

# Progetto Parchi e Infrastrutture verdi - Seregno Est

CUP G22H22000740004

Progetto Definitivo

## C2 - RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA



RESPONSABILE DI PROCEDIMENTO

Francesco Occhiuto

UFFICIO TECNICO

Donatella Battistoni

Francesca Salmaso

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO



Blu Progetti Srl *Capogruppo mandataria*

Massimo Sartorelli

Elisa Tresoldi



Ubistudio Srl


Alessandro Ali

Maddalena Lama

Dott. Geologa Elena Nostrani


Dott. Forestale Enrico Pozzi

REV.01  
Febbraio 2024

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 1
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

## Indice

1	Premessa .....	2
2	Localizzazione delle aree e breve descrizione degli interventi .....	3
3	Inquadramento geologico – geomorfologico ed idrogeologico .....	4
4	Indagini eseguite per la definizione del modello geologico - geotecnico .....	7
4.1	Prove penetrometriche dinamiche .....	7
5	Modello geologico e parametrizzazione geotecnica .....	12
6	Aspetti relativi alla sismicità.....	15
6.1	Breve cenno al quadro normativo .....	15
6.2	Sorgenti sismogenetiche e sismicità storica.....	16
6.3	Pericolosità sismica .....	17
6.4	Indagine HVSR .....	22
6.5	Analisi sismica di secondo livello.....	28
6.6	Categoria di sottosuolo, categoria topografica e stima dell'effetto sismico per le opere di progetto .	30
7	Verifica alla liquefazione.....	32
8	Fattibilità geologica e vincoli presenti sull'area .....	33
9	Analisi chimiche.....	35

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 2
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

## 1 Premessa

La presente relazione geologica (R1 – R3), geotecnica (R2) e sismica è relativa alla realizzazione degli interventi afferenti al Lotto C – Orti – Lazzaretti del progetto “Parchi e infrastrutture verdi Seregno est” (CUP: C22H22000740004 – CIG: 9828450584), la cui Stazione Appaltante è il Consorzio Parco Grugnotorto Villorosi e Brianza Centrale.

Lo studio ha lo scopo di definire i caratteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici dell’area interessata dall’intervento, secondo quanto contenuto nella normativa vigente, con particolare riferimento a:

- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- O.P.C.M. 28.04.2006 N°3519 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- NTC 2018 – “Norme Tecniche delle Costruzioni”;
- Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n. 27: “Istruzioni per l’applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008”;
- D.G.R. 2616/ 2011 – Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio”;
- D.G.R. 11 luglio 2014 n.2129 “Aggiornamento delle zone sismiche di Regione Lombardia”;
- Componente Geologica del P.G.T. del Comune di Seregno (MB);
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica alle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica – Parte I: regole Generali – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) - UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002) – UNI.

Le N.T.C. 2018 (§ 6.2.1) prevedono di caratterizzare la geologia del sito, attraverso la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio descritti e sintetizzati nel modello geologico di riferimento, compatibilmente con la fase progettuale analizzata.

L’importanza del modello geologico è quello di costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

Di seguito, dopo avere localizzato l’area in oggetto, sarà definito un modello geologico mediante l’inquadramento geomorfologico, geologico-strutturale ed idrogeologico con una sintesi della pericolosità geologica del territorio, quindi saranno elaborati i risultati relativi alle indagini eseguite il giorno 26 ottobre 2023 nell’area di studio.

In riferimento alla normativa sopra richiamata, il presente documento è volto all’individuazione del modello geologico del sito e all’individuazione della pericolosità sismica di base.

Sono stati inoltre forniti i parametri geotecnici caratteristici degli orizzonti discriminati così come prevede la normativa di settore (NTC/2018).

## 2 Localizzazione delle aree e breve descrizione degli interventi


L'area oggetto di intervento si trova nel Comune di Seregno (MB), nella porzione meridionale del territorio comunale. L'area è individuabile nella Carta Tecnica Regionale (CTR) al foglio B5 alla scala 1:50.000 e alla sezione B5c4 alla scala 1: 10.000.

Figura 1: Inquadramento su ortofoto dell'area di intervento.



Figura 2: estratto CTR con localizzazione delle aree di intervento.



	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 4
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

Il lotto di progetto si configura attualmente come un'area a verde, a cui si accede da Via Respighi.

Gli interventi di progetto consisteranno nella realizzazione di orti comunali al fine di perseguire l'intento di attuare un servizio socialmente utile atto a promuovere un'attività in armonia con l'ambiente.

Le opere passibili di relazione geologica, geotecnica e sismica riguardano la formazione di un'area attrezzata dove troveranno posto i servizi igienici, lavandini esterni e una zona di tavoli e panche creata per favorire la socializzazione tra i fruitori dell'area.

Per i dettagli costruttivi si rimanda alle specifiche tavole di progetto.

### 3 Inquadramento geologico – geomorfologico ed idrogeologico

L'area di intervento si colloca nell'alta pianura padana centro settentrionale, ed è caratterizzata da depositi di età pliocenico – quaternaria e di ambiente sia marino che continentale, i quali ricoprono in discordanza le formazioni conglomerato – arenacee mioceniche.

Dal punto di vista strutturale il bacino padano può essere considerato un'area di avanfossa che si è originata da una progressiva migrazione della placca africana verso quella europea, conseguentemente alla subduzione della microplacca padano - adriatica interposta, rappresentante il lembo settentrionale del blocco adriatico – pugliese compreso tra il fronte degli accavallamenti appenninici e sud alpini dinarici; come tale, essa è quindi soggetta a un doppio fenomeno di compressione, al di sotto delle coltri appenniniche e sud alpine, che si è protratto sino al Miocene Superiore.

I sedimenti che si rinvergono nell'area in esame sono stati deposti e modellati da due agenti principali: l'azione dei ghiacciai e l'azione fluviale. L'evoluzione post – miocenica e quaternaria dell'area è stata caratterizzata dalla presenza di numerosi scaricatori fluvio – glaciali, e successivamente la piana è stata poi modellata anche dall'azione dei corsi d'acqua. Ciò significa che nella parte più superficiale essa è costituita dai sedimenti trasportati dai ghiacciai plio – pleistocenici occupanti gli anfiteatri del Verbano e del Lario, e dai rispettivi depositi fluvioglaciali. Durante il periodo interglaciale che intercorre tra le glaciazioni del Pliocene superiore e quelle del Pleistocene medio, si sono poi depositati inoltre alcuni conglomerati fluviali.

Come si evince dalla carta geologica del PGT Comunale, l'intero territorio di Seregno è impostato su una piana fluvioglaciale costituente il Livello Fondamentale della Pianura formatasi a seguito del riempimento alluvionale durante l'ultima glaciazione; i sedimenti che si rinvergono sono ghiaie – più o meno sabbiose – in abbondante matrice limoso – argillosa e dotati di un grado di permeabilità medio, seguiti in profondità da conglomerati fratturati con intercalazioni ghiaiose che vengono usualmente conosciuti come "Ceppo".

Dal punto di vista morfologico, l'area si presenta come sub – pianeggiante; non si segnalano dissesti attivi o quiescenti sulle aree.

Dal punto di vista idrogeologico, il settore di pianura preso in considerazione si contraddistingue per gli elevati quantitativi idrici prelevati dal sottosuolo; in queste aree si estende un vasto settore del livello fondamentale della pianura, in cui la rete idrografica superficiale è modesta o addirittura assente, ad esclusione delle aste fluviali principali: questo perché le acque meteoriche tendono ad infiltrarsi, soprattutto a causa del ridotto strato di alterazione che consente una rapida percolazione in profondità.

I dati a disposizione per la zona, indicano la presenza di 2 acquiferi, uno contenuto nella porzione superiore della litozona conglomeratica del Ceppo, l'altro nelle intercalazioni sabbioso – ghiaiose nella successione prevalentemente argillosa delle Argille del Ceppo.

Secondo la carta idrogeologica allegata al PGT Comunale (elaborata a partire dai dati dell'AMSP relativi agli anni 1999/2000), considerando una quota media della superficie topografica pari a 215 m s.l.m. ed un livello piezometrico a quota di 163 m s.l.m., si registra una soggiacenza di circa 52 m.

**Figura 3: Stralcio della carta geologica da PGT Comunale.**



Piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura, formatasi per colmamento alluvionale durante l'ultima glaciazione.

Aree sub-pianeggianti generate dalla deposizione fluvioglaciale dei conoidi di Seveso, Lambro e Molgora a sub-strati ghiaiosi calcarei.

