

# REGIONE LOMBARDIA

---

# PROVINCIA DI BRESCIA

---

# COMUNE DI BRESCIA



## RELAZIONE GEOLOGICA R1+R3

## RELAZIONE GEOTECNICA R2



Elaborato

# PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE ALLA SCHEDA DI PROGETTO SPECIALE Psn1 – PARROCCHIA SS. FRANCESCO E CHIARA - SUAP

D.M. 17.01.2018 – DGR 2616/2011 – DGR X/5001 – L.R. 12/2005

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Committente</b> | <b>Parrocchia SS. Francesco e Chiara</b>   |
| <b>Estensore</b>   |  <b>A. &amp; P. sas</b> |

*Il presente elaborato è confidenziale e ne è vietata la riproduzione o l'utilizzo da terzi non autorizzati*

### Informazioni documento

| Operazione       | Soggetto                         | Data       |
|------------------|----------------------------------|------------|
| <b>Redatto</b>   | A & P sas – Dr.ssa Gallo Samanta | 26.06.2020 |
| <b>Approvato</b> | A & P sas – Dr. Aletti Corrado   | 01.07.2020 |
| <b>File</b>      | relazione suap.docx              |            |
| <b>Commessa</b>  | 2020.06.164                      |            |

|   |  |             |      |         |
|---|--|-------------|------|---------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.    |
|   | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 1 di 39 |
|   | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |         |

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. Introduzione .....   | 3  |
| 2. Inquadramento geografico .....   | 5  |
| 3. Inquadramento geologico morfologico e idrogeologico .....                          | 6  |
| 3.1. Litostratimetria dell'area .....   | 9  |
| 3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale .....                                      | 11 |
| 4. Sismica .....  | 13 |
| 4.1. Indagine sismica .....   | 15 |
| 4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione.....                                   | 15 |
| 4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale .....                                 | 16 |
| 4.1.3. Profilo velocità delle onde S e classificazione del<br>sottosuolo da NTC ..... | 17 |
| 4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera .....   | 19 |
| 4.1.5. Risultati dell'analisi .....   | 20 |
| 4.2. Analisi di II livello .....  | 22 |
| 4.3. Parametri sismici .....  | 24 |
| 4.4. Stima della magnitudo di riferimento .....                                       | 25 |
| 4.5. Verifica alla liquefazione .....   | 28 |
| 5. Vincoli .....  | 31 |
| 6. SINTESI.....   | 32 |
| 7. Fattibilità .....  | 33 |
| 8. Conclusioni .....  | 35 |

## 1. INTRODUZIONE

L'area oggetto della richiesta di parere preventivo per piano attuativo in variante risulta urbanisticamente inquadrata all'interno dei Progetti Speciali disciplinati dal piano dei Servizi – NTA art. 63 e più precisamente nel Piano dei Servizi come Psn1 – Parrocchia SS. Francesco e Chiara con destinazione funzionale esclusivamente per servizi religiosi (edifici per il culto). La variante di destinazione urbanistica prevede la trasformazione dall'attuale destinazione funzionale "Servizi religiosi" in "Residenza" mantenendo inalterate le superfici già definite per l'attuale destinazione. La presente relazione è stata redatta ai sensi della normativa vigente (L.R. 12/2005; D.G.R. 8/7374/08; D.M. 17/01/18) inerente la componente geologica nella pianificazione territoriale contenuta nella D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005. Questo documento amplierà la conoscenza del territorio oggetto di variante e delle differenti fonti di rischio in relazione alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche. In questa ottica sono state valutate le possibili fonti di rischio approfondendo ovviamente le tematiche più significative nel contesto del territorio indagato. In conformità alla normativa vigente, la metodologia adottata si fonda su tre successive fasi di lavoro:

sintesi bibliografica e compilativa, basata sulla raccolta della documentazione esistente per la predisposizione della cartografia di analisi;

approfondimento/integrazione che, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, ha previsto l'effettuazione di rilievi di campagna;

valutazione e proposta finale, definita tramite le carte di sintesi e di fattibilità geologica, che propongono rispettivamente una zonizzazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità e una classificazione d'uso dello stesso.

Allo scopo di determinare le caratteristiche geolitologiche e litotecniche dei terreni di fondazione nell'area in esame è stato effettuato n. 1 sondaggio esplorativo con escavatore meccanico. In sito è stata inoltre effettuata una verifica sismica mediante la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Space Ratio).

La relazione è completata dai seguenti allegati:

|   |                     |             |      |         |
|---|---------------------|-------------|------|---------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.    |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 3 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |         |

**Allegato 1– Ubicazione indagini**

**Allegato 2– Dichiarazione sostitutiva**

|   |                     |             |      |         |
|---|---------------------|-------------|------|---------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.    |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 4 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |         |

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è localizzata nel settore settentrionale dell'abitato comunale di Brescia, presso la Località Mompiano, lungo il margine E di Via Bligny, così come rappresentato in Figura 1.

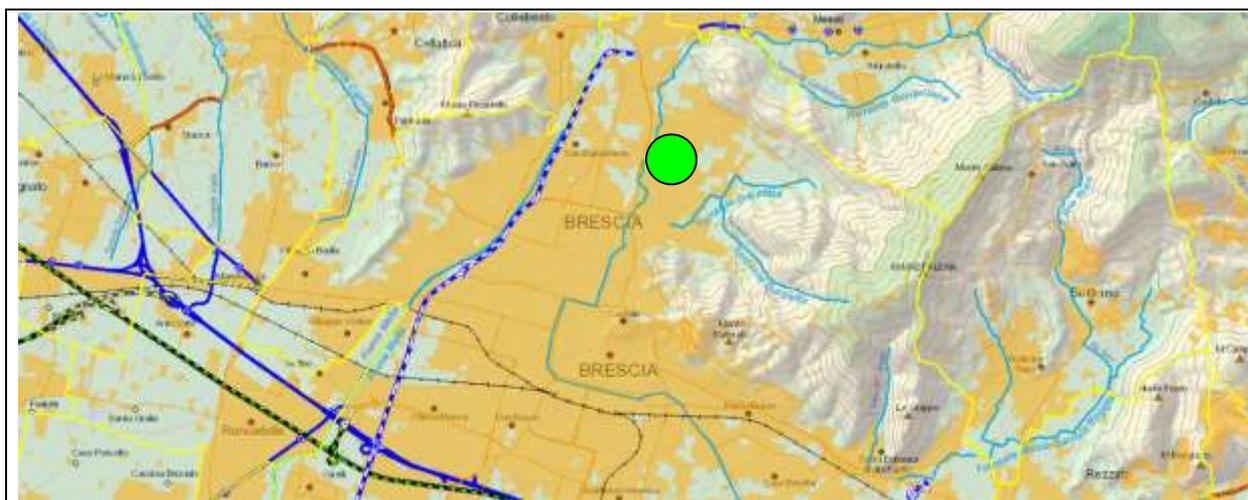


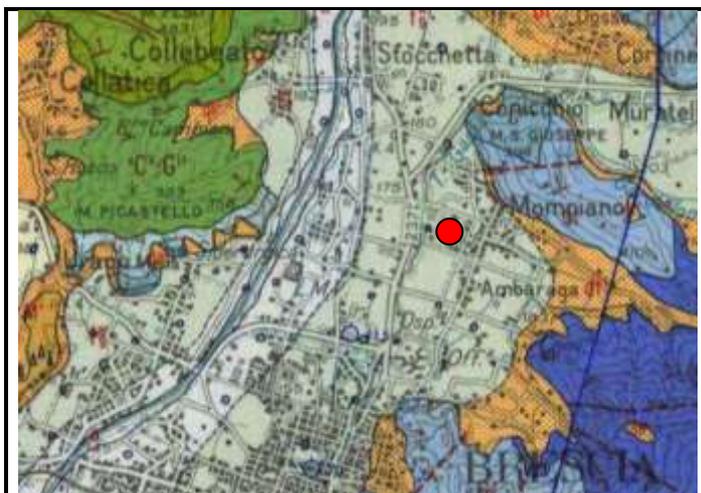
Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

La variante di destinazione urbanistica prevede la trasformazione dall'attuale destinazione funzionale "Servizi religiosi" in "Residenza" mantenendo inalterate le superfici già definite per l'attuale destinazione. L'intervento prevede la realizzazione di un edificio a pianta rettangolare con asse maggiore disposto est-ovest. Le testate est ed ovest, a partire dal piano primo, manterranno un distacco dai fabbricati esistenti di almeno m 10. Al piano terra troverà collocazione una struttura ricettiva (ristorante, tavola calda, bar, caffetteria e pasticceria) mentre ai tre piani superiori (primo, secondo e terzo) verranno realizzate le unità destinate alla residenza (da sei ad otto alloggi in funzione delle dimensioni che verranno concordate con il Committente) dotate di logge e balconi di diverse dimensioni. Al piano interrato verranno mantenute le autorimesse esistenti (circa 20 posti auto coperti di esclusiva pertinenza delle unità costituenti il nuovo edificio) raggiungibili dall'esterno attraverso una rampa già esistente posta in lato est e dal nuovo blocco scala e ascensore del nuovo edificio. Le strutture in progetto insisteranno sul Foglio 32, Mappale 26 dell'NCT del Comune di Brescia.

|   |  |             |      |         |
|---|--|-------------|------|---------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.    |
|   | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 5 di 39 |
|   | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |         |

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'assetto geologico dell'area è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato a colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. Nel dettaglio i depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvioglaciale e fluviale riferibili come età al Wurm ( $f_g^w$  – cfr. Figura 2 e Figura 3). La geologia profonda (sedimenti pre-quaternari), le cui strutture non condizionano le forme superficiali, è caratterizzata da un'ampia monoclinale che immerge verso Sud, con pendenza decrescente all'aumentare della profondità. La diminuzione della pendenza della monoclinale è localmente favorita dall'intersezione di sedimenti pliocenici, che risultano aver smussato le irregolarità dovute all'antecedente tettonica alpina. La genesi morfologica di queste superfici è legata alla dinamica fluvioglaciale e fluviale a canali intrecciati (braided) caratterizzata da condizioni di medio-alta energia, con portate variabili, forte alimentazione e prevalente trasporto di fondo. Al mutare delle condizioni climatiche sono venute meno anche le dinamiche geomorfologiche sopradescritte, soppiantate dal rimodellamento legato alle acque incanalate dei corsi d'acqua principali, quali il Mella e il Garza.



