



COMUNE DI:

PONTE SAN PIETRO (BG)

PROGETTO:

REALIZZAZIONE DIFESE PASSIVE LUNGO IL TORRENTE QUISA A VALLE DEL PONTE DI VIA MERENA E RIPRISTINO IDRODINAMICO DEL PONTE STESSO (LOTTO 1B) - CUP J38H22000370002 CIG 9450227E03

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

CODICE	TITOLO ELABORATO	DATA
A.5	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Dicembre 2022
		SCALA

Progettista:



**IdroAM - Ing. Adriano Murachelli**

via Gran S. Bernardo n. 26, 24068 Seriate (Bg)  
Tel. 03519965690 - e-mail: info@idroam.it  
Albo Ingegneri di Bergamo n. 4370

In collaborazione con:



**Studio Telo  
May Fly**

Ingegneria Idraulica e Ambientale

Largo 24 Agosto 1942, 33A - 43126 Parma  
Tel. & Fax 0521/292795  
studiotelo@studiotelo.it www.studiotelo.it

Calcoli strutturali:

STUDIO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA

**PIAZZINI ALBANI**

Via Martiri di Cefalonia, 4 - Bergamo  
info@piazzinialbani.com

IL PROGETTISTA

Ing. Adriano Murachelli

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Arch. Oliviero Rota

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
00	Dicembre 2022	EMISSIONE	Geol. Ratazzi	Geol. Ratazzi	Ing. Murachelli



COMUNE DI:

PONTE SAN PIETRO (BG)

PROGETTO:

REALIZZAZIONE DIFESE PASSIVE LUNGO IL TORRENTE QUIZA A VALLE DEL PONTE DI VIA MERENA E RIPRISTINO IDRODINAMICO DEL PONTE STESSO (LOTTO 1B) - CUP J38H22000370002 CIG 9450227E03

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

CODICE	TITOLO ELABORATO	DATA
A.5	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	Dicembre 2022
		SCALA

Progettista:



**IdroAM - Ing. Adriano Murachelli**

via Gran S. Bernardo n. 26, 24068 Seriate (Bg)  
Tel. 03519965690 - e-mail: info@idroam.it  
Albo Ingegneri di Bergamo n. 4370

In collaborazione con:



**Studio Telo  
May Fly**

Ingegneria Idraulica e Ambientale

Largo 24 Agosto 1942, 33A - 43126 Parma  
Tel. & Fax 0521/292795  
studiotelo@studiotelo.it www.studiotelo.it

Calcoli strutturali:

STUDIO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA

**PIAZZINI ALBANI**

Via Martiri di Cefalonia, 4 - Bergamo  
info@piazzinialbani.com

IL PROGETTISTA

Ing. Adriano Murachelli

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Arch. Oliviero Rota

AGGIORNAMENTI:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
00	Dicembre 2022	EMISSIONE	Geol. Ratazzi	Geol. Ratazzi	Ing. Murachelli





## INDICE

1	Premessa .....	2
2	Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito .....	4
2.1	Inquadramento geologico - geomorfologico .....	4
2.2	Inquadramento idrologico e idrogeologico .....	6
2.3	Indicazioni componente geologica PGT comunale .....	8
2.4	Indagini in sito .....	9
2.5	Interpretazione stratigrafica .....	9
2.6	Classificazione sismica .....	10
2.7	Categoria sismica dei terreni .....	11
3	Relazione Geotecnica -Verifiche della sicurezza e delle prestazioni .....	15
3.1	Considerazioni stratigrafiche e geotecniche .....	15
4	Verifiche della sicurezza e delle prestazioni .....	17
4.1	Interventi di consolidamento .....	17



## 1 PREMESSA

---

È stato redatto il presente studio geologico e geotecnico con note idrogeologiche a supporto della progettazione degli interventi di sistemazione idraulica, di riqualificazione ambientale e manutenzione fluviale del torrente Quisa e del reticolo ad esso connesso, in via Merena nel comune di Ponte San Pietro (Bg).

Date le problematiche logistiche del sito, le particolari condizioni geologico-stratigrafiche e l'estensione dell'area è stato proposto, e concordato con i committenti e i progettisti, di eseguire un'indagine geofisica con stendimenti di sismica a rifrazione con elaborazione tomografica: i dati ottenuti sono stati integrati e confrontati con altri dati esistenti per ottenere un modello litostratigrafico e sismostratigrafico complessivo sul sedime della proprietà; indirettamente, e sulla scorta delle personali conoscenze del sito (sono stati utilizzati i risultati di indagini geognostiche e relazioni geologico tecniche seguite dal sottoscritto o effettuate da altre società, in passato, nelle immediate vicinanze e comunque nel medesimo ambito geologico-geomorfologico), è stata ricostruita una modellazione geotecnica.

