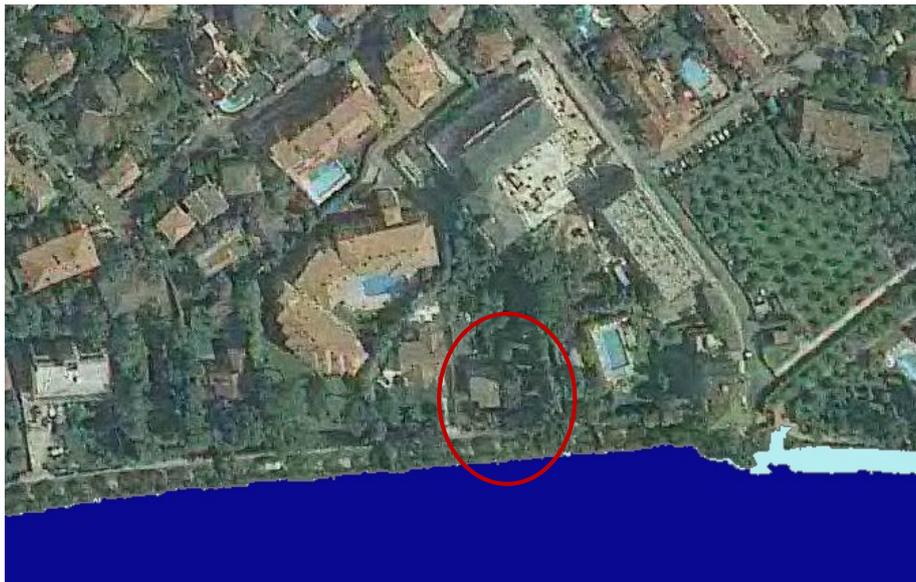
25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70



 Cn: Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta

 Zona di rispetto delle opere di captazione ad uso idropotabile (pozzi e sorgenti)

La zona **non ricade nelle aree vincolate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni PGRA**, per pericolosità legata ad aree ad esondazione lacuale ACL.



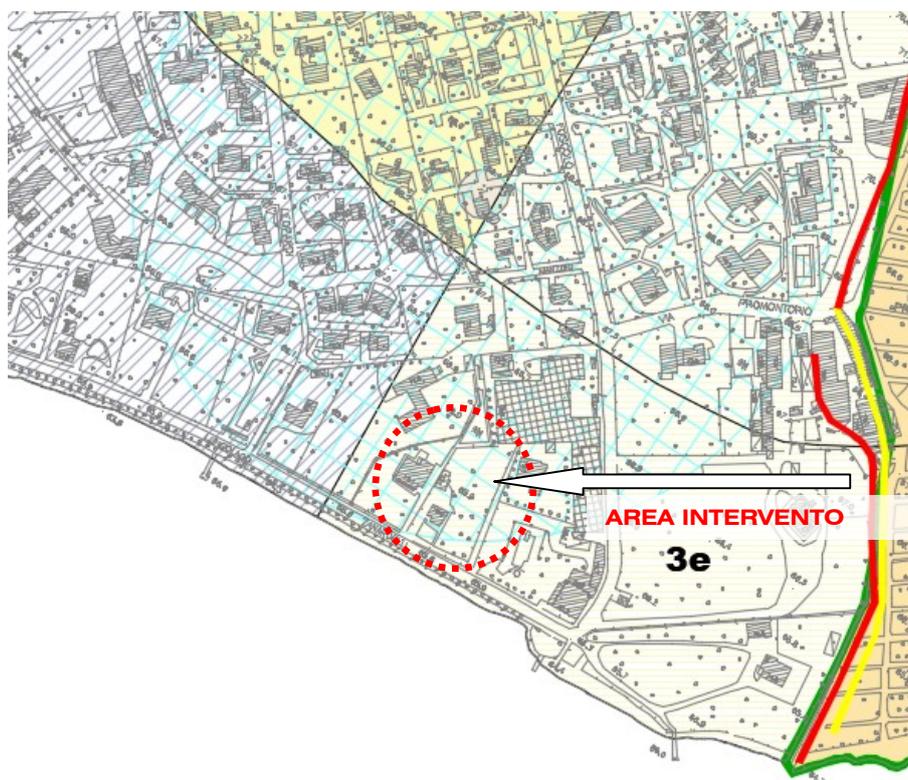
Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Dalla consultazione della **Carta di fattibilità delle azioni di piano** dello Studio geologico allegato al Piano di Governo del Territorio del Comune, l'area oggetto di indagine ricade in **Classe 3e** - Aree caratterizzate da caratteristiche geotecniche scadenti e falda superficiale e **Classe 3d** – Zone di rispetto dei pozzi e/o sorgenti ad uso idropotabile.

In riferimento alla bassa pericolosità idraulica già citata nella Carta dei vincoli il sito ricade in **Classe 2a**.



Estratto della Carta di fattibilità delle azioni di piano; sotto legenda

	CLASSE 2a	Aree a pericolosità idraulica bassa
	CLASSE 3d	Zone di rispetto dei pozzi e/o sorgenti ad uso idropotabile
	CLASSE 3e	Aree caratterizzate da scadenti caratteristiche geotecniche e/o falda superficiale

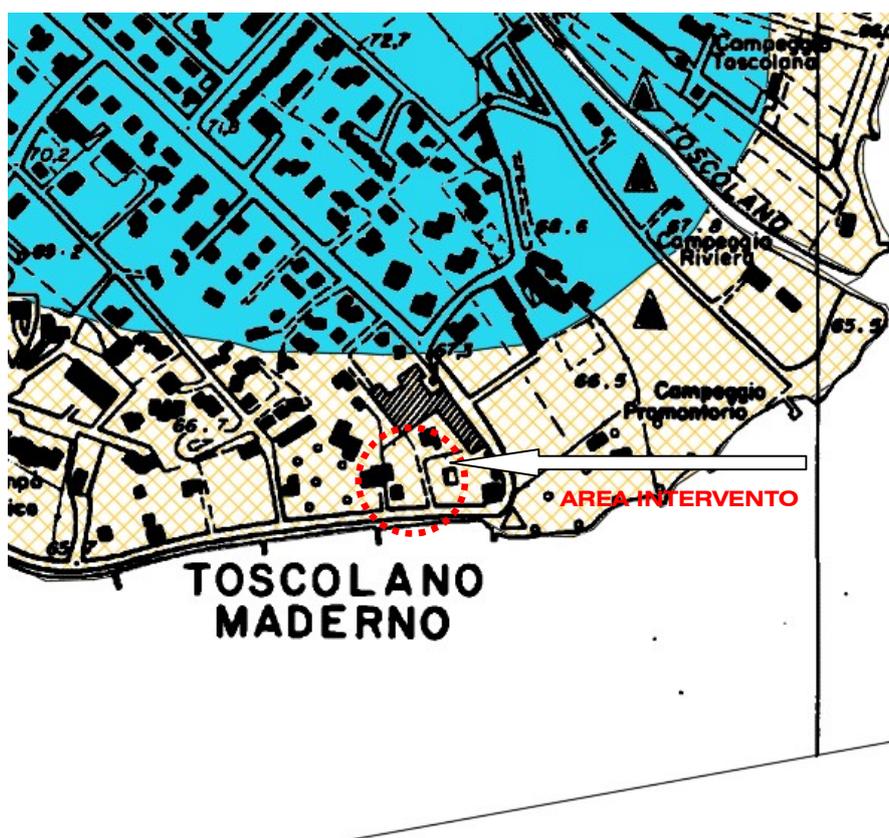
Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Scenari di pericolosità sismica locale

Per quanto attiene la Pericolosità sismica locale, l'area ricade nello scenario **Z2** – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale) – cedimenti e/o liquefazioni.



Estratto della Carta di Pericolosità Sismica; sotto legenda



Z2

Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale) - Zone con depositi granulari fini saturi

Le risultanze di questa prima fase di studio indicano – per quanto riguarda gli scenari “**Z2 – Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti**” – la necessità di un’analisi di 3° livello in applicazione alla legge regionale vigente al momento della redazione della Relazione Geologica. Si procederà inoltre alla esecuzione di uno studio di 2° livello semiquantitativo in ottemperanza alla DGR 2616/2011.

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

6. Considerazioni sulla fattibilità geologica

Il quadro conoscitivo, descritto nelle pagine precedenti, ottenuto sulla base dei dati di pianificazione a disposizione, permette di affermare come l'area in esame non sia interessata direttamente da una particolare categoria di fenomeno o di vincolo di natura geologica, in relazione all'intervento in progetto.

Sotto il profilo geologico e geomorfologico in fase di indagine di fattibilità non sono emerse problematiche geologico geomorfologiche relative al sito in studio che possano precludere il progetto all'attenzione, pertanto l'intervento si ritiene fattibile da un punto di vista geologico.

Sono fatte salve tutte le prescrizioni di natura geologica espresse nello studio geologico allegato al Piano di Governo del Territorio.

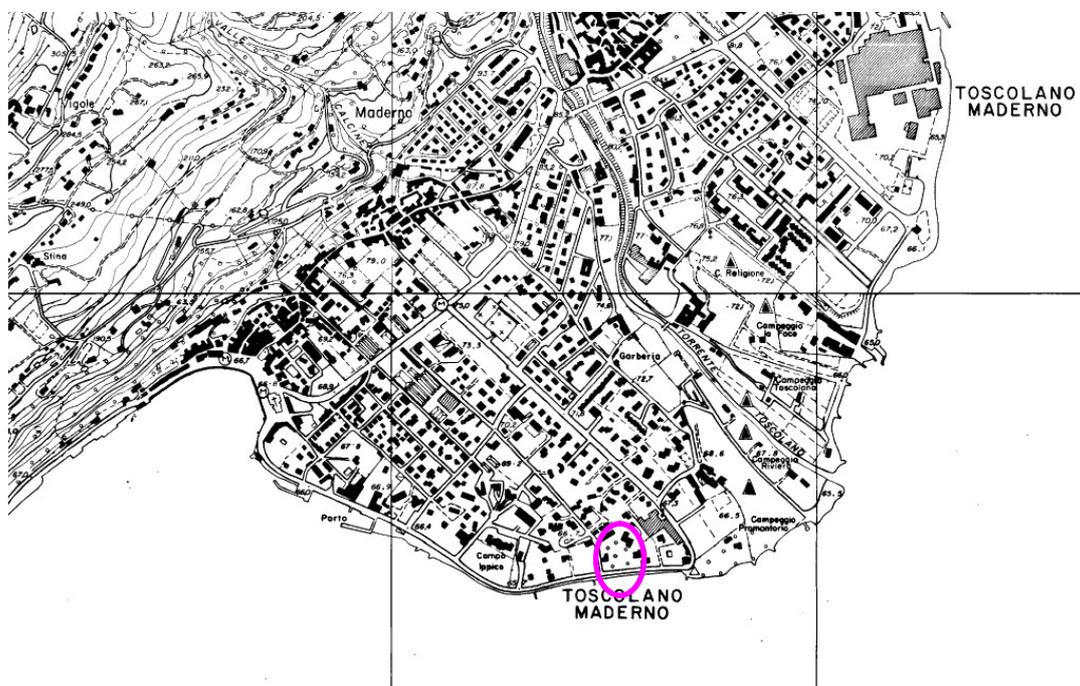
Dall'analisi della documentazione tecnica e dall'indagine geologica si evidenziano distinte categorie di pericolosità geologica e sismica, che saranno approfondite nei paragrafi successivi:

- Pericolosità sismica legata a fenomeni di instabilità legata allo scenario PSL **Z2** (Approfondimento 5 – Paragrafo 9).
- Pericolosità geologica legata alla presenza di terreni eterogenei e con caratteristiche geotecniche scadenti (Approfondimento 4 – Paragrafo 6).
- Pericolosità geologica legata alla zona di rispetto del pozzo a scopo idropotabile (Approfondimento 2 – Paragrafo 5.1).
- Pericolosità sismica per potenziali amplificazioni sismiche (Approfondimento 5 – Paragrafo 7).