**Legenda:**

- a<sup>1</sup> Alluvioni Fluviali antiche
- f<sub>g</sub><sup>w</sup> Alluvioni Fluvio-glaciali Wurm
- dt Falda di detritito

Figura 2 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

|   |                     |             |      |         |
|---|---------------------|-------------|------|---------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.    |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 6 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |         |



Figura 3 – Stralcio della Carta geologica (da PGT)

Dal punto di vista litologico, in superficie, dominano i depositi ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi poco gradati, a granulometria medio grossolane e con ciottoli eterometrici, spesso associati a frazioni fini limose e argillose presenti in percentuali variabili soprattutto in superficie (Figura 4).



Figura 4 – Stralcio della Carta litologica della Regione Lombardia (blu = ghiaie e sabbie)

La morfologia attuale del sito in esame risulta sub pianeggiante. La quota indicativa è di circa 171.00 m.s.m. con cadenza topografica in direzione SSW (Figura 5). Con riferimento al volume geologico significativo si può affermare che il sito appartiene alla conoide del fiume

Mella, struttura che si sviluppa con la classica forma a ventaglio allo sbocco di una valle e profilo trasversale convesso. La conoide è oggi inattiva in seguito alle mutate condizioni climatiche e all'importante opera di regimazione e contenimento del suo canale principale (Fiume Mella) svolta negli anni dall'attività antropica. L'idrografia principale è rappresentata dal Fiume Mella stesso che scorre a circa 1800 m dall'area in esame in direzione W, dal Torrente Garza che scorre a circa 260 m in direzione W, e dai canali appartenenti al reticolo idrico minore che nelle aree urbanizzate si presentano parzialmente tombinati (Figura 6).

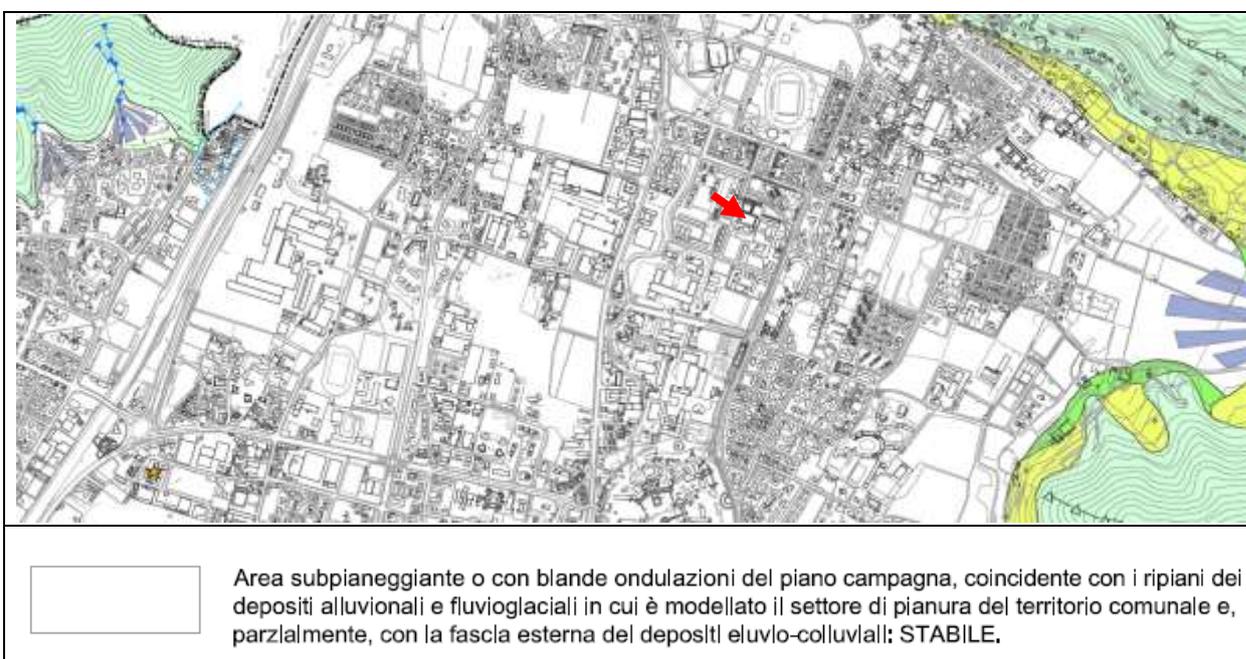


Figura 5 – Stralcio della carta geomorfologica (estratto da PGT)

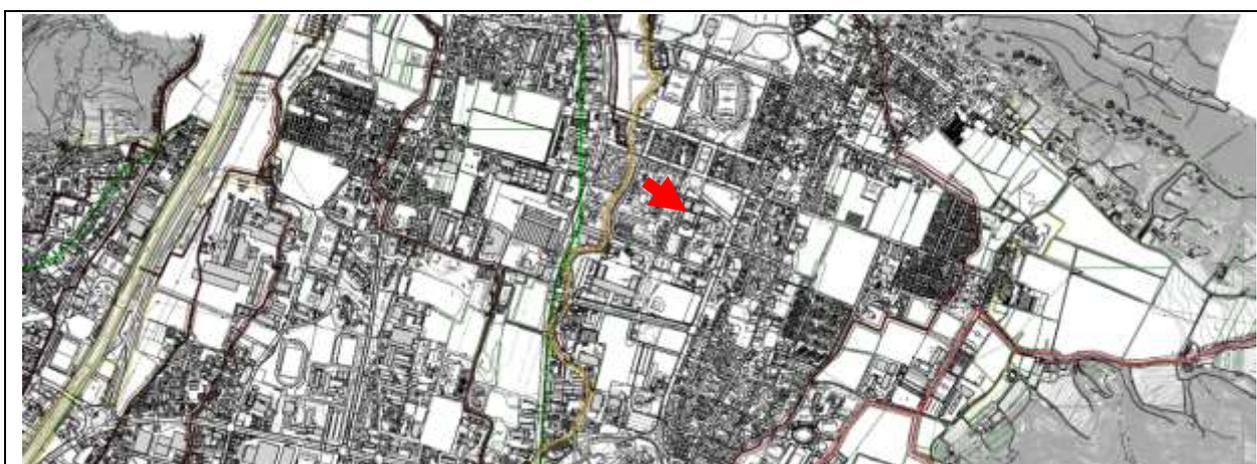


Figura 6 – Stralcio della carta idrologica da PGT

|  |  |             |      |         |
|--|--|-------------|------|---------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.    |
|  | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 8 di 39 |
|  | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |         |

Dal punto di vista idraulico è importante segnalare che l'area risulta esterna alle fasce fluviali delimitate dal Piano PAI e risulta esterna alle zone allagabili definite dal PGRA 2015 della Regione Lombardia (Figura 7). Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità e l'allagabilità del sito.



Figura 7 – Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – Revisione 2015

### 3.1. Litostratimetria dell'area

La litostratimetria dell'area in esame è stata desunta dalle stratigrafie dei pozzi per acqua perforati nelle vicinanze rinominati 017029P12 e 017029P13 e dalle evidenze del sondaggio a carotaggio continuo condotto in un sito posto nelle immediate vicinanze e nel medesimo contesto geolitologico, rinominato D564696800. Sulla base dei dati acquisiti l'assetto stratigrafico si configura così come rappresentato in Figura 8, conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluvioglaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con buone variazioni d'alveo e ottima competenza. Nel dettaglio le prove risultano tutte confrontabili evidenziando una buona omogeneità dei depositi presenti. Al di sotto di un primo livello di copertura, costituito da suolo pedogenizzato, laddove non urbanizzato o da pavimento e massicciata, avente spessori ridotti compresi tra 0.40 e 0.60 m, è presente un primo livello costituito da materiale fine prevalentemente argilloso limoso continuo sino a profondità di circa 2.50 m da p.c.. Seguono depositi grossolani costituiti da ghiaie prima con matrice limoso argillosa e

|   |                     |             |      |         |
|---|---------------------|-------------|------|---------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.    |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 9 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |         |

quindi ghiaie e sabbie dominanti continue per almeno 10 m. Le stratigrafie utilizzate per ricostruire la litostratimetria del sito sono riportate in Figura 9.

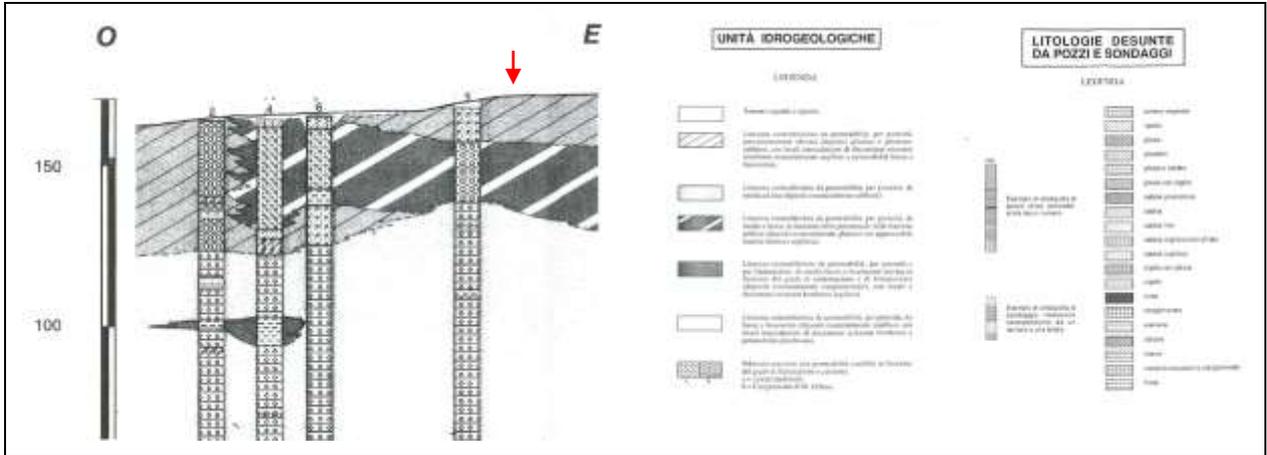


Figura 8 – Stralcio della Sezione stratigrafica BB (da PGT)



Figura 9 – Stratigrafie utilizzate (da geoportale RL)

Dai dati bibliografici reperiti presso la Carta idrogeologica a corredo del PGT comunale, il sito in esame si colloca circa in corrispondenza dell'isopieza 126, ad indicare una soggiacenza di circa 45.00 m della falda freatica (Figura 10). Considerata l'esiguità delle misure e la mancanza di una serie storica di dati non è possibile fornire un valore attendibile dell'oscillazione della falda freatica.