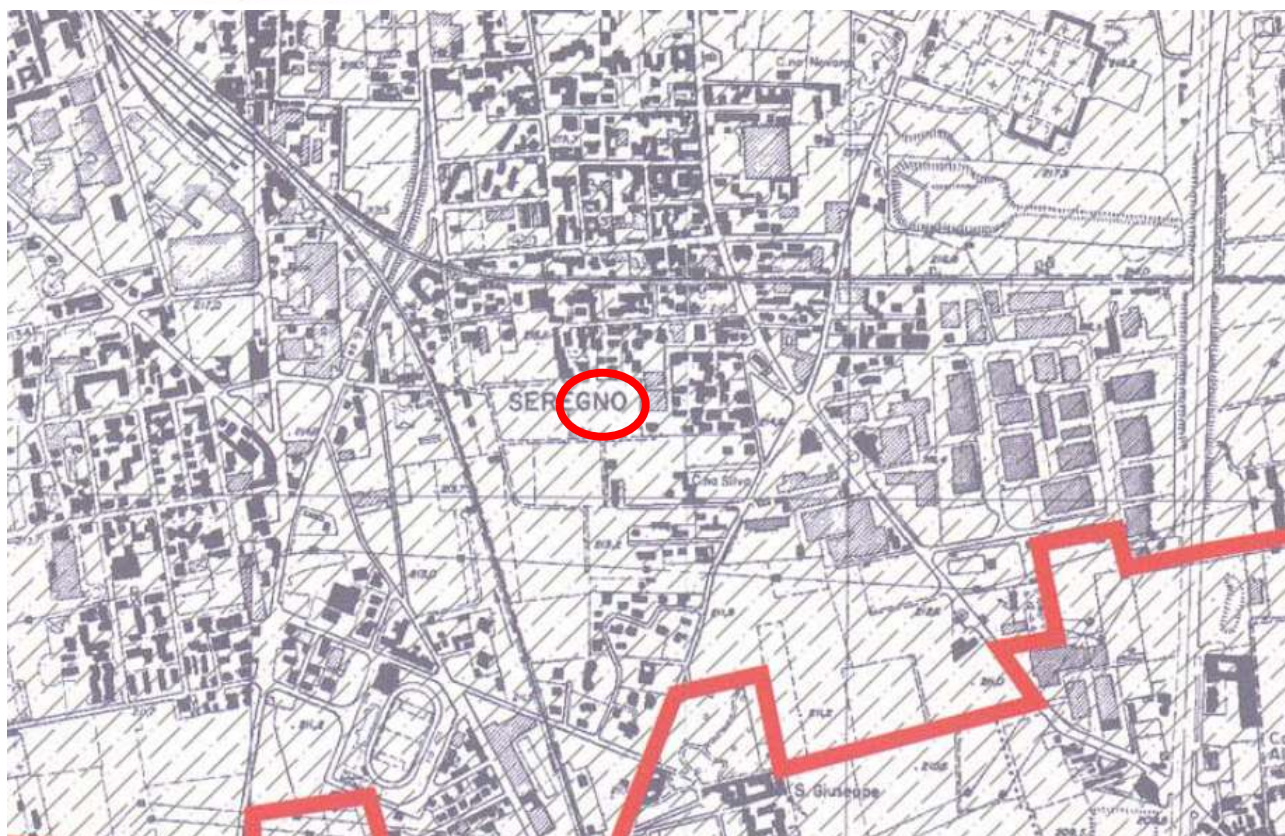


Figura 4: Stralcio della carta idrogeologica di dettaglio da PGT Comunale.

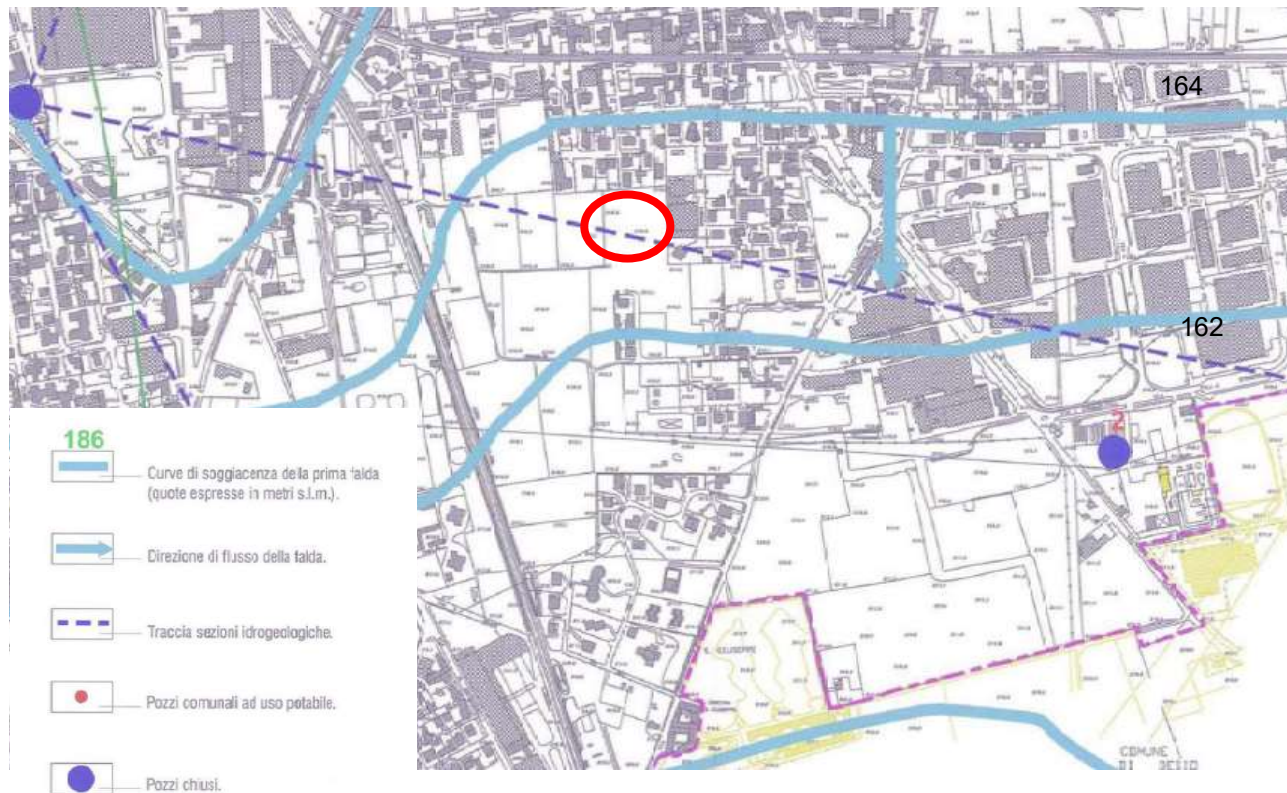



Figura 5: Sezione idrogeologica da PGT Comunale.



	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 7
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

## 4 Indagini eseguite per la definizione del modello geologico - geotecnico

In data 26 ottobre 2023, sono state eseguite sul sito le seguenti indagini:

- Esecuzione di n° 2 prove penetrometriche dinamiche (DPM) con penetrometro PAGANI mod. TG30 – 20 SE, al fine di valutare le caratteristiche geotecniche dei terreni impegnati nell'imposta delle fondazioni;
- Esecuzione di n° 1 indagine HVSR per il calcolo della Velocità equivalente delle onde s (Vsequ.) al fine di ottemperare alla normativa sismica

È stato inoltre raccolto un campione (C1) a circa 30 cm di profondità, da sottoporre ad analisi chimiche, così come richiesto dalla Committenza.

**Figura 6: Localizzazione delle indagini eseguite in data 26 ottobre 2023.**




### 4.1 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche superpesanti consistono nella misura della resistenza del terreno alla penetrazione di una punta conica con caratteristiche geometriche note, infissa per battuta nel terreno per mezzo di un maglio avente massa standardizzata.

Le prove sono state eseguite con il penetrometro PAGANI TG 30-20, attrezzatura conforme a quanto previsto dalla configurazione ISSMFE (International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering).



	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 8
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

Il numero di colpi necessario all'avanzamento della batteria di aste nel sottosuolo è proporzionale alla resistenza dinamica degli strati di terreno; mediante correlazioni empiriche con il valore di  $N_{spt}$  è possibile estrapolare i valori dei parametri geotecnici dei diversi strati.

Di seguito vengono indicate le caratteristiche del penetrometro utilizzato:

Massa del Maglio: 30 kg

Altezza di caduta: 0,50 m

Lunghezza delle aste: 1,0 m

Area punta conica: 10 cm<sup>2</sup>

Angolo apertura punta conica: 90°

**Figura 7: Classificazione dei penetrometri dinamici (IISMFE).**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
<u>Medio</u>	<u>DPM (Medium)</u>	<u><math>10 &lt; M &lt; 40</math></u>
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

L'analisi dei grafici delle prove penetrometriche consente di valutare il quadro stratigrafico e di fornire in maniera quali-quantitativa i parametri geotecnici dei livelli di terreno attraversati.

Le due prove penetrometriche sono state spinte sino a rifiuto, raggiunto a 4,10 m (P1) e a 2,3 m (P2) di profondità.

È stata inoltre trovata evidenza di acqua in entrambe le prove a circa 1,5 m da p.c; tuttavia si ritiene essere una falдина locale e non la vera e propria falda che, è risaputo essere in queste zone a circa una cinquantina di metri di profondità.

L'analisi dei grafici delle prove penetrometriche consente di valutare il quadro stratigrafico e di fornire i parametri geotecnici dei livelli di terreno intercettati.

Per l'interpretazione delle prove sono stati innanzitutto identificati degli orizzonti contraddistinti da valori simili della resistenza alla punta: a questi orizzonti sono stati assegnati i valori corrispondenti alla media dei valori registrati nella prova.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Geostru Dynamic Probing, aggiornato all'ultima versione.

**Figura 8: Documentazione fotografica delle prove penetrometriche eseguite.**



Prova penetrometrica P1



Prova penetrometrica P2

Di seguito la rappresentazione i grafici delle prove penetrometriche eseguite.

Figura 9: Prova penetrometrica P1.