5. Inquadramento geologico e geomorfologico generale

Il sito, attestandosi ad una quota media di 66 m s.l.m., è compreso sotto il profilo cartografico nella Sezione E5a3 Fg. 82 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 nel comune di Toscolano Maderno.

Come visibile dalla corografia riportata l'area si colloca, in un contesto mediamente urbanizzato, in destra idrografica del Torrente Toscolano ad una distanza di circa 400 m dell'asse fluviale nell'ultimo tratto rettilineo verso la foce del medesimo.



Corografia generale con ubicazione dell'area

Dal punto di vista geomorfologico, la zona insiste sulla fascia distale del conoide del torrente che si protende, con una forma a ventaglio, dallo sbocco della valle omonima verso lago. Globalmente, il corpo deposizionale del conoide è caratterizzato da una blanda pendenza, corrispondente all'incirca ad una inclinazione circa 5°.

A più ampia scala, si rileva come l'intervento antropico ha in generale portato ad una obliterazione delle caratteristiche precipue del deposito continentale originali.

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

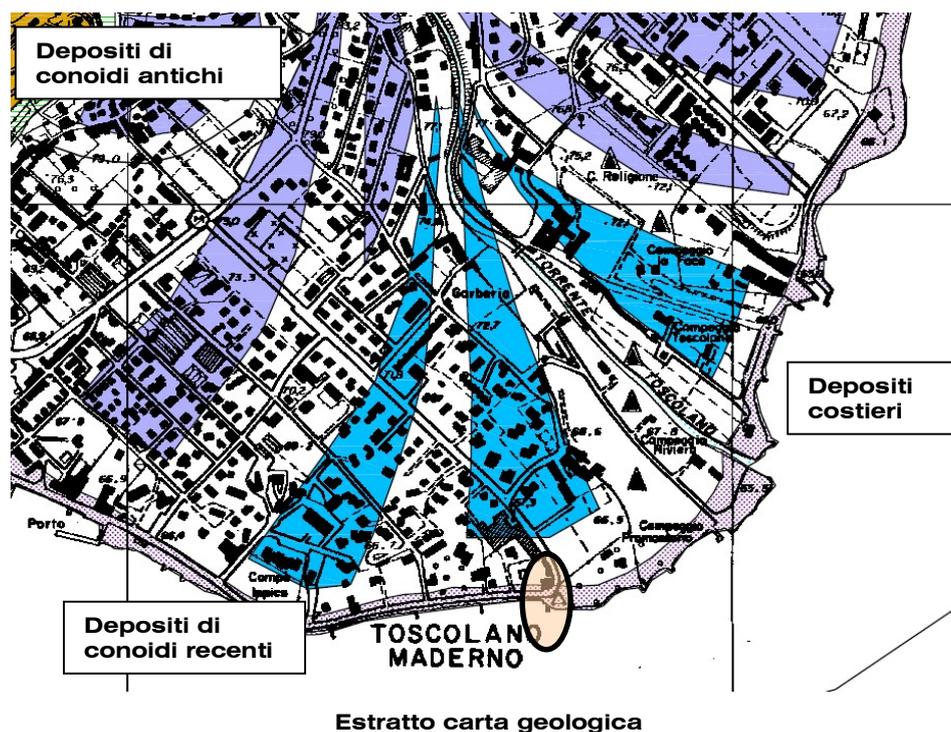
- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Da un punto di vista litologico i depositi di conoide sono rappresentati in generale da un complesso di terreni granulari di tipo incoerente, con elementi caratterizzati da un grado di arrotondamento variabile.

Sono costituiti da ghiaie sabbiose alternate a livelli più francamente sabbiosi, in cui vi si trovano immersi elementi grossolani e/o trovanti. La natura litologica dei clasti in generale rispecchia direttamente il bacino di alimentazione costituito dalle formazioni della Scaglia Lombarda, Maiolica, F.ne di Concesio e Selcifero Lombardo, nonché elementi esotici derivati dallo smantellamento dei depositi di natura morenica.

Relativamente all'area direttamente interessata dall'intervento essa insiste su un lotto, attualmente tenuto a parco, strutturato secondo un ripiano morfologico sub pianeggiante confinante con la strada comunale del lungolago. E' presente nel lotto un edificio che nell'ambito del presente intervento verrà demolito.



Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

5.1 Inquadramento idrogeologico

Caratteristiche idrogeologiche generali dei depositi in termini di permeabilità

Da un punto di vista idrogeologico il deposito di conoide su cui insiste il sito in esame è globalmente caratterizzato da permeabilità medio alta per porosità ed è sede di un acquifero direttamente collegato al lago.

CARATTERISTICHE DELLE UNITA' IDROGEOLOGICHE		
LITOLOGIA	PERMEABILITA' DELL'ACQUIFERO	SIGNIFICATO IDROGEOLOGICO
Depositi superficiali		
Deposito di conoide e alluvioni recenti	Elevata per porosità	Circolazione idrica molto sviluppata, variabile solo localmente in relazione al contenuto di matrice fine eventualmente presente
Depositi costieri	Media per porosità	Circolazione idrica mediamente sviluppata con locali decrementi fino a ridotta, le variazioni sono legate all'eterogeneità dei depositi (sabbie e ghiaie/ limi/ depositi antropici)

Da un punto di vista granulometrico i depositi di conoide sono costituiti principalmente da ghiaie sabbiose a comportamento granulare caratterizzate da valori di permeabilità medi in dipendenza del contenuto di sabbia presente.

In linea generale si possono considerare per terreni di conoide in prima battuta valori stimati in :

Terreno	Conducibilità idraulica K (cm/s)	Grado di permeabilità (Terzaghi e Peck, 1967)
Sabbia e ghiaia	$1-2 \times 10^{-3} - 1.5 - 4 \times 10^{-2}$	Permeabilità media

Valori precisi e di dettaglio possono essere stimati in modo più preciso mediante l'esecuzione di prove di filtrazione in pozzetto o determinazione curve granulometriche su campioni prelevati in sito.

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Caratteristiche idrogeologiche dei depositi in relazione al regime idrologico del Lago

Da un punto di vista idrogeologico i depositi presenti in sito, globalmente caratterizzati da permeabilità medio alta per porosità, sono sede di un acquifero, in questa porzione, direttamente collegato al lago che presenta pertanto un livello piezometrico variabile in relazione alla escursione del livello idrometrico lacuale.

Il lago di Garda è un lago naturale di origine glaciale e regolato dall’Agenzia Interregionale per il fiume Po, come riportato nella tabella seguente :

Ente regolatore	Agenzia Interregionale per il fiume Po
Bacino idrografico allo sbarramento lago	2260 km ²
Superficie lago	370 km ²
Volume dell'invaso	458 10 ⁶ m ³
Coordinate GPS (WGS84)	45.439400° N - 10.692100° E
Zero idrometrico	
Limiti di regolazione - Massimo	1.4 m
Limiti di regolazione - Minimo	0.15 m
Inizio periodo di osservazione	01-11-1930

Dati generali di regolazione

I livelli di concessione massima e minima stabiliti, che permettono la derivazione delle acque rese disponibili dalla regolazione del lago tra la quota minima di 64.177 m s.l.m. e quota massima di 65.427 m s.l.m., sono fissati precisamente **a +0.15 m e a + 1.40 m¹** rispetto allo **zero idrometrico** di fissato a **quota 64.027 m s.l.m.** . Si riporta di seguito la comparazione dei livelli idrometrici di concessione con gli andamenti dell'anno in corso.

¹ Nei mesi di settembre /ottobre diminuisce a +0.9 m

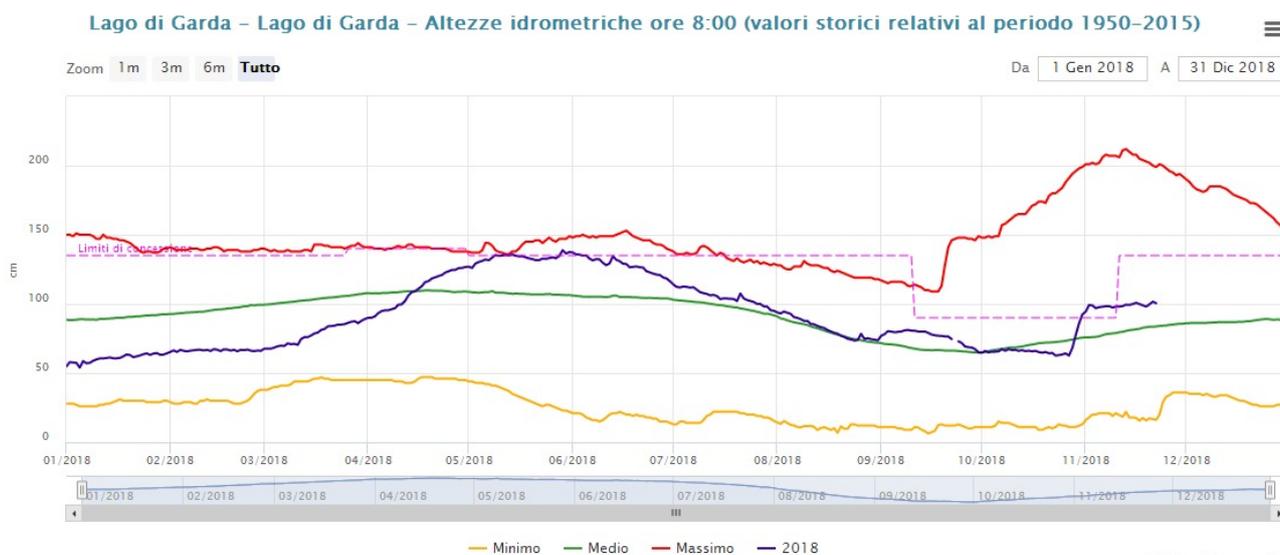


Grafico del livello idrometrico aggiornato al 22/11/2018 (curva blu)

I grafici comparativi sopra riportati, oltre ad evidenziare i limiti di concessione, mostrano le curve dei livelli idrometrici del lago, minimi, medi e massimi, elaborati su serie di valori storici relativi al periodo 1950-2018.

In particolare il grafico dei valori massimi evidenzia un massimo assoluto eccedente abbondantemente i limiti di concessione massimi (da +140 cm a +90 cm), localizzato temporalmente nel periodo annuale e precisamente nella metà di novembre che ha raggiunto i + 211 cm, pari a quota 66.13 m. slm.

Per quanto attiene l'andamento dei livelli idrometrici dell'anno in corso (2018) si può osservare come questi si attestino per i primi mesi dell'anno tra i valori medi e minimi, mentre in corrispondenza dei valori dell'andamento medio si attestano su valori superiori ai massimi (maggio – novembre).

Caratteristiche idrogeologiche generali dell'area dal punto di vista del vincolo idropotabile

Sotto il profilo idrogeologico inoltre si rileva come il sito all'attenzione rientri nell'area di rispetto del pozzo Marconi avente scopo idropotabile.