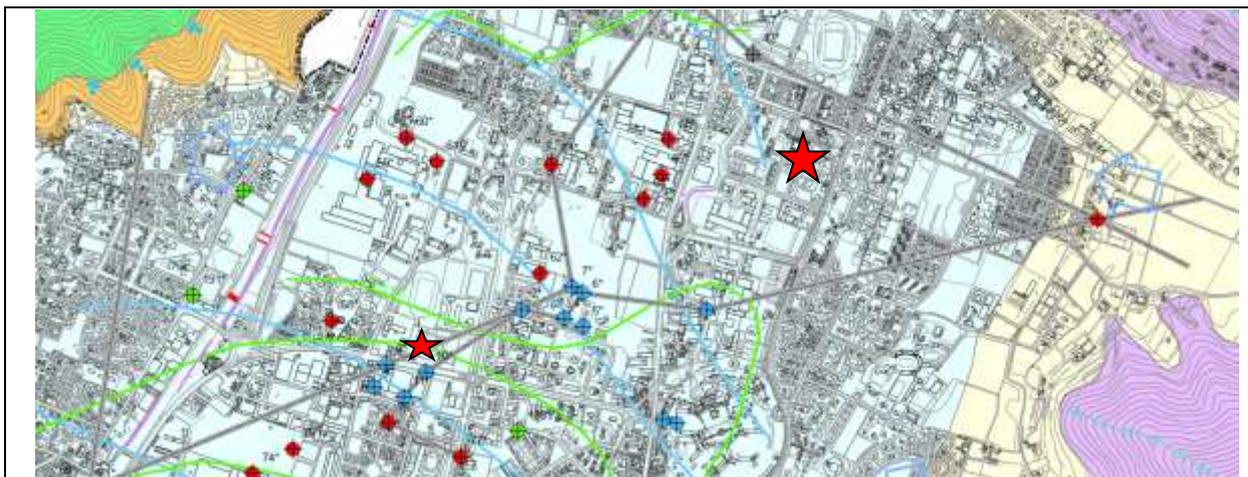


Figura 10 – Stralcio della Carta idrogeologica (da PGT)

### 3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale

Le informazioni stratigrafiche rilevate in campo e gli studi eseguiti nell'area e nel suo contorno, permettono di definire con sufficiente precisione le caratteristiche idrogeologiche sia generali che locali. I primi 4.00 m che caratterizzano il territorio indagato sono caratterizzati prevalentemente da depositi a permeabilità bassa, in funzione della abbondante presenza di termini fini. In considerazione della finalità dell'indagine è stato valutato il rischio di inquinamento delle acque sotterranee. Nell'area di interesse la falda è di tipo freatico pur possedendo una soggiacenza notevole, pertanto si ritiene di attribuire un grado di vulnerabilità media, valutato secondo la metodologia proposta dal GNDCI-CNR, così come rappresentato in Figura 11.

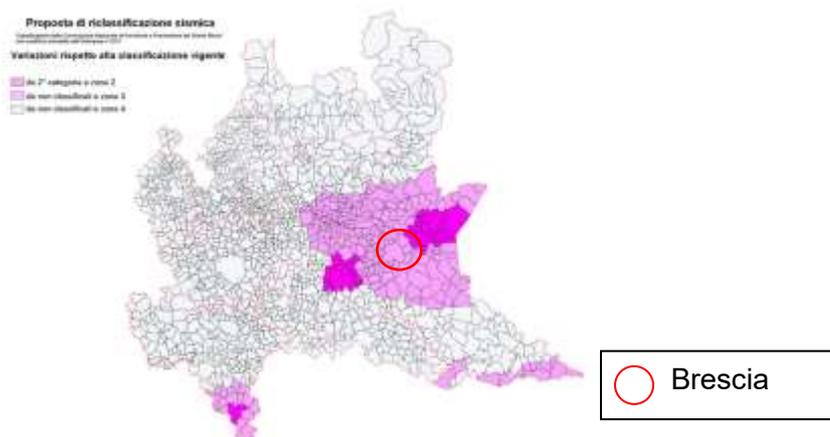
|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 11 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

| Grado di vulnerabilità | Litologia di superficie                  | Profondità del tetto delle ghiaie    | Caratteristiche dell'acquifero                       |
|------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Basso                  | Argilla<br>Limo                          | > 10 m<br>> 10 m                     | confinata/libera<br>confinata                        |
| Medio                  | Argilla<br>Limo<br>Limo<br>Sabbia/ghiaia | < 10 m<br>< 10 m<br>> 10 m<br>> 10 m | confinata/libera<br>confinata<br>libera<br>confinata |
| Alto                   | Limo<br>Sabbia<br>Sabbia<br>Ghiaia       | < 10 m<br>> 10 m<br>< 10 m<br>< 10 m | libera<br>libera<br>confinata<br>confinata           |
| Elevato                | Sabbia<br>Ghiaia                         | < 10 m<br>>10m – <10m                | libera<br>libera                                     |
| Estremamente Elevato   | Ghiaia                                   | 0 m                                  | alveo  |

Figura 11 – Griglia di valutazione del grado di vulnerabilità (GNDCI-CNR)

## 4. SISMICA

La verifica del rischio sismico si è resa altresì necessaria in merito alla recente adozione, con Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 105 del 08 maggio 2003, dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, così come modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316. Secondo tale ordinanza, in prima applicazione, ovvero sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale" elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997.



**Figura 12 - Proposta di riclassificazione sismica 2003**

L'entrata in vigore di tale ordinanza è stata più volte prorogata sino al 23 ottobre 2005, quando con l'entrata in vigore delle "Norme tecniche per le costruzioni" il grado di sismicità è stato riconfermato, così come modificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316 e n° 3431. La classificazione proposta ordina il territorio comunale di Brescia (codice ISTAT 03017029) come ricadente nella zona 3 (cfr. Figura 12) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,05 e 0,15  $a_g/g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. **La recente riclassificazione della Regione Lombardia (Delibera Giunta Regionale**

|   |  |             |      |          |
|---|--|-------------|------|----------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 13 di 39 |
|   | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |          |

11 luglio 2014 n. X/2129) in vigore dal 11.10.2014 e quindi prorogata al 11.10.2015 propone che il comune di Brescia venga classificato come di classe 2, quindi con un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,15  $a_g/g$  e 0,25  $a_g/g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Figura 13). In riferimento alla pericolosità sismica locale (studio di I livello da PGT), l'area ricade nella classe Z4a, ovvero *Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi* e quindi classe di pericolosità sismica H2 conseguente a possibili amplificazioni sismiche dovute alla litologia (Figura 14). Dagli approfondimenti eseguiti si escludono amplificazioni morfologiche, pertanto si assegna la classe topografica T1. Di seguito è riportata l'analisi sismica di dettaglio effettuata in sito la cui ubicazione è riportata in Allegato 1 e l'analisi sismica di II livello effettuata sulla base dei dati sito specifici ottenuti dall'indagine sismica di dettaglio.

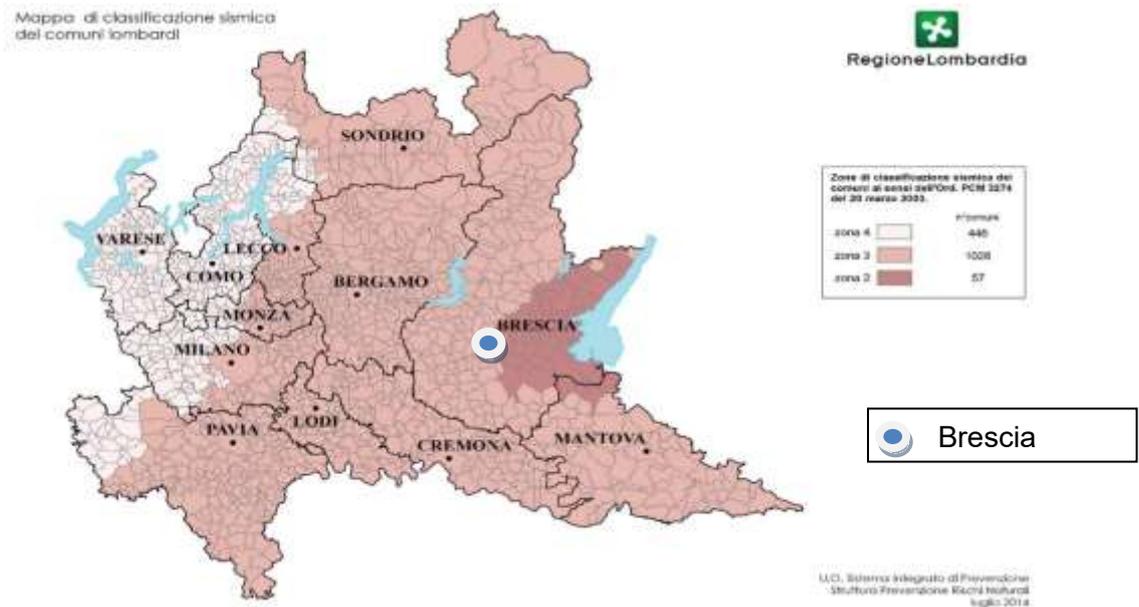


Figura 13 - Riclassificazione sismica 2014

|   |  |             |      |          |
|---|--|-------------|------|----------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 14 di 39 |
|   | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |          |



Figura 14 - Carta PSL - Il livello da PGT

## 4.1. Indagine sismica

### 4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 15 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui. La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un tromografo digitale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza). Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e liquefazione);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro  $V_{seq}$ ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

#### 4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera.

|   |  |             |      |          |
|---|--|-------------|------|----------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 16 di 39 |
|   | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |          |

Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica). Lermo e Chavez-Garcia (1993), basandosi sul lavoro di Nakamura (1989), suggeriscono che lo spettro H/V possa essere visto, a tutti gli effetti, come rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie. Secondo questi Autori quindi le ampiezze dei picchi stratigrafici nello spettro H/V possono essere interpretate direttamente come fattori di amplificazione del moto sismico, almeno per quanto riguarda la componente stratigrafica.

