

# REGIONE LOMBARDIA

## PROVINCIA DI BRESCIA

### COMUNE DI BRESCIA



#### RELAZIONE GEOLOGICA R1+R3

#### RELAZIONE GEOTECNICA R2



Elaborato

## SUAP PER AMPLIAMENTO AZIENDA AGRICOLA

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

Committente

Az. Agr. Luigi Rossini

Estensore



A. & P. sas

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

#### Informazioni documento

Operazione	Soggetto	Data
Redatto	A & P sas – Dr.ssa Gallo Samanta	04.02.2020
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	11.02.2020
File	relazione suap.docx	
Commessa	2020.01.039	

## INDICE

1. Introduzione .....	4
2. Inquadramento geografico .....	6
3. Inquadramento geologico morfologico e idrogeologico .....	8
3.1. Litostratimetria dell'area.....	11
3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale .....	12
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 sottosuolo da NTC .....	16
4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera .....	18
4.1.5. Risultati dell'analisi .....	19
4.1.6. Linee guida SESAME (2005).....	22
4.2. Analisi di II livello .....	22
4.3. Parametri sismici .....	24
4.4. Stima della magnitudo di riferimento .....	26
4.5. Verifica liquefazione.....	28
5. Vincoli .....	31
6. SINTESI.....	33
7. Fattibilità .....	34
8. Geotecnica .....	37
8.1. Modello geotecnico .....	39
8.2. Analisi delle soluzioni fondali .....	41
8.3. Calcolo della capacità portante .....	42
8.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3 .....	42

8.3.2. Verifica allo slittamento .....	43
8.4. Calcolo dei cedimenti.....	43
9. Terre da scavo.....	46
10. Indicazioni riguardo l'invarianza .....	48
11. Conclusioni .....	50
12. Tabella riassuntiva parametri geologici .....	51

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta a corredo della richiesta di variante urbanistica per la trasformazione di un'area agricola in Comune di Brescia, 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 stata effettuata 1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH). In sito è stata inoltre effettuata una verifica sismica mediante la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Space Ratio).

La relazione è stata corredata dalla seguente cartografia:

**Tavola 1- Carta geolitologica e morfologica (scala 1:5.000)**

**Tavola 2 – Carta idrogeologica e del reticolo idrografico (scala 1:5.000)**

**Tavola 3 – Carta della pericolosità sismica locale (scala 1:5.000)**

**Tavola 4 – Carta della vulnerabilità naturale (scala 1:5.000)**

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	4 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

**Tavola 5 – Carta dei vincoli e di sintesi (scala 1:1.000)**

**Tavola 6 – Carta della fattibilità (scala 1:1.000)**

**Tavola 7 – Ubicazione indagini (scala 1:1.000)**

La relazione è completata dai seguenti allegati:

**Allegato 1– Prova penetrometrica**

**Allegato 2– Dichiarazione sostitutiva**

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	5 di 55
	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, lungo il margine ovest di Via Stretta, presso la Cascina Miracampo, così come rappresentato in Figura 1.

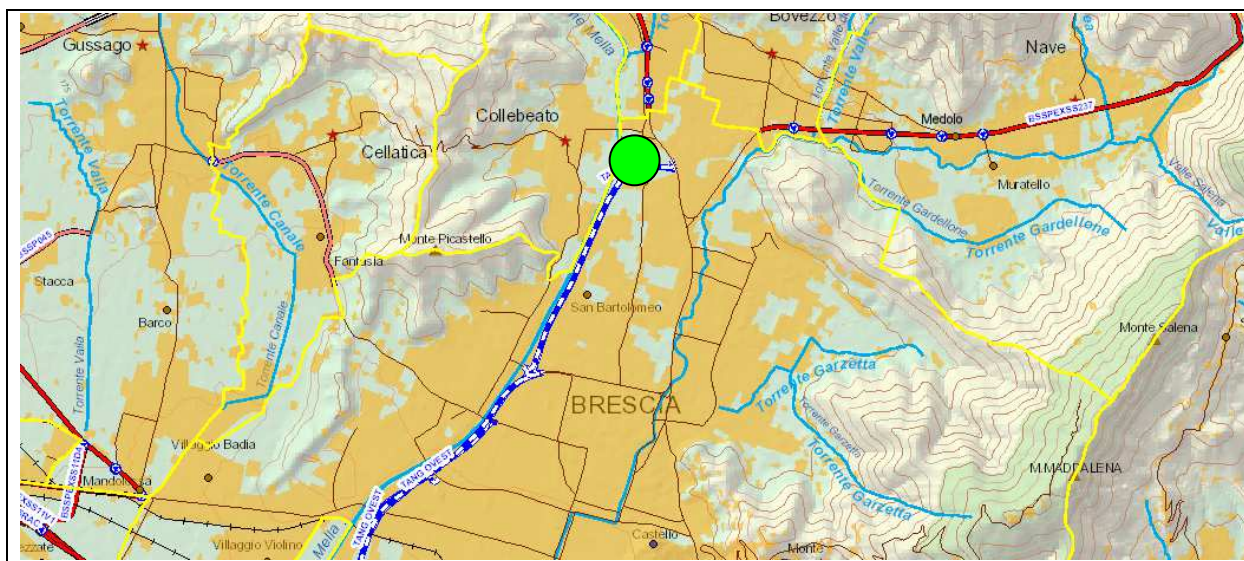


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

La variante interesserà un'area, attualmente destinata ad attività agricola, avente una superficie totale di circa 15.195 m<sup>2</sup> (Figura 2).

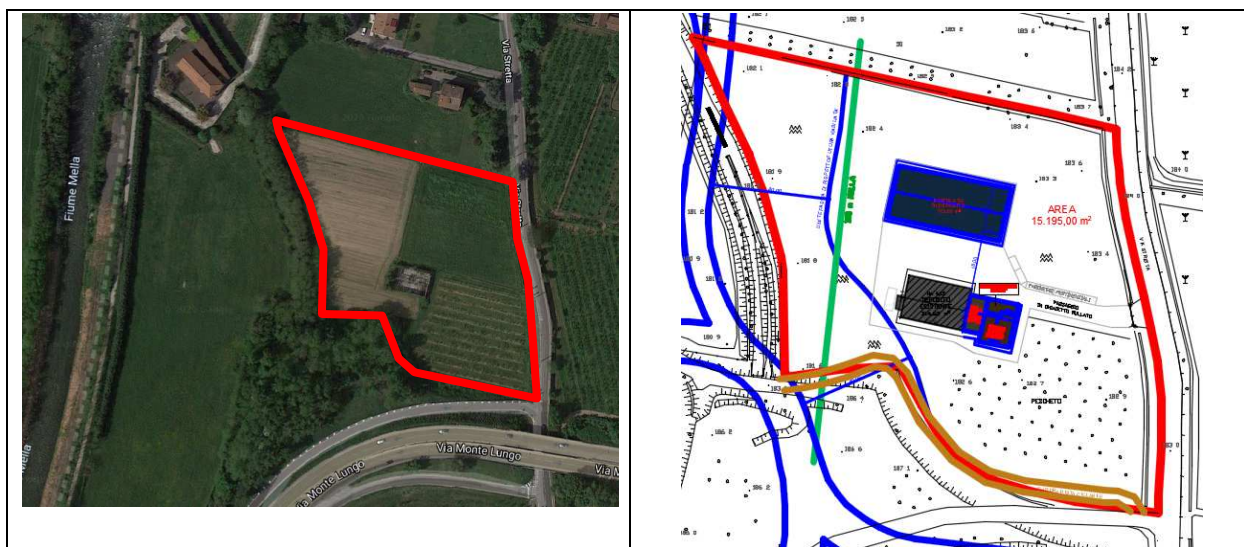


Figura 2 – Foto aerea dell'area oggetto di variante

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	6 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

La richiesta di variante urbanistica inerente quest'area è volta all'ampliamento dell'Azienda Agricola del Committente e prevederà la costruzione di nuove strutture così come evidenziato in Figura 3.



Figura 3 – Planimetria di progetto

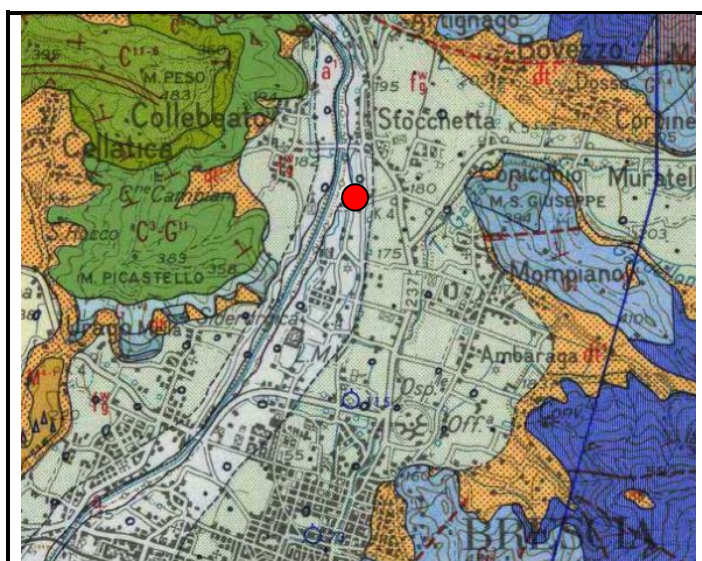
Le nuove strutture insisteranno sul Foglio 2, Mappali 32 / 33 dell'NCT del Comune di Brescia.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	7 di 55
	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. 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 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. I depositi di quest'area sono infatti legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluviale (Alluvioni fluviali antiche  $a^1$  – cfr. Figura 4).



**Legenda:**

- $a^1$  Alluvioni Fluviali antiche  
 $f_g^w$  Alluvioni Fluvio-glaciali Wurm  
dt Falda di detritito

Figura 4 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	8 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

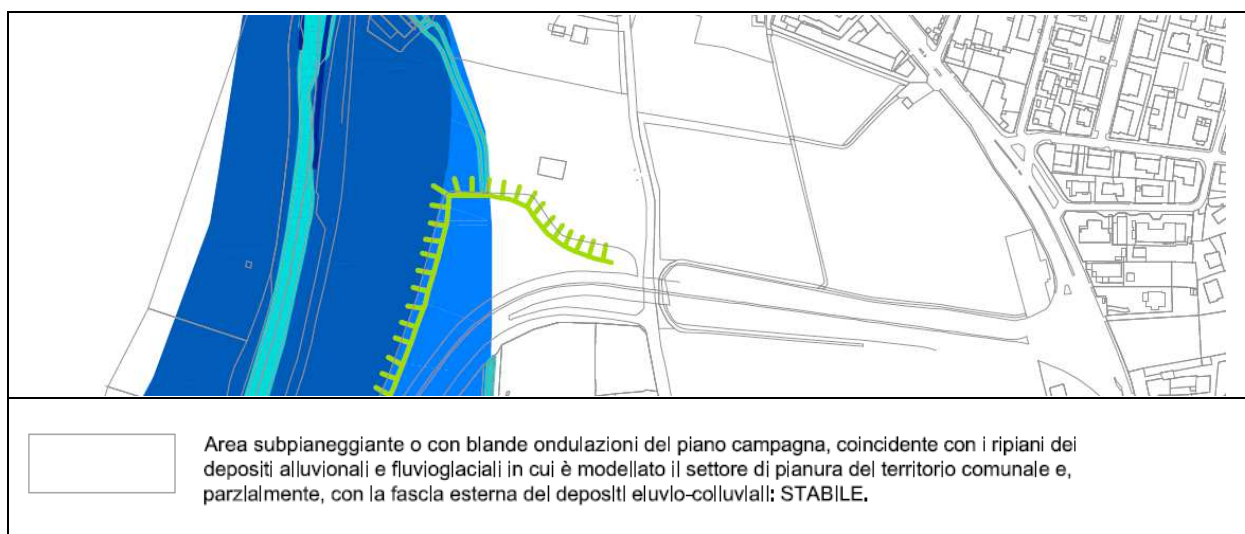


Dal punto di vista litologico, in superficie, dominano le ghiaie poco gradate e le sabbie (Figura 5).



**Figura 5 – Stralcio della Carta litologica della Regione Lombardia (blu = ghiaie e sabbie)**

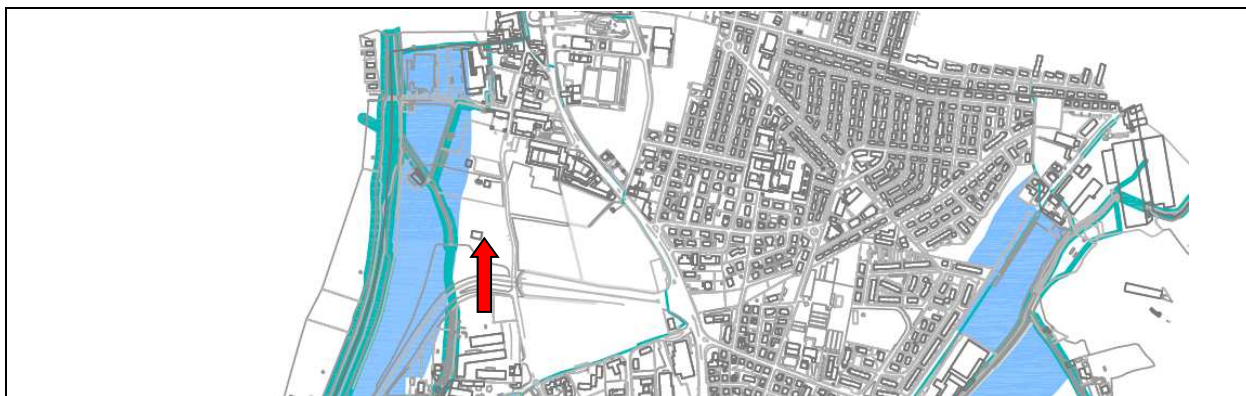
La morfologia attuale è pressoché pianeggiante (Figura 6) ma risulta fortemente influenzata dall'azione antropica che con l'espansione urbanistica ha apportato un diffuso livellamento o comunque ha mascherato o nascosto le antiche forme del paesaggio. L'unica forma visibile, infatti, è costituita dalla piccola scarpata posta subito a sud dell'area in esame. Il sito in studio è posto a quote variabili da un massimo di circa 183.60 m.s.m. in corrispondenza del vertice NE del perimetro a 181.60 m.s.m. in corrispondenza del vertice SW.



**Figura 6 – Stralcio della carta geomorfologica (estratto da PGT)**

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	9 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 100 metri Ovest e dal Torrente Garza che scorre a 1.20 chilometri ad Est dell'area. Sono presenti altri canali legati prevalentemente alla rete di scolo a tratti anche parzialmente tombinati (Figura 7).



**Figura 7 – Stralcio della carta idrologica da PGT**

Dal punto di vista idraulico è importante segnalare che l'area di imposta dei nuovi fabbricati risulta interna alle fasce fluviali delimitate dal Piano PAI, e più precisamente ricade parzialmente all'interno della fascia C, che corrisponde alla fascia di esondazione per piena catastrofica con tempi di ritorno pari a circa 500 anni.