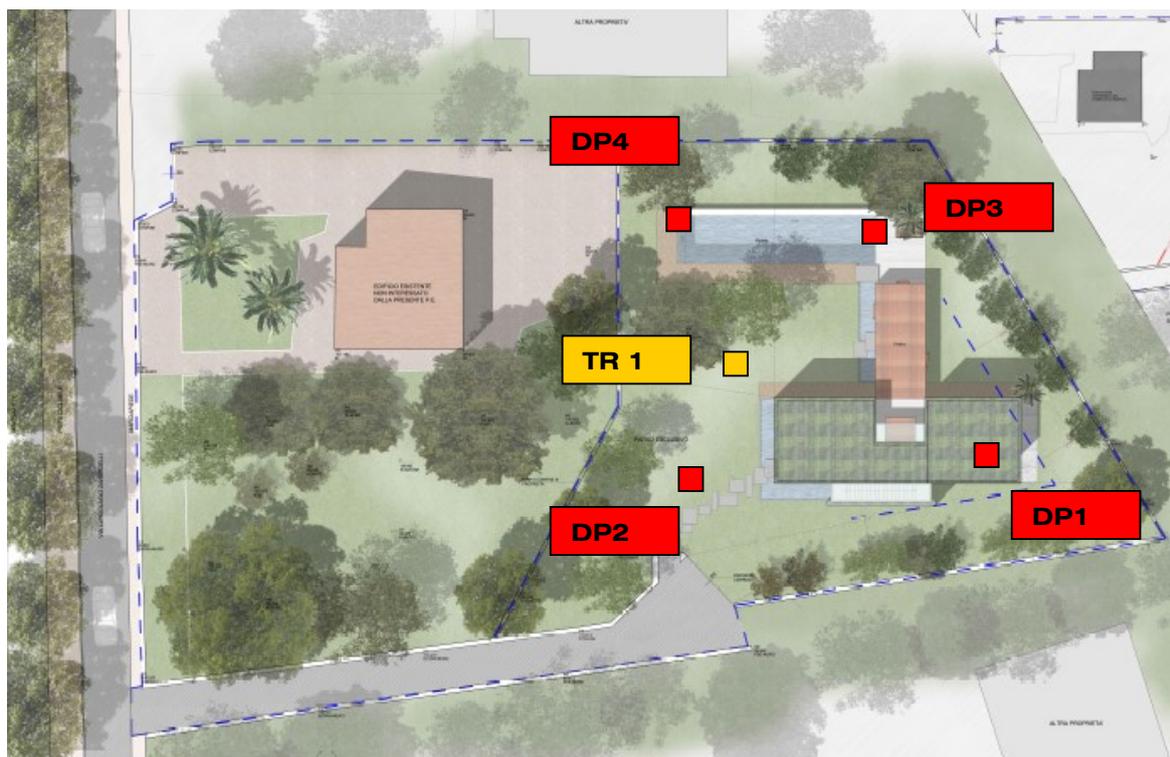
Il pozzo ad uso acquedottistico è collocato in via Marconi a circa 170 m di distanza e con dislivello di pochi metri (2m) e ha una profondità di 30 m. L'acquifero produttivo è localizzato all'interno del conoide del fiume Toscolano nei depositi ghiaiosi confinati superiormente da un conglomerato compatto a profondità superiori di 20 m e con livello statico che risale a 12 m.

Nonostante, l'acquifero sia confinato e l'intervento in progetto non sia annoverabile fra le attività rappresentanti centri di pericolo sarà necessario adottare accorgimenti di protezione delle acque sotterranee come da *D.g.r. 10 aprile 2003 – n°7/12693 – Decreto legislativo 11 maggio 1999, 152 e successive modifiche, art. 21, comma 5 – Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque sotterranee destinate al consumo umano*.

Alla luce di quanto detto dovrà essere valutata attentamente le possibilità o meno, nell'ambito del progetto di invarianza idraulica, di disperdere le acque di pioggia nel terreno per infiltrazione.

7. Caratterizzazione dei terreni presenti in sito

La ricostruzione del locale contesto geologico ai fini progettuali, come premesso, è stata perseguita con l'esecuzione di n°4 prove penetrometriche dinamiche (D.P.) ubicate come nella seguente planimetria. Nella medesima planimetria è ubicata anche la misura di microtremore eseguita in sito (TR).



Planimetria con ubicazione delle indagini

Si riportano di seguito i diagrammi Ncolpi/avanzamento, con le relative caratterizzazioni geotecniche da N60 (corretti per la profondità) ricavate utilizzando le correlazioni di Hatanaka e Uchida, 1996 (da Mayne et al,2001), Kulhaway e Mayne (1990), Terzaghi (1983), Otha e Goto.

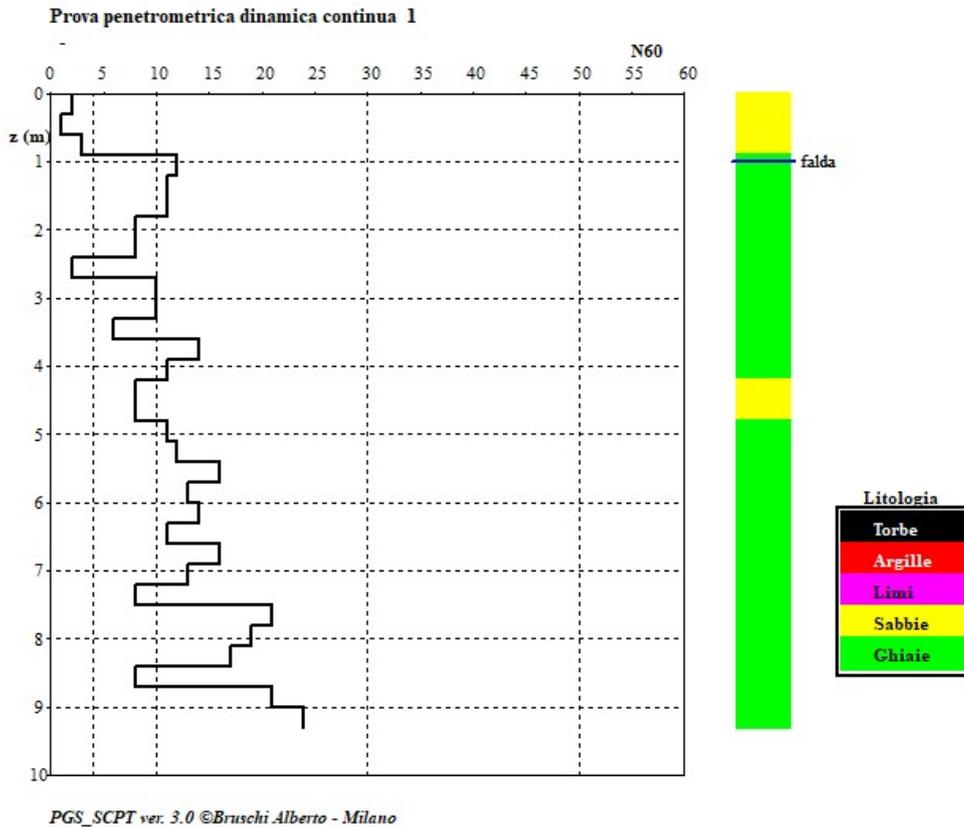
Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Prove penetrometriche dinamiche

D.P. n°1



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

da m.	a m.	Litotipo	g	Rd	Id	f	M	Go	Vs	k
0.0	0.9	SM	15.9 +/- 0	2 +/- 1	25.3 +/- 7	28 +/- 2	3.4 +/- 1.4	9.1 +/- 3	74 +/- 12	0.3 +/- 0.2
0.9	4.2	GM	17.7 +/- 0.9	8 +/- 3	39.4 +/- 8.3	36 +/- 3	27.2 +/- 5.7	54.7 +/- 14	173 +/- 19	1.1 +/- 0.4
4.2	4.8	SM	17.2 +/- 0	5 +/- 0	45 +/- 0	34 +/- 0	11 +/- 0	36.3 +/- 0.7	144 +/- 1	0.9 +/- 0
4.8	7.2	GM	18.8 +/- 0.5	7 +/- 1	40.6 +/- 3.1	36 +/- 1	33 +/- 2.4	92.9 +/- 9.7	220 +/- 9	1.7 +/- 0.3
7.2	9.3	GM	19.5 +/- 1.6	8 +/- 3	41.4 +/- 8.7	37 +/- 3	36.6 +/- 7.7	117.9 +/- 27.8	241 +/- 20	2.4 +/- 1.1

g = peso di volume (kN/mc)

Rd = resistenza dinamica (MPa)

Id = indice di densità (%)

f = angolo d'attrito (°)

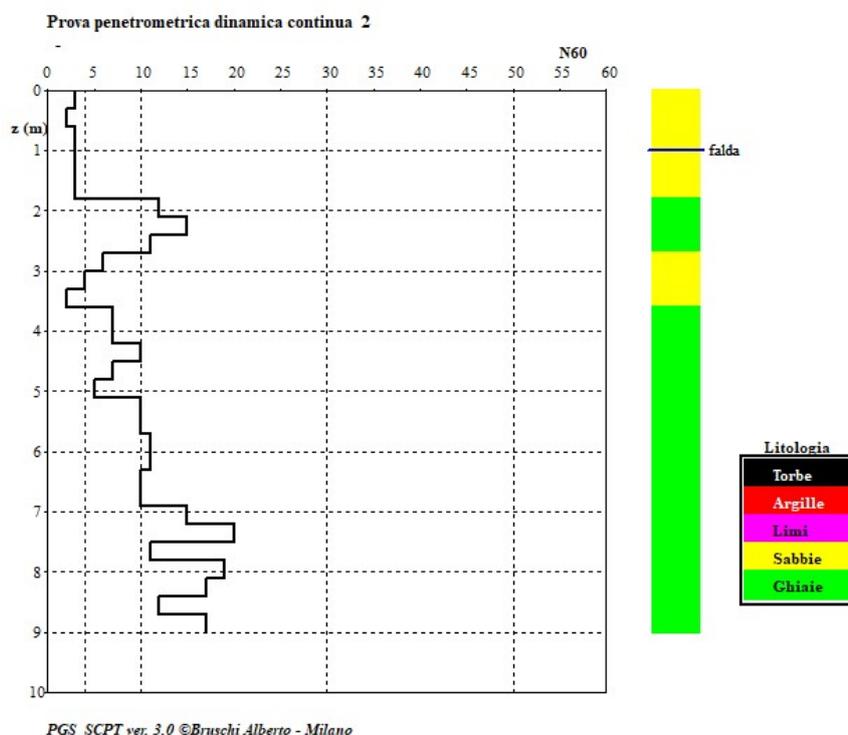
M = modulo confinato (MPa)