#### 4.1.3. Profilo velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo da NTC

Il D.M. 14.01.2008 (riconfermato dal D.M. 17.01.2018) propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, un metodo semplificato basato sulla stima del parametro  $V_{seq}$ . Per  $V_{seq}$  s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati di copertura fino alla H in cui giace il bedrock, caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s, calcolata secondo la relazione:

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

dove H viene posto uguale a 30 metri nel caso in cui il bedrock si trovi a una profondità superiore. Sulla base del valore calcolato di  $V_{seq}$  vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 17 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

| CATEGORIE DI SOTTOSUOLO |   |              |                          |
|-------------------------|---|--------------|--------------------------|
| Categoria sottosuolo    | Descrizione   | Spessore (m) | Vs (m/s)                 |
| <b>A</b>                | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.   | Qualsiasi    | $\geq 800$               |
| <b>B</b>                | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).    | > 30 m       | $\geq 360$<br>$\leq 800$ |
| <b>C</b>                | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). | > 30 m       | $\geq 180$<br>$\leq 360$ |
| <b>D</b>                | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).                   | > 30 m       | < 180                    |
| <b>E</b>                | Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 30 m, giacenti su un substrato di riferimento ( $V_{s30} > 800$ m/s).  | Fino a 30 m  | $\approx$ C e D          |

Una valutazione del parametro  $V_{seq}$  può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il tromografo digitale. In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso (Vs):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4h}$$

dove  $h$  è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche profonde. Poiché le inversioni di velocità, cioè il passaggio andando in profondità da livelli veloci a livelli meno veloci, non da origine a picchi nello spettro H/V, queste non possono essere rilevate direttamente. Un indizio della presenza di inversioni di velocità può essere fornito però, indirettamente, dall'andamento dello spettro H/V: ampi intervalli di frequenza in cui costantemente il rapporto H/V si mantiene minore di uno sono spesso associabili a variazioni negative delle velocità con la profondità. Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio,

|   |  |             |      |          |
|---|--|-------------|------|----------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 18 di 39 |
|   | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |          |

ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi.

#### 4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera

Per vulnerabilità sismica s'intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma. E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di edificazione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende a aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura. In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera. Nel caso di edifici in fase di progettazione o di realizzazione la frequenza di risonanza fondamentale dell'opera può essere valutata con formule semplificate, quale quella indicata nel D.M. 14.01.2008:

$$f_s = \frac{1}{C_1 Z^{\frac{3}{4}}}$$

in cui  $C_1$  è un fattore che dipende dalla tipologia costruttiva.

| Tipologia   | $C_1$ |
|---|-------|
| Costruzioni con struttura a telaio in acciaio             | 0,085 |
| Costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato | 0,075 |
| Costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura         | 0,050 |

La relazione è valida per edifici con Z non superiore ai 40 metri e massa distribuita, approssimativamente, in maniera uniforme lungo l'altezza. Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il tromografo digitale. In questo caso è necessario misurare il rapporto  $H_i/H_0$ , dove  $H_0$  è lo spettro della componente orizzontale, lungo X o Y, riferita al piano terra e  $H_i$  la stessa componente misurata al piano i-esimo. Nella pratica spesso si eseguono solo due misure, ubicate lungo la stessa verticale, una al piano terra e una all'ultimo piano dell'edificio. Il picco

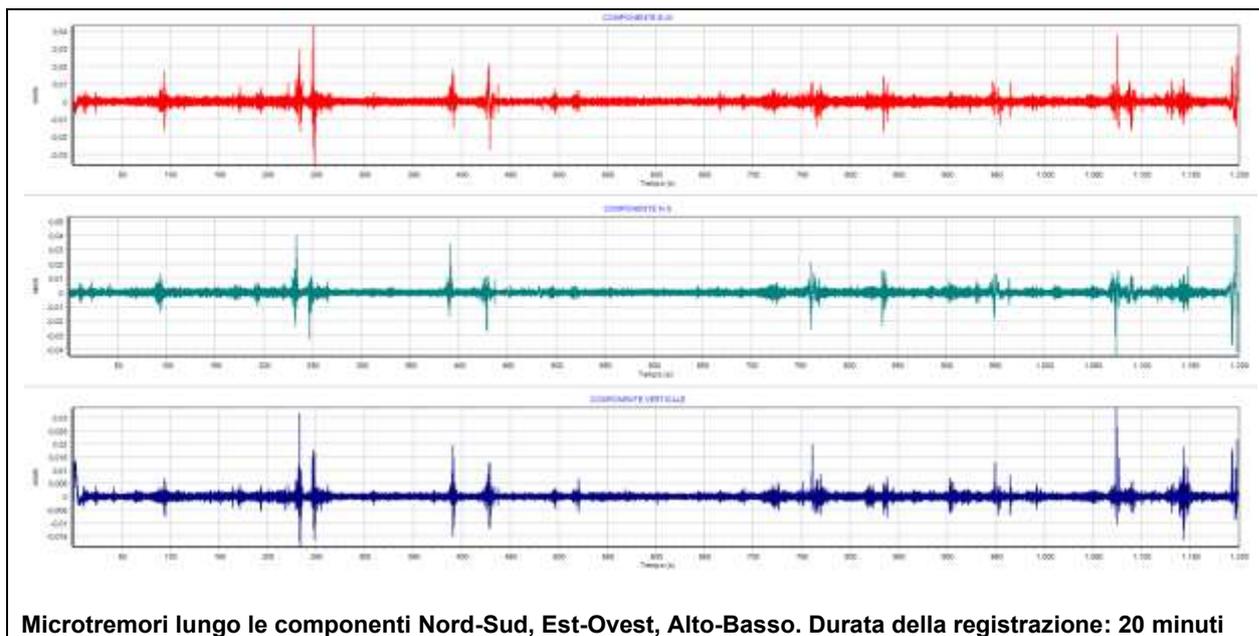
positivo massimo dello spettro  $H/H_0$  indica direttamente la frequenza di risonanza fondamentale della struttura.

#### 4.1.5. Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito in Figura 15 gli spettri H/V e V registrati nel sito di misura. Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.



|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 20 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |



Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 20 minuti

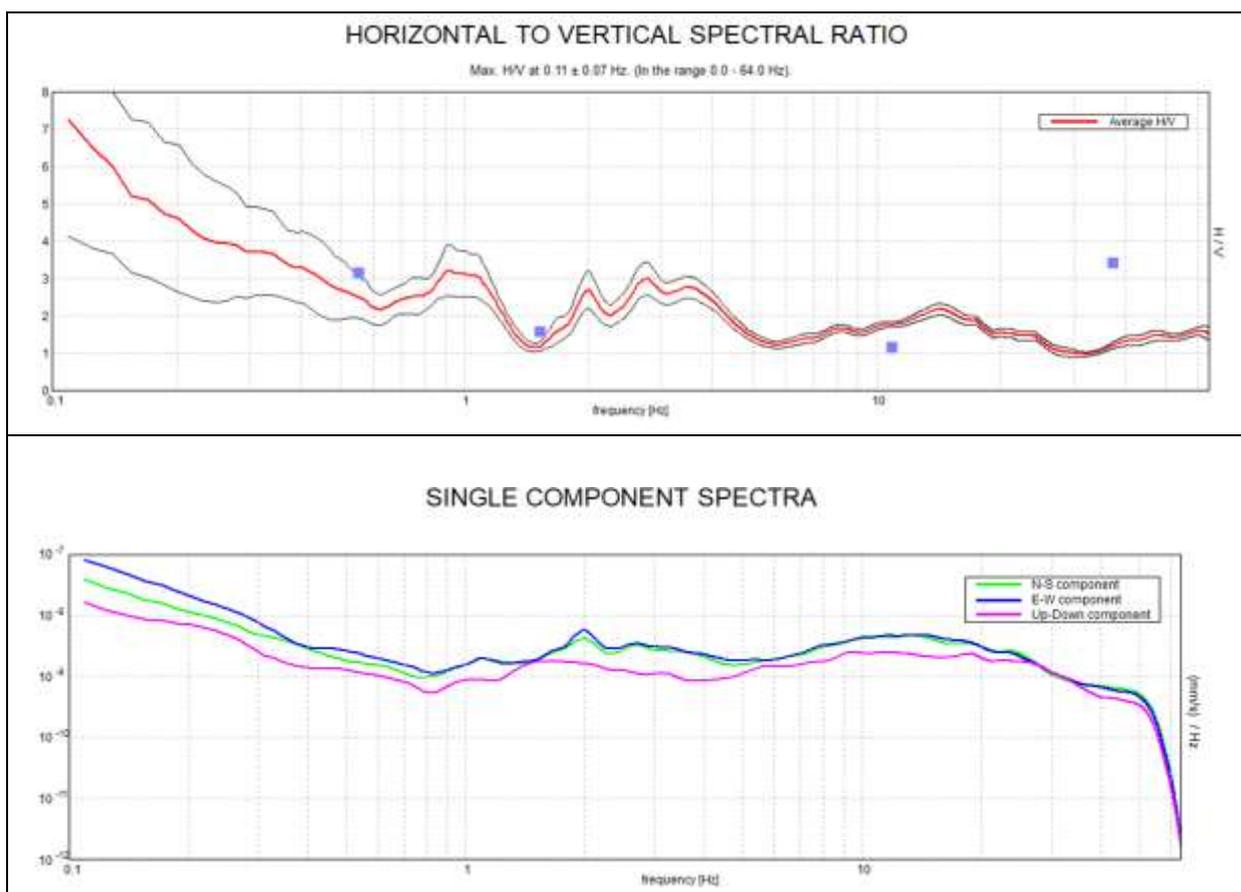
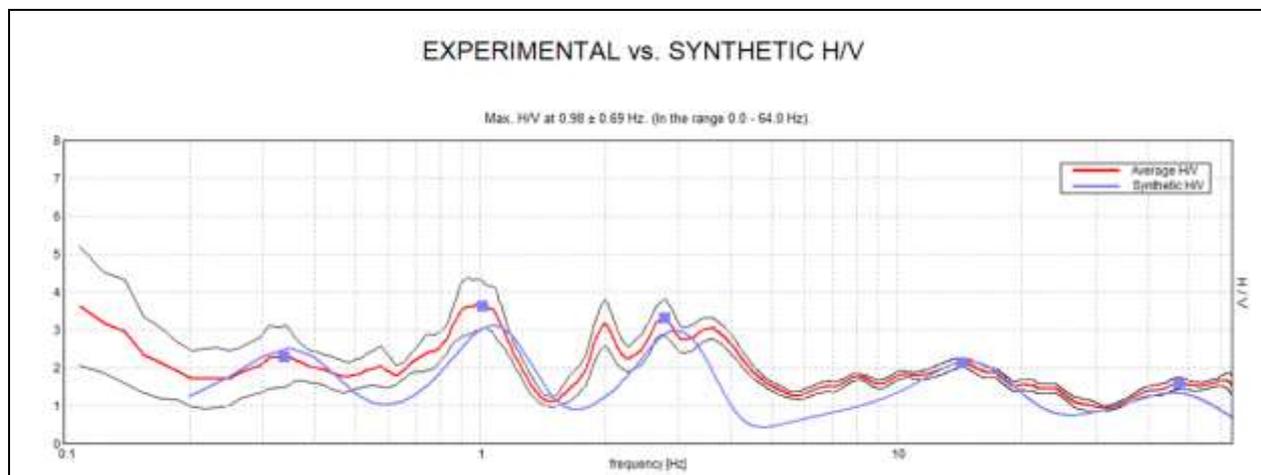