A completamento dello studio è stato effettuato un rilievo geologico-stratigrafico del sito oltre alla diretta osservazione dei depositi in affioramento in scavi nelle immediate vicinanze del lotto in esame.

È stato fatto riferimento all'esauriente studio geologico (e relative mappe) redatto a supporto del PGT del comune di Ponte San Pietro.

Non escludendo la possibilità di locali variazioni, qualora in fase di scavo si dovessero evidenziare differenze significative, sarà preciso obbligo dell'impresa esecutrice darne tempestiva comunicazione.

Nella presente relazione verranno riportati i dati rilevati in sito e la loro elaborazione critica e verranno esposte le problematiche geologiche da affrontare per la corretta realizzazione delle opere; la stessa è stata redatta conformemente alle vigenti norme in materia, in particolare:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 17 gennaio 2018)
- nel 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)
- nella L.R. 12 ottobre 2015, n.33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche



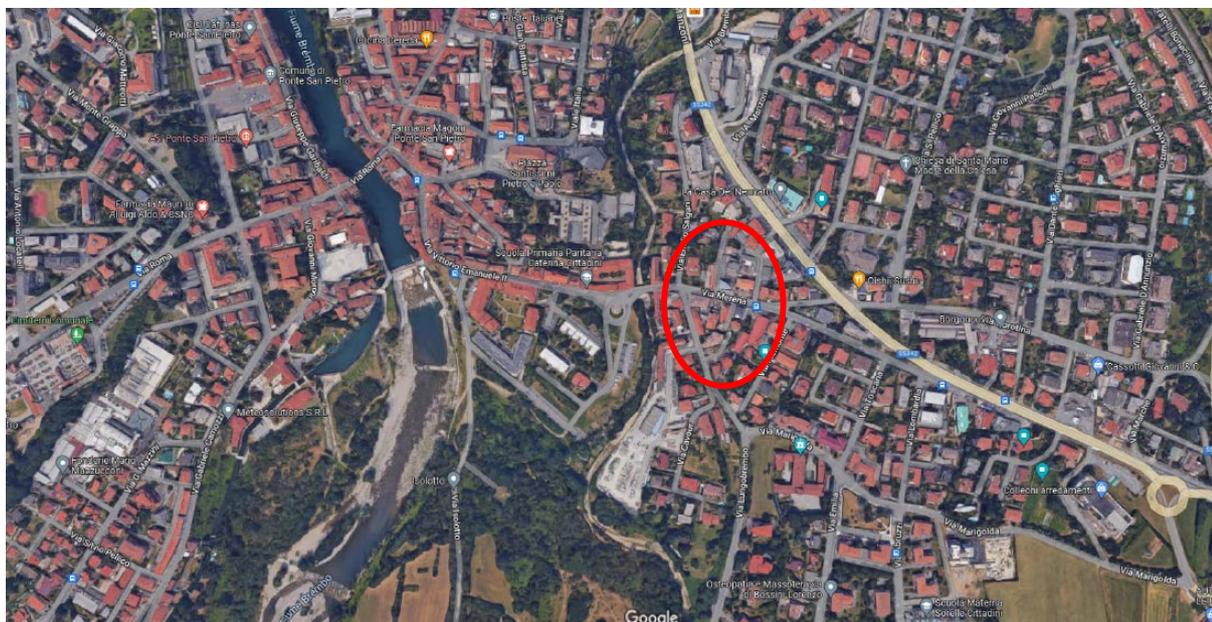
- nel D.G.R. 30 marzo 2016 - n. X/5001 Approvazione delle linee guida di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)



## 2 RELAZIONE GEOLOGICA - MODELLAZIONE GEOLOGICA E STRATIGRAFICA DEL SITO

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

L'area in esame è posta nella provincia di Bergamo, nella porzione centro-orientale del comune di Ponte San Pietro ad una quota topografica di circa 210-212 m s.l.m..



A grande scala tutta la zona è posta su terrazzi fluvio-glaciali con un dislivello massimo tra loro di 10-12 m circa. Nel particolare l'area di studio è posta proprio su uno di questi ripiani, intermedio, con andamento N-S subpianeggiante che raccorda l'alveo del fiume Brembo con la circostante pianura.