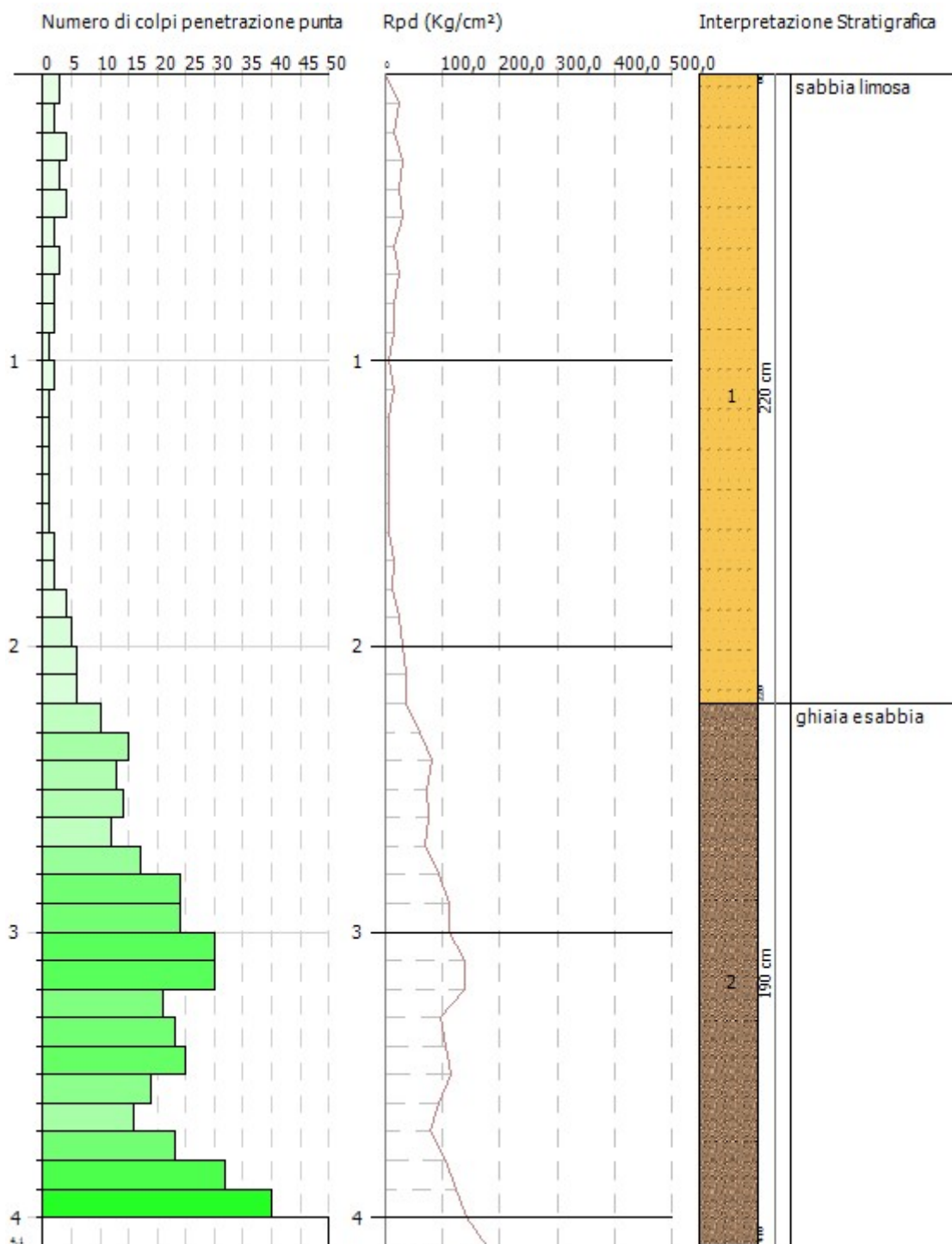
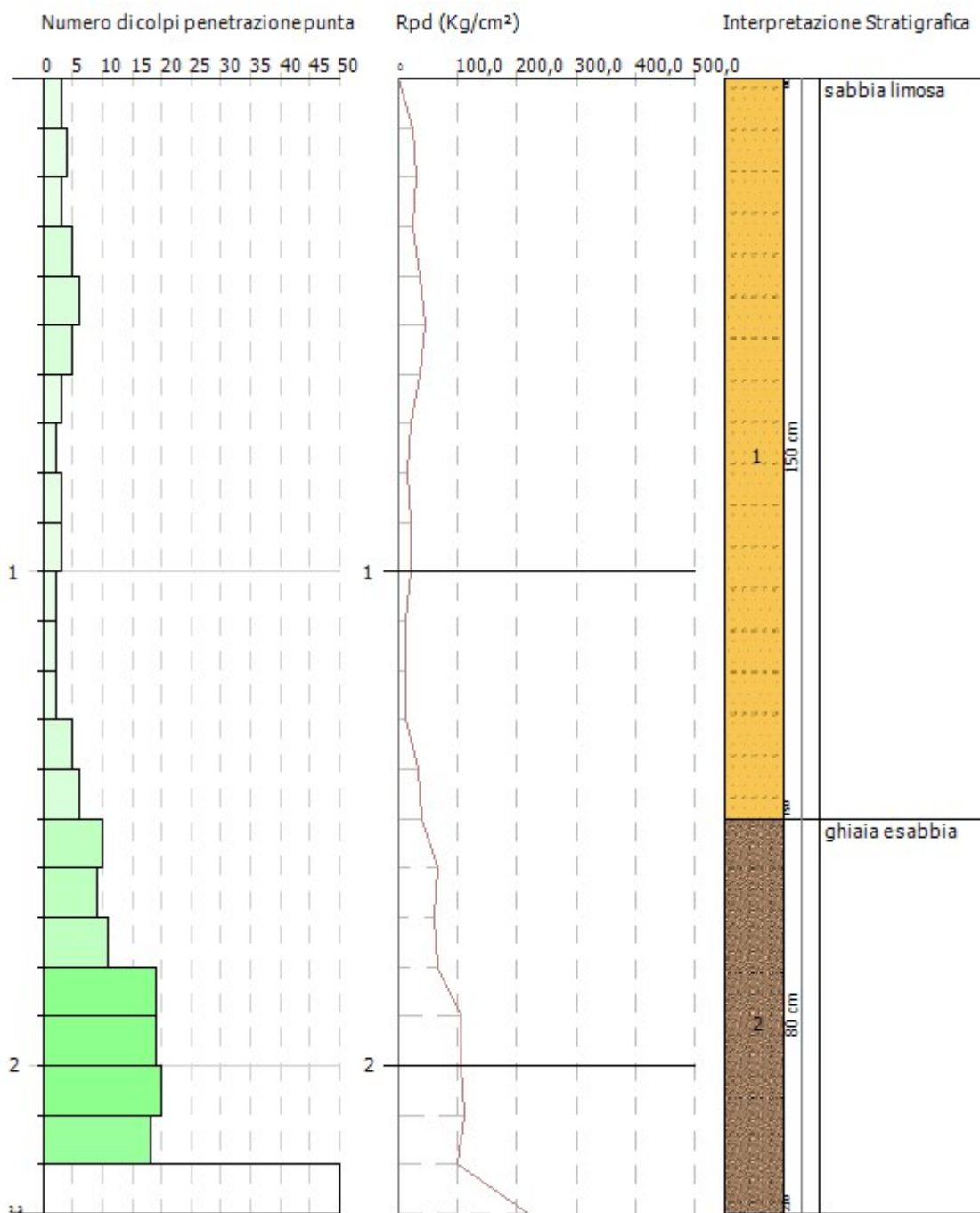



Figura 10: Prova penetrometrica P2.



	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 12
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

## 5 Modello geologico e parametrizzazione geotecnica

Come si può vedere dai diagrammi penetrometrici, le prove presentano tutte un orizzonte iniziale costituito con buona probabilità da sabbia limosa, caratterizzato da un basso numero di colpi. Questo orizzonte, che ha una spessore variabile tra 1,50 m (prova P2) e 2,20 m (prova P1), risulta avere caratteristiche geotecniche scadenti. Oltre tale strato, è presente un orizzonte dotato di buone caratteristiche geotecniche costituito da ghiaia e sabbia, all'interno del quale entrambe le prove sono andate a rifiuto, probabilmente per l'intercettazione di ciottoli che non hanno permesso l'ulteriore avanzamento della punta. Si ricorda che le prove penetrometriche, essendo indagini puntuali, vanno a definire l'esatta stratigrafia solo in corrispondenza della verticale indagata; quindi, durante le operazioni di scavo, se dovessero essere rinvenuti orizzonti di terreno particolarmente scadente alla quota di imposta delle fondazioni di progetto definita, questi dovranno essere bypassati oppure dovrà essere sostituito con terreno a caratteristiche geotecniche migliori. Un altro aspetto da ricordare quando si intende costruire nei territori della Provincia di Monza Brianza, è che tali zone sono fortemente interessate dalla presenza dei cosiddetti occhi pollini; ovvero cavità postgenetiche dovute all'erosione sotterranea delle acque circolanti e a fenomeni di piping.


Essi solitamente non si trovano molto vicino alla superficie ma, in genere, alla base o oltre lo spessore di alterazione pedogenetica (> 1 – 2 m), sino a 15 – 20 m.

Gli occhi pollini vengono riconosciuti durante l'esecuzione delle prove penetrometriche perché danno luogo a intervalli di resistenza nulla; possono però anche presentarsi in forma di masse molto poco resistenti, limo-argillose. Come riempimento di vuoti già formati.