Figura 15 – Andamento degli spettri H/V e V

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati (Figura 16)



**Figura 16 - Frequenza caratteristica**

L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità.

| Profondità da (m) a (m) |        | $\Delta z$ (m) | Vs (m/s) | Inversioni di velocità |
|-------------------------|--------|----------------|----------|------------------------|
| 0.00                    | 0.50   | 0.50           | 95       | -                      |
| 0.50                    | 2.90   | 2.40           | 172      | -                      |
| 2.90                    | 24.90  | 22.00          | 273      | -                      |
| 24.90                   | 144.90 | 120.00         | 571      | -                      |

Il valore di Vseq calcolato da piano campagna è 276 m/s, che pone il sito nella classe di sottosuolo C secondo il D.M. 17.01.2018. Da piano fondazione la classe è la medesima. La frequenza fondamentale del sito è stata misurata direttamente durante l'indagine geofisica ed è risultata pari a 0.98 Hz.

## 4.2. Analisi di Il livello

Adottando il criterio previsto dalla Normativa regionale, sulla base dell'andamento del profilo della velocità delle onde S ricavato con l'indagine geofisica, si è selezionata la scheda sabbiosa. Il periodo di oscillazione fondamentale della colonna lito-stratigrafica è stato misurato direttamente con l'indagine geofisica ( $T =$  inverso della frequenza fondamentale) ed è

risultato uguale a 1.02 s. Utilizzando questo dato si sono ricavati i seguenti valori di Fa (fattori di amplificazione spettrali – cfr. Figura 17):

Fa (nell'intervallo 0.1-0.5 s) =  $1.0 \pm 0.1 < 1.8$  (soglia comunale per cat. di sottosuolo C)

Fa (nell'intervallo 0.5-1.5 s) =  $1.7 \pm 0.1 < 2.4$  (soglia comunale per cat. di sottosuolo C)

Questi valori sono stati confrontati con quelli di soglia previsti dalla Normativa regionale, nel caso di sottosuolo di tipo C, per il Comune di Brescia (1.8 e 2.4 rispettivamente). In entrambe i casi il valore di Fa calcolato risulta inferiore a quello di soglia. Sarà pertanto possibile applicare lo spettro previsto per la categoria di sottosuolo identificata senza procedere con ulteriori approfondimenti (Analisi di III livello) o declassare il sito alla categoria di sottosuolo superiore.

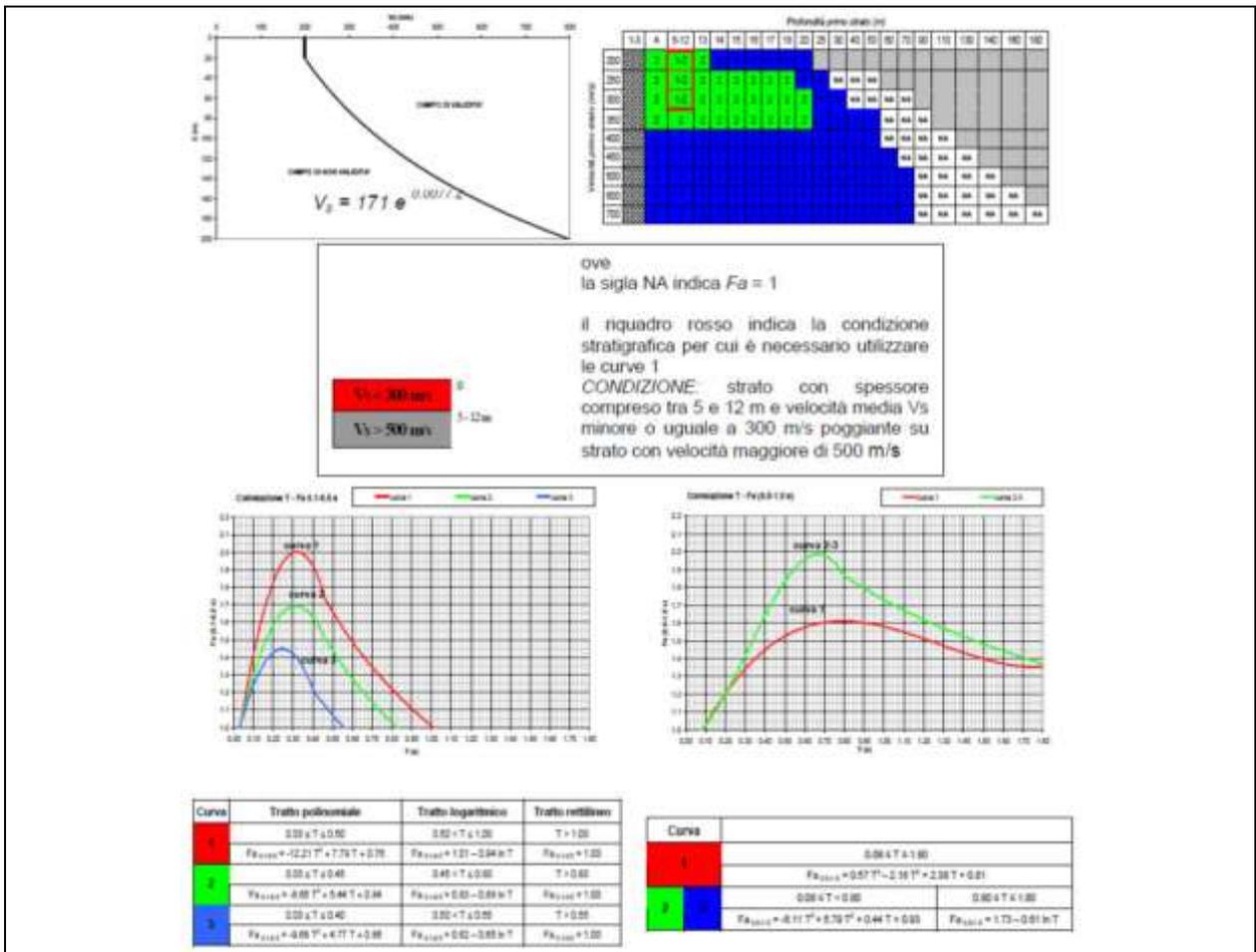


Figura 17 – Scheda di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione stratigrafici

L'attendibilità dei dati è stata espressa con la tabella proposta sempre in allegato 5 e la categoria assegnata è quella evidenziata in rosso direttamente sulla tabella di seguito riportata.

| Dati                     | Attendibilità | Tipologia   |
|--------------------------|---------------|---|
| Litologici               | Bassa         | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe                |
|                          | Alta          | Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito    |
| Stratigrafici (spessori) | Bassa         | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe                |
|                          | Media         | Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)       |
|                          | Alta          | Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)      |
| Geofisici (Vs)           | Bassa         | Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe                |
|                          | Media         | Da prove indirette e relazioni empiriche                  |
|                          | Alta          | Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale) |

Figura 18 – Tabella dell'attendibilità dei dati (cfr. Allegato 5)

### 4.3. Parametri sismici

L'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 ha introdotto un approccio alla classificazione sismica di tipo *sitodipendente*, ovvero i parametri significativi della zona devono essere calcolati in base a misure dirette ed elaborati secondo metodi semplificati che tengano conto delle possibili amplificazioni locali dovute alla stratigrafia e alla topografia. Questo approccio è stato confermato dal D.M. 17.01.2018. Di seguito sono riportati i valori delle accelerazioni corrispondenti ai diversi stati limite attesi calcolati per l'area in studio. La classe dell'edificio utilizzata è la II. I parametri utilizzati sono leggibili direttamente nello schema di Figura 19. Con riferimento alle nuove costruzioni si rimanda alle indicazioni ed ai criteri di calcolo previsti dalla nuova normativa.