Per la precisione, dal terrazzo fluvio-glaciale presente nel settore in oggetto (legato alle acque di fusione della fase glaciale "wurmiana") si passa attraverso una serie di scarpate a depositi con la medesima origine ma ad una diversa fase sedimentaria (verso Est) e da lì il terreno degrada moderatamente fino a raggiungere le sponde (terrazzi recenti) dell'alveo del fiume Brembo.

Dal punto di vista sedimentario-granulometrico, è caratterizzata da depositi recenti sciolti alluvionali e fluvio-glaciali costituiti da materiale grossolano (ghiaia e ciottoli con matrice sabbiosa), con estensione

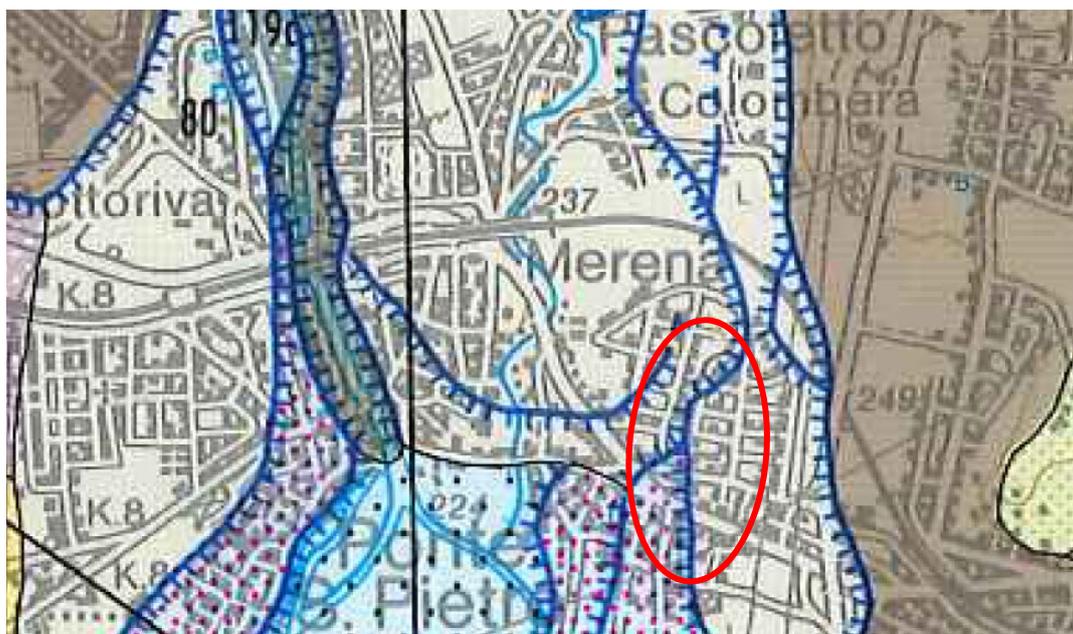


areale E/W limitata (500-600 metri), si estendono per alcuni chilometri lungo l'asse del Brembo (sia a monte che a valle).

Questi appartengono alle Unità Stratigrafiche del Bacino del Brembo, formazione "**Complesso del BREMBO**" (da "Carta Geologica della Provincia di Bergamo") ed in particolare all' "**Unità di TREVIGLIO**" e all' **Unità Postglaciale**.

Si tratta di depositi ghiaiosi a prevalente supporto clastico con matrice limoso argillosa, con spessore di suolo massimo > 5 metri di natura limoso argilloso. È quasi sempre presente uno strato superficiale di sabbie fini finissime di origine *loessica*.

Nel caso dei materiali alluvionali questi risentono dell'azione erosiva e deposizionale sia del Fiume Brembo che del torrente Quisa.



- UNITA' POSTGLACIALE (119)**
- 119a) depositi di versante.
  - 119b) depositi di conoide.
  - 119c) depositi alluvionali.
  - 119d) depositi lacustri, palustri e di torbiera.
  - 119e) depositi glaciali.
  - 119cf) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Entisuoli.
  - 119cg) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli.
  - 119ch) depositi alluvionali in pianura con superficie limite superiore caratterizzata da Inceptisuoli rubefatti o da Alfisuoli poco espressi.
- Morfologie ancora in evoluzione. **PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE**
- COMPLESSO DEL BREMBO (80)**
- 80) Depositati glaciali, fluvio-glaciali alluvionali e di versante. Superficie limite superiore: morfologie ben conservate, profili di alterazione inferiori a 1,6 m, scarsa alterazione dei clasti e della matrice, colore tra 7.5YR e 10YR, copertura loessica assente. Comprensivo di: **Unità dei Piani di Bobbio, Unità di Ornica, Unità di Mezzoldo, Unità di Bàresi, Unità della Cima di Menna, Unità dei Tre Pizzi, Unità di Val Mezzeno, Unità di Zogno, Unità di Treviglio. PLEISTOCENE SUPERIORE**