**Figura 8 – Direttiva Alluvioni – Rev. 2015 (celeste = scenario raro – L)**

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	10 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

L'area in esame risulta essere anche interna alle zone allagabili definite dal PGRA 2015 della Regione Lombardia (Figura 8), e più precisamente ricade all'interno delle zone caratterizzate da rischio di allagamento in seguito ad esondazione del F. Mella con scenario di pericolosità L, ossia scenario raro. Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi.

### 3.1. Litostratimetria dell'area

La litostratimetria dell'area in esame è stata desunta da studi effettuati nella zona, e dalle risultanze della prova penetrometrica dinamica effettuata in sito. Sulla base di questi dati l'assetto stratigrafico si configura come costituito da un primo strato dello spessore di circa 0.30 m caratterizzato suolo, seguito da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi che si estendono da 0.30 a 0.90 m da p.c.. Infine, da 0.90 e sino alla massima profondità raggiunta dalla prova di circa 3.30 m da p.c. sono presenti depositi francamente ghiaiosi grossolani. Confrontando questi dati con la bibliografia (Figura 9) si denota che il rilievo è coerente con la presenza di un livello a ghiaie dominanti continuo per almeno 20/30 m. La composizione petrografica delle ghiaie e delle sabbie è caratterizzata dalla preponderanza delle rocce carbonatiche principalmente calcari ed in subordine dolomie, accompagnati da marne, arenarie, selci, e dalla rilevante presenza di ciottoli granitoidi. Durante le indagini effettuate in sito la superficie freatica non è stata individuata sino alla quota di chiusura del foro di prova, cioè 3.30 m da p.c.. Sulla base dei dati bibliografici reperiti presso la componente geologica a corredo del PGT comunale e dei dati di pozzi per acqua perforati nelle vicinanze è stato possibile ricostruire l'andamento della piezometria in uno stretto intorno all'area in esame (Tavola 2). Il sito in esame si colloca dunque in corrispondenza dell'isopieza 140 ad indicare una soggiacenza della falda freatica di circa 40 m.

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	11 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

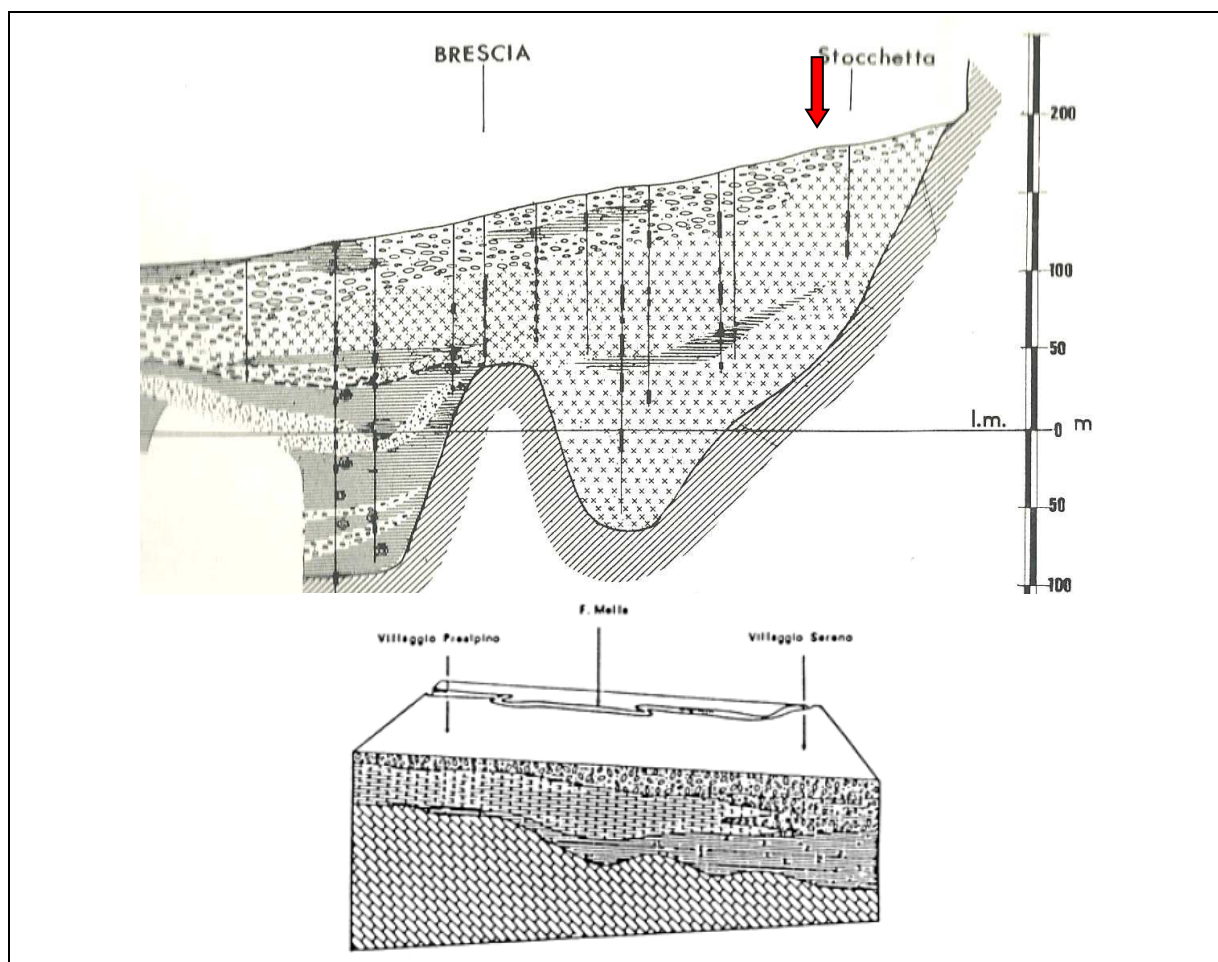


Figura 9 – Sezione N-S dell'area in studio

### 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 depositi che caratterizzano il territorio indagato sono caratterizzati prevalentemente da ghiaie e sabbie e per tale motivo possono essere considerati depositi a permeabilità alta. 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 alto, valutato secondo la metodologia proposta dal GNDCI-CNR, così come rappresentato in Tavola 4.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	12 di 55
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



## 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. 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 10) 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 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 11).** 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 (Tavola 3). Dagli approfondimenti eseguiti si escludono amplificazioni morfologiche, pertanto si assegna la classe topografica T1.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	13 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

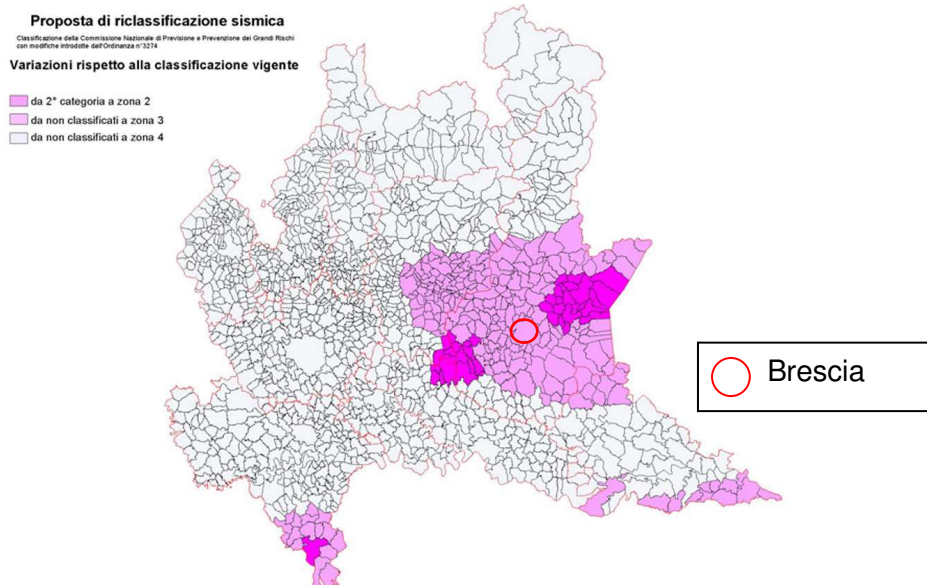


Figura 10 - Proposta di riclassificazione sismica 2003

Mappa di classificazione sismica  
dei comuni lombardi

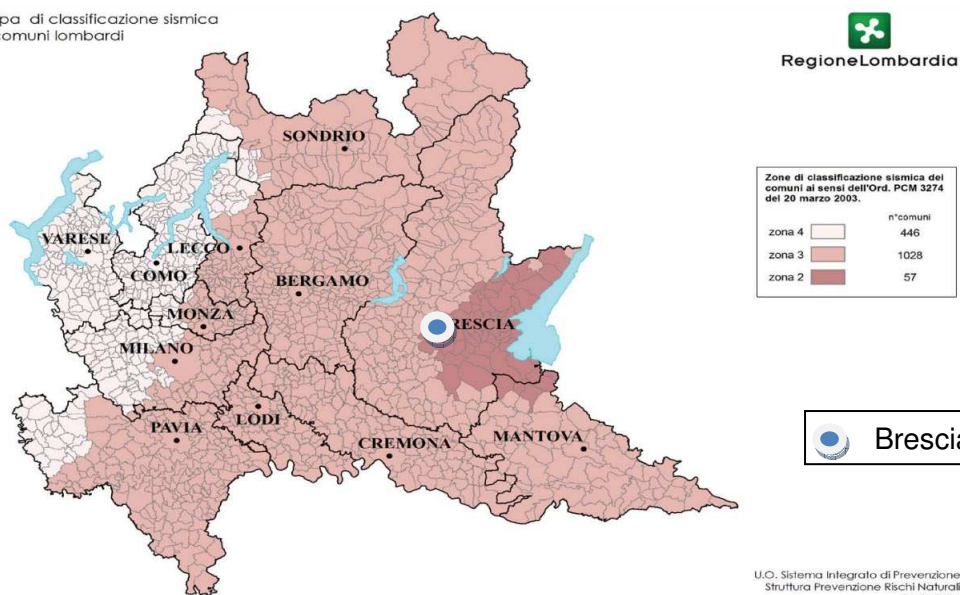


Figura 11 - Riclassificazione sismica 2014

Di seguito è riportata l'analisi sismica di dettaglio condotta in sito durante la campagna geognostica del Marzo 2019 e l'analisi sismica di II livello effettuata sulla base dei dati sito specifici ottenuti dall'indagine sismica di dettaglio.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	14 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

## 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 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  $V_{seq}$ ;

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	15 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

- 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. 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	16 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			



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:

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	$\geq 360$ $\leq 800$
<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	$\geq 180$ $\leq 360$
<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 ( $V_s$ ):

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

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, 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

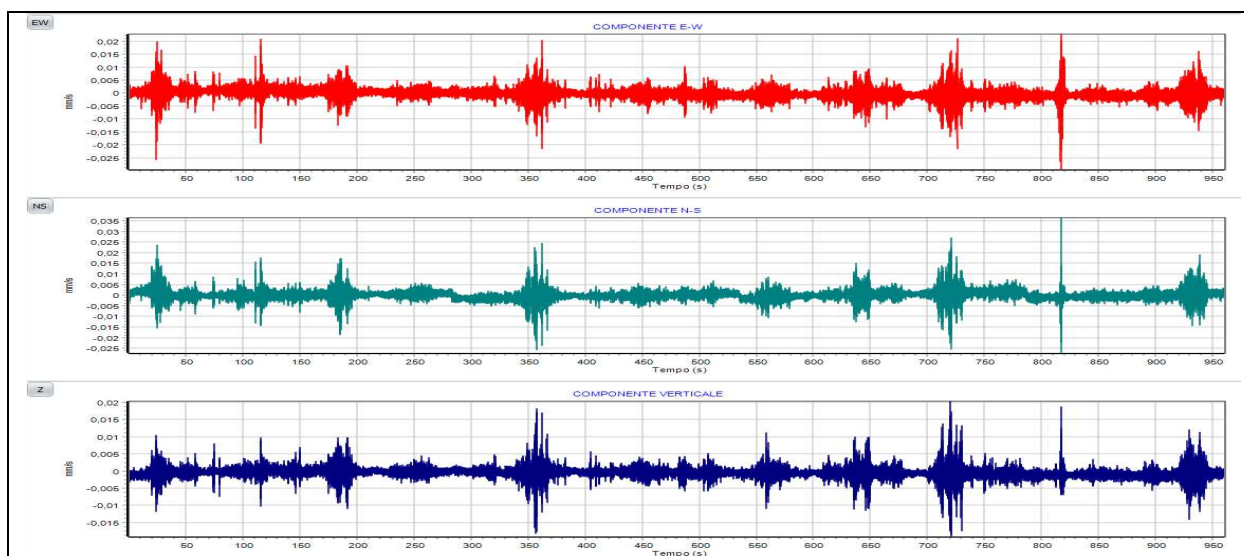
La relazione è valida per edifici con Z non superiore ai 40 metri e massa distribuita, approssimativamente, in maniera uniforme lungo l'altezza. Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il tromografo digitale. In questo caso 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  $H_i/H_0$  indica direttamente la frequenza di risonanza fondamentale della struttura.

#### 4.1.5. Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito in Figura 12 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.