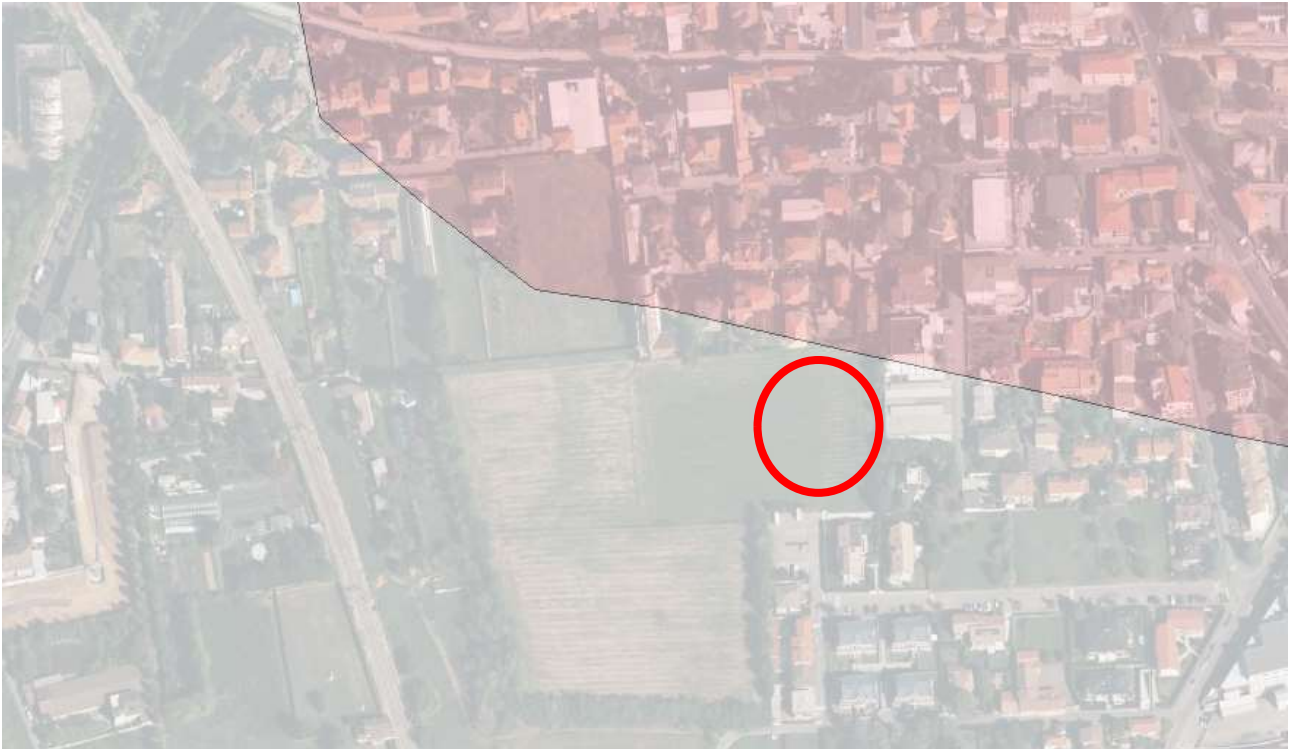
Nelle due prove eseguite non sono stati registrati valori di resistenza nulli, ma si intende segnalare che:

- Per la prova penetrometrica P1: a meno del primo metro, caratterizzato da un numero di colpi molto bassi da imputarsi con buona probabilità alla porzione pedogenetica, oltre si rinvenivano ancora resistenze molto basse (n° di colpi tra 1 e 3), sino a circa 1,80 m da p.c. Poiché non si può escludere a priori l'assenza di un occhio pollino, durante le fasi di scavo delle nuove fondazioni dovrà essere posta particolare attenzione e, se vengono rinvenute cavità a queste profondità, bisogna impostare fondazioni su pali che siano in grado di bypassarle.
- Lo stesso dicasi per la prova penetrometrica P2, sebbene lungo tale verticale il n° di colpi, dopo il metro, risultano obiettivamente più elevati.

La "Carta di Suscettibilità ai fenomeni degli occhi pollini nel territorio di Monza e Brianza" del PTCP, definisce per l'area in esame una suscettibilità moderata.

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 13
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

**Figura 11: Stralcio della “Carta della suscettibilità al fenomeno degli occhi pollini nel territorio di Monza – Brianza” del PTCP. Geoportale Lombardia.**



Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni le Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) forniscono specifiche indicazioni rispetto sia alla fase di indagine sia alla valutazione dei parametri geotecnici da adottare in fase di progettazione.

Per quanto riguarda la “fase di indagine” si sottolinea in particolare l’importanza di definire un adeguato piano di indagini, programmato in funzione del tipo di opera e/o intervento e che deve permettere la definizione del modello geotecnico di sottosuolo necessario per la progettazione.

A partire dai risultati dell’indagine, si deve poi procedere alla ricostruzione di un modello geotecnico di sottosuolo rappresentativo del volume significativo di terreno; tale modello potrà essere suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, caratterizzate in funzione dello specifico problema geotecnico che si va ad affrontare.

Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere anche definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Le NTC 2018 assegnano particolare importanza alla determinazione dei parametri “caratteristici” specificando che essi devono derivare da “...una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall’interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.”.

In relazione a quanto espresso dalla circolare n.617 del 02.02.2009 al punto 6.2.2 (“valori caratteristici dei parametri geotecnici”), per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è

dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.

Nello specifico, i parametri caratteristici adottati saranno quelli prossimi ai valori minimi, al fine anche di operare a favore di sicurezza.

**Figura 12: Modello geotecnico.**

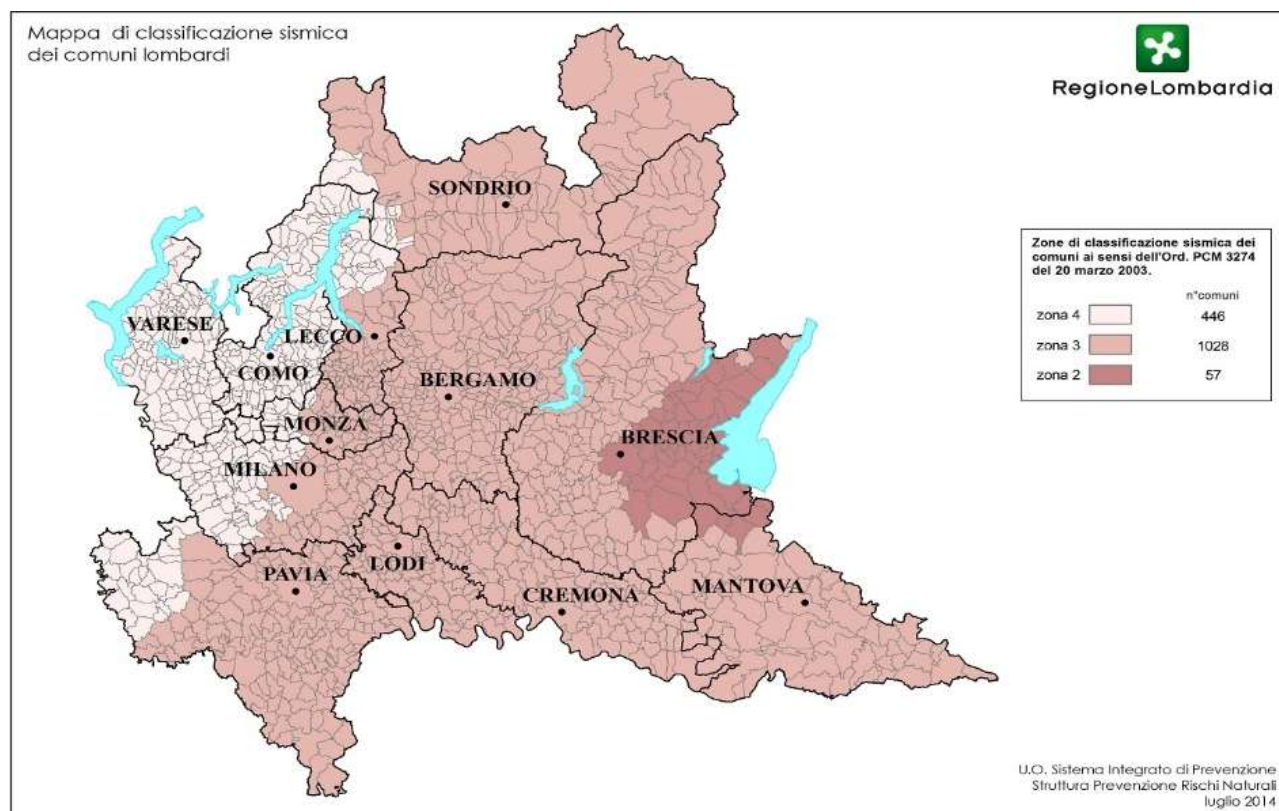
UNITÀ GEOTECNICHE	Angolo di attrito $\phi'$	Modulo di Young $E_{y'}$	Peso unità di volume $\gamma_{nat'}$	Modulo Edometrico $E_{d'}$
	[°]	[kg/cmq]	[t/mc]	[kg/cmq]
Sabbia limosa	21	20,48	1,38	49,42
Ghiaia e sabbia	32	151,36	1,58	66,33

## 6 Aspetti relativi alla sismicità

### 6.1 Breve cenno al quadro normativo

Il Comune di Seregno prima del 2003 non era considerato Comune sismico e non rientrava in alcuna classificazione. L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 introdusse le nuove classificazioni sismiche per tutto il territorio nazionale lasciando alle Regioni la facoltà di poter modificare i parametri del proprio territorio. Tutto il territorio Nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche, con grado di rischio decrescente dalla 1 alla 4; la suddivisione in classi deriva dalla valutazione della pericolosità sismica su tutto il territorio nazionale, valutata come accelerazione orizzontale massima al suolo, dovuta al sisma, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Con l'entrata in vigore di cui sopra tutto il territorio nazionale venne classificato sismico, con differenti livelli, ed anche il Comune di Seregno entrò in questa classificazione in zona sismica 4, quella con rischio basso. Successivamente, anche a seguito del forte evento sismico che ha colpito i territori delle province di Mantova e Modena, la Regione Lombardia ha approvato, D.g.r. 11 luglio 2014 – n.X/2129, una nuova classificazione sismica del territorio Regionale e, gran parte dei comuni lombardi hanno variato la loro zona sismica. La classificazione è entrata definitivamente in vigore nell'aprile 2016 ed il Comune di Seregno ha variato sua classe di sismicità, rientrando in classe 3.