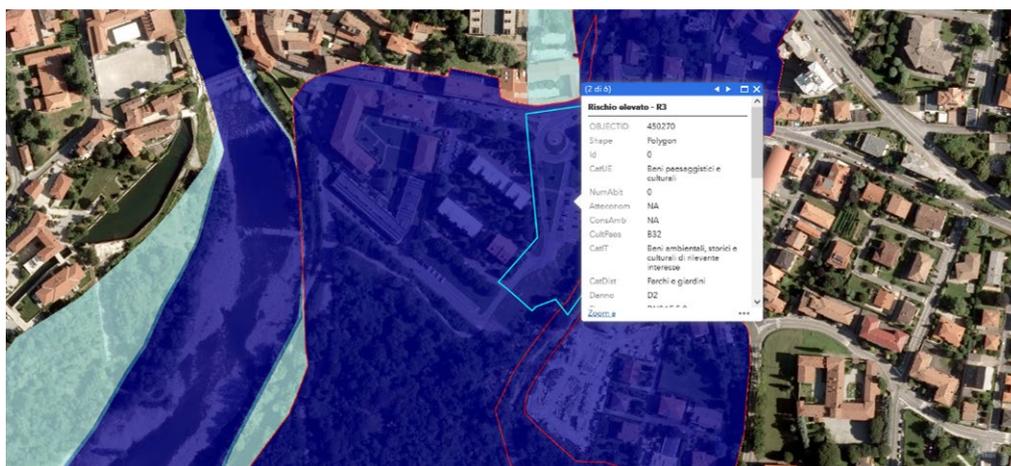
Sabbie limose prevalenti



Ghiaie e sabbie in matrice limo-argillosa

## 2.2 INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Per i vicini Fiume Brembo e Torrente Quisa, le cui caratteristiche idrauliche non sono oggetto di approfondimento nel presente studio, la Regione Lombardia (Direttiva Alluvioni), indica una pericolosità con scenario *frequente* di alluvione con rischio molto elevato R4.

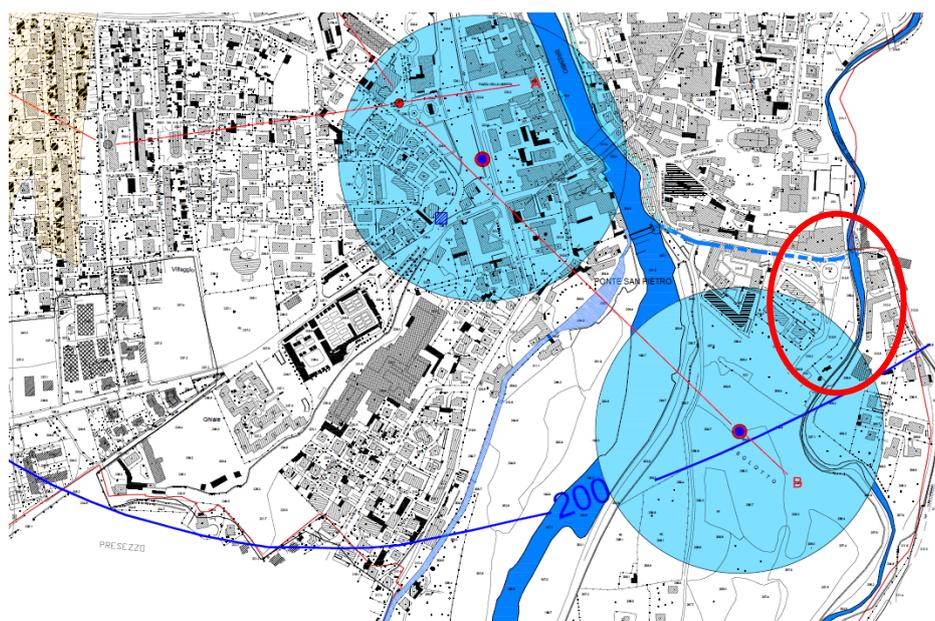


Per il resto, la circolazione idrica superficiale è per lo più a carattere diffuso, controllata dalla morfologia locale e marcata dalle eventuali regimazioni antropiche.

Le informazioni relative alle note idrogeologiche sono state desunte dai dati bibliografici esistenti e relativi ai pozzi ad uso idropotabile censiti e dei quali si conoscono le caratteristiche di costruzione e le stratigrafie dei terreni scavati.