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

D.P. n°2



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

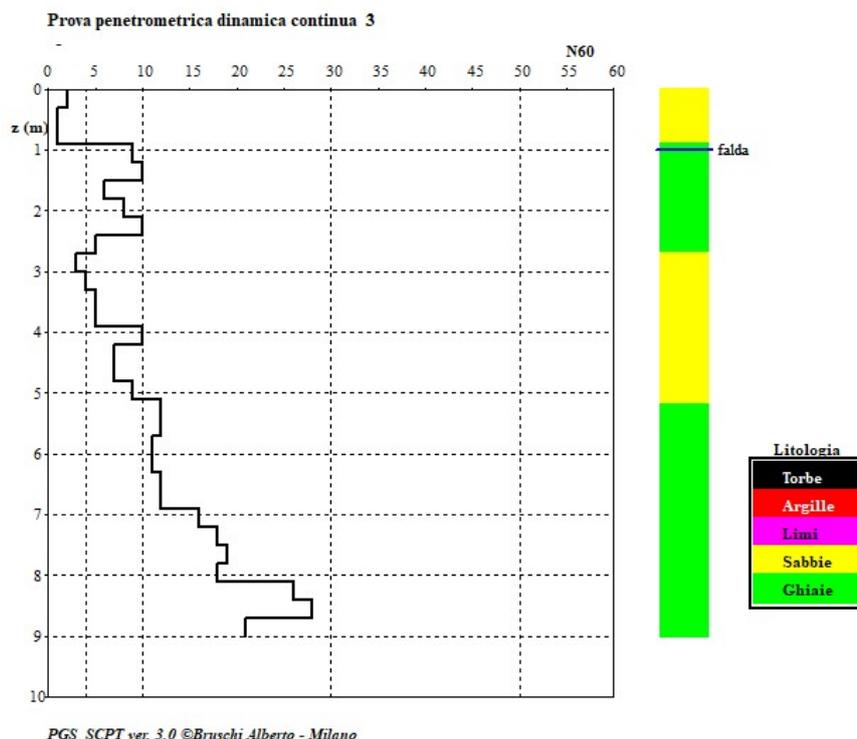
da m.	a m.	Litotipo	g	Rd	Id	f	M	Go	Vs	k
0.0	1.8	SM	16 +/- 0	3 +/- 1	31 +/- 2.4	29 +/- 1	4.6 +/- 0.5	12.7 +/- 3.3	88 +/- 12	0.4 +/- 0.1
1.8	2.7	GM	18.6 +/- 0.6	11 +/- 2	47.9 +/- 4	39 +/- 2	32.2 +/- 2.6	63.1 +/- 5.9	182 +/- 6	1.6 +/- 0.3
2.7	3.6	SM	10.8 +/- 9.3	3 +/- 3	25.6 +/- 22.6	31 +/- 2	4.9 +/- 4.4	16.5 +/- 14.3	82 +/- 71	0.3 +/- 0.3
3.6	5.1	GM	16.8 +/- 0.6	5 +/- 1	32 +/- 4.2	33 +/- 2	24.2 +/- 2.9	59.3 +/- 7	186 +/- 7	0.8 +/- 0.2
5.1	6.9	GM	17.9 +/- 0.1	6 +/- 1	36.3 +/- 1.3	35 +/- 0	29.1 +/- 0.7	81.5 +/- 3.3	211 +/- 4	1.2 +/- 0
6.9	9	GM	16.6 +/- 7.4	13 +/- 18	35.5 +/- 16.3	36 +/- 2	30.6 +/- 14	95.9 +/- 44.3	203 +/- 90	1.8 +/- 1

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

D.P. n°3



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

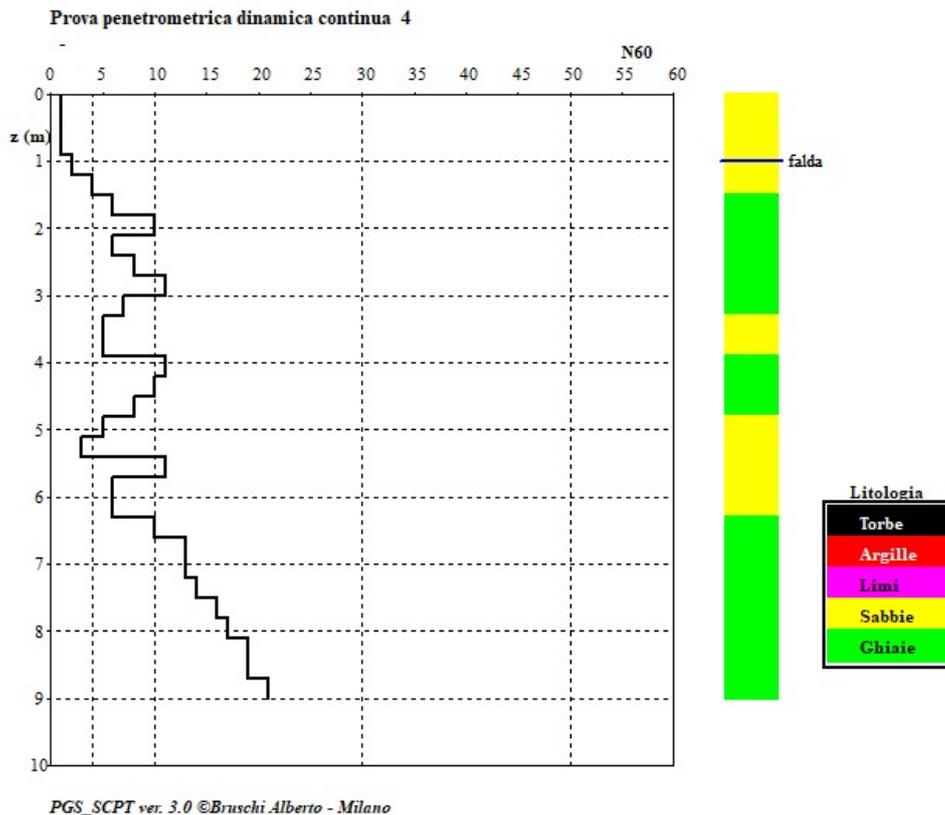
da m.	a m.	Litotipo	g	Rd	Id	f	M	Go	Vs	k
0.0	0.9	SM	15.9 +/- 0	1 +/- 1	20.6 +/- 4.6	26 +/- 1	2.4 +/- 0.8	7.7 +/- 0.7	69 +/- 3	0.2 +/- 0.1
0.9	2.7	GM	17.1 +/- 0.8	7 +/- 2	38.1 +/- 5.6	35 +/- 2	25.4 +/- 3.5	44.8 +/- 6.4	160 +/- 9	0.9 +/- 0.2
2.7	3.9	SM	17 +/- 2	3 +/- 2	25 +/- 16.9	30 +/- 1	4.6 +/- 3.2	17.2 +/- 11.7	89 +/- 60	0.3 +/- 0.2
3.9	5.1	SM	17.8 +/- 1.5	5 +/- 2	42.6 +/- 14.6	34 +/- 1	10.3 +/- 3.7	33.7 +/- 11.5	133 +/- 44	0.8 +/- 0.3
5.1	6.9	GM	18.8 +/- 1.3	6 +/- 2	34.4 +/- 13.8	36 +/- 1	27.2 +/- 11	75.5 +/- 30.5	189 +/- 76	1.2 +/- 0.5
6.9	8.1	GM	19 +/- 1	6 +/- 4	34.2 +/- 22.8	37 +/- 1	28.6 +/- 19.1	88.3 +/- 59.1	180 +/- 120	1.8 +/- 1.2
8.1	9	GM	20.9 +/- 0.1	11 +/- 2	51.3 +/- 3.7	41 +/- 2	45.3 +/- 3.3	147 +/- 7.2	263 +/- 6	4.2 +/- 0.9

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

D.P. n°4



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

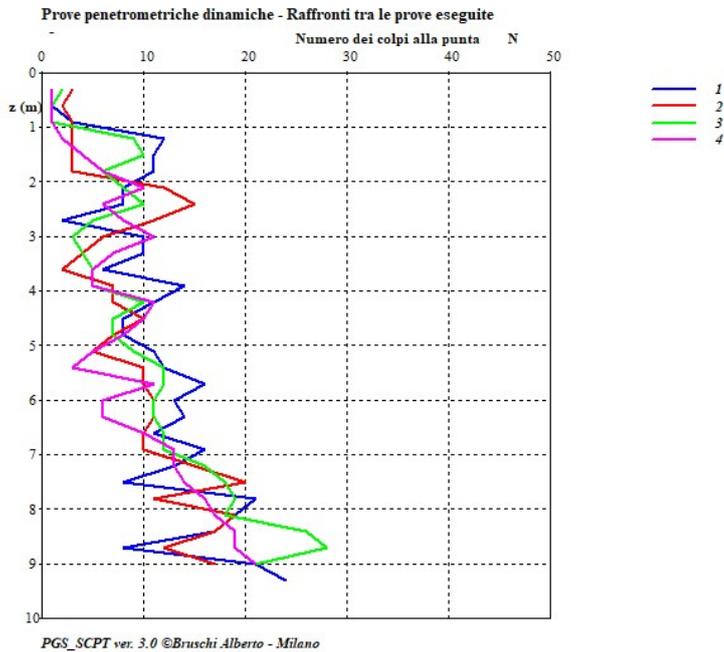
da m.	a m.	Litotipo	g	Rd	Id	f	M	Go	Vs	k
0.0	1.5	SM	16 +/- 0	2 +/- 1	23.4 +/- 8.3	27 +/- 2	3.1 +/- 1.8	10.1 +/- 4.4	78 +/- 17	0.2 +/- 0.1
1.5	3.3	GM	17.1 +/- 0.7	7 +/- 2	38 +/- 4.8	35 +/- 2	25.4 +/- 3.3	50.3 +/- 9	169 +/- 12	0.9 +/- 0.2
3.3	3.9	SM	16 +/- 0	4 +/- 0	37 +/- 0	31 +/- 0	7.4 +/- 0	26.2 +/- 0.6	127 +/- 1	0.5 +/- 0
3.9	4.8	GM	17.7 +/- 0.5	6 +/- 1	37.6 +/- 3.5	35 +/- 2	28.1 +/- 2.2	69.3 +/- 4.2	196 +/- 3	1.1 +/- 0.2
4.8	5.4	SM	15.9 +/- 0	2 +/- 1	29.9 +/- 5.6	29 +/- 2	6.1 +/- 1.7	27.5 +/- 3	130 +/- 7	0.4 +/- 0.1
5.4	6.3	SM	11.5 +/- 10	3 +/- 3	29 +/- 25.9	22 +/- 19	7.6 +/- 7.2	26.9 +/- 24	101 +/- 87	0.6 +/- 0.6
6.3	9	GM	19.4 +/- 0.9	8 +/- 2	42.1 +/- 3.9	37 +/- 2	35.9 +/- 4.1	112.1 +/- 18.5	237 +/- 14	2.1 +/- 0.6

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

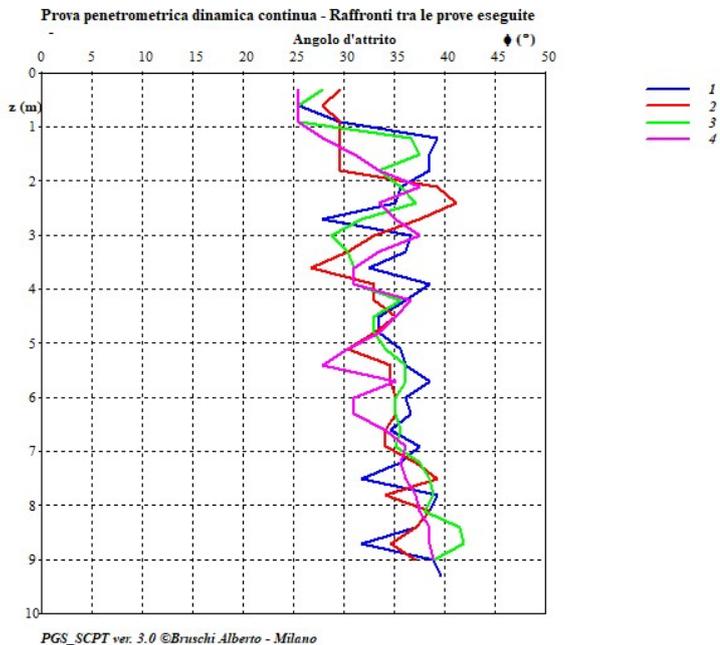
- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Dall'osservazione dei grafici di comparazione dei diagrammi di prova emerge quanto segue:



Raffronto valori di N



Raffronto valori di angolo di attrito

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

- Il raffronto fra le prove evidenzia una buona corrispondenza dei profili denotante un trend che vede in generale un aumento delle resistenze con la profondità; i terreni sono caratterizzati da un grado di addensamento medio e comportamento granulare granulometricamente assimilabili a ghiaie sabbiose, con intercalazioni di livelli sabbioso ghiaiosi con addensamento medio e medio basso;
- Superficialmente, per quanto attiene il primo metro di profondità (nella dp 2 pari 1.8 m) si nota la presenza di terreni mediamente poco addensati $N_{60}=2-3$ ($\phi=27-29^\circ$), a questi segue in tutte le verticali un livello addensato ($N_{medio}=12-15$) a cui può essere attribuito un valore di angolo di attrito intorno a $\phi=35-36^\circ$ fino alla profondità di circa 2.5-3.00 m;
- Oltre i 3 m si notano alternanze di livelli ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi di addensamento medio e resistenze intorno a $N=10-12$, fino ad una profondità media di circa 6-7 m metri a cui possono essere attribuiti valori di angolo di attrito medio di $\phi=33-34^\circ$;
- al di sotto di tale livello e fino a fine prova, a circa 9 m metri di profondità si nota un incremento della resistenza con valori prossimi a $N_{60}=15-20$ a cui si attribuiscono valori di angolo di attrito intorno a $\phi=36-37^\circ$;
- durante l'approfondimento è stata rilevata la presenza di acqua alla profondità di circa 2-2.5 m da pc attuale;

Ai fini di una caratterizzazione delle "litologie" presenti si assumono, dalle prove penetrometriche dinamiche, i seguenti valori:

Parametri attribuibili ai terreni riscontrati da DP 1 e 2

da m.	a m.	N	γ (KN/mc)	ϕ (°)	M (Mpa)
0.0	1.8	3-4	16.5-16.8	27-29	5-6
1.2	3	12-15	18-18.5	35-36	20-30
3	6	10-12	17-17.4	33-34	7-10
6	9	15-20	18-19	36-37	25-40

γ = peso di volume (kN/mc)

ϕ = angolo d'attrito (°)

c = coesione (kPa)

M = modulo di deformazione (MPa)

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

8. Indagine di sismica passiva e parametri per la determinazione dell'azione sismica di progetto

Nella normativa previgente le Norme tecniche per le costruzioni – 2008, veniva stimata la “pericolosità sismica di base” mediante un approccio “*zona dipendente*”; il territorio del **Comune di Toscolano Maderno** era inserito all'interno della **Zona 2**, caratterizzata da un valore di accelerazione orizzontale massima al bedrock (outcrop) pari a **ag=0,25 g**, confermata dalla DGR X/2129 del 11/07/2014 entrata in vigore con la DGR X/5001/2016. Con il DM 14 gennaio 2008- Norme tecniche per le costruzioni, entrato in vigore il 1 luglio 2009, tale valutazione viene effettuata mediante un approccio “*sito dipendente*”, utilizzando i dati e le informazioni contenute nel reticolo di riferimento (Tabella 1 - Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008) in cui sono riportati i dati sismici di 10.751 punti sul territorio nazionale.

Sono contenuti in tale tabella, per ogni punto del reticolo di riferimento e per 9 valori del tempo di ritorno Tr (30,50,72,101,140, 201,475,975,2475 anni) i valori dei parametri ag, F0, T*c da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle Norme Tecniche.

Calcolo dei parametri per il sito in oggetto

Il sito in esame le cui coordinate sono :

WGS84	Lat. 45,631643	Long. 10,611209
ED50	Lat. 45,632560	Long. 10,612239

è ubicato, come da figura seguente, nella griglia di riferimento:



Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Ipotizzando per la costruzione in oggetto una **Vita nominale di 50 anni**, ricadente in **Classe d'uso pari a II** si ottengono, tramite la media pesata dei 4 valori riferiti ai nodi del reticolo di riferimento, i seguenti dati di progetto:

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.043	2.507	0.231
Danno (SLD)	50	0.057	2.484	0.243
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.159	2.469	0.275
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.206	2.500	0.278
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Dove:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale ;

I valori ottenuti si riferiscono a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito in assenza di effetti di amplificazione sismica locale sia di natura topografica che litologica (bedrock sismico affiorante – $V_s > 800$ m/s – e condizioni morfologiche pianeggianti).

Viste le condizioni topografiche del sito, caratterizzato da una morfologia pianeggiante si assegna sulla base delle Tabelle 3.2.IV e 3.2.VI nel cap. 3.2, il seguente valore del coefficiente topografico:

Categoria	Coefficiente di amplificazione topografica S_T
T1	1.0

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

In accordo Cap. 3.2, per la valutazione del coefficiente di amplificazione sismica per effetto litologico si è stimata la **Categoria di terreno** mediante la stima del parametro Vs30 (Tab. 3.2.II), dall'esecuzione di n°1 misure di rumore sismico ambientale (sismica a stazione singola) eseguita in corrispondenza del nuovo sedime.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Il microtremore misurato ed analizzato è solo in parte costituito da onde di volume, P o S; diversamente giocano un ruolo fondamentale, le onde superficiali Rayleigh e Love, che hanno velocità vicine alle Vs.

La tecnica adottata fa riferimento ai primi studi di Kanai (1957) che si proponevano di estrarre informazioni relativamente ad un sito a partire dagli spettri del rumore sismico ivi registrati. Si sono succeduti altri metodi tra i quali quello maggiormente utilizzato è quello di Nakamura perfezionato nel 1989, conosciuto come tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V).

Nell'ambito dello studio in oggetto, si è eseguito un campionamento di rumore sismico in campo libero mediante l'utilizzo di un tromografo (Tromino) per un intervallo di tempo di 16 m, da cui sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro *et al.* (2005), con parametri:

- ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza entrante,
- ⇒ rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

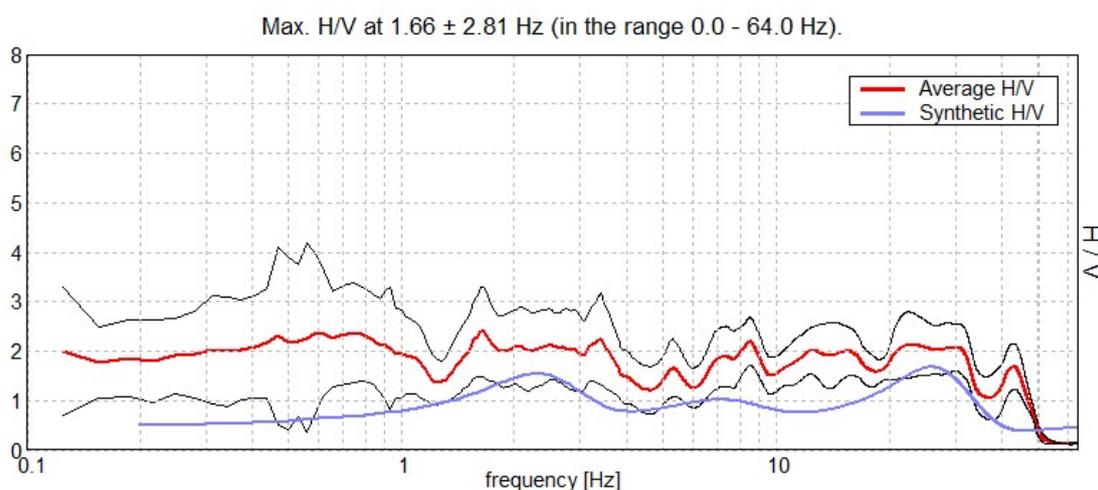
Le curve H/V possono esser convertite dal dominio H/V-frequenza al dominio Vs-profondità tramite inversione vincolata (Castellaro e Mulargia, 2008).

Nel caso in esame il vincolo è fornito dagli elementi ottenuti dall'indagine eseguita (prove penetrometriche dinamiche). A partire da questo elemento noto si sono generati una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato) e considerando per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Analisi sperimentale del sito

La curva H/V sintetica relativa alla misura elaborata riportata nella figura seguente mostra, come per il sito in esame vi siano picchi di frequenza significativi a fini ingegneristici o ai fini della amplificazione sismica attestanti su 2.5 (frequenza di risonanza), 7 e 25 Hz. Sono ben visibili frequenze antropiche a 3.5, 18 e 38 Hz.

L'ancoraggio delle curve ai dati ricavati dalle prove penetrometriche eseguite ha consentito di delineare il profilo sismico del sito.



Curva H/V media (rosso) e intervallo di confidenza al 95% (nero). Curva H/V teorica per il modello elaborato (blu).

Il modello geologico ipotizzato viene confermato dall'indagine di sismica passiva indicando la presumibile presenza di livelli di conoide mediamente addensati superficiali ($V_s=300-330$ m/s) fino ad una profondità media all'incirca 9-10 metri. L'interpretazione colloca inferiormente un livello che può essere assimilato ad un deposito di conoide molto addensato e livelli cementati ($V_s=490-500$ m/s) passante inferiormente al deposito morenico; l'interpretazione colloca il **bedrock sismico** a circa 50 metri di profondità.

Si è applicato il secondo livello considerando il profilo V_s30 e frequenza di risonanza 8 Hz a $T=0.125$ s.

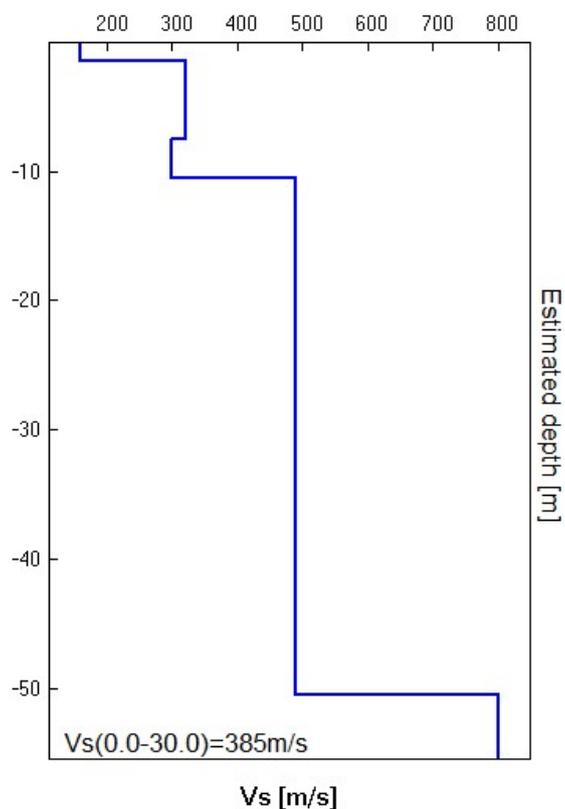
Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

**Profilo della velocità delle onde di taglio (Vs)
stimato per il sottosuolo sulla base dell'inversione vincolata della curva H/V.**

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1.8	1.5	160
7.5	6	320
10.5	3	300
50.5	40	490
-	inf	800



Modello di sottosuolo per il sito riferito all'indagine a stazione singola.