Figura 13: Mappa della classificazione sismica della Lombardia attualmente in vigore.

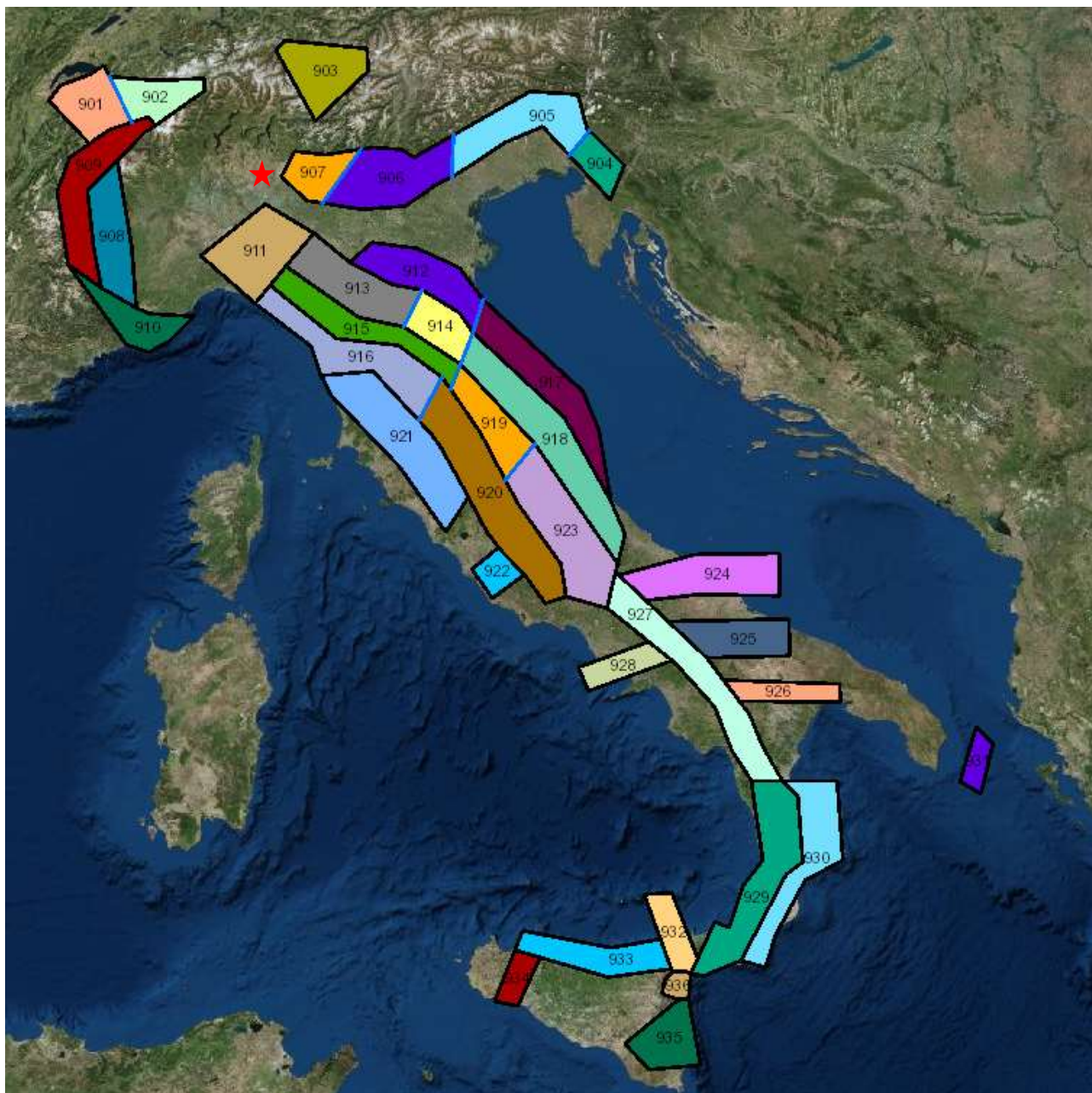





## 6.2 Sorgenti sismogenetiche e sismicità storica

Prendendo in considerazione la zonazione sismo - genetica del territorio italiano ZS9, prodotta nel 2004 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica, si riscontra che l'area in esame è esterna a qualsiasi zona sismogenetica.

Figura 14: Zonazione sismogenetica ZS9.



	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 17
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

È stata eseguita un'interrogazione al Data - Base Macrosismico Italiano chiamato DBMI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. 2016). Questo Database indica una serie di intensità macrosismiche, prendendo in considerazione solo terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014. La ricerca effettuata per il comune di Seregno evidenzia la presenza di possibili effetti in 6 terremoti, con un'intensità epicentrale lo compresa tra 5 e 7, e una magnitudo momento Mw compresa tra 4,21 e 5,04.

**Figura 15: Risultati dell'interrogazione al database macrosismico italiano DBMI15.**

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
2	1960	03	23	23	10		Vallese	178	7	5.00
4	1961	11	23	01	12	0	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
5	1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1991	11	20	01	54	1	Grigioni, Vaz	468	6	4.70
3-4	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

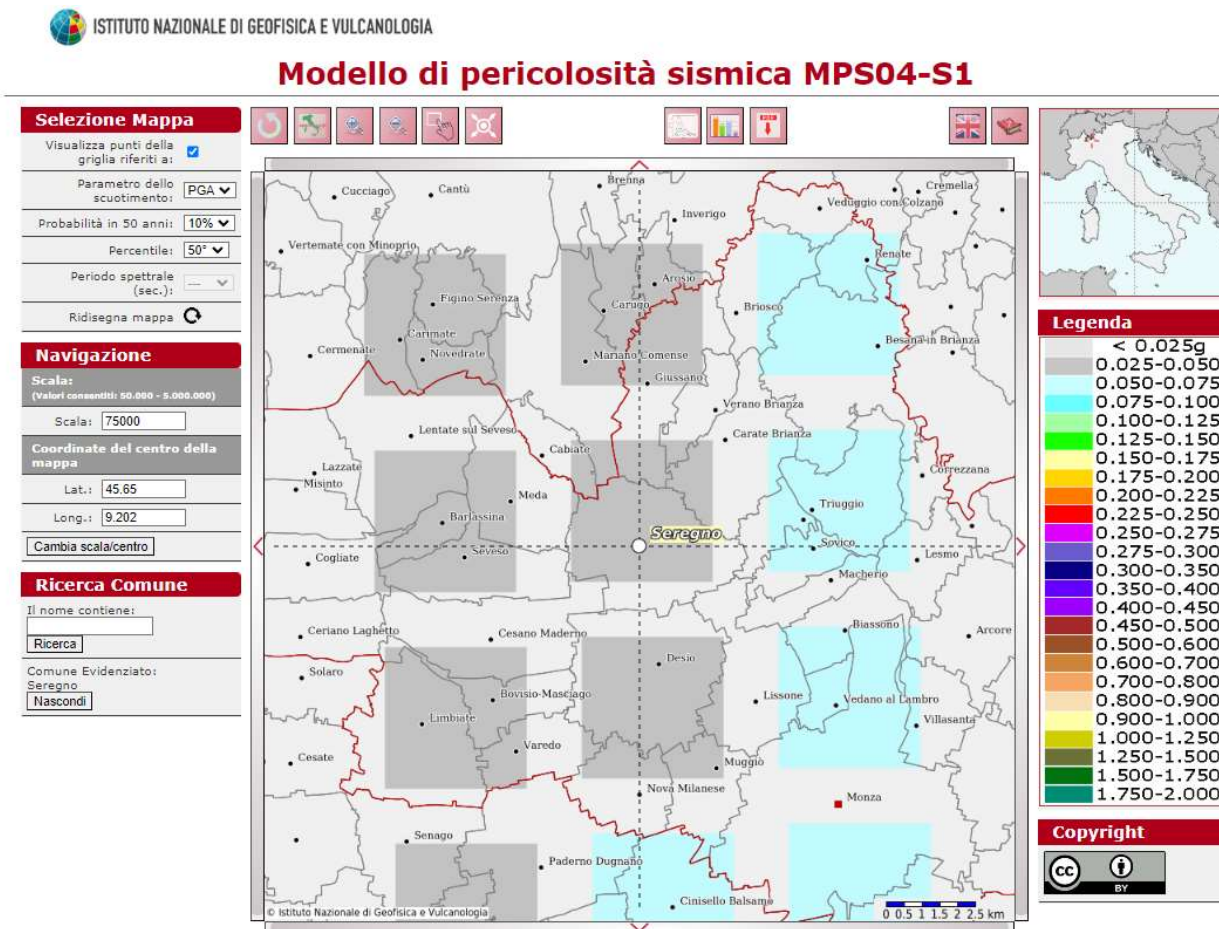
### 6.3 Pericolosità sismica

Con riferimento alle NTC2018 "Norme tecniche per le costruzioni" la sismicità di base dell'area in esame è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido per eventi con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di superamento del 10% in 50 anni, in corrispondenza dei nodi del reticolo di riferimento nazionale (Mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV).