Come si ricava anche dalla consultazione della carta idrogeologica a supporto del PGT il livello piezometrico è posto ad una quota di 200 m s.l.m. (e quindi ad una profondità di circa 10-12 m dall'attuale piano campagna).

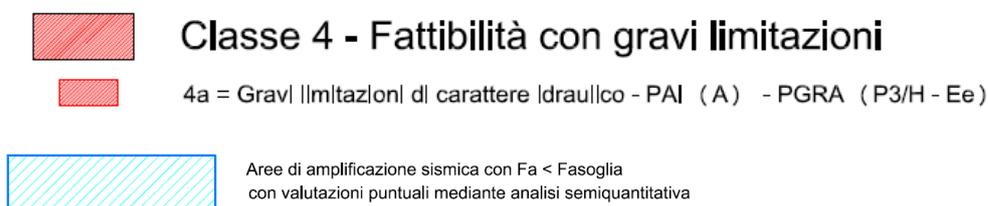
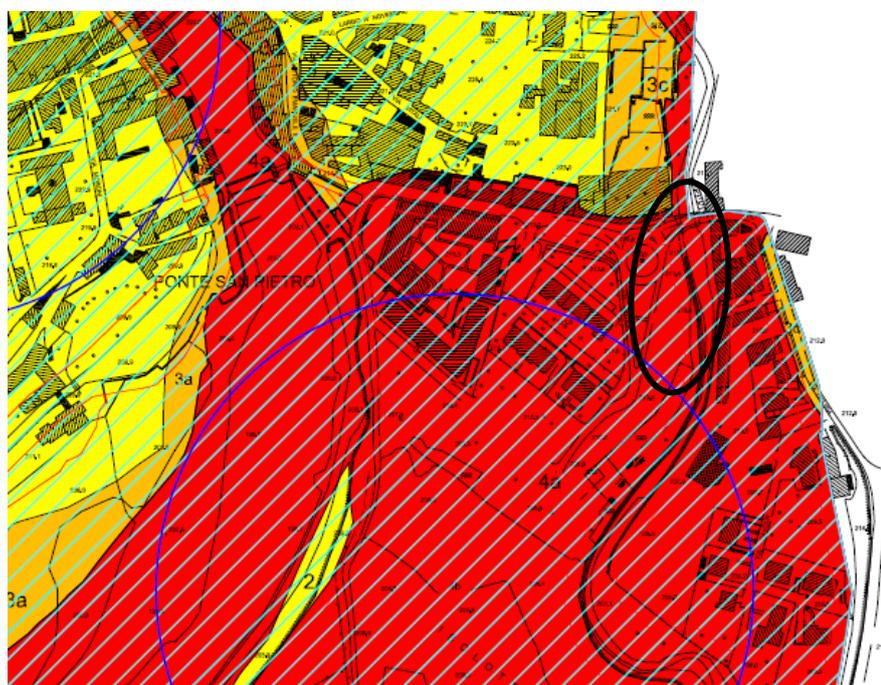
Non sono indicate, e non si conoscono, le oscillazioni massime stagionali; in questo ambito del territorio della provincia di Bergamo, la direzione di flusso prevalente è N-NW/SE.



Dato comunque il contesto idrogeologico e idraulico si considera un livello freaticometrico pari al livello idrometrico del Torrente Quisa e quindi a circa 1-2 m di profondità dal piano campagna generalizzato.

## 2.3 INDICAZIONI COMPONENTE GEOLOGICA PGT COMUNALE

Nella Carta di fattibilità redatta a supporto al PGT l'area è posta in "Classe 4, con gravi limitazioni" per problematiche idrauliche; dal punto di vista sismico, è classificata in zona Z4 con possibili amplificazioni litologiche.



Sia nella Carta dei Vincoli Geologici che in quella di Sintesi non vengono segnalate problematiche di sorta, se non quelle già evidenziate nella carta di fattibilità.



## 2.4 INDAGINI IN SITO

Per una specifica del tipo di indagini eseguite, e una sintesi dei risultati, si veda l'allegato Rapporto Tecnico della prospezione geoelettrica ad elaborazione tomografica, a cura della GeaEngineering.