Considerando la posa delle fondazioni a circa 1-1.5 metri di profondità, secondo l'espressione seguente (NTC 2018)

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

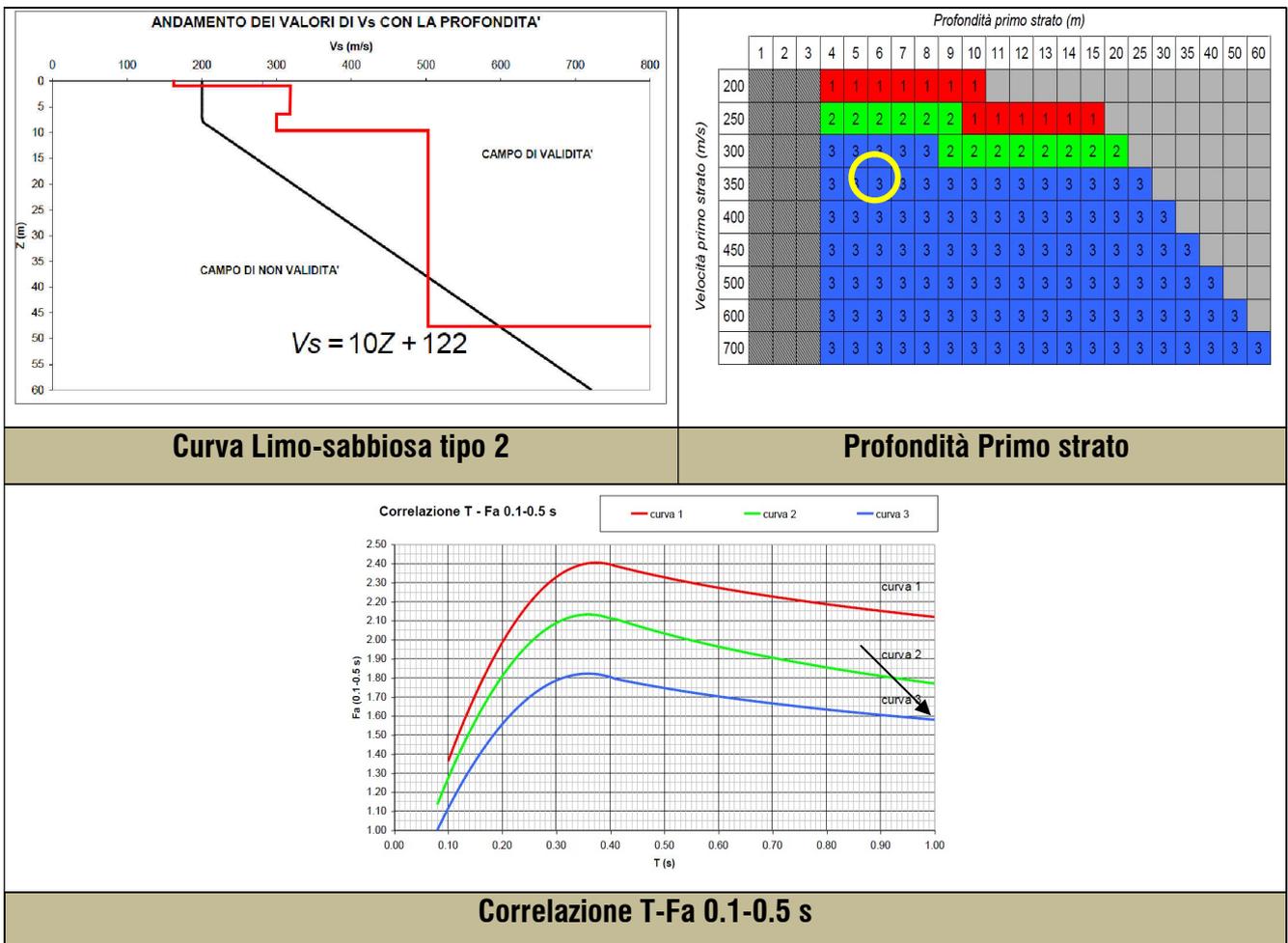
si ottiene un valore **di Vs equivalente = 385 m/s**, ricadente in **Categoria B**.

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

L'applicazione del metodo di 2° livello della Delibera regionale 2616/2011, considerando la Scheda litologica Limoso Sabbiosa tipo 2 Curva 3 – T=1 s (Allegato 5) fornisce un valore di coefficiente di amplificazione calcolato $FAC_{0.1-0.5s} = 1.58$ che risulta superiore al valore soglia $FAS_{0.1-0.5s} = 1.4$, anche considerando la tolleranza di 0.1 per la categoria di terreno B e quindi non adeguato a tenere conto di possibili amplificazioni sismiche; si dovrà pertanto adottare una **Categoria di terreno C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 m/s e 360 m/s.**



9. Spettri di risposta elastici allo stato limite SLE e SLU

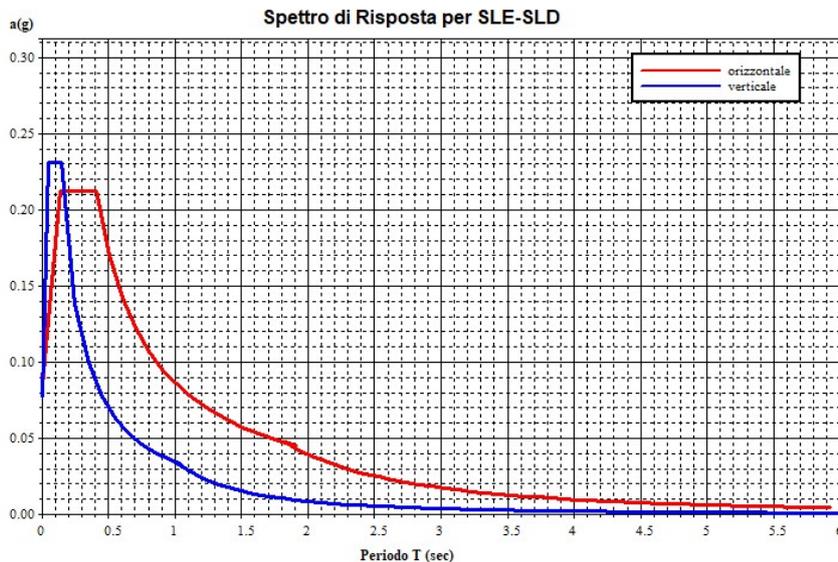
In accordo con il paragrafo 3.2.3.2.1 viene calcolato, per la descrizione del moto sismico, lo spettro di risposta elastico relativo allo stato limite SLE-SLD assumendo un coefficiente di smorzamento viscoso pari al 5%.

Valori dei parametri indipendenti che definiscono lo spettro di risposta elastico

Ag (g)	Fo	Tc (s)	SS	CC	ST	q
0.057	2.484	0.243	1.500	1.675	1.000	1

Valori dei parametri dipendenti che definiscono lo spettro di risposta elastico

S	n	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)
1.500	1.000	0.136	0.407	1.828



L'accelerazione di progetto per il calcolo della forza orizzontale sulla fondazione è pari a 0.233 g

Fondir ver. 8.0 ©Bruschi Alberto

2

² Struttura analitica dello spettro:

per $0 \leq T \leq T_b$ $Se(T) = ag S n Fo [T/T_b + 1/(n Fo)(1 - T/T_b)]$

per $T_b \leq T \leq T_c$ $Se(T) = ag S n Fo$

per $T_c \leq T \leq T_d$ $Se(T) = ag S n Fo [T_c/T]$

per $T_d \leq T$ $Se(T) = ag S n Fo (T_c/T_d)^2$

T = periodo di vibrazione dell'oscillatore lineare semplice

Se = accelerazione spettrale orizzontale

Se(T) = funzione di amplificazione della risposta rispetto all'accelerazione

S = coefficiente che tiene conto della categoria i sottosuolo e delle condizioni topografiche

n = fattore di correzione per lo smorzamento = $[10/(5+e)]^{0,5}$ ($e \geq 0,55$)

e = smorzamento viscoso

Fo = massimo valore spettrale normalizzato, assunto costante tra Tb e Tc

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

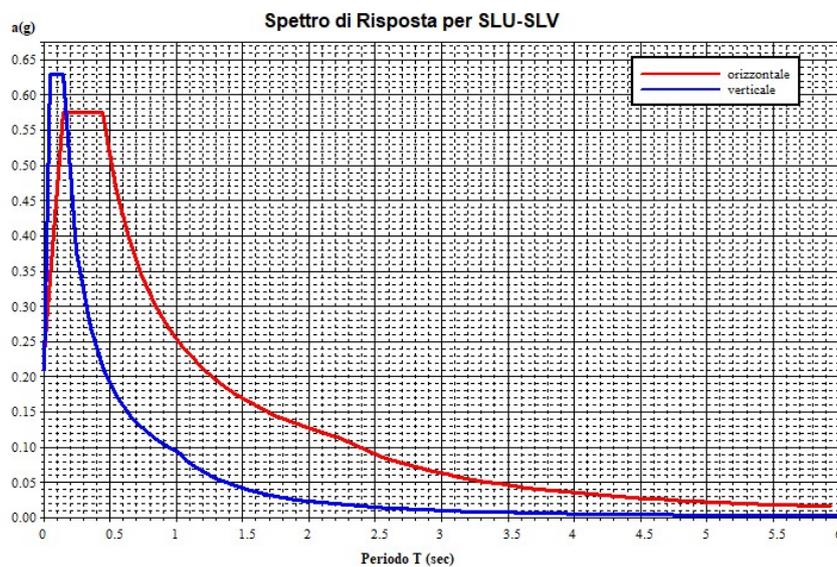
Per lo spettro di risposta elastico relativo allo stato limite SLU-SLV assumendo un coefficiente di smorzamento viscoso pari al 5%, si ha:

Valori dei parametri indipendenti che definiscono lo spettro di risposta elastico

Ag (g)	Fo	Tc (s)	SS	CC	ST	q
0.159	2.469	0.275	1.464	1.608	1.000	1.000

Valori dei parametri dipendenti che definiscono lo spettro di risposta elastico

S	n	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)
1.464	1.000	0.147	0.442	2.236



L'accelerazione di progetto per il calcolo della forza orizzontale sulla fondazione è pari a 0.233 g

Fondit ver. 8.0 ©Bruschi Alberto

Le accelerazioni massime orizzontali attese al sito (a_{max}) per i vari stati limite sono:

Stato limite	SLE-SLO	SLE-SLD	SLU-SLV	SLU-SLC
ag	0.065 g	0.086 g	0.233 g	0.287 g

Tb, Tc, Td = parametri che determinano la forma dello spettro

k1, k2 = esponenti che definiscono lo spettro di risposta per periodi superiori a Tc e Td

S = parametro del terreno

n = fattore di correzione per lo smorzamento = $[7/(2+e)]^{0,5}$ ($e \geq 0,7$)

e = smorzamento viscoso

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

10. Disaggregazione della pericolosità sismica e valutazione potenziale rischio di liquefazione dei terreni (Analisi di III livello-Scenario Z2)

La disaggregazione della pericolosità sismica è una procedura che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità sismica di un sito.

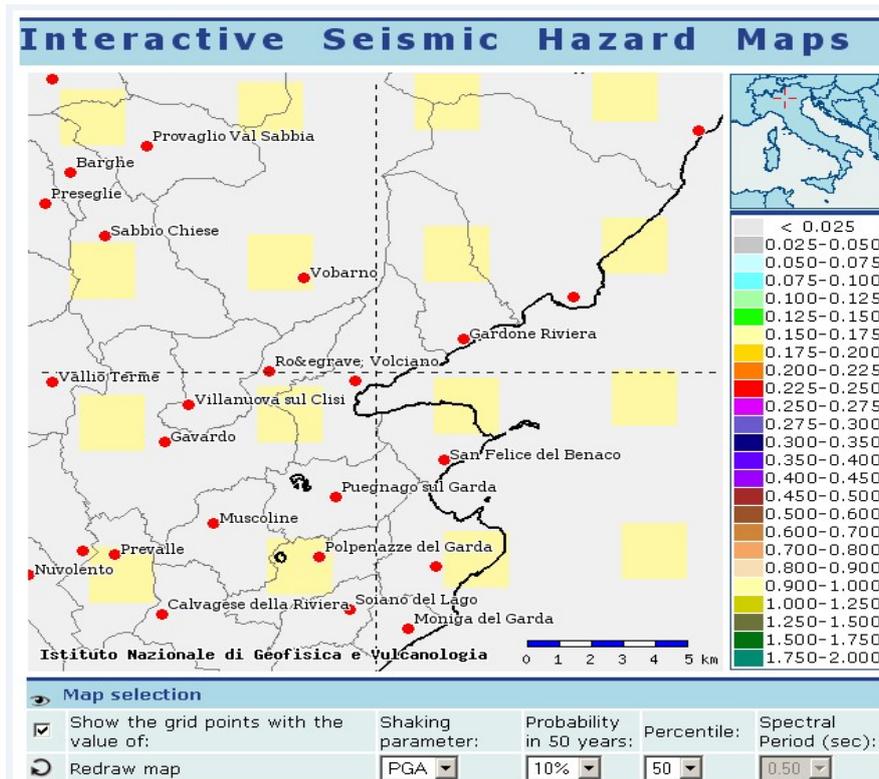
Generalmente si adotta il metodo di valutazione bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che consente di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare in determinato sito terremoti di magnitudo M.