Di seguito si riportano degli stralci della suddetta mappa interattiva centrata sul Comune di Seregno, con il relativo grafico di disaggregazione e il valore di accelerazione confrontato anche con quello comunale riproposto dall' all'Allegato A della D.G.R. di Regione Lombardia n.X – 2129/2014.



Figura 16: Stralcio Mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV centrata sul Comune di Seregno.



Come si nota, il valore massimo dell'accelerazione di picco su suolo rigido per il sito d'indagine a cui corrisponde una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, è compreso tra 0,025 g e 0,050 g.

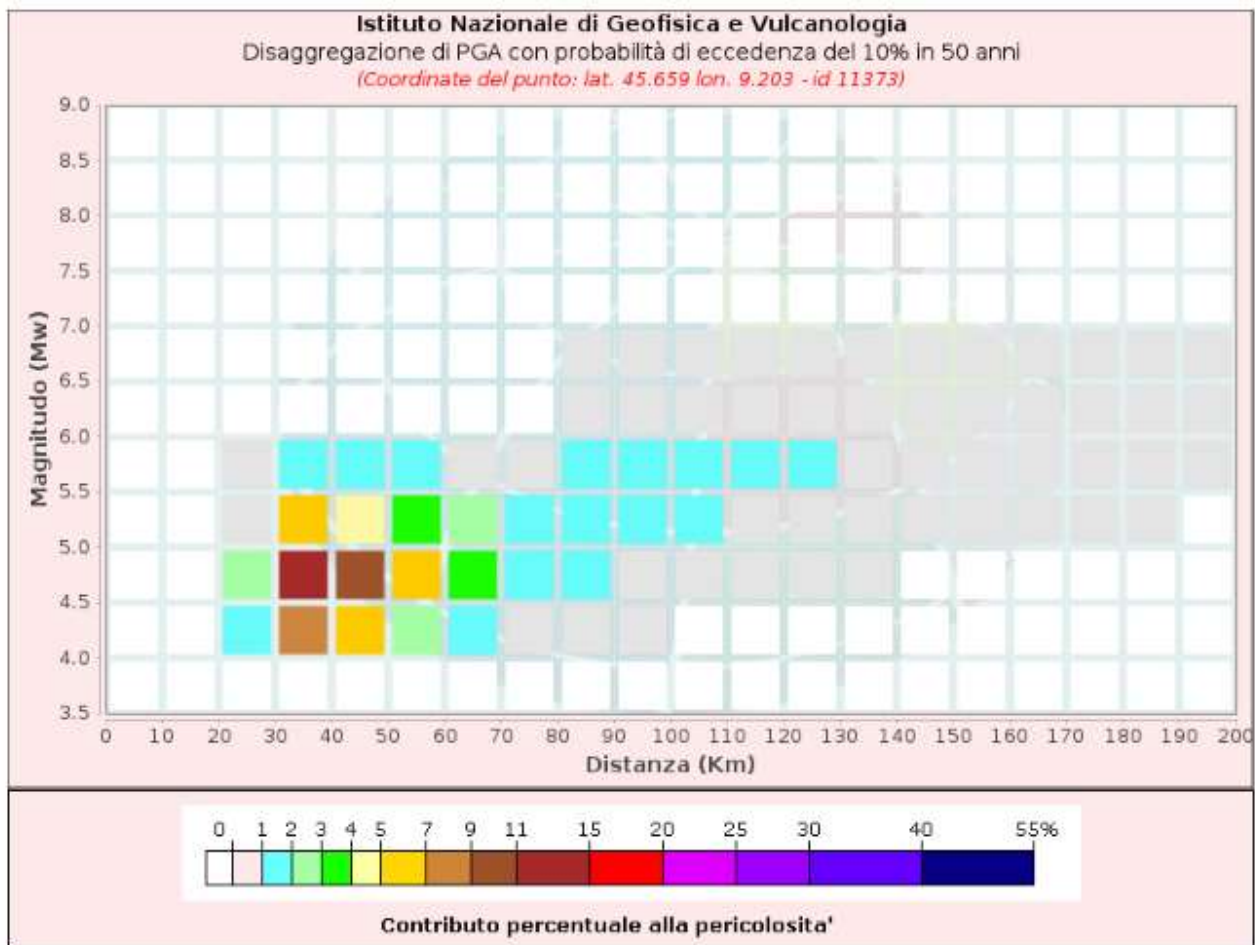
Tale valore massimo ( $A_{gmax}$ ) in riferimento è il seguente:

Bollettino Ufficiale - 23 - Regione Lombardia  
Serie Ordinaria n. 29 - Mercoledì 16 luglio 2014

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	$A_{gMax}$
03108039	MB	SEREGNO	3	0,050737

Secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica dell'INGV, nel territorio del Comune di Seregno sono attesi eventi sismici di Magnitudo (M) media pari a 5,0 per una distanza dal nodo (Coordinate del punto lat: 45.659, lon: 9.203) pari a 59,6 Km.

Figura 17: Disaggregazione della pericolosità sismica.



Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.0	59.6	1.54


Per definire l'azione sismica di progetto, occorre determinare l'effetto della risposta sismica locale (RSL) mediante specifiche analisi che, in sintesi, si basano sulla definizione di amplificazione locale del fenomeno, i cosiddetti "effetti di sito". In assenza di analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche.

La normativa vigente identifica 5 categorie di sottosuolo, e la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s, eq}$  (m/s) definita dall'espressione:

$$V_{s, eq} = H / (\sum h_i / V_{si})$$

dove:

- $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s;

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 20
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

-  $h_i$  = spessore (m) dello strato  $i$ -esimo cui corrisponde una velocità  $V_{si}$ .

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.


**Figura 18: Tabelle della categoria di sottosuolo (NTC2018).**

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</b> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</b> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</b> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</b> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	<b>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</b> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Inoltre vengono distinte 4 condizioni topografiche per tenere conto della morfologia del sito.

**Figura 19: Tabelle delle condizioni topografiche (NTC2018).**

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore uguale 15°.
T2	Pendii con inclinazione media maggiore di 15°.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°.

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 21
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30°.
----	--


Nell'ambito del PGT Comunale è stata redatta la Carta della PSL (Pericolosità Sismica Locale) di 1° livello, in cui vengono definite, sulla base della normativa regionale (Allegato 5 – Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio) le aree di potenziale amplificazione sismica.

L'area oggetto di intervento risulta interna allo scenario di amplificazione Z4a: "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali fluvioglaciali granulari e /o coesivi.

**Figura 20: Stralcio della Carta PSL da P.G.T. Comunale.**



Secondo l'Allegato 5 della D.G.R. n.IX/2016 di Regione Lombardia, i livelli di approfondimento sismico e le fasi di applicazione sono strettamente legati alla zona sismica nella quale ricade il Comune d'indagine, allo scenario sismico interessato e alla fase di progettazione.

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 22
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

**Figura 21: Tabella di sintesi degli “adempimenti sismici” – da All.5 D.G.R. n. IX/2016 di Regione Lombardia.**

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Sulla base della tabella sopra, si evince che, per quanto riguarda il Comune di Seregno, inserito in classe sismica 3 e soggetto in quella specifica area ad uno scenario di amplificazione sismica “Z4”, è necessario eseguire il secondo livello di approfondimento.

Per tale motivo è stata eseguita in sede di campagna di indagine HVSR, che di seguito viene descritta.

## 6.4 Indagine HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, micro-terremoti, vento) e dall’attività antropica.


Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato micro-tremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di “fondo”, sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali.

L’effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all’aumentare della frequenza e dovute all’assorbimento anelastico associato all’attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell’amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l’ingegneria sismica.

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 23
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno N è data dalla formula:

$$F = \frac{V_s}{4h}$$

in cui  $V_s$  è la velocità media delle onde S nello strato N ed  $h$  è lo spessore.

I risultati grafici visibili di seguito, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale Pasi integrato con sismografo GEA24 ed elaborati con software GeopsyLand: il segnale dei 3 velocimetri è acquisito in sito per un tempo pari a 25 minuti.

**Figura 22: Indagine HVSR eseguita sull'area di studio.**



Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L;
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.