## 2.5 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Nell'ambito dell'indagine eseguita nell'area in esame, è stata rilevata una situazione stratigrafica abbastanza uniforme caratterizzata da uno spessore superficiale di terreno eluviale e/o rimaneggiato (3-4 metri nel settore meridionale dello stendimento S1, e più ridotti lungo S2, effettuato nell'alveo del Quisa), a cui segue uno spessore di 6-7 metri (che si riducono a 4-5 m lungo S2) di depositi alluvionali più addensati. Più in profondità, indipendentemente dalla natura dei depositi, sono presenti terreni con molto sismoresistenti.



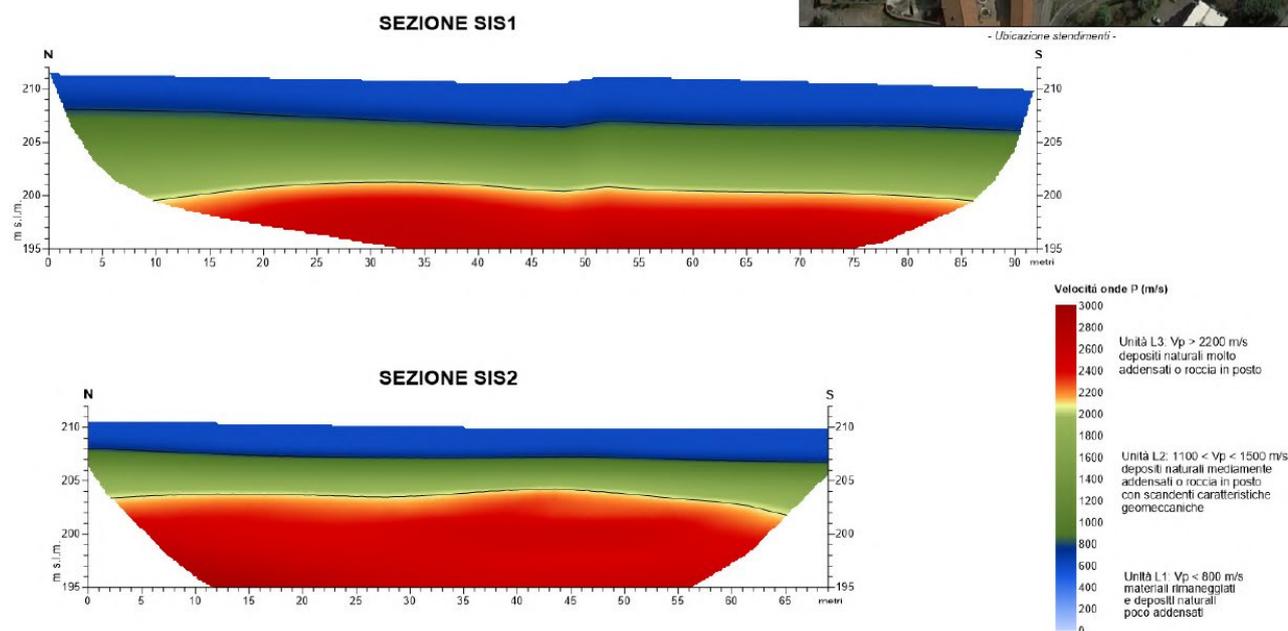
COMUNE DI PONTE SAN PIETRO

Torrente Guisa

INDAGINE SISMICA  
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA



- Ubicazione stendimenti -





## 2.6 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Ponte San Pietro è in classe “3” e con  $Ag_{Max}$ . pari a 0,100192.

TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
30	0.027	2.452	0.194
50	0.035	2.491	0.211
72	0.041	2.492	0.224
101	0.049	2.453	0.239
140	0.057	2.466	0.250
201	0.067	2.458	0.263
475	0.097	2.439	0.273
975	0.128	2.453	0.280
2475	0.176	2.504	0.287

Vita nominale della costruzione (anni): VN: 50

Classe d'uso della costruzione  $c_u$ : 1.0

Periodo di riferimento per la costruzione (anni): VR: 50

Stato Limite	TR (anni)	Ag (g)	F0(-)	TC*(s)
SLO	30	0.027	2.453	0.194
SLD	50	0.035	2.491	0.211
SLV	475	0.097	2.439	0.273
SLC	975	0.128	2.453	0.280



## 2.7 CATEGORIA SISMICA DEI TERRENI

L'area in esame viene classificata in "Zona 4a": l'attuale normativa prevede che debbano essere effettuati approfondimenti di studio sismico di secondo livello al fine di determinare in modo semiquantitativo il fattore di amplificazione locale  $F_a$ . Tale valore è utilizzato in fase progettuale per ottimizzare le strutture sotto l'aspetto della prevenzione antisismica.