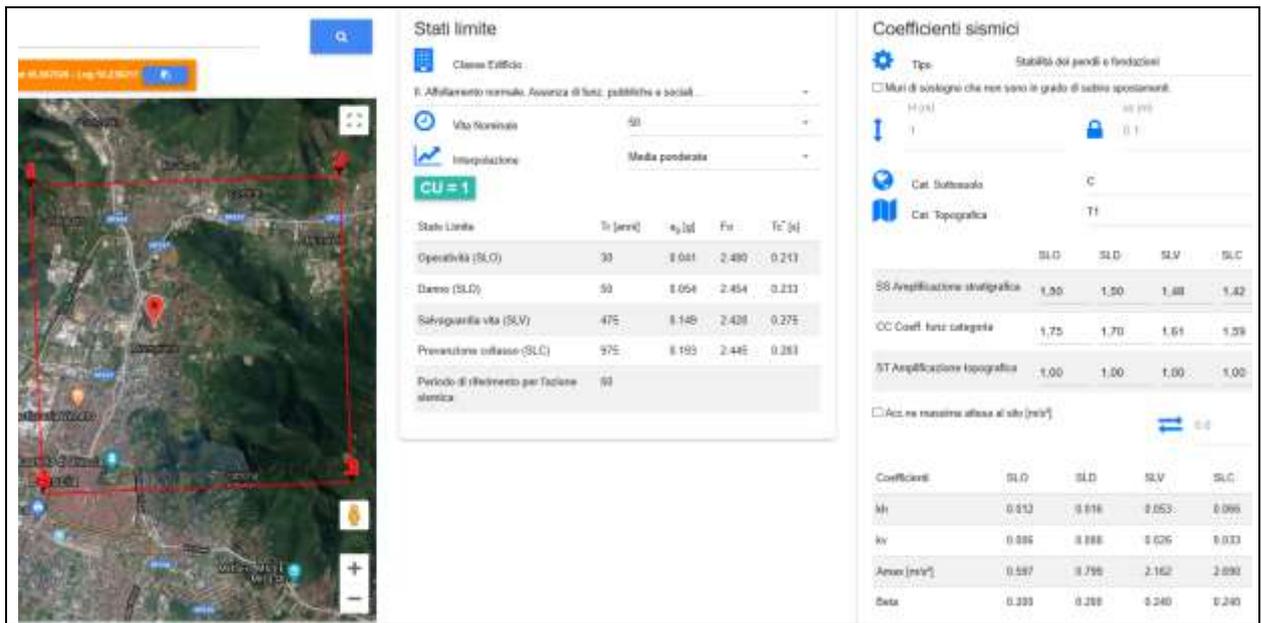


Figura 19 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

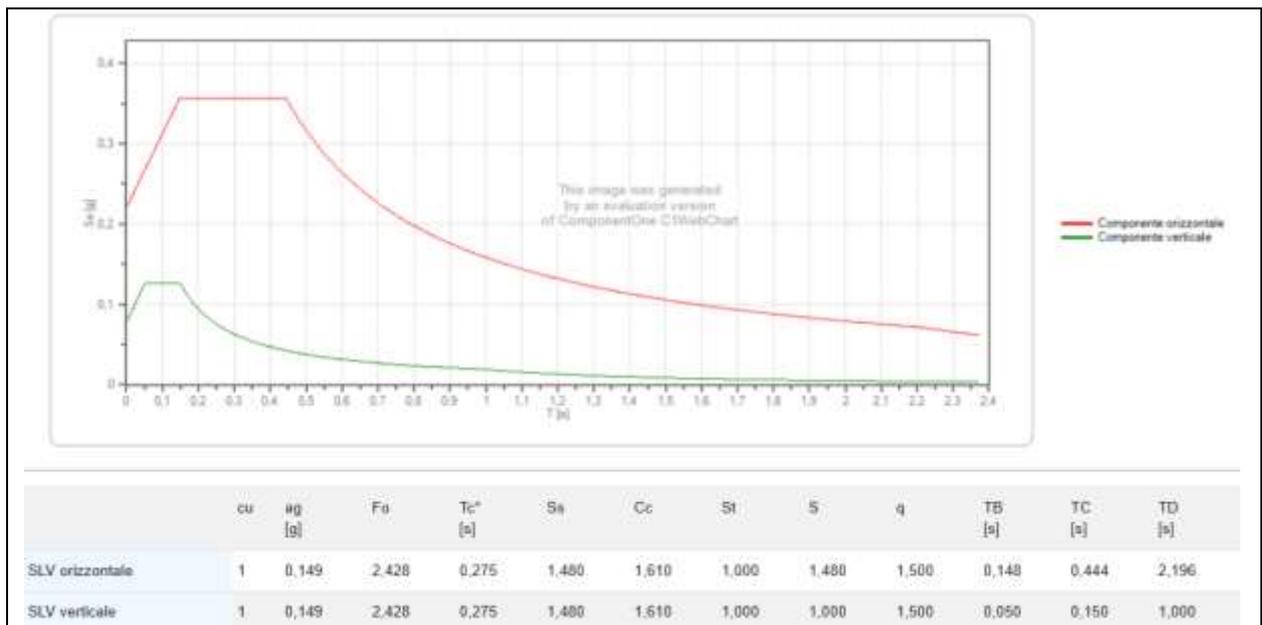
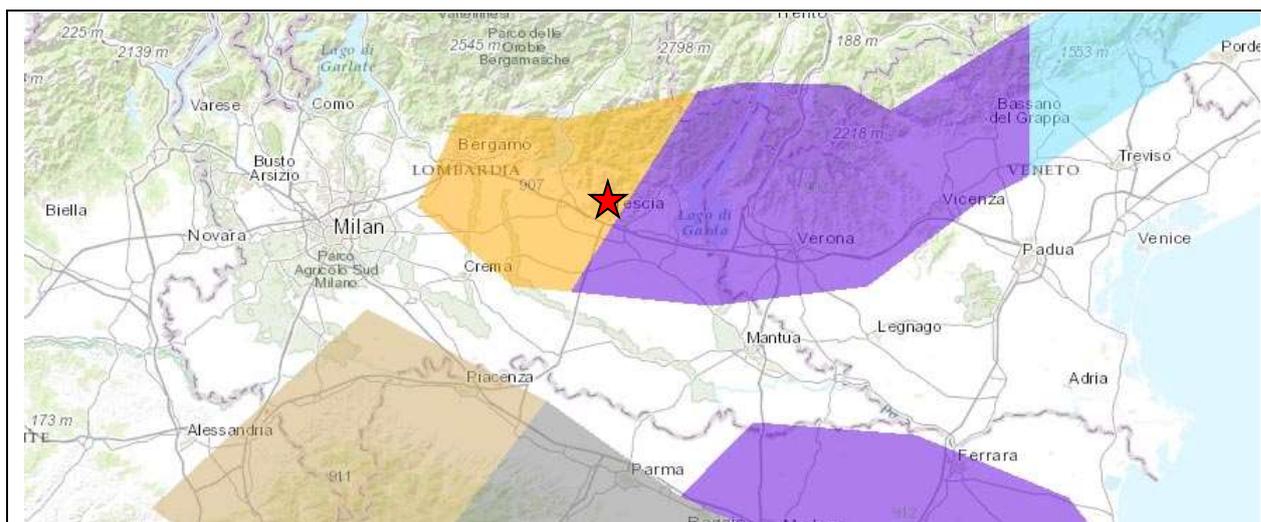


Figura 20 – Curve di progetto per lo stato limite SLV

#### 4.4. Stima della magnitudo di riferimento

Nel settore di appartenenza del comune di Brescia i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali. Il territorio comunale, in particolare, si pone nella parte settentrionale di un'area in sollevamento, con

zone stabili, o in abbassamento durante il Pliocene inferiore e in forte sollevamento durante il Pliocene medio-superiore e il Quaternario. La sismicità di questa zona è legata quindi alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Le sorgenti sismogenetiche dovrebbero trovarsi ad una profondità compresa tra 5 e 15 km, in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria. L'analisi della sismicità, intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti in una determinata area, costituisce il primo tassello per gli studi di valutazione della pericolosità sismica di base. Trattandosi di modelli probabilistici, infatti, le caratteristiche sismo-tettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica pregressa consentono la messa a punto di modelli previsionali dell'attività sismica attraverso una quantificazione dei livelli di accelerazione attesi.



**Figura 21 – Schema Zonizzazione Sismogenetica ZS9**

L'attività sismica storica nel Bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria e risulta correlata alla collocazione, delle aree di studio, tra zone sismogenetiche riferibili, da una parte al fronte alpino e dall'altra al fronte appenninico, sepolti al di sotto della coltre fluvioglaciale-alluvionale della Pianura Padana. Storicamente la zona risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici, che colpiscono le provincie di Brescia e Verona. Alcuni sismi recenti, con le massime intensità storiche, si sono risentiti, per la relativa vicinanza con l'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese-Parmense e dell'edificio appenninico sepolto al di sotto delle coltri

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 26 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

quaternarie dei depositi di pianura. L'area in esame secondo il modello sismotettonico riassunto nella zonazione sismogenetica ZS9 ricade all'interno della zona sorgente 907 (Figura 21). E' possibile effettuare il calcolo della magnitudo di riferimento con la metodologia della disaggregazione della pericolosità sismica che somma i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza dagli epicentri ricadenti nell'area di riferimento, allo scopo di ricavare l'evento sismico dominante. In questo modo si ottiene il terremoto di scenario, caratterizzato da un valore univoco della magnitudo, della distanza e del tempo di ritorno; ciò lo rende utilizzabile ai fini progettuali nelle verifiche agli stati limite. Il metodo si basa sulla mappa della pericolosità sismica messa a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) attraverso il proprio portale web.