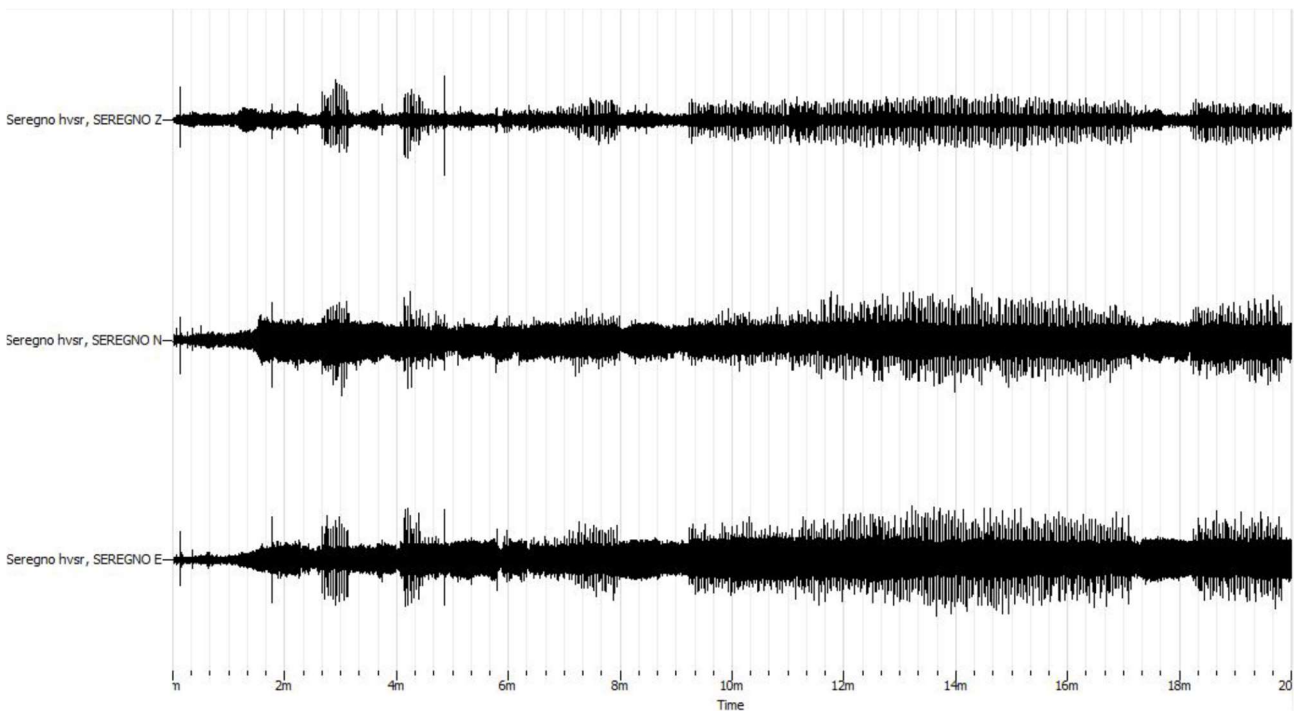
Il risultato dell'elaborazione della prova permette di esprimere il rapporto H/V in funzione della frequenza ottenendo, così, la frequenza di risonanza del sito.

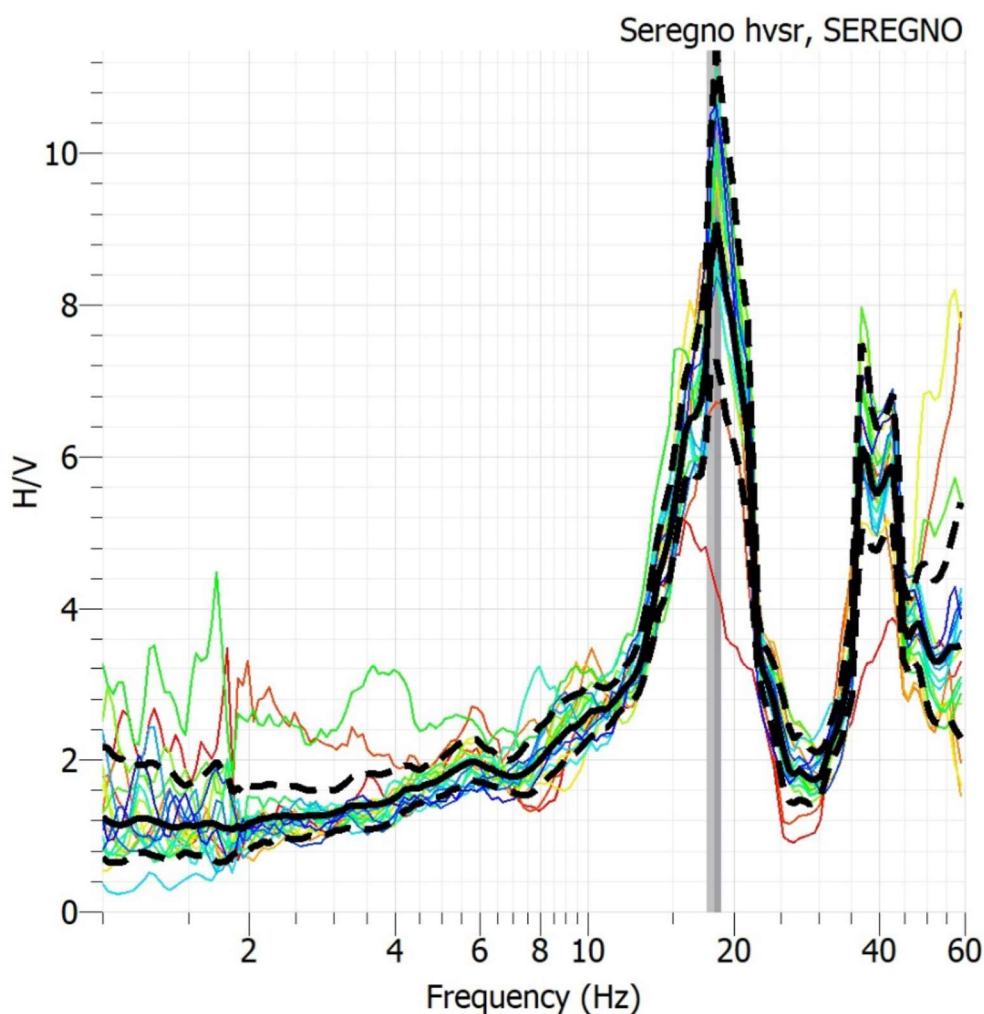
Quest'ultima dipende dallo spessore H del sedimento e dalla velocità "media" ( $V_s$ ) delle onde S nel sedimento.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

**Figura 23: Indagine HVSR eseguita sull'area di studio.**

ID	Name	Component	Start time	End time	Sampling frequency	Sampling period	N samples	Duration	Rec x	Rec y
1	Seregno hvsr, SEREGNO	Vertical	2020-10-26 03:00:00.000000	2020-10-26 03:20:00.000000	128	0.0078125	153600	20m	0	0
2	Seregno hvsr, SEREGNO	North	2020-10-26 03:00:00.000000	2020-10-26 03:20:00.000000	128	0.0078125	153600	20m	0	0
3	Seregno hvsr, SEREGNO	East	2020-10-26 03:00:00.000000	2020-10-26 03:20:00.000000	128	0.0078125	153600	20m	0	0





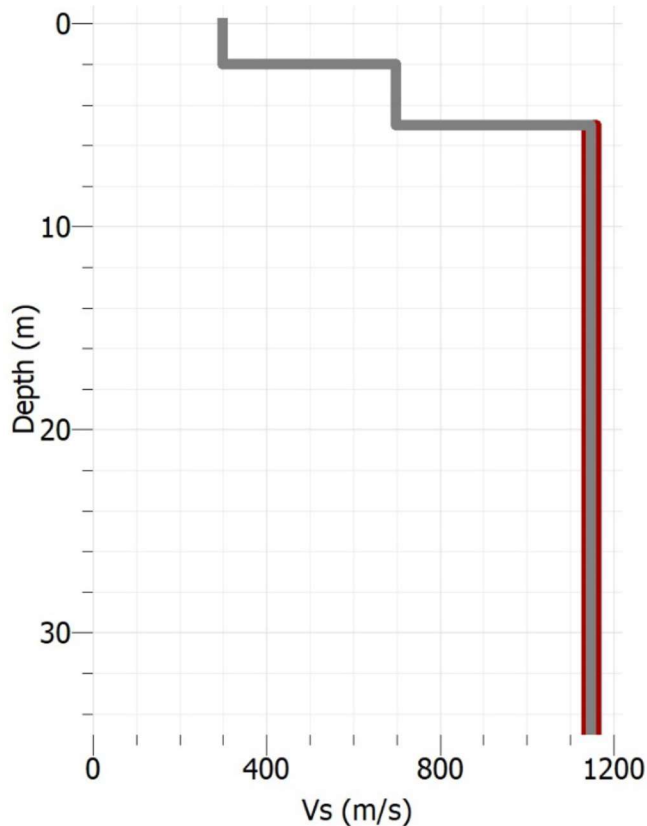
Si riportano in seguito i valori medi della frequenza fondamentale del sito  $f_0$  e della relativa ampiezza  $A_0$  con i rispettivi range di variabilità statistica  $\pm\sigma$

Seregno hvsr, SEREGNO  
 $f_0=18.2348$  [17.6036, 18.8886]  
 $A_0=8.83432$  [7.19445, 10.8525]  
 Category: Default

Tramite l'applicativo Dinver di Geopsy si è provveduto all'inversione della prova in oggetto al fine di determinare una stratigrafia in termini di velocità delle onde sismiche.

In seguito i risultati ottenuti da tale analisi.

Figura 24: Profilo di Velocità.