Località:	BRESCIA (BS) - VIA STRETTA
Coordinate geografiche:	LATITUDINE 45.582430°N - LONGITUDINE 10.223645°E
Data:	06.03.2019





Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 14minuti

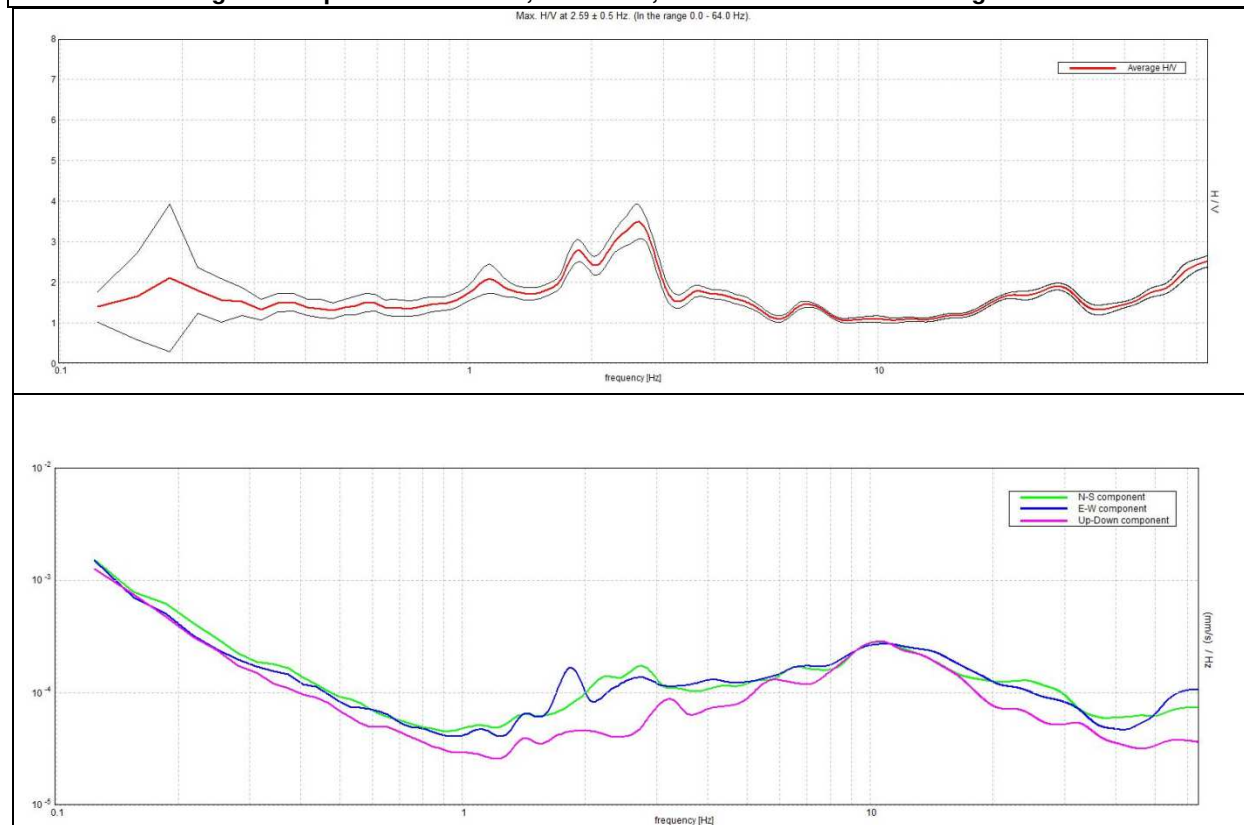


Figura 12 – Andamento degli spettri H/V e V

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati (Figura 13)



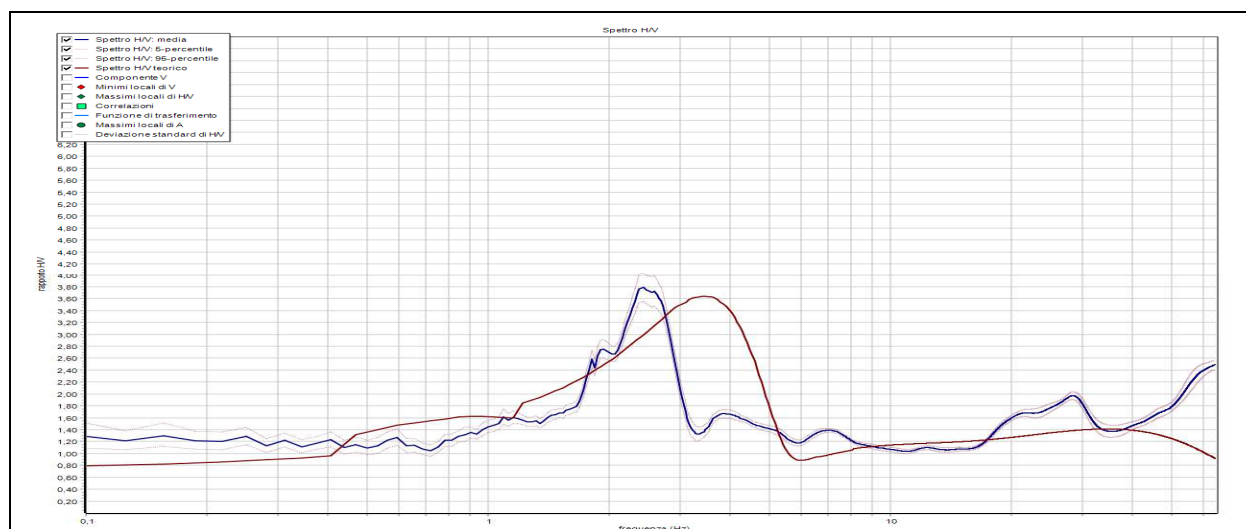


Figura 13 - Frequenza caratteristica

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)	$V_s$ (m/s)	Inversioni di velocità
0,0	0.65	0.65	150	-
0.65	5.11	4.46	259	-
5.11	20.56	15.45	305	-
20.56	70.08	49.52	716	-
70.08	267.33	197.25	1102	-
267.33	273.00	5.67	1305	-

Il valore di  $V_{seq}$  calcolato da piano campagna è 424 m/s, che pone il sito nella classe di sottosuolo B secondo il D.M. 17.01.2018. Da piano fondazione la classe è la medesima. Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica L'indice di vulnerabilità del sito ( $K_g$ ) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica. Nel caso in esame i picchi H/V stratigrafici significativi individuati hanno fornito un valore massimo di  $K_g$  uguale a 5,88 e la frequenza fondamentale, corrispondente alla massima ampiezza, risulta essere pari a 2,44 Hz. Il sito può essere perciò classificato secondo Nakamura (1989) come a bassa pericolosità sismica locale.

N.	fz (Hz)	H/V	Kg
1	1,09	1,61	2,38
2	2,44	3,79	5,88
3	3,84	1,68	0,73
4	12,41	1,1	0,1
5	28,41	1,97	0,14

#### 4.1.6. Linee guida SESAME (2005)

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V trovati. Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti cinque dei sei criteri successivi. I risultati sono direttamente leggibili in Figura 14. La prova è da ritenersi affidabile.

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1									
Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/L_w$ - S2: $L_w \times N_w \times f_p > 200$ - S3: $s_a < 2$ per $0.5f_p < f < 2f_p$									
LEGENDA: $L_w$ =lunghezza della finestra (s) - $N_w$ =n. finestre - $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico - $s_a$ =deviazione standard									
N.	fz (Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	1,09	1,61	2,38	48,13	28,03	23,73	Si	Si	Si
2	2,44	3,79	5,88	16,54	9,63	8,15	Si	Si	Si
3	3,84	1,68	0,73	9,01	5,25	4,44	Si	Si	Si
4	12,41	1,1	0,1	1,89	1,1	0,93	Si	Si	Si
5	28,41	1,97	0,14	0,63	0,36	0,31	Si	Si	Si

Figura 14 – Risultati della prova

## 4.2. Analisi di II 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

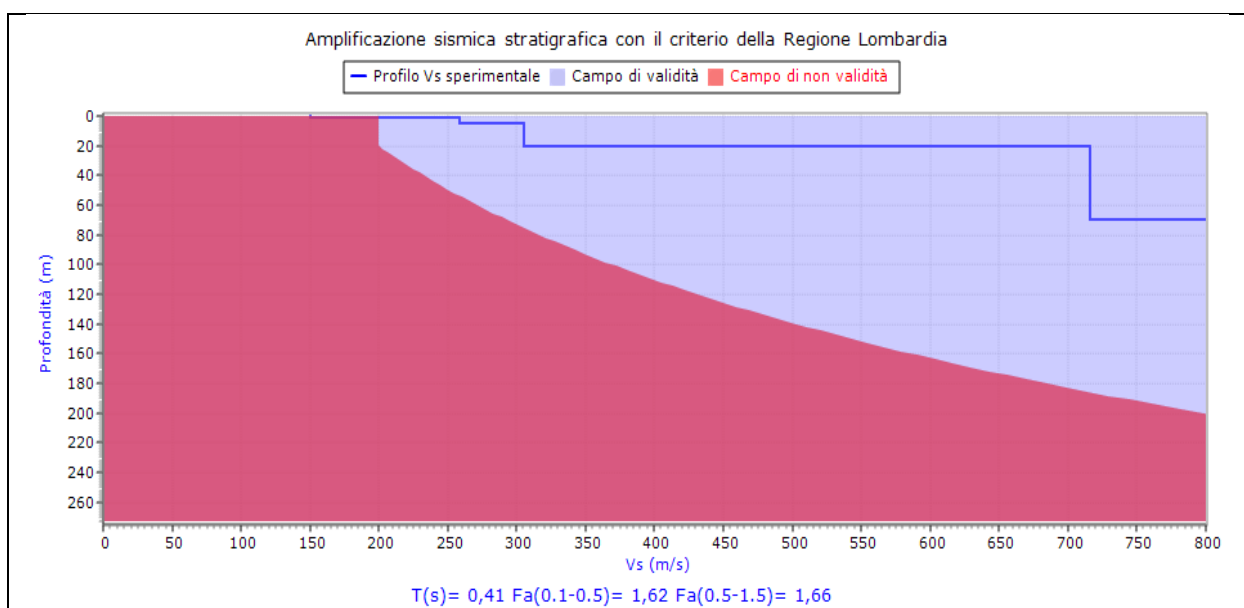
	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	22 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

risultato uguale a 0.41 s. Utilizzando questo dato si sono ricavati i seguenti valori di Fa (fattori di amplificazione spettrali – cfr. Figura 15):

Fa (nell'intervallo 0.1-0.5 s) =  $1.6 \pm 0.1 > 1.4$  (soglia comunale per cat. di sottosuolo B)

Fa (nell'intervallo 0.5-1.5 s) =  $1.6 \pm 0.1 < 1.7$  (soglia comunale per cat. di sottosuolo B)

Questi valori sono stati confrontati con quelli di soglia previsti dalla Normativa regionale, nel caso di sottosuolo di tipo B, per il Comune di Brescia (1.4 e 1.7 rispettivamente). Il valore di Fa calcolato nell'intervallo 0.1-0.5 s risulta superiore a quello di soglia previsto dalla vigente normativa, mentre il valore di Fa calcolato nell'intervallo 0.5-1.5 s risulta inferiore a quello di soglia. Le strutture in progetto possiedono periodo fondamentali compresi tra 0.1 e 0.5 s, pertanto non sarà possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente per la categoria di sottosuolo identificata, ma si dovrà procedere al declassamento della categoria dalla B alla C.



**Figura 15 – 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.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	23 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 16 – 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 17. Con riferimento alle nuove costruzioni si rimanda alle indicazioni ed ai criteri di calcolo previsti dalla nuova normativa.