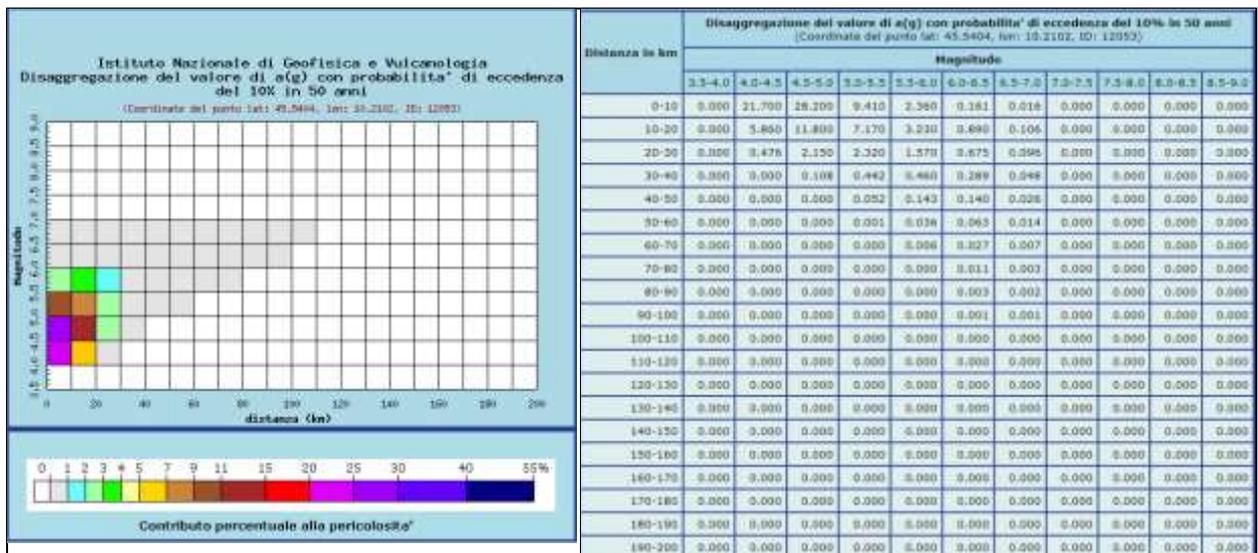


Figura 22 - Verifica Magnitudo

Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°. Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento è possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa **a(g)**. Per il comune di Brescia il valore medio di riferimento propone una magnitudo pari a 4.84 ad una distanza di 9.87 km. Il valore non è però riferito alla magnitudo momento

Mw, ma bensì alla magnitudo locale media. Per questo devono essere sommati i singoli contributi sino all'ottenimento di un valore superiore al 90%. Sommando i contributi da 0 a 40 km si raggiunge un valore superiore al 90% per magnitudo fino a 5.5.

#### 4.5. Verifica alla liquefazione

Durante un evento sismico vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Quindi, maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. I depositi sabbiosi sotto falda sono i terreni con più alto potenziale di liquefazione in particolare se sono di recente (in termini geologici) deposizione, e di granulometria fine o media come riportato nella Figura 23.

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 28 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

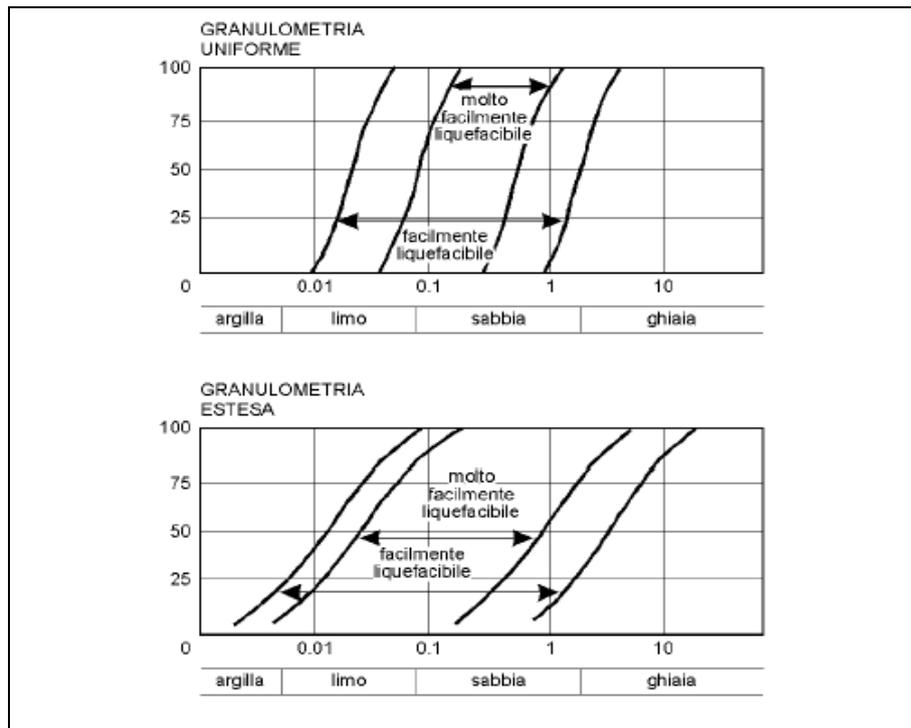


Figura 23 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8). La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagini geofisica. La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

$$CSR = \frac{1}{2} \sigma'_{vm} \tan \phi$$

dove:

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 29 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

|                |   |
|----------------|---|
| $a_{max}$      | = accelerazione sismica massima;                              |
| $g$            | = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s <sup>2</sup> ;        |
| $\square v_0$  | = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;      |
| $\square v_0'$ | = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;    |
| $r_d$          | = coefficiente funzione della profondità dal p.c.;            |
| MSF            | = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, |

La grandezza  $r_d$  può essere valutata attraverso alcune correlazioni empiriche note in letteratura. Nel caso in esame è stata utilizzata la seguente:

#### ANDRUS e STOKOE (2000)

$$CRR = 0,022 \cdot \left( \frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2.8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2.8}{V_{s1C}} \quad CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

Considerata la granulometria dei depositi e l'elevata soggiacenza della falda non si ravvisano le condizioni necessarie all'innescio dei fenomeni di liquefazione. In tutti gli strati si ritengono valide le condizioni di sicurezza sopra descritte.

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 30 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

## 5. VINCOLI

Nella carta dei vincoli sono state rappresentate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto idrogeologico e ambientale. Nell'area in studio e nell'immediato intorno non è presente alcun tipo di vincolo di natura geologica (Figura 24).

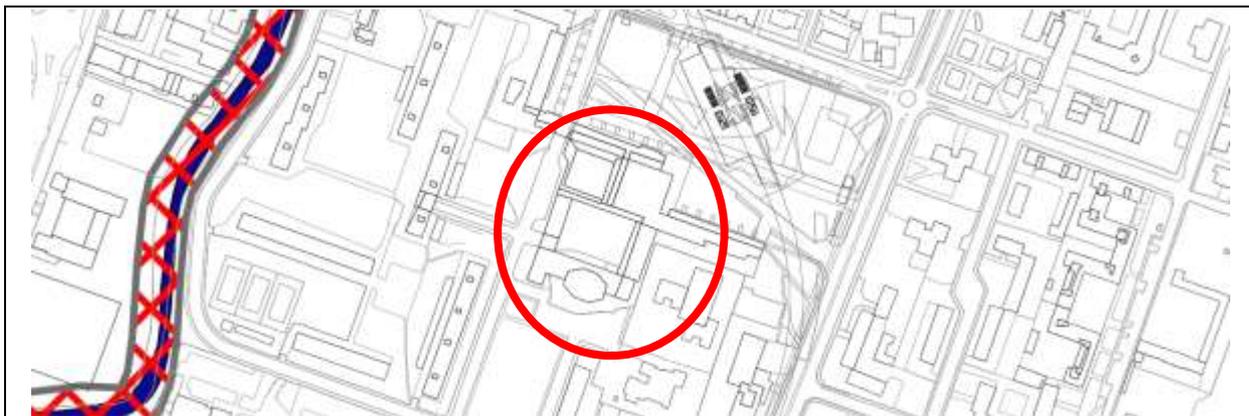


Figura 24 – Carta dei vincoli (da PGT)

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 31 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

## 6. SINTESI

La Carta di Sintesi costituisce il documento nel quale vengono riassunti tutti i fenomeni naturali ed antropici che costituiscono una limitazione geologica alle scelte urbanistiche. Nella carta di Figura 25 sono rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferite ai singoli fenomeni responsabili di tale pericolosità/vulnerabilità. Come già evidenziato in precedenza non sono presenti vincoli di alcun tipo.

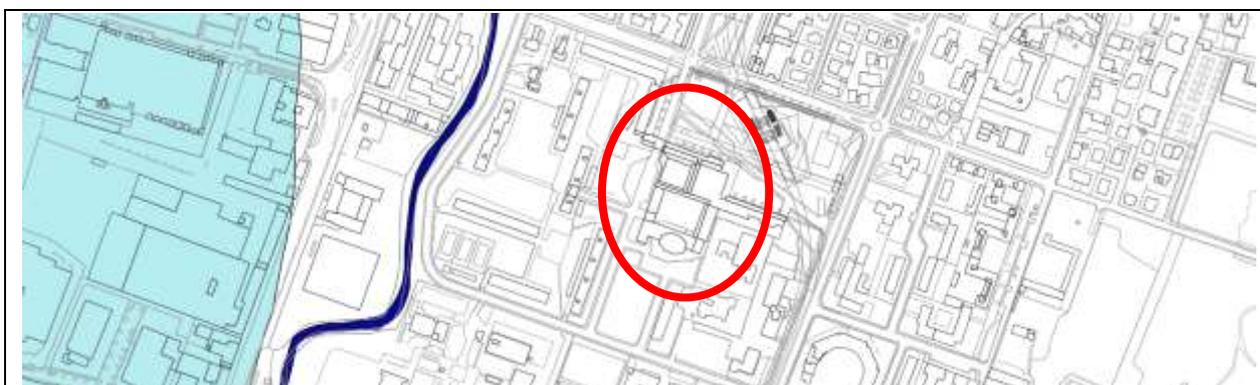


Figura 25 – Carta di sintesi (da PGT)

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 32 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

## 7. FATTIBILITÀ

L'area in studio è identificata nel PGT con la classe di fattibilità 2a ovvero fattibilità con modeste limitazioni a causa della presenza, localmente, di zone poste al margine dei rilievi dove negli strati superficiali del terreno si possono riscontrare orizzonti litologici con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti (Figura 26). Si riporta di seguito quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni in riferimento a tale classe:



Figura 26 – Stralcio della carta della fattibilità di PGT

**CLASSE 2A – Aree di pianura:** Area stabile, coincidente con zone di pianura e talora con la fascia marginale delle superfici di raccordo tra pianura e rilievi, caratterizzata da un substrato in genere contraddistinto da buone caratteristiche geotecniche. Localmente possono essere presenti zone poste al margine dei rilievi dove negli strati superficiali del terreno si possono riscontrare orizzonti litologici con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti o zone potenzialmente oggetto di ritombamento. L'area può comprendere porzioni caratterizzate da terreni rimaneggiati, localmente riportati, con potenziale compromissione antropica. All'interno delle aree così classificate gli interventi di viabilità, nuova edificazione, ricostruzione, ampliamento, scavi, devono essere supportati da indagini geologiche e

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 33 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

geotecniche che valutino la compatibilità dell'intervento stesso con le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito.