Lo studio di disaggregazione in M-R ha, quindi, come risultato quello di fornire per un determinato sito il “terremoto di scenario” cioè che domina lo scenario di pericolosità inteso come l’evento di magnitudo M a distanza R dal sito che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica dell’area stessa.

I dati di seguito espressi sono ricavati dallo studio di disaggregazione della pericolosità sismica italiana (Gruppo di lavoro MPS, 2004 - riferimento <http://esse1.mi.ingv.it>) condotta su 16.852 siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica sul territorio nazionale (reticolo di riferimento NTC 14-01-2008).

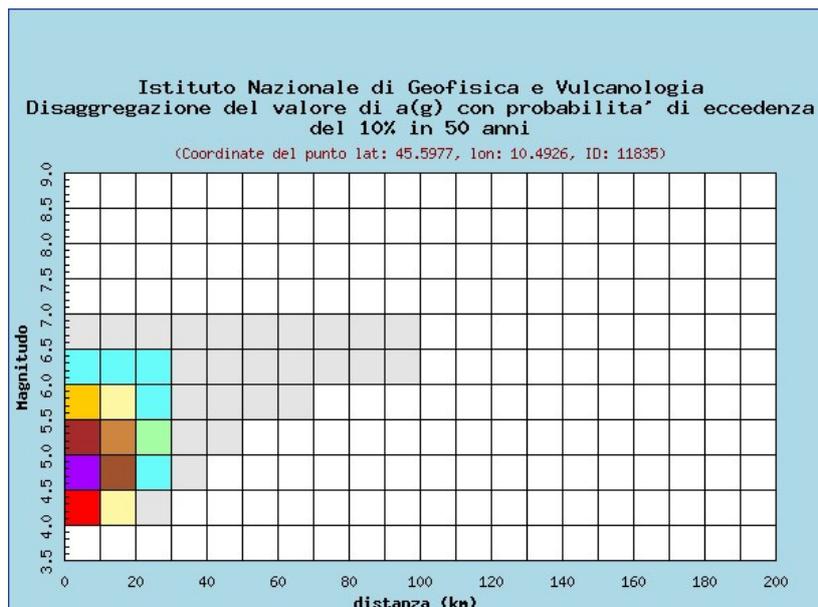
Sono stati disaggregati valori mediani di scuotimento (su suolo rigido) espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA) corrispondenti a 9 periodi di ritorno (30-50-72-100-140-200-475-1000-2500 anni) restituiti in termini di distribuzioni M-R dai quali sono stati ricavati i valori medi e modali di tali parametri; sulla base di questi sono state poi redatte le mappe di M, R per l’intero territorio nazionale.

Dalle mappe di pericolosità sismica si evidenzia per il sito in esame come il valore di PGA su suolo rigido atteso, corrispondente ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, sia compreso fra 0.150-0.175 g.



Estratto della mappa di carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (da gruppo di Lavoro, 2004)

In tale contesto l’analisi di disaggregazione per il nodo più vicino al sito (ID-11835), ha fornito i seguenti dati:



Analisi di disaggregazione – contributo percentuale alla pericolosità sismica

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.5977, lon: 10.4926, ID: 11835)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	16.400	26.900	12.600	5.090	1.800	0.176	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.360	10.100	7.420	4.230	1.860	0.224	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.239	1.560	2.100	1.720	1.020	0.150	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.051	0.410	0.556	0.455	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.028	0.122	0.129	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.048	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.018	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000

con **terremoto di scenario** definito dalla coppia **M-R /4.9-9.88**, che si riferisce, per l'area di Toscolano Maderno considerata, a terremoti di magnitudo circa 5.0 ad una distanza di circa 10 km.

Per le analisi di liquefazione si è tuttavia considerato il terremoto occorso 24/11/2004 con M=5.2 ad una distanza epicentrale di 7.1 km.

Analisi di liquefazione – Analisi di III livello

Il fenomeno della liquefazione si manifesta a carico dei terreni generalmente limo sabbiosi sciolti, normalmente consolidati immersi in falda, quando in concomitanza di una sollecitazione sismica inducono nel terreno un aumento delle pressioni interstiziali fino ad annullare la resistenza al taglio del terreno ed indurre fenomeni di fluidificazione del terreno stesso.

Il metodo di verifica adottato, accettato dall'ingegneria geotecnica, è quello basato su correlazioni di campagna tra misure in sito e valori critici dello sforzo ciclico di taglio.

Il valore della Domanda di Resistenza alla Liquefazione CSR è calcolata con l'equazione semi empirica proposta da Seed & Idriss (1971, 1997), il valore della Capacità di Resistenza alla Liquefazione CRR è calcolata secondo il metodo di Blake (1997). Il fattore di scala della magnitudo applicato è calcolato secondo le raccomandazioni NCEER (1997) dalle equazioni di Idriss (1990) e di Andrus & Stokoe (2001).

Per quanto attiene la liquefazione del terreno in condizioni sismiche (NTC) in relazione alla presenza della falda collegata al livello del lago, sulla base dei dati delle indagini considerate e dalle correlazioni con l'indagine di sismica passiva, si è stimato il fenomeno di liquefazione potenziale (da Seed e Idriss) considerando:

- terreni con resistenze da prove penetrometriche dinamiche e da indagine di sismica passiva come da caratterizzazione seguente (viene preso come riferimento quota 0 il pc)

Strato	Classificazione USCS	Prof Z (m) (letto strato)	N60	Vs
1	SM	1.8	3	200
2	GP	3	13	320
3	GW	6	10-11	300
4	GM	11	15	320
5	GM	40	25	510

Le caratteristiche del livello 5 sono state ipotizzate dagli esiti dell'indagine di sismica passiva.

- la falda è stata considerata a - 1.00 metri di profondità da pc;
- magnitudo di riferimento per l'analisi $M=5.2$ (terremoto di riferimento terremoto di Salò 2004) e $M_w= 5.7$ magnitudo di riferimento della sorgente sismogenetica composita ITCS048 – Giudicarie avente le seguenti caratteristiche, estrapolate dall'European Database of Seismogenetic Faults, in cui l'area rientra;

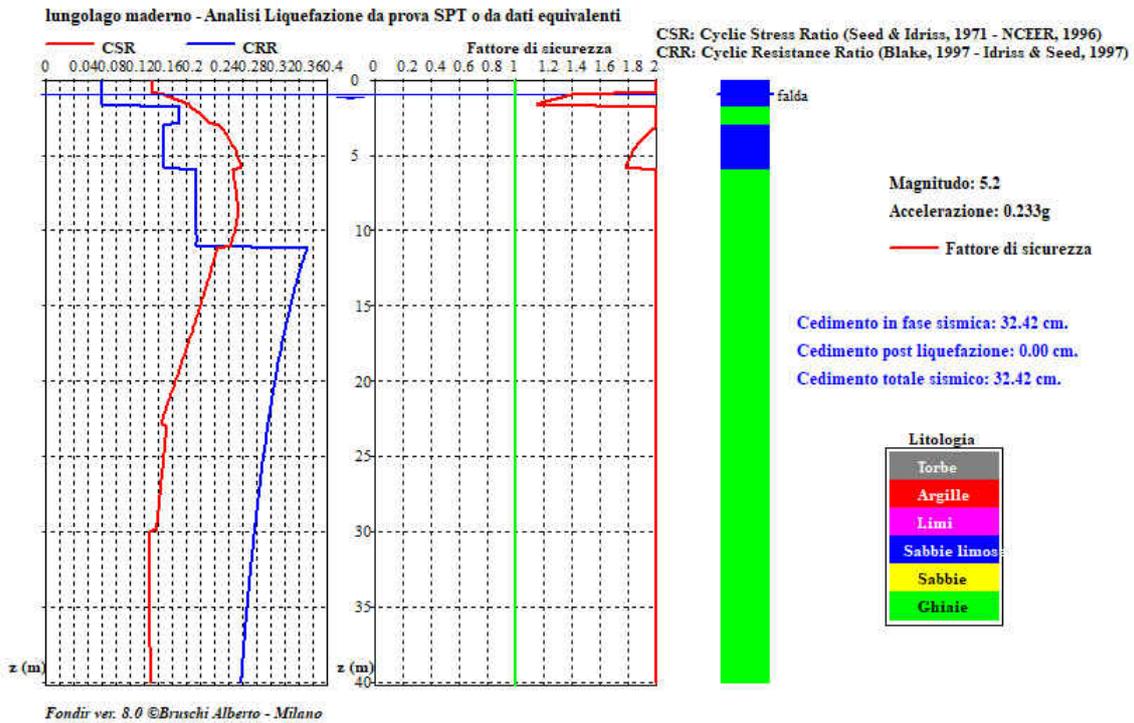
Le risultanze dell'analisi, basata sui dati a disposizione (prove penetrometriche ed indagine di sismica passiva) e sulle ipotesi formulate, riportate nei seguenti grafici, mostrano come si possano verificare **fenomeni di liquefazione solo nel caso di terremoto di magnitudo 5.7 e solo a carico dei depositi superficiali poco addensati che eventualmente possano essere sommersi (profondità 1.5—1.8 m).**

Si consiglia quindi di effettuare una bonifica/miglioramento dei terreni fino alla profondità di 1.5-1.80 m con posa di materiale addensato mediante rullatura stabilizzato anche con posa di adeguato geosintetico (geocomposito)

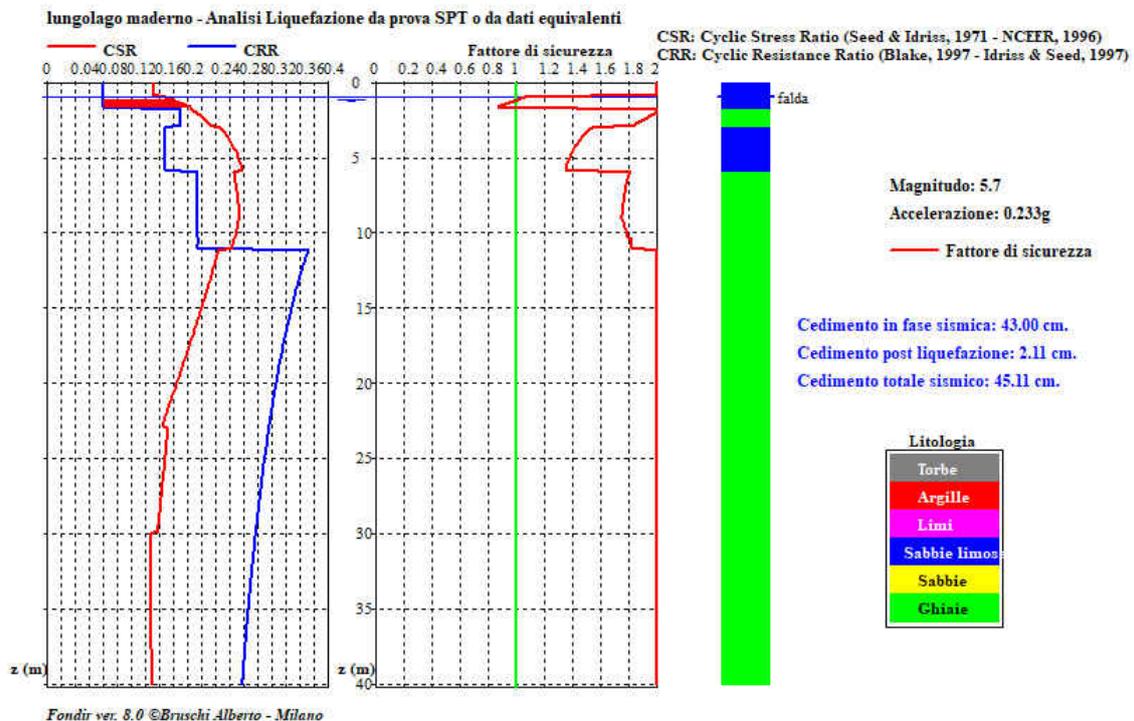
Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70