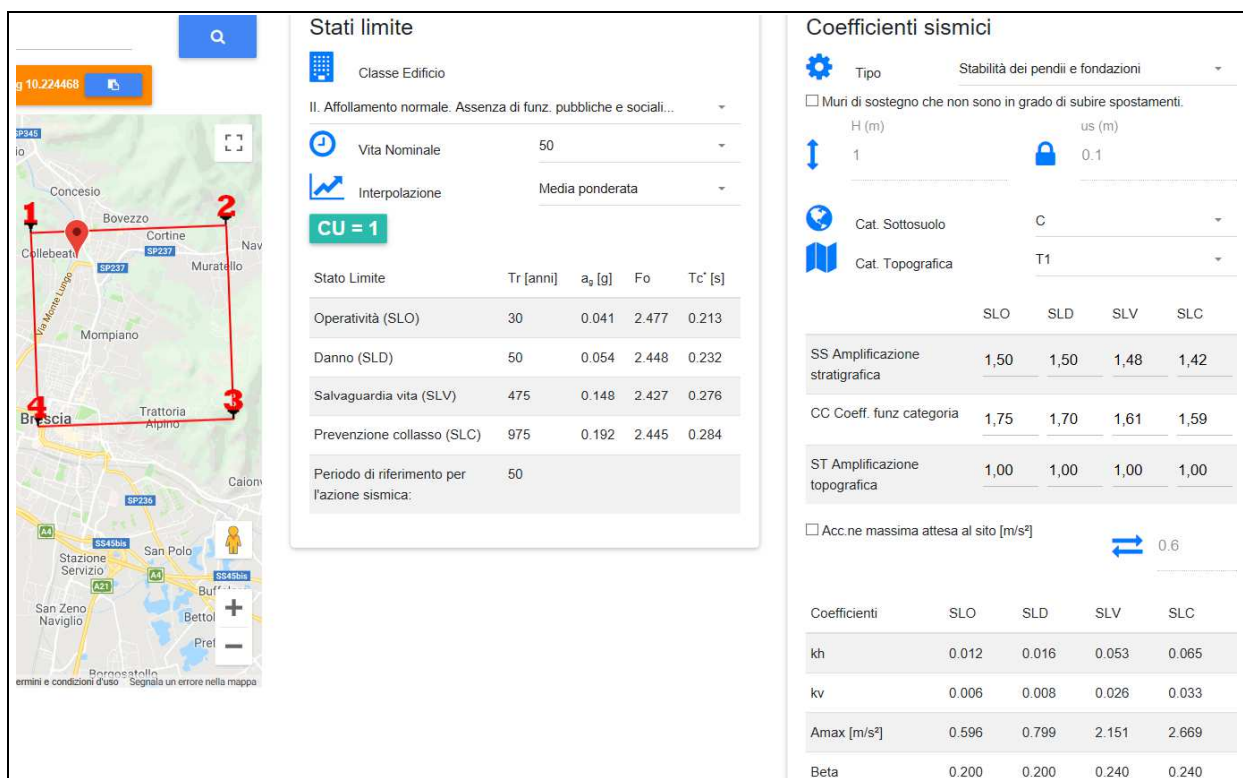


Figura 17 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

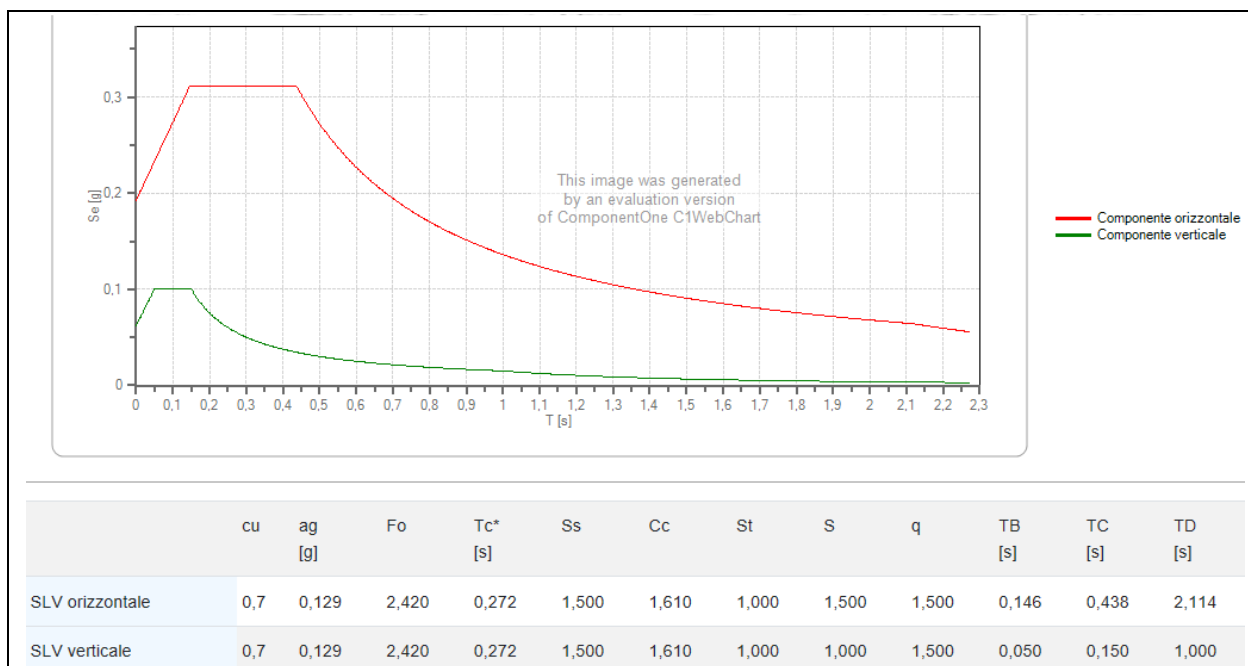
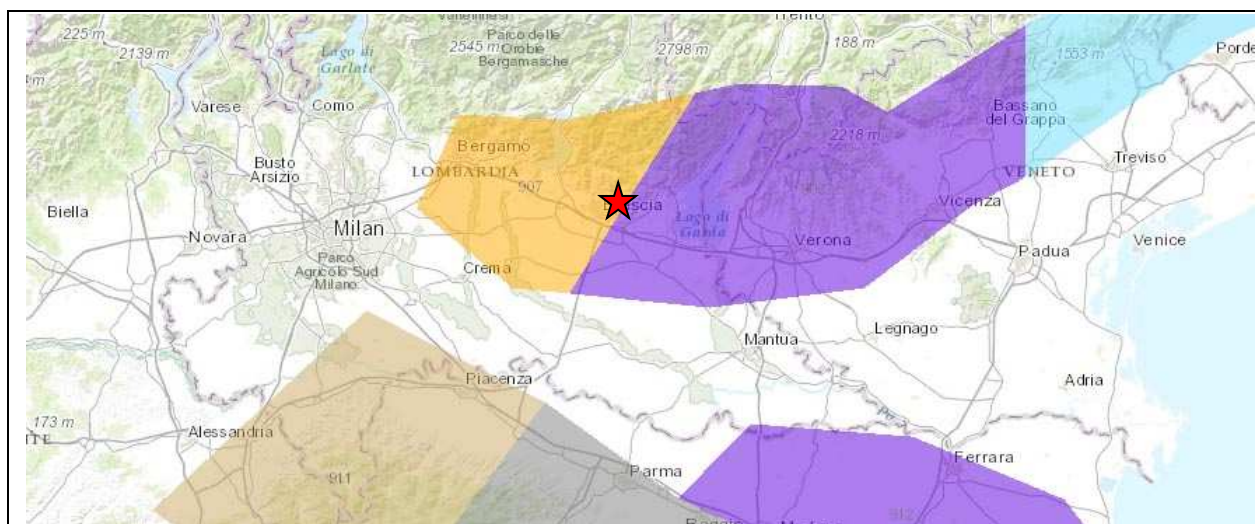


Figura 18 – Curve di progetto per lo stato limite SLV

## 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 19 – 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	26 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

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 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 19). 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 una 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.

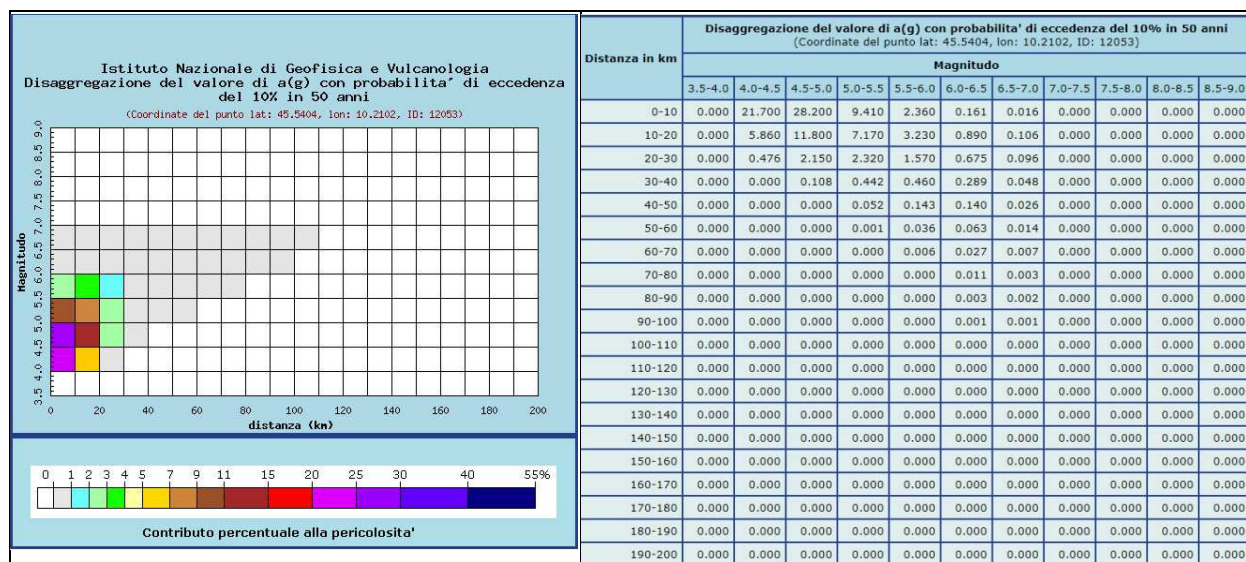


Figura 20 - Verifica Magnitudo

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  $M_w$ , 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 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.

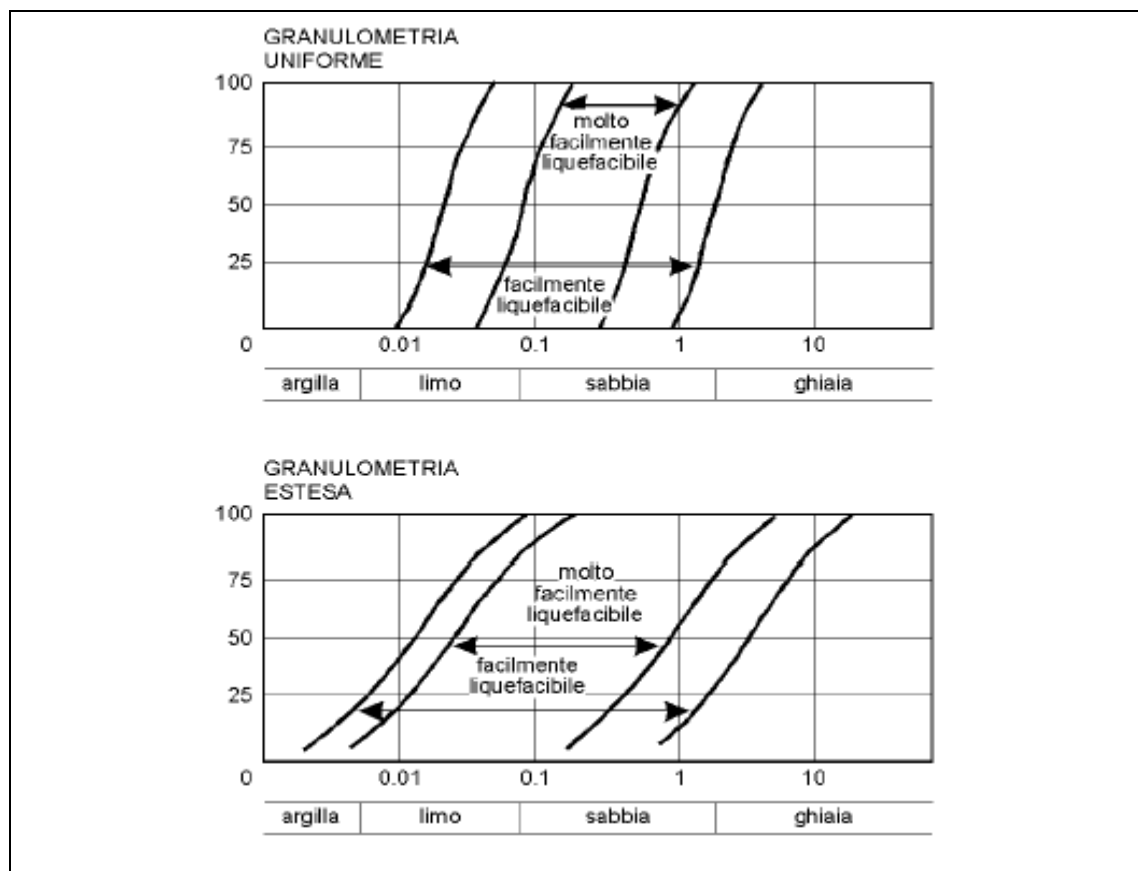


Figura 21 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche



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 21. 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 mobilizzabile 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	29 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

prove penetrometriche dinamiche e statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da indagine geofisica. La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF};$$

dove:

$a_{\max}$  = accelerazione sismica massima;  
 $g$  = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s<sup>2</sup>;  
 $\sigma_{v0}$  = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;  
 $\sigma'_{v0}$  = 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)

$$CRR = 0,022 \cdot \left( \frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2.8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2.8}{V_{s1C}}$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

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 sono valide le condizioni di sicurezza di cui sopra.

## 5. VINCOLI

Nella carta di Tavola 5 sono state rappresentate, alla scala 1:1.000 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 sono presenti vincoli di natura idraulica legati innanzi tutto al fatto che il sito ricade all'interno della fascia fluviale C del PAI. Il sito ricade inoltre all'interno delle aree a rischio allagamento con scenario raro individuate nel PGRA della Regione Lombardia. Oltre a questo il sito in esame si colloca in prossimità delle fasce di rispetto del reticolo idrico minore (Figura 22).



**Figura 22 – Tavola dei vincoli da PGT**

Le opere in progetto verranno realizzate nel rispetto dei vincoli di polizia idraulica evidenziati, pertanto ad una distanza superiore di 4 m dai corsi d'acqua del reticolo idrico secondario come evidenziato in Figura 23. Per quanto riguarda invece il rischio di esondazione e allagamento le opere in progetto verranno realizzate nella porzione centrale

dell'area investigata che risulta interna alla fascia fluviale C del PAI, ovvero alle aree inondate durante periodi di piena catastrofica con tempi di ritorno pari a 500 anni, ed all'area potenzialmente allagabile con frequenza rara perimetrata dal PGRA. Le strutture in progetto saranno realizzate in posizione leggermente rialzata rispetto al piano campagna circostante.

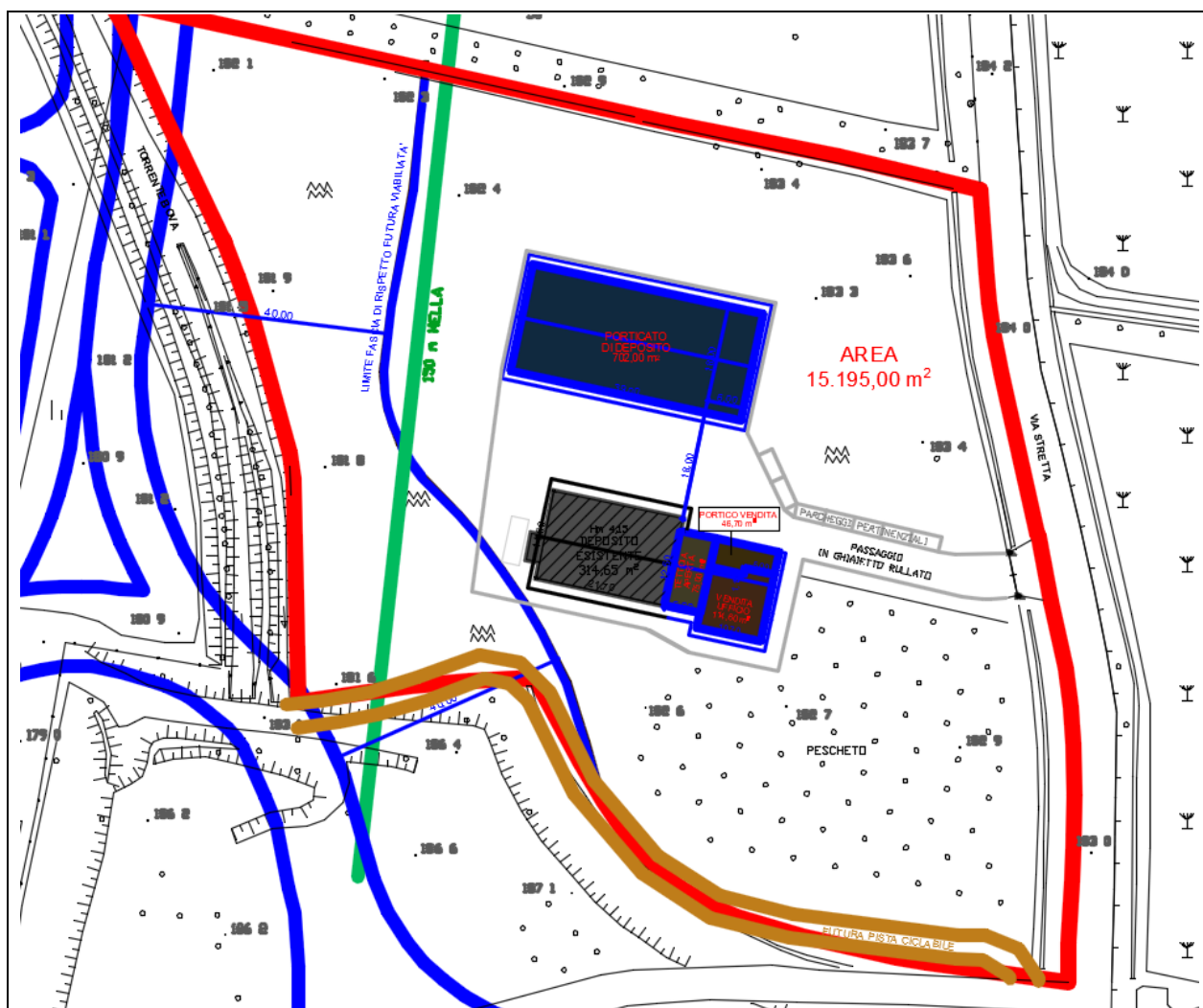


Figura 23 – Pianta di progetto



## 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 Tavola 5 sono rappresentate, alla scala 1:1.000 le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferite ai singoli fenomeni responsabili di tale pericolosità/vulnerabilità. Come già evidenziato in precedenza sono presenti vincoli di natura idraulica relativi alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore e relativi alla fascia fluviale C del PAI ed all'area allagabile con frequenza rara perimetrata dal PGRA della RL. Per l'area in esame è stata inoltre evidenziata una vulnerabilità idrogeologica alta legata all'alta permeabilità dei depositi presenti in sito ed alla presenza di una falda di tipo freatico.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	33 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

## 7. FATTIBILITÀ

L'area d'imposta delle nuove strutture è identificata nel PGT del Comune di Brescia con classe di fattibilità 2a, ovvero fattibilità con modeste limitazioni al cambio d'uso legata ad aree stabili con caratteristiche geotecniche buone (Figura 24).