Considerate le evidenze rilevate in sito si riconferma la classe di fattibilità identificata all'interno del PGT comunale.

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 34 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

## 8. CONCLUSIONI

L'indagine effettuata e i rilievi eseguiti consentono di trarre le seguenti conclusioni:

1. L'area in studio ricade nel comune di Brescia, classificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003 n.3274 come di classe 3. La riclassificazione Regionale ha innalzato la classe di appartenenza alla 2.
2. Secondo i disposti dell'Ordinanza Presidente del Consiglio n.3274/2003 i terreni di fondazione sono classificabili come di tipo C. L'analisi di II livello ha verificato l'adeguatezza dei fattori di amplificazione Fa regionali. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1.
3. L'area in variante è costituita da terreni caratterizzati da depositi fluvioglaciali e fluviali a litologia prevalentemente argillosa e limosa in superficie, passante a ghiaiosa e ghiaioso sabbiosa in profondità.
4. L'assetto geomorfologico dell'area è sostanzialmente sub pianeggiante. Non sono stati rilevati fenomeni geomorfologici in atto o in evoluzione. Il sito non è soggetto ad allagamenti e/o esondazioni.
5. Dai dati bibliografici la superficie freatica possiede una soggiacenza di circa 45.00 m.
6. I terreni di fondazione non saranno soggetti a fenomeni di liquefazione in caso di sisma.
7. Nell'area di variante la classe di fattibilità espressa nella componente geologica a corredo del Piano di Governo del Territorio del comune di Brescia è riconfermata.

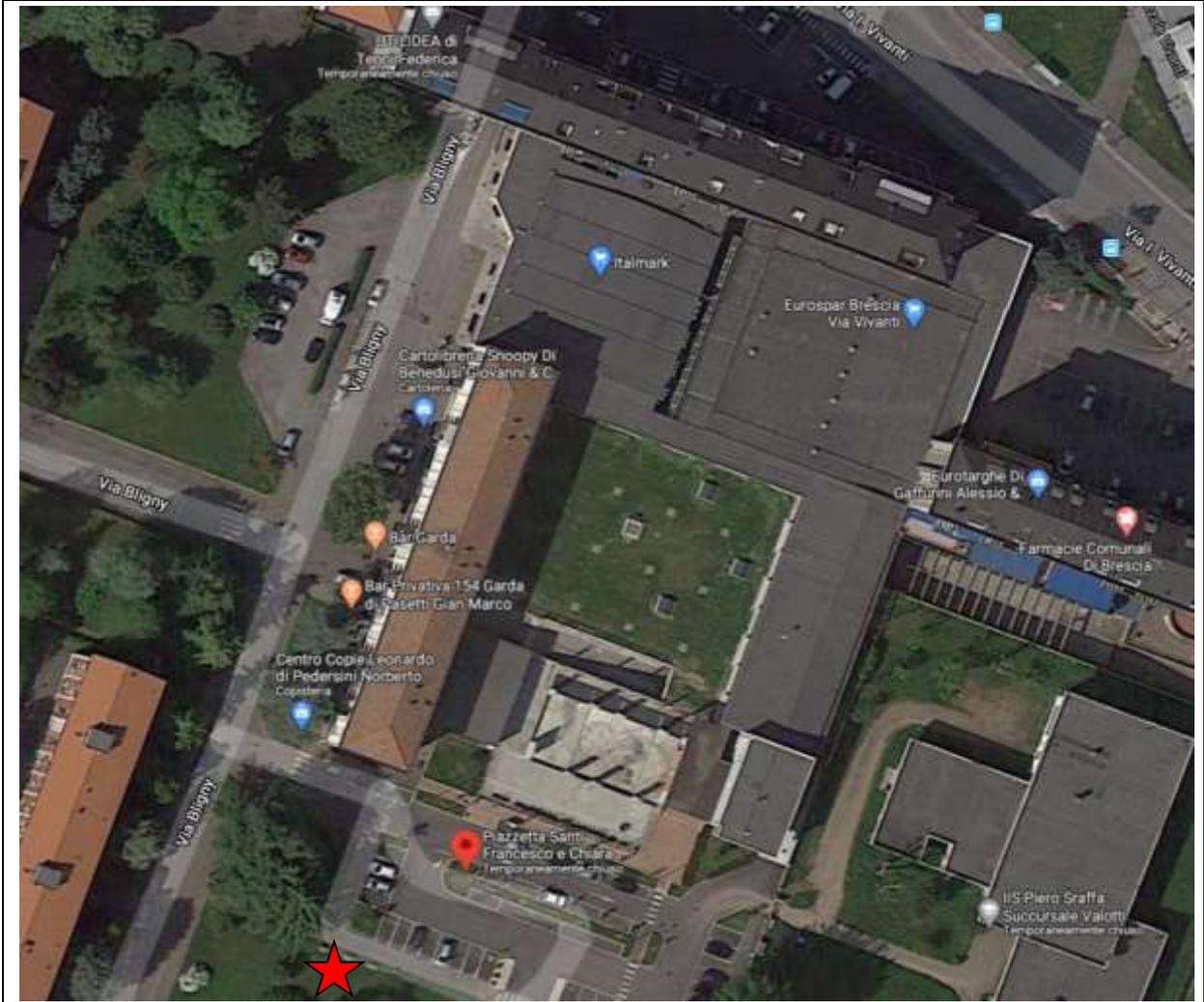
Per quanto esposto ed illustrato si dichiara la fattibilità dell'intervento, sotto il profilo geologico, idrogeologico, sismico e geotecnico.

Seniga 01.07.2020

**Dr. Geol. Corrado Aletti**  
(documento firmato digitalmente)

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 35 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

# ALLEGATO 1 – Ubicazione indagini



★ - HVSR

|   |  |             |      |          |
|---|--|-------------|------|----------|
|  | Elaborato  | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica                                      | Luglio 2020 | 0    | 36 di 39 |
|   | A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900 |             |      |          |

## ALLEGATO 6 – EX ALLEGATO 15

### DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'

(Art. 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)

Il sottoscritto ALETTI CORRADO

nato a MANERBIO (BS) il 26.08.1969

residente a SENIGA (BS)

in via PONTICELLA n. 20

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA n. 900

**incaricato dall'Arch. Pellegrinelli Luca per conto della Parrocchia SS. Francesco e Chiara**

• di aggiornare la componente geologica del Piano di Governo del Territorio realizzata nell'anno..... da ..... e successivamente aggiornata nell'anno ..... da ..... relativamente ai seguenti aspetti:



• di redigere uno studio geologico parziale a supporto di variante urbanistica (SUAP);

• di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi degli allegati 2 e 3 dei citati criteri;

• di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi dell'allegato 4 dei citati criteri;

**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, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera ( art. 75 D.P.R. 445/2000);**

#### DICHIARA



• di aver redatto lo studio/gli studi di cui sopra conformemente ai vigenti "Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", affrontando tutte le tematiche e compilando tutti gli elaborati cartografici previsti;



• di aver consultato ed utilizzato come riferimento i dati e gli studi presenti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale e presso gli archivi cartacei delle Strutture Regionali;



• di aver assegnato le classi di fattibilità geologica conformemente a quanto indicato nella Tabella 1 dei citati criteri;

#### DICHIARA INOLTRE

• che lo studio redatto propone aggiornamenti • parziali / • globali al quadro del dissesto contenuto nell'Elaborato 2 del PAI • vigente / • derivante da una precedente proposta di aggiornamento;

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 37 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

- che lo studio redatto propone la ripermimetrazione dell'area a rischio idrogeologico molto elevato identificata con il n..... nell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2 del PAI;
- che lo studio redatto propone modifiche/aggiornamenti alle aree allagabili contenute nelle mappe di pericolosità del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA);
- che lo studio contiene il tracciamento alla scala locale delle Fasce fluviali vigenti nel PAI;
- ✘ che non si è resa necessaria la redazione della Carta PAI-PGRA in quanto lo studio non propone aggiornamenti alla cartografia del PAI e del PGRA oppure non esistono sul territorio comunale aree in dissesto idrogeologico/idraulico;
- ✘ che lo studio redatto non propone aggiornamenti • globali / • parziali al mosaico della fattibilità geologica;

#### ASSEVERA

- la congruità tra i contenuti della variante e i contenuti (classificazioni e norme) della componente geologica del Piano di Governo del Territorio;
- ✘ la congruità tra i contenuti della variante e i contenuti (classificazioni e norme) derivanti dal PGRA, dalla variante normativa al PAI e dalle disposizioni regionali conseguenti.

**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.**

Seniga 01.07.2020

  
Il Dichiarante

Ai sensi dell'art. 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'art. 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica. La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (art. 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'art. 37 D.P.R. 445/2000.

|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 38 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |

Cognome..... ALETTI  
 Nome..... CORRADO  
 nato il..... 26.08.1969  
 (atto n..... P. 328 S. I. A.....)  
 a..... MANERBIO (BS)  
 Cittadinanza..... ITALIANA  
 Residenza..... SENIGA (BS)  
 Via..... VIA PONTICELLA, 20  
 Stato civile.....  
 Professione..... GEOLOGO

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura..... 1,80  
 Capelli..... Neri  
 Occhi..... Neri  
 Segni particolari..... N.N.



Firma del titolare..... *Corrado Aletti*  
 SENIGA..... il..... 04.2013

Impronta del dito indice sinistro




|   |                     |             |      |          |
|---|---------------------|-------------|------|----------|
|  | Elaborato           | Data        | Rev. | Pag.     |
|   | Relazione geologica | Luglio 2020 | 0    | 39 di 39 |
| A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900                            |                     |             |      |          |