Sulla base delle indagini sismiche effettuate sono presumibili terreni con  $V_{seq}$ (riferiti al piano di appoggio delle fondazioni) pari 720-730 m/s (categoria B) e con un andamento della curva delle velocità, assimilabile a quella di riferimento litologica della Regione Lombardia "ghiaiosa".

Con il metodo di calcolo indicato dalla normativa si ottengono valori di  $F_a$  pari a:

**Fa Intervallo di periodo 0,1 - 0,5 s: 1.4**

**Fa Intervallo di periodo 0,5 - 1.5 s: 1.1**

Per il comune di Ponte San Pietro, i valori di soglia del Fattore di amplificazione  $F_a$  forniti dalla Regione Lombardia, differenziati per suoli di fondazione e per periodi, sono:

INTERVALLO	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,5	1,9	2,3	2,0
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,3	3,1

e rappresentano il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

L'approfondimento sismico di secondo livello ha evidenziato quanto segue:

**INTERVALLO 0.1 / 0.5 s - Strutture basse, regolari e rigide: 1.4 < 1.5**

**Sarà possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente e utilizzare un suolo B.**



INTERVALLO 0.5 / 1.5 s - Strutture alte e flessibili:  $1.2 < 1.7$

Sarà possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente e utilizzare un suolo B.

Per determinare i parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali si potrà fare riferimento alla tabella:

Categoria suolo	S	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

Mentre per quelli della componente verticale:

Categoria suolo	S	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A-B-C-D-E	1.00	0.05	0.15	1.00

Definizione dei parametri e dei coefficienti sismici

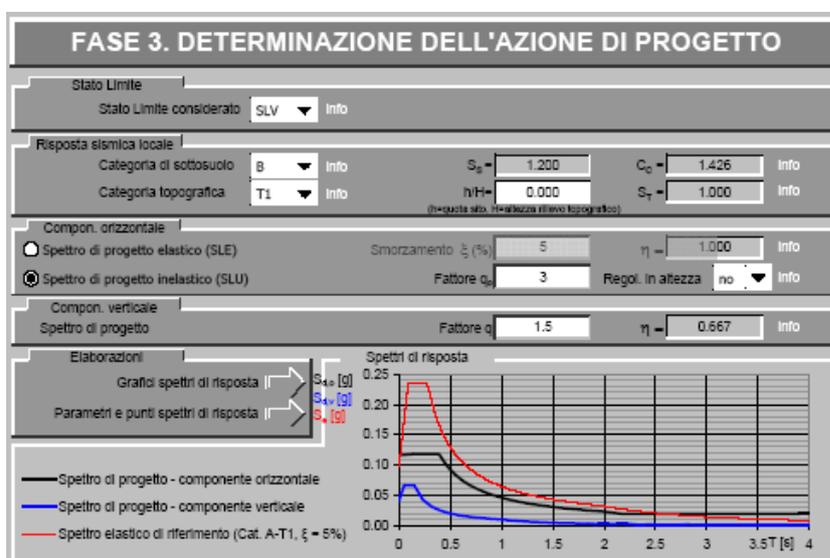
Categoria sottosuolo: B                      Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50anni              Coefficiente cu: 1

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* (ampl. stratigrafica)	1,20	1,20	1,20	1,20
Cc* (coeff.funz. categ.)	1,53	1,50	1,43	1,42
St* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

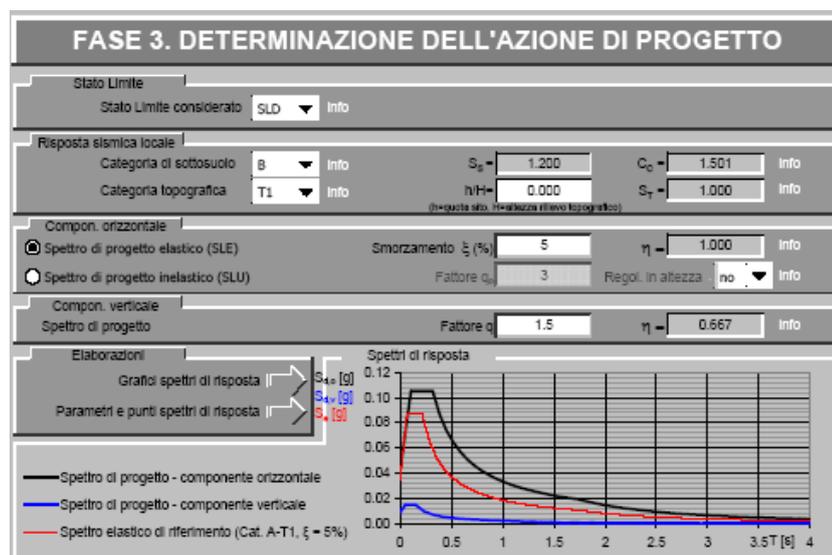


Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,006	0,008	0,023	0,037
kv	0,003	0,004	0,012	0,018
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,319	0,414	1,141	1,507
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

Determinazione dell'azione di progetto



SLU



SLE



Facendo riferimento al paragrafo 7.11.3.4.2. delle NTC 2018 (*esclusione della verifica a liquefazione*):

**7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione**

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

date le condizioni stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche del sito, non sussistono pericoli in tal senso.