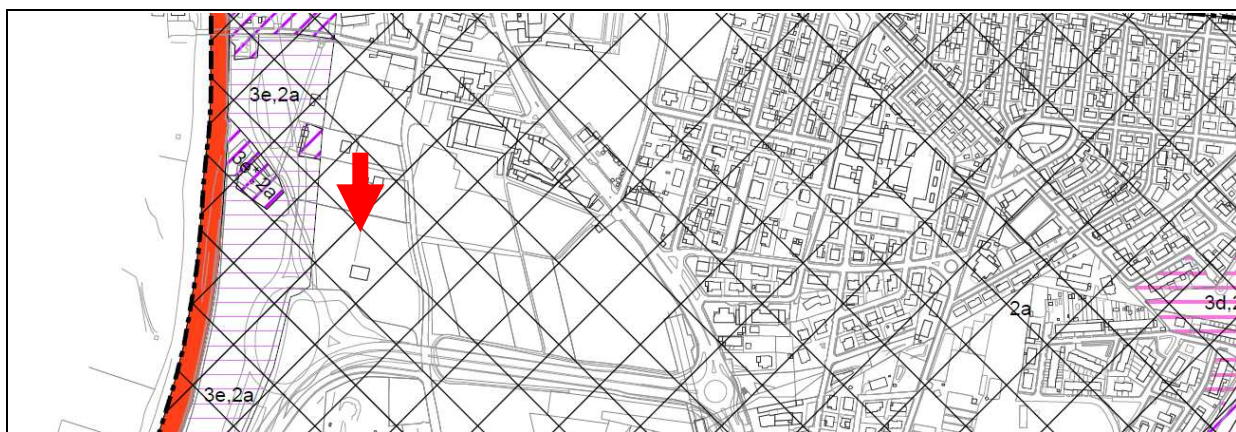


Figura 24 – Stralcio della carta della fattibilità (Studio geologico a corredo del PGT)

L'attribuzione della classe di fattibilità operata all'interno del PGT comunale non contempla il rischio idraulico per espressa scelta dell'estensore dello studio. La fascia C è molto ampia e non è supportata da evidenze storiche di allagamento. In questa sede si ritiene opportuno adeguarsi alle scelte operate a livello comunale e quindi non modificare il mosaico della fattibilità (Tavola 6). Al fine di preservare la falda da eventuali contaminazioni, andrà rivolta particolare attenzione alla gestione delle acque di scarico: le fognature miste o nere, se presenti, dovranno essere realizzate a tenuta bidirezionale, ovvero dall'interno verso l'esterno e viceversa; le tubazioni dovranno essere realizzate con tecnologie atte ad evitare possibili perdite. Potranno essere previsti dispositivi di infiltrazione delle acque meteoriche. Per quanto riguarda le fasce di rispetto del reticolo idrico superficiale si rimanda alla normativa di settore. Si allega stralcio dell'articolo 31 delle NTA del PAI in cui sono rappresentate le attività vietate all'interno della fascia C:

### Art. 31. Area di inondazione per piena catastofica (Fascia C)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	34 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.

2. I Programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.

3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.

5. Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	35 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000 .

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	36 di 55
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				



## 8. GEOTECNICA

La definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione è stata effettuata sulla base dei risultati dei valori di resistenza penetrometrica della prova eseguita e dai dati bibliografici validi per litologie simili. Nel sito in esame è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH) che si è spinta sino alla profondità massima di 3.30 m. La prova penetrometrica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari al suo avanzamento (Figura 25). La prova è stata interrotta per il raggiungimento del rifiuto all'avanzamento (oltre 100 colpi per 30 cm).


DIMENSIONI E PESI				DATI TECNICI		
	DP	CPT	DP + CPT	Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
H [mm]	1600	1480	1600		Potenza [HP (kW) - RPM]	16 (12) - 3600
L [mm]	2450	2200	2450		Raffreddamento	Aria
P [mm]	1040	1040	1040	Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato Gommato
Peso [kg]	910	810	980		Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 1.8
					Pendenza Max %	25
				Pompa Idraulica	Numero di Pompe	2
					Max. pressione operativa [bar]	245
				Stabilizzatori	Numero	3
					Tipo	Idraulico

Figura 25 – Penetrometrica dinamico superpesante e statico da 20 ton

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. Nella prova penetrometrica

dinamica lo sforzo necessario per l'infissione è misurato dal numero dei colpi del maglio le cui caratteristiche tecnico-strumentali sono le seguenti (DPSH):

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	7 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	8 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.30 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.15
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60°

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta uno dei mezzi più diffusi per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova (differente da quelle eseguite), pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT. L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$  = peso massa battente;

$M'$  = peso aste;

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	38 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

H = altezza di caduta;  
A = area base punta conica;  
 $\delta$  = passo di avanzamento.

Le risultanze stratigrafiche sono riportate in Allegato 1, complete dei diagrammi e delle letture. L'ubicazione dell'indagine invece è riportata in Tavola 7 e in Figura 26.



Figura 26 – Ubicazione della prova penetrometrica

## 8.1. Modello geotecnico

Per la definizione dei parametri geotecnici si è fatto riferimento alle usuali correlazioni semiempiriche che definiscono i valori di coesione non drenata  $c_u$ , angolo di attrito interno  $\phi$ , densità  $\gamma$ , e modulo elastico  $E$ , in relazione alla resistenza penetrometrica. Nell'area si sono rinvenuti un primo strato dello spessore di circa 0.30 m caratterizzato da suolo, al di sotto del quale si estendono depositi granulari ben addensati costituiti da ghiaie e sabbie continui sino alla profondità di circa 0.90 m da p.c.. Da 0.90 e sino alla massima profondità raggiunta dalla

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	39 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

prova prima del rifiuto all'avanzamento della punta si osservano depositi granulari francamente ghiaiosi molto addensati. La prova evidenzia che, sia la granulometria, sia il grado di addensamento aumentano con l'aumentare della profondità. Lo studio dei parametri deve essere però sviluppato in termini non più deterministici ma bensì aleatori, cioè ciò che prima era identificato da un valore adesso è descritto da una variabile che rappresenta un insieme di numeri riferiti alla stessa grandezza fisica. La distribuzione di questa grandezza può quindi essere rappresentata da una funzione continua di tipo normale (gaussiano) dove sulle ascisse sono riportati i valori della variabile ( $F_s$ ) e sulle ordinate la loro frequenza. Una evoluzione di questa particolare funzione è chiamata distribuzione di Student che ben si adatta nei casi in cui si può assistere a compensazione. Nel caso in esame per compensazione si intende il seguente concetto: il volume della eventuale massa interessata dal sovraccarico delle fondazioni è maggiore della scala di fluttuazione dei parametri che la governano, cioè di quelle porzioni di terreno che presentano geometrie o valori di resistenza differenti. E' pertanto plausibile che nel volume della massa instabile siano presenti porzioni di terreno con caratteristiche differenti. In questi casi maggiore è la tendenza a compensare le zone deboli con le forti giustificando il riferimento a valori prossimi ai valori medi. Tutte queste considerazioni sono ritenute valide in assenza di superfici di rottura preferenziali come nel caso in esame. Al fine di operare a favore di sicurezza è stato estratto il valore riferito al 5° percentile della distribuzione, ovvero **il valore caratteristico** tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite, non sia maggiore del 5%. Questa procedura è peraltro documentata negli Eurocodici EC7 ed EC8 ed è stata ripresa nella stesura delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018. Sulla base delle correlazioni effettuate e dei dati della prova CPT effettuata è stato definito un unico modello così schematizzato:

**STRATO A** : da p.c. sino a  $-0.30$  m: suolo. Parametri caratteristici:  $\gamma = 1.7 \text{ kg/dm}^3$ .

**STRATO B**: da  $-0.30$  m sino a  $-0.90$  m: depositi granulari addensati. Parametri caratteristici:  $\Phi_k = 35^\circ$   $\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	40 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

**STRATO B:** da -0.90 m sino a -3.30 m: depositi granulari molto addensati. Parametri caratteristici:  $\Phi_k = 38^\circ$   $\gamma = 1.9 \text{ kg/dm}^3$

A completamento del modello geotecnico è stata attribuita la categoria di appartenenza del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto. Viste le risultanze delle indagini sismiche, nonché le elaborazioni di II livello, il profilo stratigrafico dei terreni di fondazione è classificabile come **tipo C** secondo i disposti della Ordinanza del Presidente del Consiglio 20 marzo 2003 n.3274 e successive modifiche.

## 8.2. Analisi delle soluzioni fondali

L'applicazione di un carico concentrato sulla superficie del terreno produce un fascio di reazioni con intensità decrescente allontanandosi in orizzontale ed approfondendosi sulla verticale rispetto al punto di applicazione. In funzione della geometria e delle dimensioni della fondazione o del piano di appoggio, i carichi saranno diffusi a profondità differenti. Le proprietà geotecniche dei terreni permettono l'impiego di fondazioni superficiali. Nell'ipotesi di progetto le fondazioni saranno di tipo lineare con un incastro di almeno 0.60 m. Considerata la natura dei terreni ed il loro grado di addensamento si ritiene che l'approfondimento delle indagini svolte sia sufficiente per un corretto calcolo della capacità portante. Durante le operazioni di scavo delle fondazioni si dovrà riservare attenzione alla natura dei depositi e dovranno essere segnalate eventuali difformità o repentine variazioni litologiche non rilevabili dall'indagine svolta.

In riferimento all'aggressività dei terreni di fondazione (UNI EN 206-1) questi possono essere classificati come XC2. Il calcestruzzo impiegato per le opere di fondazione dovrà garantire le prestazioni minime riportate nella tabella seguente.

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	41 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			



## 8.3. Calcolo della capacità portante

Sulla base delle informazioni desunte dal modello geotecnico e considerando la tipologia di fondazioni adottata, così come illustrato in precedenza, è possibile definire la capacità portante del terreno di imposta, il cui calcolo della capacità limite può essere eseguito con la formula di Brinch Hansen valida per fondazioni superficiali, modificata per il carico inclinato, che tiene conto dei fattori di forma, di fondazione, di profondità, di inclinazione del carico e degli effetti inerziali dovuti all'azione sismica. In ottemperanza a quanto prescritto dalla normativa vigente ed in accordo con il Progettista si è scelto un metodo di tipo semiprobabilistico che in dettaglio corrisponde all'approccio 2 combinazione unica (STR+GEO). I riferimenti per la trasformazione della portata di progetto, ovvero i coefficienti riduttivi sono riportati nelle tabelle 6.4.II e 6.4.IV delle NTC2018. Il Progettista dovrà poi verificare che sia soddisfatta la disequaglianza:

$$Ed \leq Rd$$

dove Ed rappresenta il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di carico mentre Rd rappresenta la resistenza del terreno.

### 8.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3

Questo tipo di combinazione prevede l'impiego dei parametri caratteristici (M1) del modello geotecnico così come riportato nel capitolo precedente. Effettuando il calcolo secondo la formula sopra riportata e riducendo la capacità portante secondo i valori della tabella 6.4.I riferendosi al coefficiente  $\gamma_r$  relativo a R3 (2.30) raggiungeremo la seguente portata di progetto Rd da confrontare con le azioni corrispondenti ad A1:

**combinazione fondamentale  $Rd = 2.7 \text{ Kg/cm}^2$**

**combinazione sismica  $Rd = 1.9 \text{ Kg/cm}^2$**

Nel dimensionamento delle fondazioni è tuttavia necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dal carico applicato. E' stata pertanto eseguita una verifica dei cedimenti indotti nel terreno di fondazione per stimare il

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	42 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

sovraccarico di esercizio (SLE) da attribuire ai depositi indagati in modo che i cedimenti derivati siano compatibili con le strutture in progetto.

### 8.3.2. Verifica allo slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno non è stata messa in conto. La resistenza di calcolo per attrito ed adesione è valutata secondo l'espressione:

$$FRd = Nsd \tan \delta + c_a A'$$

Nella quale  $Nsd$  è il valore di calcolo della forza verticale,  $\delta$  è l'angolo di resistenza al taglio alla base del plinto,  $c_a$  è l'adesione fondazione-terreno e  $A'$  è l'area della fondazione efficace, intesa, in caso di carichi eccentrici, come area ridotta al centro della quale è applicata la risultante. Riducendo gli esiti dei calcoli secondo i valori della tabella 6.4.I riferendosi al coefficiente  $\gamma_r$  relativo a R3 (1.10), la resistenza allo slittamento considerando un carico di fondazione pari a  $1.50 \text{ kg/cm}^2$  (carico di esercizio SLE) risulta:

➤  $Rd = 0.76 \text{ Kg/cm}^2$

## 8.4. Calcolo dei cedimenti

Il cedimento di una fondazione è riconducibile allo stato limite di esercizio della struttura (SLE), ed in questo caso i valori caratteristici dei parametri geotecnici sono uguali ai valori di progetto ( $f_d = f_k$ ). Inoltre i coefficienti parziali sulle azioni A e sui parametri di resistenza R sono sempre unitari:  $A_1 + M_1 + R_1$ . Il calcolo dei cedimenti indotti sul terreno dal carico trasmesso dalle fondazioni delle opere in progetto è stato effettuato sulla base del modello geotecnico; l'andamento dell'incremento di pressione verticale con la profondità è stato calcolato nell'ipotesi di validità della teoria di Boussinesq per un punto in asse alla fondazione.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	43 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

I cedimenti sono dovuti alla deformazione elastica e plastica del terreno e, nel caso di terreni poco permeabili (argille e limi), al processo di lenta espulsione dell'acqua contenuta al loro interno. In quanto le caratteristiche geotecniche del terreno variano da punto a punto, così come spesso variano da punto a punto anche le condizioni di carico, i cedimenti possono assumere localmente valori differenti. Il cedimento calcolato in un punto prende il nome di cedimento assoluto; la differenza fra i cedimenti assoluti misurati in due o più punti prende il nome di cedimento differenziale. Il cedimento assoluto totale è dato dalla somma di tre componenti:

$$S_{tot} = S_{imm} + S_{con} + S_{sec}$$

$S_{imm}$  = **cedimento immediato**, dovuto alla deformazione iniziale, senza variazione di volume, del terreno caricato; è prevalente nei terreni incoerenti (coesione=0), trascurabile in quelli coesivi (coesione>0);

$S_{con}$  = **cedimento di consolidazione**, legato alla variazione di volume del terreno saturo, in seguito alla lenta espulsione dell'acqua contenuta al suo interno; è dominante nei terreni coesivi, poco permeabili, e trascurabile in quelli incoerenti (da mediamente a molto permeabili);

$S_{sec}$  = **cedimento secondario**, dovuto alla deformazione viscosa dello scheletro solido del terreno; normalmente trascurabile in tutti i tipi di terreno.