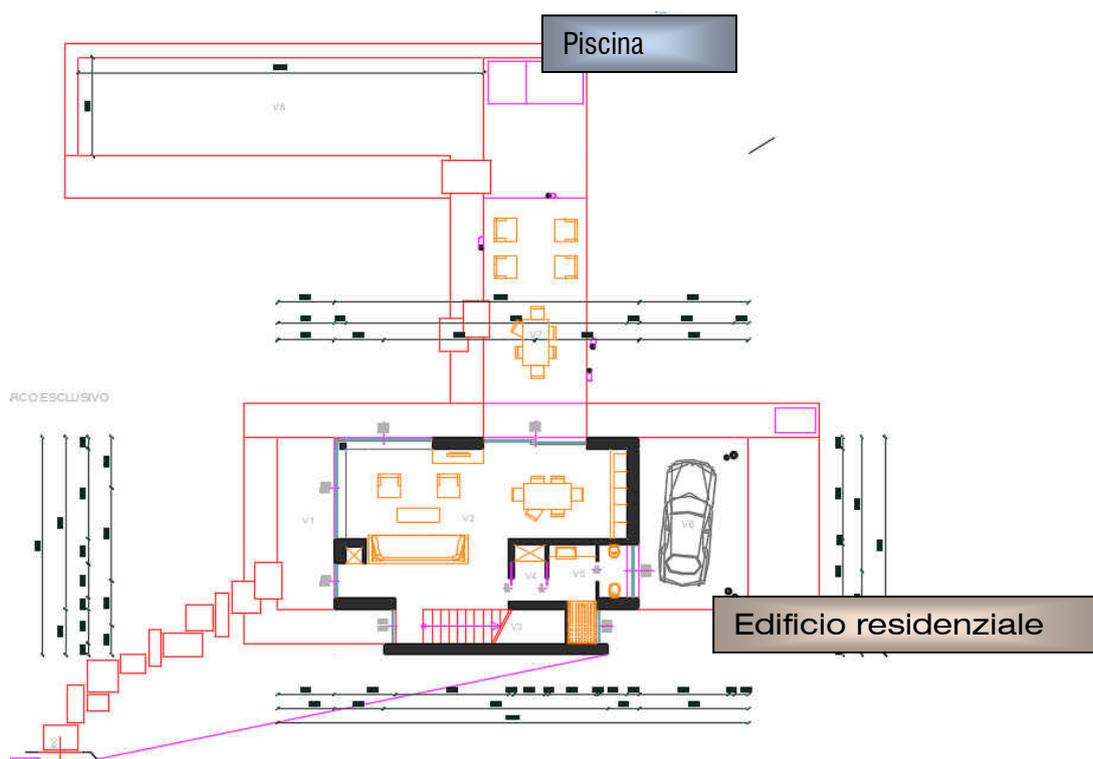
Magnitudo 5.2



Magnitudo 5.7

11. Verifica della capacità portante dei terreni

Sulla base delle indicazioni estrapolate dagli elaborati progettuali e fornite dai Progettista e delle caratteristiche terreni presenti in sito, si è proceduto ad una stima della capacità portante considerando sia per il nuovo edificio residenziale che naturalmente per il manufatto della piscina una fondazione a platea con le seguenti caratteristiche geometriche:



Planimetria generale di intervento

Struttura / tipo fondazione	B (Larghezza, m)	L (Lunghezza, m)	Profondità di posa (Df) (m)
Edificio Platea	7.70	15	1.2-1.3
Piscina Platea	4.20	16	1.6-1.7

Il piano di campagna attuale del terreno è stato considerato come zero di riferimento per la valutazione del piano di posa, uniformando lo spessore dei depositi sotto l'intera impronta delle fondazioni.

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

Le valutazioni di capacità portante e dei cedimenti (SLE) riportate di seguito sono state valutate senza tenere conto l'apporto derivato dalla bonifica e l'intervento migliorativo del terreno, precedentemente esplicitato (cfr paragrafo liquefazione) e quindi da intendersi come limite superiore.

EDIFICIO RESIDENZIALE
ANALISI PER FONDAZIONE a Platea

SLU - Capacità portante ultima - q_{lim} in Kg/cm^q			
Condizioni	Piano posa	q_{limite} ultima	Coefficienti Parziali ³ γ_m
		B=7.7 m	
Approccio 2 Verifica SLU (A1+M1 ⁴ +R3-2.3)	1.3 m	3.67	M1

STATO LIMITE DI ESERCIZIO

La verifica allo stato limite di esercizio (SLE) indica i valori dei cedimenti sviluppabili all'applicazione del carico considerato:

Valore dei cedimenti "s" (SLE) in cm			
Condizioni	q_{SLE} kg/cm ^q	B	S (da modulo di deformabilità – in cm)
SLE	0.56	7.7	1.5-2.7

I valori di SLU e SLE stimati dovranno essere confrontati con le reali sollecitazioni imposte. Come valore di coefficiente di Winkler è possibili considerare $K_w = 1.2-2.25$ kg/cm^c.

³ coefficienti parziali applicati ai parametri del terreno (Norme tecniche per le costruzioni)

PISCINA
ANALISI PER FONDAZIONE a Platea

SLU - Capacità portante ultima - q_{lim} in Kg/cm²

Condizioni	Piano posa	q_{limite} ultima	Coefficienti Parziali ⁵ γ_m
		B=4.2 m	
Approccio 2 Verifica SLU (A1+M1 ⁶ +R3-2.3)	1.6/1.7 m	2.97	M1

STATO LIMITE DI ESERCIZIO

La verifica allo stato limite di esercizio (SLE) indica i valori dei cedimenti sviluppabili all'applicazione del carico considerato:

Valore dei cedimenti "s" (SLE) in cm

Condizioni	q_{SLE} kg/cm ²	B	S (da modulo di deformabilità – in cm)
SLE	0.66	4.2	1.2-2.6

I valori di SLU e SLE stimati dovranno essere confrontati con le reali sollecitazioni imposte. Come valore di coefficiente di Winkler è possibile considerare $K_w = 1.19-2.2$ kg/cm³.

⁵ coefficienti parziali applicati ai parametri del terreno (Norme tecniche per le costruzioni)

12. Conclusioni

Il quadro conoscitivo, descritto nelle pagine precedenti, ottenuto sulla base dei dati a disposizione, permette di delineare, per l'area in esame, quanto segue:

- Il sito oggetto di studio è ubicato in seno al conoide di Toscolano nella fascia distale in seno ai depositi alluvionali di conoide; essi sono costituiti in generale da ghiaie sabbiose alternate a livelli più francamente sabbiosi, in cui vi si trovano immersi elementi grossolani e/o trovanti. La natura litologica dei clasti in generale rispecchia direttamente il bacino di alimentazione costituito dalle formazioni della Scaglia Lombarda, Maiolica, F.ne di Concesio e Selcifero Lombardo, nonché elementi esotici derivati dallo smantellamento dei depositi di natura morenica.
- Da un punto vista geologico geotecnico il raffronto fra le prove penetrometriche eseguite evidenzia una buona corrispondenza dei profili con un trend che vede in generale un aumento delle resistenze con la profondità; i terreni sono caratterizzati da un grado di addensamento medio e medio alto ($N=12-15$) e comportamento granulare assimilabili a ghiaie e ghiaie sabbiose, con intercalazioni di livelli sabbioso ghiaiosi con addensamento medio e medio basso ($N=10-12$); dalla profondità di circa 9 m si assiste ad un incremento dei valori di addensamento con $N>15-20$, che da medi passano ad elevati;
- L'indagine penetrometrica ha evidenziato, inoltre, nel dettaglio del sito come i depositi autoctoni di conoide siano sormontati da terreni superficiali poco addensati/consistenti anche di spessore di circa 1.8 m (dp 2); in condizione di parziale sommersione (cfr. innalzamento della falda /livello del lago potenzialmente fino a -1 m da pc) tali terreni possono essere soggetti a liquefazione per terremoti di magnitudo $M_w=5.7$; si rimanda al Paragrafo 9 per le considerazioni puntali circa la eventuale bonifica dei terreni di fondazione.

- In relazione alla presenza della falda (lago) in prossimità del piano di fondazione, seppure riferibile presumibilmente a livelli massimi storici, si consiglia di mettere in atto gli accorgimenti tecnici atti a proteggere le strutture fondali dalla presenza di acqua ed a contrastare una eventuale locale spinta idrostatica . Tali valutazioni potranno essere effettuate al momento della definizione della reale quota di imposta rispetto alle quote dei livelli idrostatici del lago e della risposta della falda.
- Sotto il profilo idrogeologico inoltre si rileva come il sito all'attenzione *rientri nell'area di rispetto del pozzo Marconi avente scopo idropotabile*. Alla luce di quanto sopra dovrà essere valutata attentamente le possibilità, nell'ambito del progetto di invarianza idraulica, di disperdere le acque di pioggia nel terreno per infiltrazione.

Ai fini di una progettazione, i valori dei parametri dei terreni presenti in sito possono essere così assunti, sulla base di quanto evidenziato dalle indagini.

Parametri geotecnici attribuibili ai terreni

da m.	a m.	N	γ (KN/mc)	ϕ (°)	M (Mpa)
0.0	1.8	3-4	16.5-16.8	27-29	5-6
1.2	3	12-15	18-18.5	35-36	20-30
3	6	10-12	17-17.4	33-34	7-10
6	9	15-20	18-19	36-37	25-40

γ = peso di volume (kN/mc)

ϕ = angolo d'attrito (°)

c = coesione (kPa)

M = modulo di deformazione (MPa)

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologa Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70

In relazione ai parametri sismici da utilizzare in sede di progetto, si ha:

Da DM 17/01/2018 – Norme tecniche per le costruzioni

	SLD-SLV
Categoria terreni di fondazione	C
accelerazione orizzontale del terreno – a_g (su suolo rigido)	0.057-0.159
valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – F_0	2.484-2.469
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale - T^*c	0.243-0.275
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.500 -1.464
Coefficiente C_c	1.675-1.608
Coefficiente di amplificazione topografica S_T per Categoria T1	1.0

I risultati riportati nel presente studio si basano unicamente sui dati raccolti e sulle assunzioni che stato possibile effettuare.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M.17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e alle prescrizioni contenute nel piano di Governo del territorio, soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

Si rimane a disposizione per eventuali affinamenti del modello geologico-geotecnico delineato e/o per nuovi e particolari riscontri geologici e/o geotecnici si rendessero necessari in relazione alle scelte operate sotto il profilo progettuale e/o esecutivo.

Dott. Geol. Giovanni Bembo

Dott. Geol. Loredana Zecchini

Dr. Geologo Giovanni Bembo - Dr. Geologo Loredana Zecchini

- STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA ED AMBIENTALE -

25084 Bogliaco di Gargnano (Bs) Via Trieste 45 - Tel./ Fax - 0365 79 10 70