### 3 RELAZIONE GEOTECNICA -VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

---

#### 3.1 CONSIDERAZIONI STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE

---

In base ai risultati geofisici, e grazie anche alle conoscenze litologiche acquisite da altre indagini svolte nelle vicinanze, si è ricostruita la successione dei Livelli geotecnici: le descrizioni stratigrafiche sono da ritenere indicative in quanto dedotte in modo indiretto durante l'esecuzione dell'indagine.

In letteratura esistono alcune proposte di correlazioni tra  $V_p$ - $V_s$  e i parametri geotecnici: in questo caso, per ricavare la correlazione tra i risultati della prospezione sismica e i valori di  $N_{spt}$  (necessari alla correlazione geotecnica), si è utilizzata la seguente relazione:

$$N_{spt} = b \sqrt{\frac{V_s}{a}}$$

dove

$$V_s = \text{velocità delle onde S} = V_p * \sqrt{\frac{(1-2c)}{(1-2c)}}$$

a = parametro variabile in relazione alla natura granulometrica del terreno

b = parametro variabile in relazione alla natura granulometrica del terreno

c = coefficiente di Poisson

$V_p$  = velocità delle onde P ricavata dall'indagine sismica a rifrazione

Poiché non tutte le relazioni note in bibliografia sono sempre attendibili, per la correlazione geofisica-geotecnica sono stati utilizzati anche i risultati di indagini geognostiche con finalità geotecniche eseguite nelle immediate vicinanze o nel medesimo contesto.

LIVELLO [1]: da piano esecuzione indagine fino alla profondità di circa 2.0-4.0 m a seconda dell'ambito indagato



Superato uno spessore superficiale di 0.3/0.4 m circa di terreno vegetale e/o rimaneggiato, sono prevedibili depositi limoso sabbioso con ciottoli e ghiaie caratterizzati da Vp compresi tra 4 e 500 m/s. Si possono ipotizzare i seguenti parametri geotecnici:

*Peso di Volume (t/mc): 1.65-1.70*

*Peso di Volume in falda (t/mc): 1.15-1.20*

*Angolo di Attrito (°): 25-27*

*Modulo Elastico (kg/cmq): 50-70*

LIVELLO [2]: dalla base dello strato precedente e fino alla profondità variabile di 7-10 m.

Livello caratterizzato dalla parte alterata del substrato lapideo con Vp comprese tra 1400 e 1800 m/s e per la quale si possono ipotizzare:

*Peso di Volume (t/mc): 1.80-1.85*

*Peso di Volume (t/mc): 1.30-1.35*

*Angolo di Attrito (°): >34*

*Modulo Elastico (kg/cmq): >200*

Oltre tale profondità si può prevedere sono presenti depositi che costituiscono un bedrock sismico con proprietà meccaniche assimilabili a depositi cementati.



## 4 VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

---

### 4.1 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

---

Gli interventi di rinforzo e/o di consolidamento previsti (micropali) sono gli unici realizzabili nel contesto di studio sia per le caratteristiche stratigrafiche che geotecniche, nonché di logistica e accessibilità della cantieristica.

Qualora necessario resto a disposizione per un eventuale supporto geotecnico al loro dimensionamento.

Il modello geologico del sito, costruito mediante esecuzione di indagini puntuali, è applicabile tridimensionalmente a tutta l'area oggetto di intervento.

Trattandosi di risultati desunti da prove puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, sarà necessario verificare e confermare in fase di scavo le indicazioni qui esposte.

Dal punto di vista della compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale l'area non presenta alcuna restrizione, infatti, non vi sono situazioni di rischio idrogeologico.

I risultati esposti nella presente non tengono conto di eventuali vincoli urbanistici, regolamenti edilizi locali e di altri vincoli imposti dalle pubbliche Autorità, dei quali non sono stato incaricato di verificare l'esistenza.

Resto a disposizione per qualsiasi chiarimento.