I cedimenti sono stati calcolati mediante la teoria dell'elasticità. Si tratta di un metodo speditivo utile per avere una prima indicazione dell'ammontare del cedimento. La relazione utilizzata è la seguente:

$$S = DH \times Q_z / Ed;$$

dove:

DH = spessore dello strato;

$Q_z$  = incremento di pressione dovuto al sovraccarico applicato a metà strato;

Ed = Modulo di deformazione dello strato 1/mv.

La fondazione è stata considerata rigida. Da questa formula, imponendo un carico di esercizio (SLE) sulla fondazione pari a 1.50 kg/cm<sup>2</sup>, si ricavano valori dei cedimenti inferiori ai 10 millimetri. I valori sono rappresentativi dei cedimenti istantanei cioè quei cedimenti che si esauriranno durante i lavori di posa delle fondazioni. I cedimenti calcolati sono risultati

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	44 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

conformi con il grado di addensamento rilevato nei depositi. Si consiglia di non superare i valori di esercizio indicati (SLE) al fine di contenere i cedimenti.

## 9. TERRE DA SCAVO

Si ricorda che tutte le opere che prevedono la produzione di terre da scavo (fondazioni, interrati, sbancamenti etc) sono normate dal D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 (Norme in materia ambientale) e dai relativi Allegati come modificato dal D. lgs. 4/2008 dal D. lgs. 205/2010, dal D.M. 10.08.2012 n.161, dalla Legge n.98 del 09.08.2013 conversione del Decreto del Fare e recentemente dal DPR 120 del 13.06.2017 in vigore dal 22.08.2017. In sostanza la legislazione prevede che le terre prodotte dagli scavi siano considerate rifiuto e come tale debbano essere smaltite, ovvero debbano essere conferite alle discariche autorizzate con la compilazione del formulario. La norma prevede altresì che le terre possano essere esonerate dal regime dei rifiuti purché siano rispettate contemporaneamente le seguenti condizioni:

1. presenza di inquinanti nei limiti di legge
2. effettivo riutilizzo
3. esclusione da preventivi trattamenti per il riutilizzo, ad eccezione delle normali pratiche industriali e di cantiere.

Un ulteriore differenza risiede nella natura autorizzativa dell'opera in progetto che configura scenari diversi nel caso in cui si tratti di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) o di Verifica di Impatto Ambientale (VIA). In questi casi si applica l'iter previsto dal D.M. 10.08.2012 n.161. Pertanto in tutti gli altri casi, fatte salve le condizioni sopra riportate, i materiali da scavo (di cui all'art.1, comma1, lettera b del D.M. 161/2012) sono sottoposti al regime dei sottoprodotti di cui all'art. 4 del DPR 120 del 13.06.2017, il proponente o il produttore deve attestare il rispetto delle suddette condizioni tramite dichiarazione resa all'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) ai sensi e per gli effetti del Testo Unico del DPR 445/2000. L'Arpa si riserva la facoltà di effettuare il controllo sia su base documentale, attraverso gli atti in possesso dell'Agenzia, sia attraverso controlli diretti in campo ove lo ritenga necessario e provvedere ad effettuare sopralluoghi ed eventuali campionamenti in contraddittorio con il Proponente, finalizzati a verificare il rispetto dei limiti previsti dalla norma e come dichiarato nella certificazione. Qualora in accordo al comma 3

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	46 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			



dell'art.71 del DPR 445/2000 Arpa rilevi nelle dichiarazioni ricevute e per gli aspetti ambientali di competenza “ delle irregolarità o delle omissioni rilevabili d'ufficio, non costituenti falsità, dà notizia all'interessato di tale irregolarità. Questi è tenuto alla regolarizzazione o al completamento della dichiarazione; in mancanza il procedimento non ha seguito” e, conseguentemente, i materiali da scavo devono essere considerati rifiuti, e come tali trattati. Medesima conclusione è prevista qualora dai controlli effettuati si dimostri che i materiali di scavo non rispettano i requisiti previsti dall'art.4 del DPR 120 del 13.06.2017, decadendo le condizioni per poterli considerare quali sottoprodotti. In questi casi rientrando nel regime normativo dei rifiuti dovranno essere valutate le conseguenti eventuali ipotesi di reato per il Proponente, il Ricevente, il Trasportatore. Si ricorda che i reati in campo ambientale sono soggetti a procedimento penale oltre che amministrativo. **La nuova normativa ha chiarito in modo preciso anche il trattamento dei materiali di scavo reimpiegati nel cantiere di produzione. Tali materiali sono esentati dal regime dei rifiuti se conformi ai requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c, del decreto legislativo 152/2006; la non contaminazione deve essere verificata secondo i disposti dell'allegato 4 del DPR 120/2017.**

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	47 di 55
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

## 10. INDICAZIONI RIGUARDO L'INVARIANZA

La nuova Legge regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico o la fognatura in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione o comunque di trasformazione del suolo. Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento

 geologia geotecnica e dati	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	48 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

(R.R. 7/2017 del 23.11.2017 – R.R. 8/2019 del 19.04.2019) contenete i metodi e i criteri per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Sulla base di diversi fattori indicati dal Regolamento i contenuti del progetto di invarianza configurano tipologie di studi via via più approfonditi (articolo 9). La tipologia del caso in studio dovrà essere verificata nella tabella di Figura 27.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)	
				AREA A - B	AREA C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1000 mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0.4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		Da > 0.1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0.4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0.4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	

Figura 27 - Tabella 1 - RR 08/2019

## 11. 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 B declassati a C in seguito all'analisi di II livello sitospecifica. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1.
3. L'area in variante è costituita da terreni caratterizzati da alluvioni antiche a litologia prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa.
4. L'assetto geomorfologico dell'area è sostanzialmente sub pianeggiante. Non sono stati rilevati fenomeni geomorfologici in atto o in evoluzione.
5. Dai dati bibliografici la superficie freatica possiede una soggiacenza di circa 40 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.
8. Le terre da scavo dovranno essere trattate nel rispetto della normativa vigente.

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

Seniga 11.02.2020

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

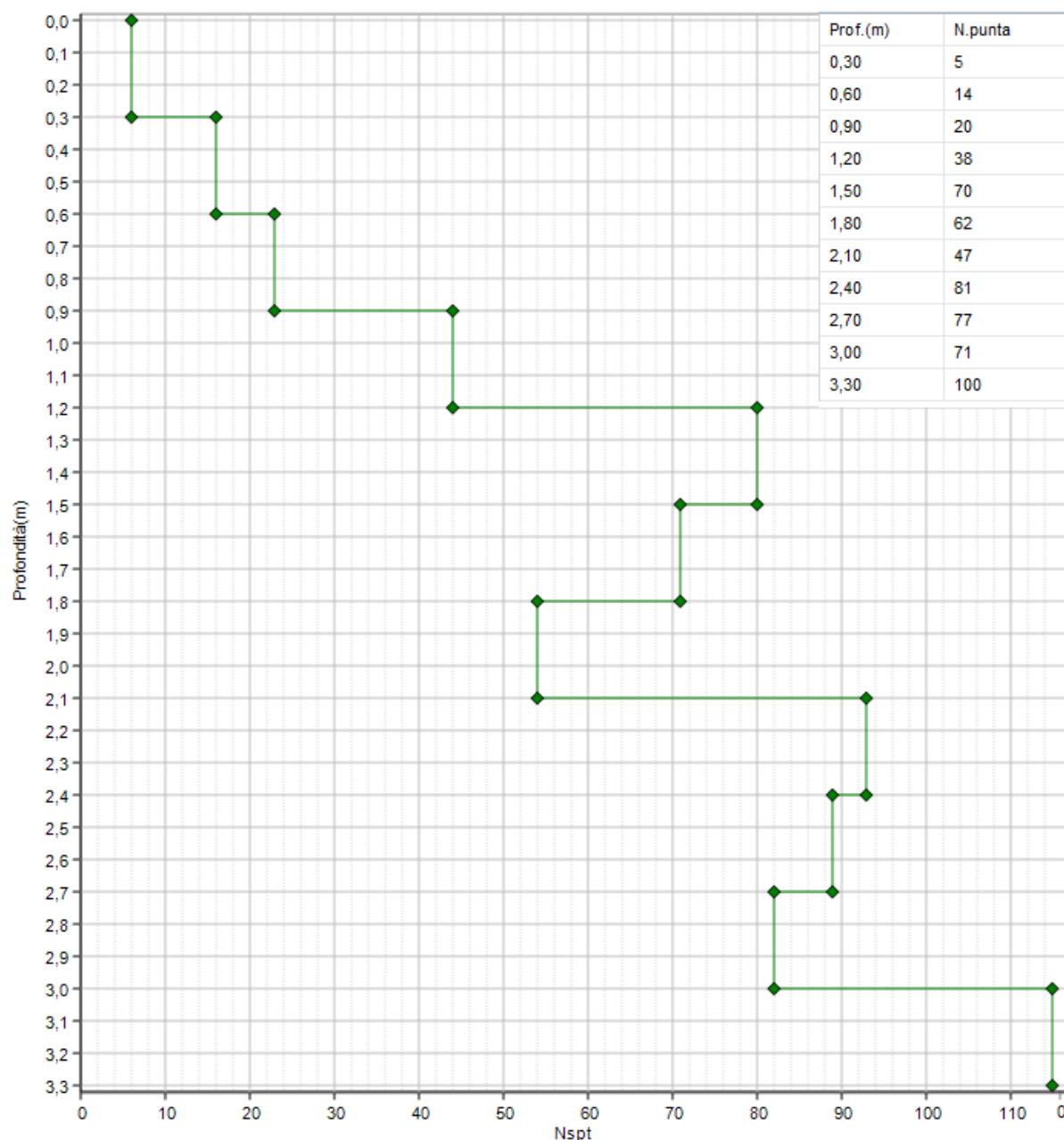
	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	50 di 55
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

## 12. TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOLOGICI

FOGLIO	02					
MAPPALe	32 / 33					
QUOTA (m.s.m)	Da 183.60 a 181.60					
QUOTA FALDA (m.s.m)	~140.00					
SOGGIACENZA (m)	~40.00					
CLASSE FATTIBILITA'	2 (da PGT) / 2 (sulla base delle osservazioni effettuate in sito)					
ZONA SISMICA	2					
PERICOLOSITA' SISMICA	Z4a					
ANALISI SISMICA DI II LIVELLO	Fa > Soglie*					
CLASSE TOPOGRAFICA	T1					
CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	B → *declassato a C					
CLASSE DELL'EDIFICIO	II					
PARAMETRI SISMICI		Ag (g)	Fo		Tc (s)	
	SLV	0.148	2.427		0.276	
	SLD	0.054	2.448		0.232	
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA SS	1.48					
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST	1.00					
FREQUENZA FONDAMENTALE (Hz)	2.44					
LIQUEFAZIONE	NO					
MODELLO GEOTECNICO	Nome	Profondità	γ (kg/dm³)	φ (°)	Cu (kg/cm²)	E (kg/cm²)
	A	0.00 – 0.30	1.7	/	/	/
	B	0.30 – 0.90	1.8	35	/	350
	C	0.90 – 3.30	1.9	38	/	500
TIPO DI FONDAZIONE	LINEARI					
RESISTENZA SLU FONDAMENTALE kg/cm²	2.7					
RESISTENZA SLU SISMICA kg/cm²	1.9					



# ALLEGATO 1 - Prova penetrometrica



## ALLEGATO 2

### 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'Azienda Agricola Luigi Rossini**

• 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

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione geologica	Febbraio 2020	0	53 di 55
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

- 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;
- 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 11.02.2020

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	Febbraio 2020	0	54 di 55
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.

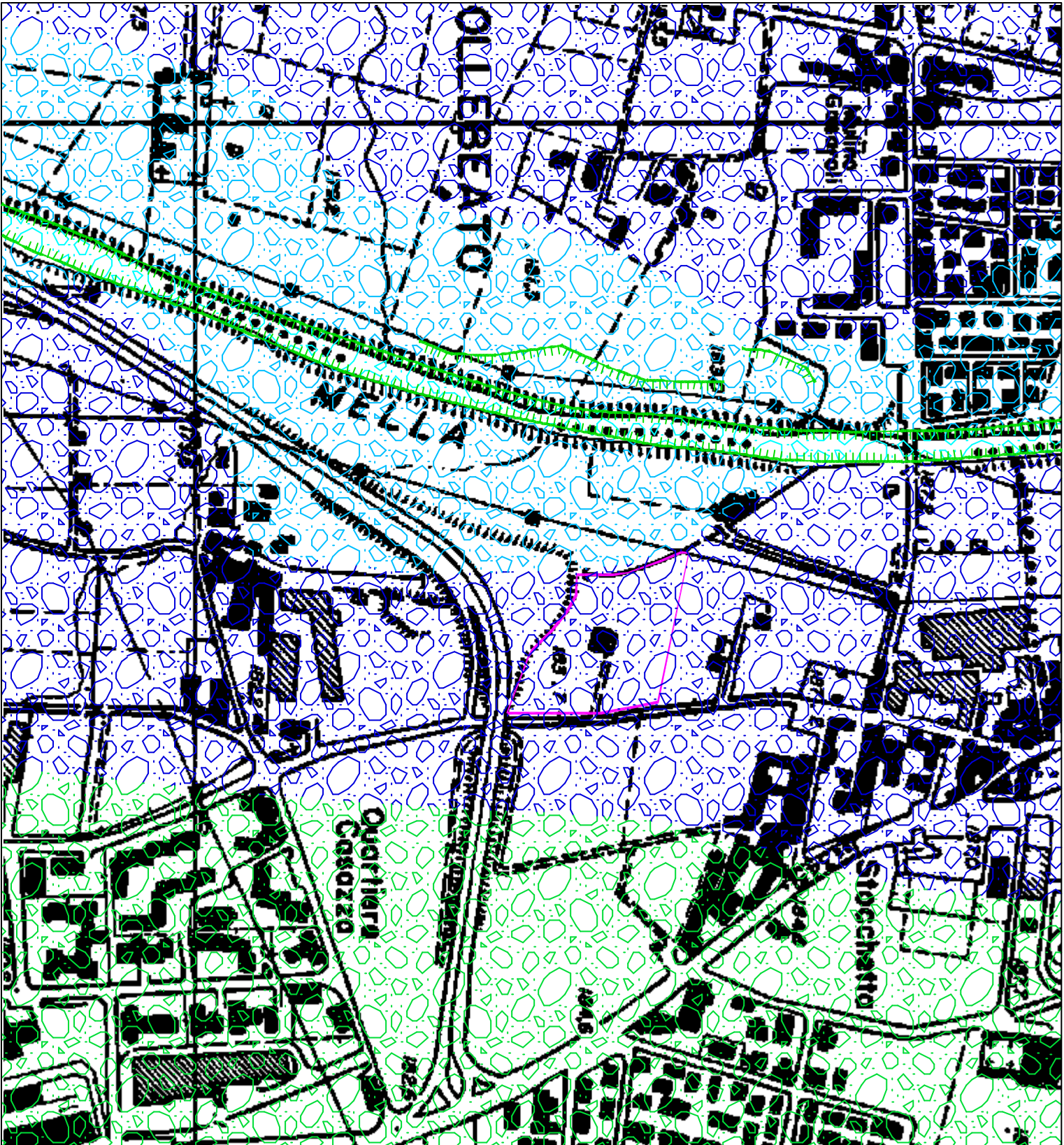
  
Firma del titolare.....  
SENIGA.....li.....04.2013  
Impronta del dito indice sinistro.....  


Valida fino al 26.08.2023  
  
diritto fisso € 5,16  
diritti di seg. € 0,26  
CARTA D'IDENTITA'  
  
AT 6138253  


I.P.Z.S. 52A - OFFICINA C.V. - ROMA

REPUBBLICA ITALIANA  
  
COMUNE DI  
SENIGA  
BRESCHIA  
CARTA D'IDENTITA'  
N° AT 6138253  
DI  
ALETTI  
CORRADO





Comune di Brescia

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" C.S.L.P.; Eurocodice 8 - Parte 6; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2008

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP per ampliamento Azienda Agricola

Il Committente: Az. Agr. Luigi Rossini

TAVOLA 1

scala 1:5.000

Carta geologica e morfologica

Legenda:



s<sup>1</sup> : Alluvioni siltose - Depositi & criosolco - ss2008



s<sup>2</sup> : Alluvioni medio recenti - Depositi & criosolco - ss2008



s<sup>3</sup> : Alluvioni antiche - Depositi & criosolco - ss2008



t<sup>1</sup> : Alluvioni (liviglosi) e livelli - Depositi & criosolco - ss2008



c : Cricche (liviglosi) e livelli



A : Aree in visita

Il Geologo:  
Dr. Corrado Alelli



codice tiled bs-0551n-suap

03		
02		
01	03.02.2020	revisore - Revisione 00
N	data	descrizione





Comune di Brescia

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle "NTC" C.S.L.P.; Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2008

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

**SUAP per ampliamento Azienda Agricola**

Il Committente: Az. Agr. Luigi Rossini

**Tavola 2**

scala 1:5.000

### Carta idrogeologica e del reticolo idrografico

Legenda:

Permeabilità elevata

Corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore

Isopiezo (eq=sn)

Direzione flussabilità

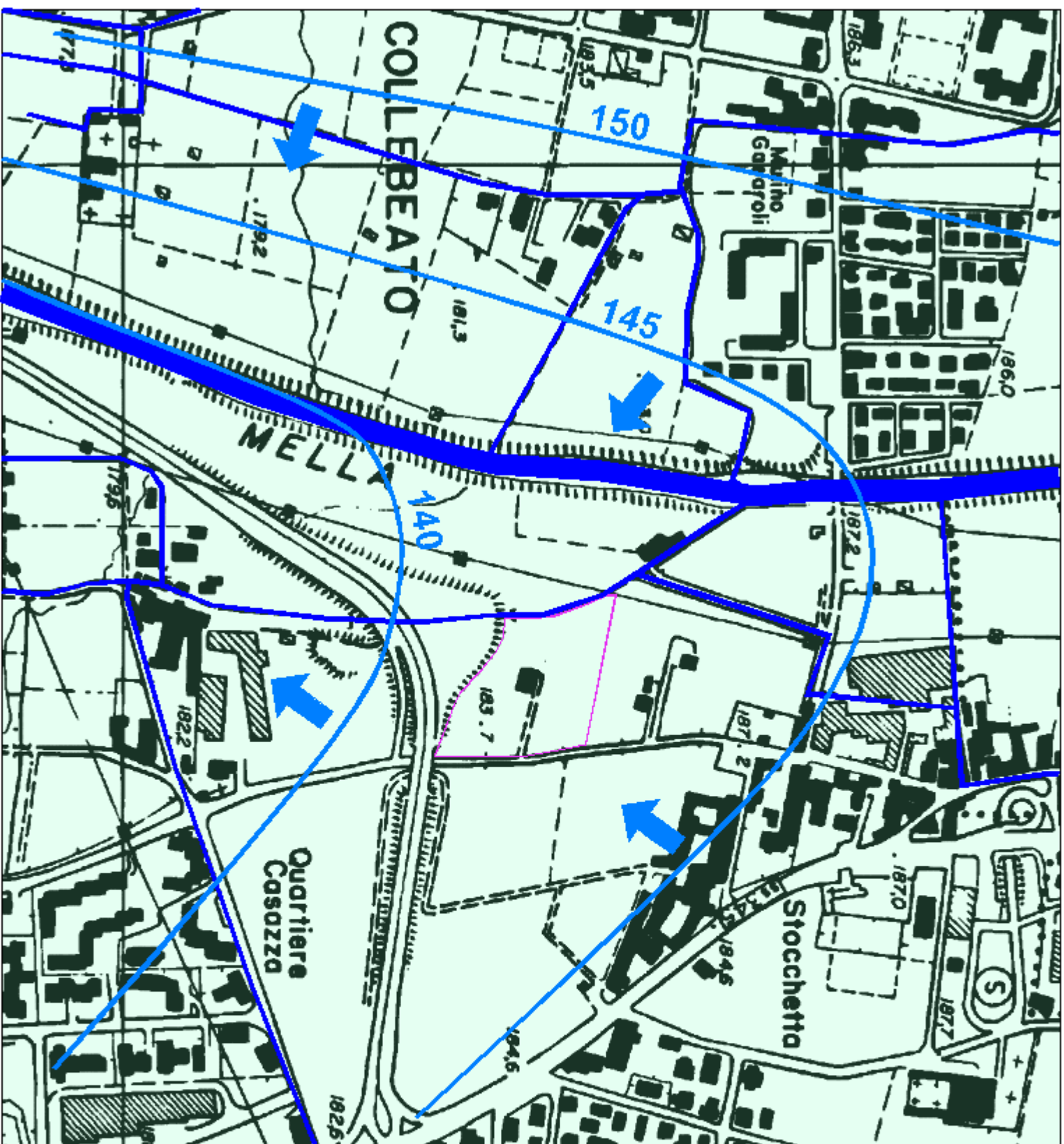
Area in variante

Il Geologo:  
Dr. Corrado Alelli



codice file: bs-rossini-suap

03	
02	
01/03/02/2020	elaborazione - Revisione 00
N	data
	descrizione



Comune di Brescia

## Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008: Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" CSLP; Eurocodice 8 - Parte 6; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2005

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SNAP per ampliamento Azienda

Agricola

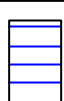
Il Committente: Az. Agr. Luigi Rossini

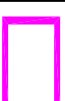
Tavola 3

scala 1:5.000

### Carta della pericolosità sismica locale

Legenda:

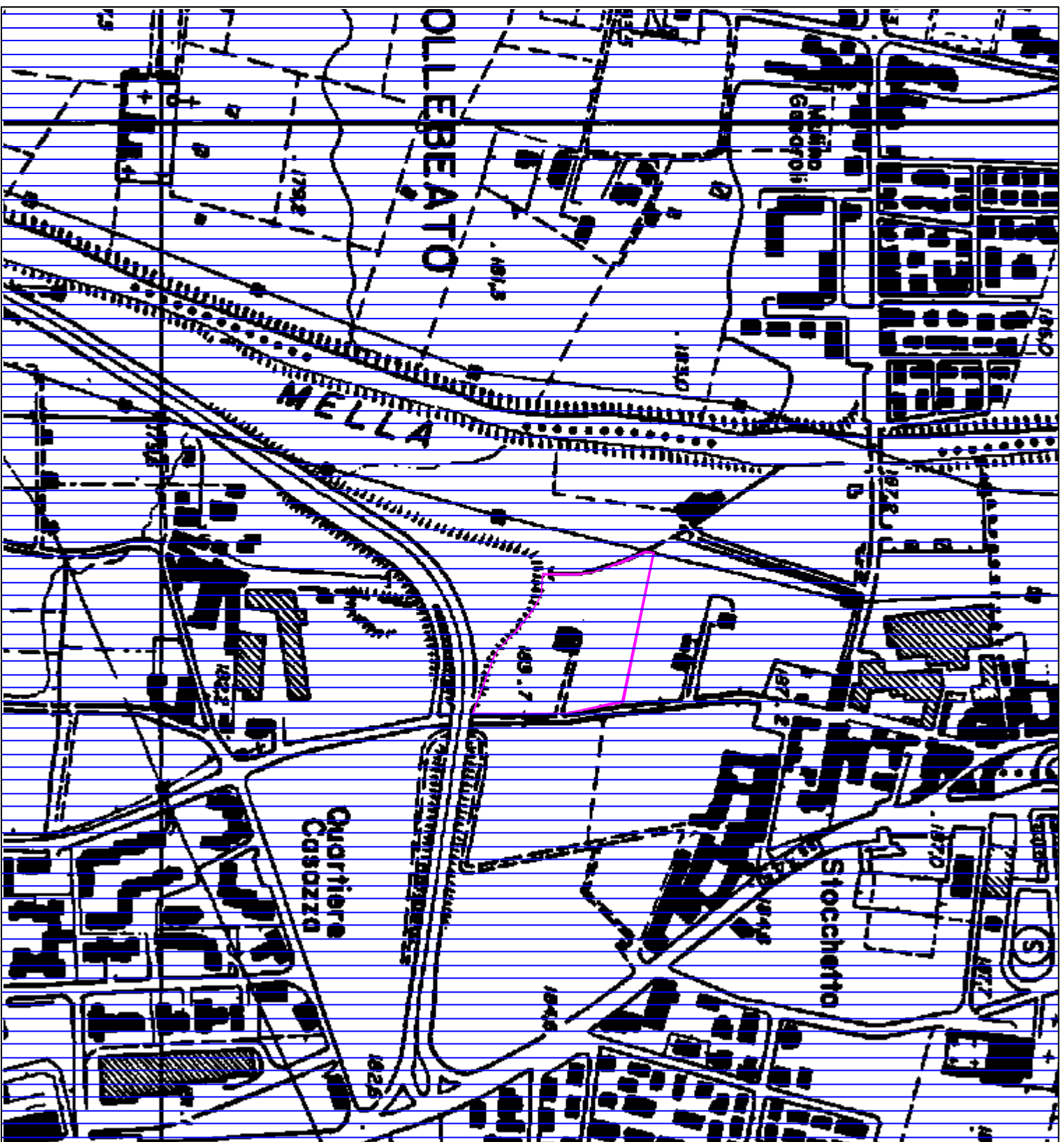
 Z4a - Zona di fondovalle, con depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali grandi e/o coesi

 Area in variante

Il Geologo:  
Dr. Corrado Alelli



codice file bs-snap-hisnap		
03		
02		
01	03/02/2020	emissione - Revisione 00
N	data	descrizione



Comune di Brescia

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008: Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" CSLP; Eurocodice 8 - Parte 6; Eurocodice 7-1 - Parte 1; Eurocodice 7-2 - Parte 2; Eurocodice 7-3 - Parte 3; L.R. 12/2008

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP per ampliamento Azienda Agricola

Il Committente: Az. Agr. Luigi Rossini

Tavola 4

scala 1:5.000

Carta della vulnerabilità naturale

Legenda:

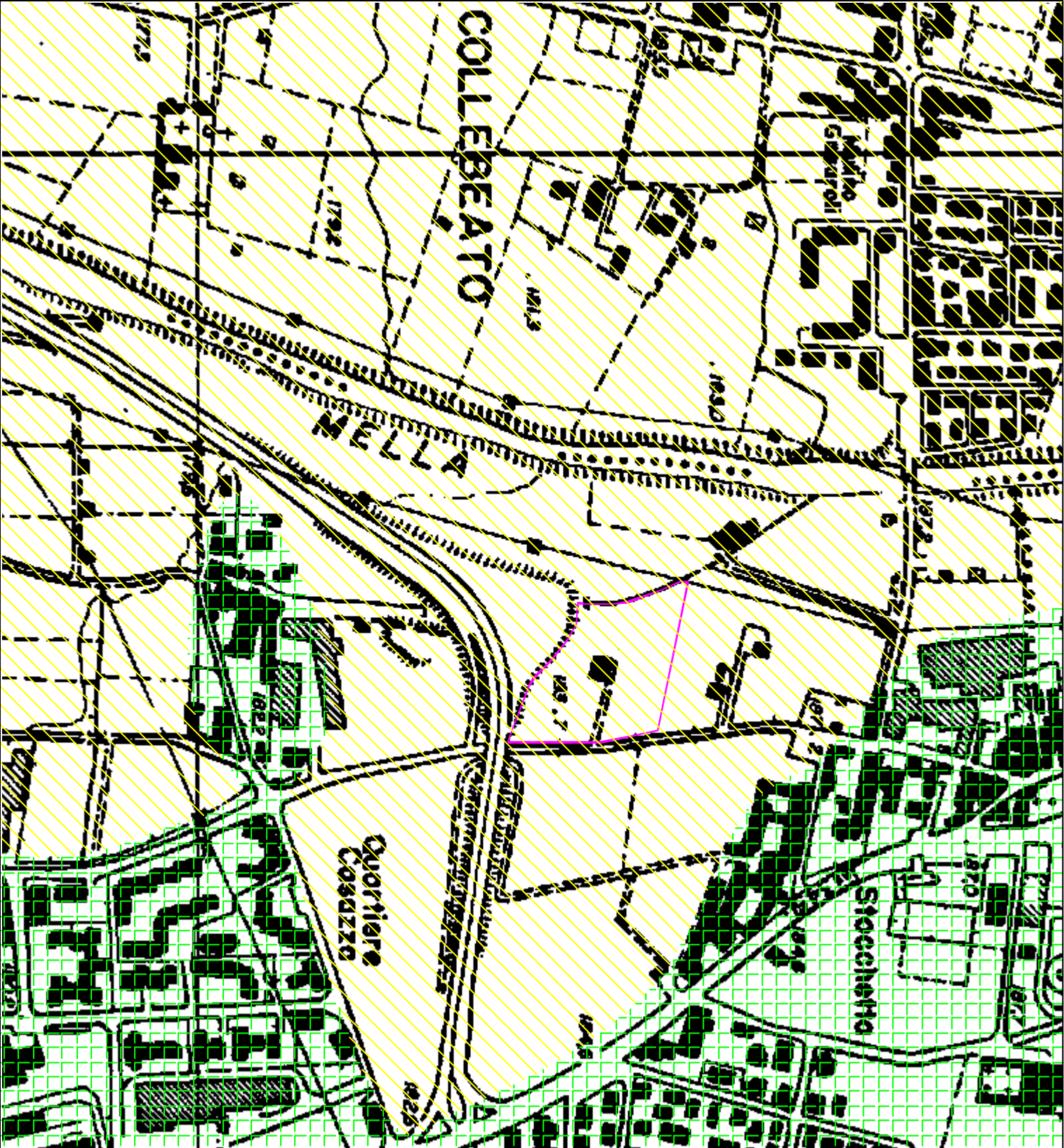
Dato di vulnerabilità	Libertà di superficie	Profondità del letto della ghiaia	Caratteristica del suolo
Basso	Argilla Limo	> 10 m > 10 m	confinato/libero confinato
Medio	Argilla Limo	< 10 m > 10 m	confinato/libero libero
Alto	Sabbia/ghiaia Limo	> 10 m < 10 m	confinato libero
Elevato	Sabbia ghiaia	< 10 m < 10 m	confinato confinato
Estremamente Elevato	ghiaia	>10m - <10m 0 m	libero libero

Area in variante

Il Geologo:  
Dr. Corrado Alelli



N	codice file: bs-rosini-suap
03	
02	
01	03.02.2020
N	data
	versione - Revisione 00
	descrizione





Comune di Brescia

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008: Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle NTC" CSL PI Eurocodice 8 - Parte 6; Eurocodice 7-1 - Parte 1; Eurocodice 7-2 - Parte 2; Eurocodice 7-3 - Parte 3; L.R. 12/2008

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

SUAP per ampliamento Azienda Agricola

Il Committente: Az. Agr. Luigi Rossini

Tavola 5 scala 1:1.000

Carta di sintesi e dei vincoli

Legenda:

VULNERABILITA' DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Arco allagabili P.G.R.A.: codice scenario M

Arco allagabili P.G.R.A.: codice scenario L

Fascia B PAI

Fascia C PAI

Vulnerabilità idrogeologica alla

Vincoli di polizia idraulica del RIM

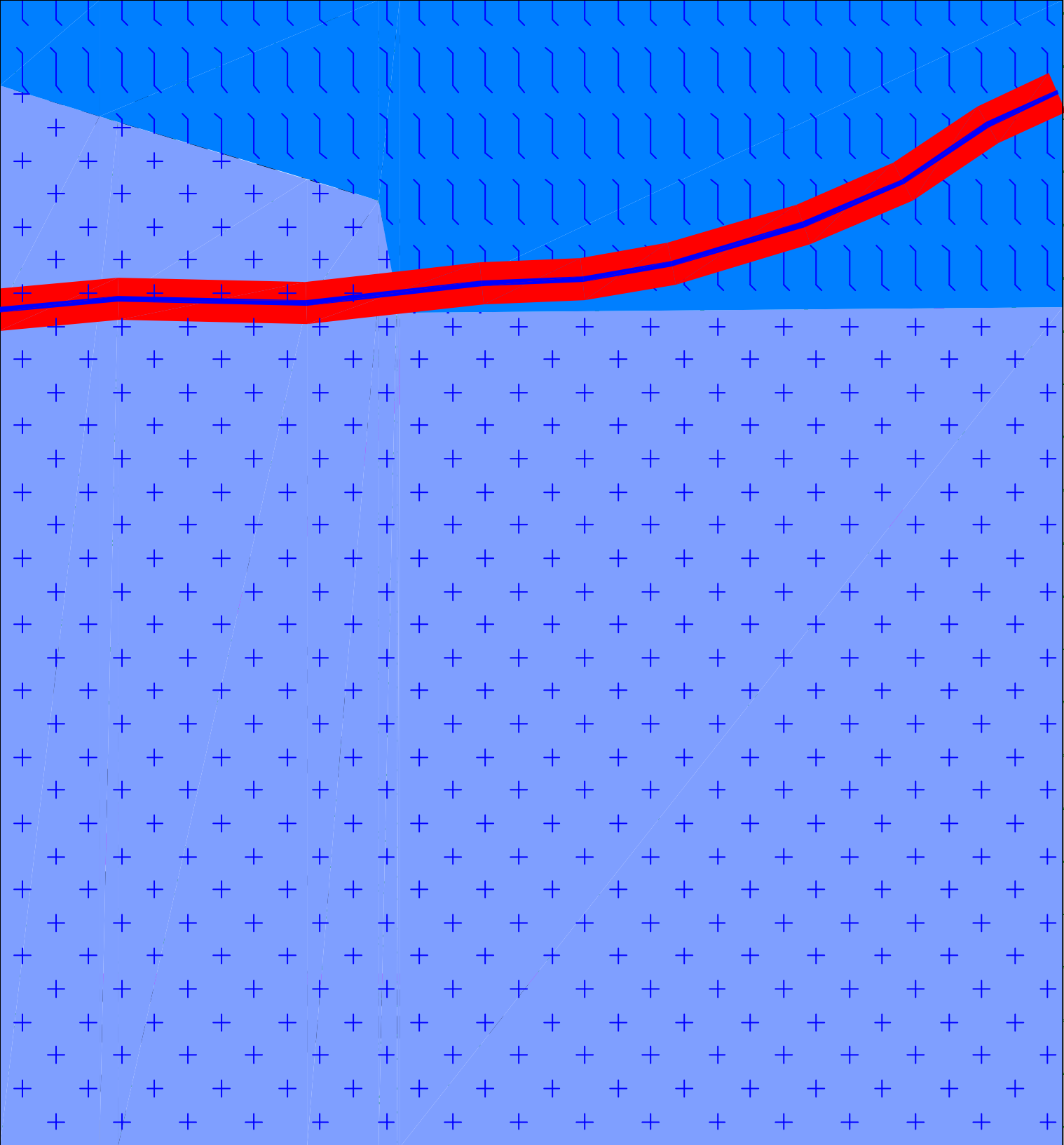
Corsi d'acqua del RIM

Area in variante

Il Geologo:  
Dr. Corrado Alelli



N		codice file bs-rossihsuap	
03	02		
01	03/02/2020	emissione - Revisione 00	
N	data	descrizione	



**Comune di Brescia**

**Provincia di Brescia**

D.M. 14/01/2008, Circolare 02/02/08 "Istruzioni per l'applicazione nelle UTC" C.S.L.P. Eurocodice 8 - Parte 5; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2008

**STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO**

**SUAP per ampliamento Azienda Agricola**

**Il Committente: Az. Agr. Luigi Rosani**

**Tavola 6**

scala 1:1.000

**Carta della fattibilità geologica**

**Legenda:**

**Classe di pericolosità 4**

4a: Vincoli di polizia idraulica del Fiume

**Classe di pericolosità 3**

3: Area ricadenti nella Fascia B del PAI ricompreso all'interno delle aree allegabili con scenario M (poco frequenti) del PGR. Vulnerabilità idrogeologica alta.

2: Area stabili con buona caratteristico geotecnico.

**Pericolosità sismica locale**

Z4a

Area in variante

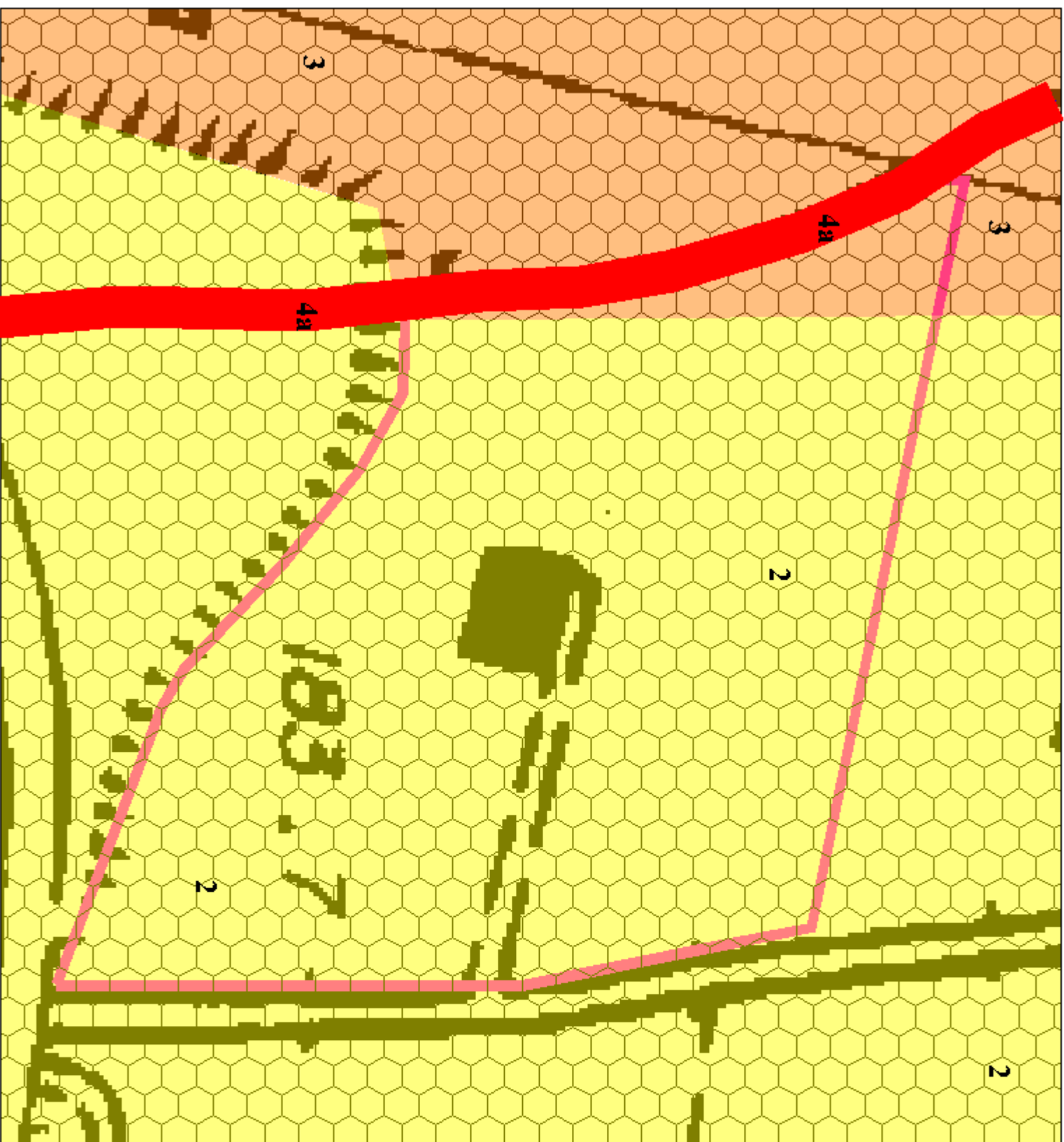
**Il Geologo:**

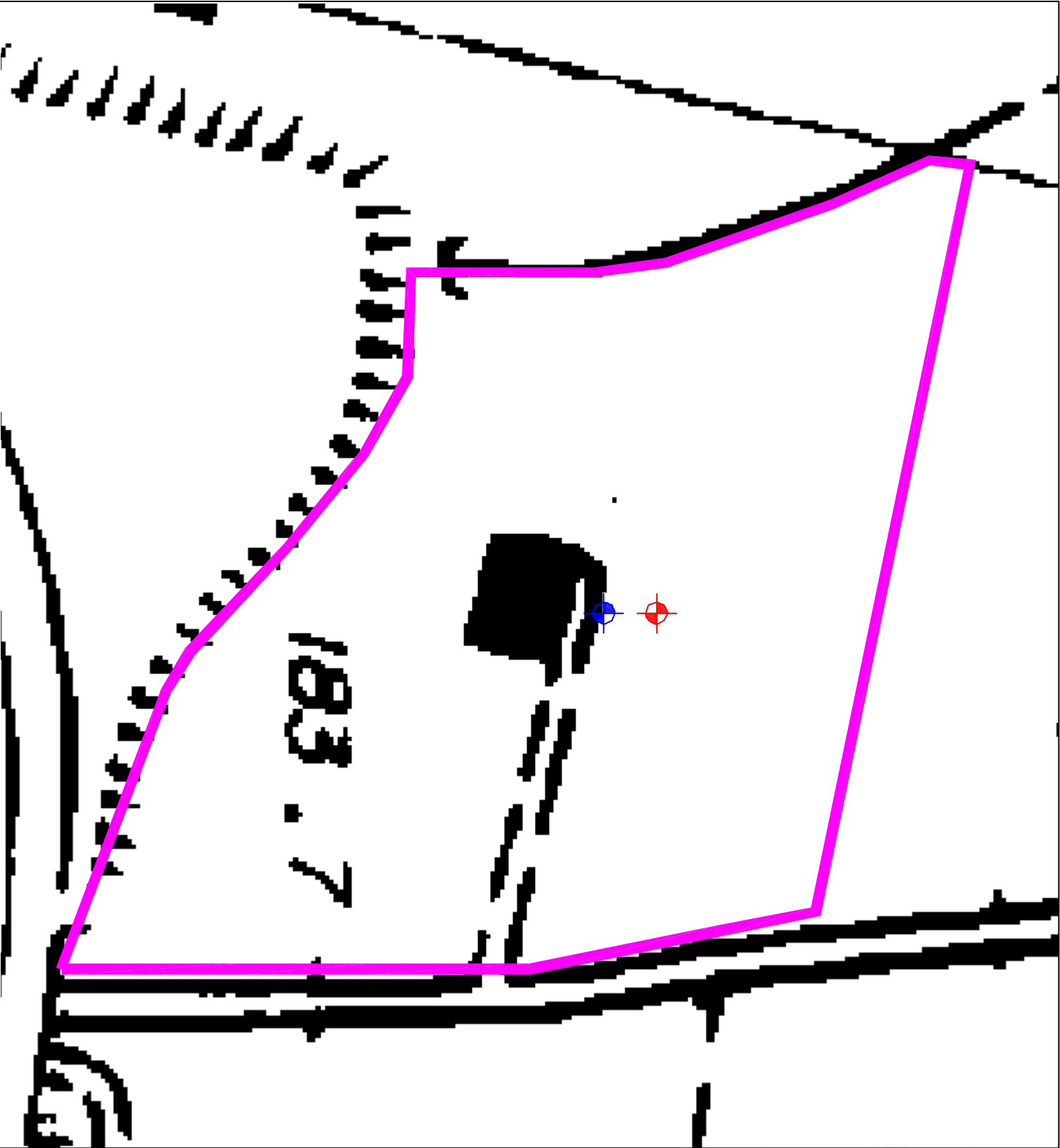
**D. Corrado Akili**



**codice file: bs-rossini-suap**

03	02	01	03/02/2020	e778807e-707e-00	descrizione
N	N	N			





Comune di Brescia

Provincia di Brescia

D.M. 14/01/2008; Circolare 02/02/09 "Istruzioni per l'applicazione nelle "NTC" C.S.L.P.; Eurocodice 8 - Parte 6; Eurocodice 7.1 - Parte 1; Eurocodice 7.2 - Parte 2; Eurocodice 7.3 - Parte 3; L.R. 12/2008

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

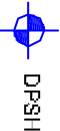
SUAP per ampliamento Azienda Agricola

Il Committente: Az. Agr. Luigi Rossini

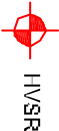
Tavola 7      scala 1:1.000

Ubicazione indagini

Legenda:



DPSH



HVSr



Area in variante

Il Geologo:  
Dr. Corrado Akaii



N		codice file: bres-suaup	
03			
02			
01	05/02/2020	revisione - Revisione 00	
N	data	descrizione	