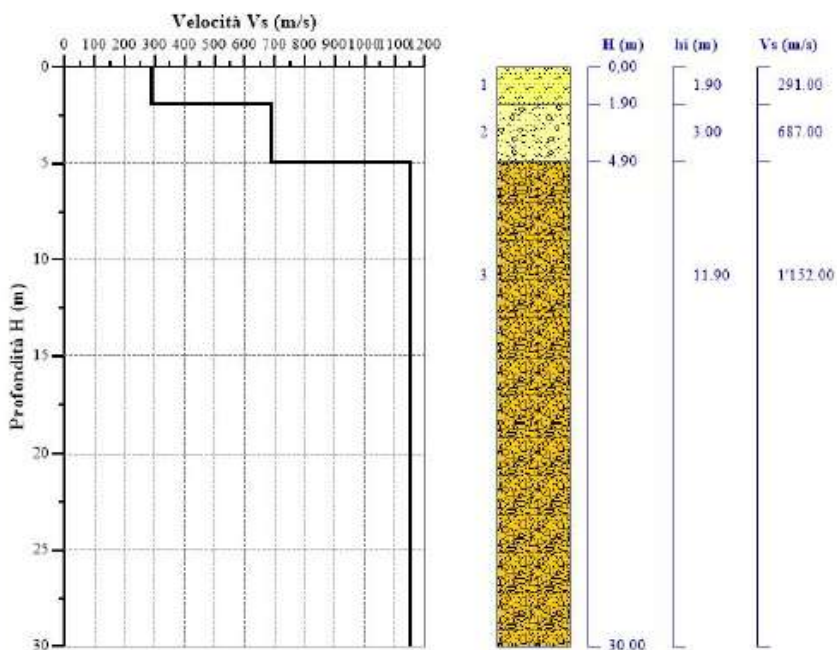


Samostrati: Intervalli di Vs

Nr.	Z (m)	H (m)	Vs (m/s)	Pietrino
1	1.90	1.90	291.00	11
2	4.90	3.00	687.00	8
3	30.00	11.90	1152.00	19

Livelli di riferimento: Livelli pf, Categorie

Nr.	Zbf (m)	Vsbf (m/s)	Categoria
1	0.00	449.71	B





Sulla base dei dati direttamente acquisiti in campagna tramite indagine geofisica con metodologia HVSR, il valore di  $V_s$  equ. risulta pari a 449 m/s; il sottosuolo può quindi essere classificato dal punto di vista sismico, con la **categoria B: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.**

Si elencano i criteri SESAME come riportati nel documento ufficiale.

<p><b>Criteria for a reliable H/V curve</b></p> <p>i) <math>f_0 &gt; 10 / l_w</math>  <i>and</i></p> <p>ii) <math>n_c(f_0) &gt; 200</math>  <i>and</i></p> <p>iii) <math>\sigma_A(f) &lt; 2</math> for <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> if <math>f_0 &gt; 0.5\text{Hz}</math>      or <math>\sigma_A(f) &lt; 3</math> for <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> if <math>f_0 &lt; 0.5\text{Hz}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>l_w</math> = window length</li> <li>• <math>n_w</math> = number of windows selected for the average H/V curve</li> <li>• <math>n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0</math> = number of significant cycles</li> <li>• <math>f</math> = current frequency</li> <li>• <math>f_{\text{sensor}}</math> = sensor cut-off frequency</li> <li>• <math>f_0</math> = H/V peak frequency</li> <li>• <math>\sigma_f</math> = standard deviation of H/V peak frequency (<math>f_0 \pm \sigma_f</math>)</li> <li>• <math>\varepsilon(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></li> <li>• <math>A_0</math> = H/V peak amplitude at frequency <math>f_0</math></li> <li>• <math>A_{H/V}(f)</math> = H/V curve amplitude at frequency <math>f</math></li> <li>• <math>f</math> = frequency between <math>f_0/4</math> and <math>f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></li> <li>• <math>f^*</math> = frequency between <math>f_0</math> and <math>4f_0</math> for which <math>A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></li> <li>• <math>\sigma_A(f)</math> = "standard deviation" of <math>A_{H/V}(f)</math>, <math>\sigma_A(f)</math> is the factor by which the mean <math>A_{H/V}(f)</math> curve should be multiplied or divided</li> <li>• <math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> = standard deviation of the <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve, <math>\sigma_{\log H/V}(f)</math> is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean <math>\log A_{H/V}(f)</math> curve</li> <li>• <math>\theta(f_0)</math> = threshold value for the stability condition <math>\sigma_A(f) &lt; \theta(f_0)</math></li> <li>• <math>V_{s,av}</math> = average S-wave velocity of the total deposits</li> <li>• <math>V_{s,surf}</math> = S-wave velocity of the surface layer</li> <li>• <math>h</math> = depth to bedrock</li> <li>• <math>h_{\min}</math> = lower-bound estimate of <math>h</math></li> </ul>
<p><b>Criteria for a clear H/V peak</b>  <i>(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</i></p> <p>i) <math>\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) &lt; A_0/2</math></p> <p>ii) <math>\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) &lt; A_0/2</math></p> <p>iii) <math>A_0 &gt; 2</math></p> <p>iv) <math>f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></p> <p>v) <math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></p> <p>vi) <math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></p>	

Di seguito i risultati per la prova in oggetto

Criteria for a reliable H/V curve	I	Si
	II	Si
	III	Si
Criteria for a clear and stable H/V peak [at least 5/6 needed]	I	Si
	II	Si
	III	Si
	IV	no
	V	Si
	VI	Si

## 6.5 Analisi sismica di secondo livello

Per la valutazione analitica del potenziale di amplificazione litologica è necessario confrontare il modello geofisico di dettaglio (scaturito dall'indagine sismica in sito) con una serie di schede tipo predisposte dalla Regione Lombardia. In queste schede, sulla base della litologia prevalente e dell'andamento delle Vs nel sottosuolo, si ricava, in modo semplificato, il fattore di amplificazione sismica del sito (Fa), sia per edifici di altezza limitata (0.1 – 0.5 s) che per edifici di altezza maggiore (0.5 – 1.5 s). I valori ricavati devono essere confrontati con i valori soglia (reperibili da D.G.R. 7374 del 2008), distinti in base alle categorie di suolo del D.M. 17/01/18, forniti dalla Regione Lombardia, al fine di verificare se la normativa è in grado di coprire l'amplificazione calcolata o meno.

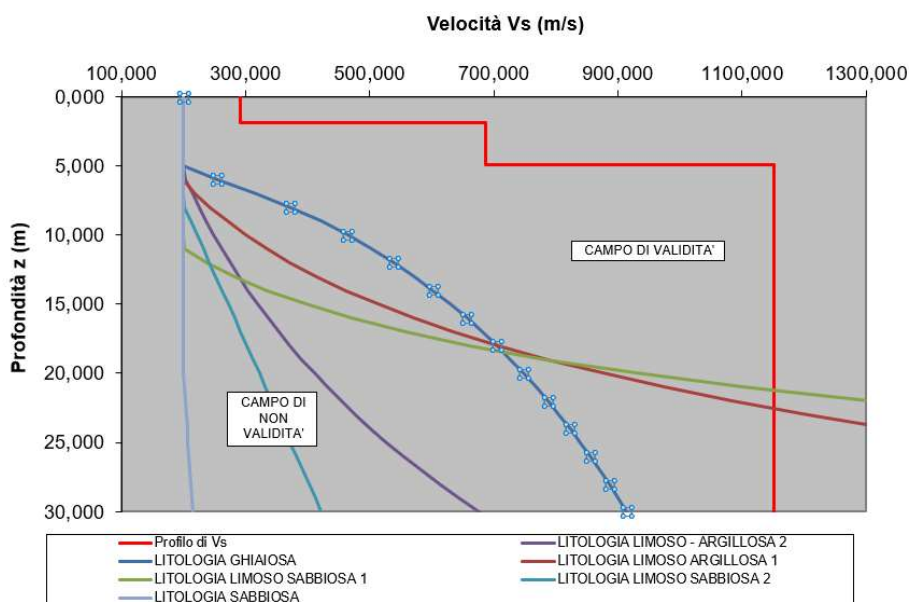
I parametri di riferimento di Fa per il Comune di Seregno sono:

**Figura 25: Tabella riportante i valori soglia comunali per il Comune di Seregno.**

Periodo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1 - 0.5	1,4	1,9	2,2	2,0
0.5 – 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

Nel caso in cui il Fattore di amplificazione calcolato risulti maggiore al valore soglia per quella specifica categoria di sottosuolo individuata, diviene necessario o prevedere il passaggio agli approfondimenti di 3° livello oppure l'utilizzo dello spettro di norma per una categoria di suolo maggiormente cautelativa. Dal punto di vista litologico la scheda che maggiormente si avvicina è la scheda ghiaiosa che, tra tutte le curve disponibili, è quella che meglio approssima il trend del profilo delle Vs con la profondità; l'analisi di seguito riportata fa riferimento a questa scheda.

**Figura 26: Grafico del profilo della velocità delle onde di taglio desunto dall'indagine MASW a cui sono state sovrapposte le curve di velocità di Regione Lombardia per le schede litologiche presenti.**



Ottenuta la velocità del primo strato ed il relativo spessore, si riportano questi valori all'interno dell'abaco (Fig. 27) al fine di ricavare il colore della curva da utilizzare (Fig. 28) per ottenere il valore di Fa.

Tale parametro (Fa) verrà confrontato con quello riportato in bibliografia in funzione della struttura da realizzare; per l'opera di progetto si userà l'intervallo 0.1-0.5 s, che è riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide.

Nel caso in esame è stata effettuata la media pesata delle velocità delle Vs per i primi 4,9 metri di spessore, la quale è risultata essere di 533 m/s.

Intersecando il valore di velocità di 533 m/s e lo spessore del primo strato, si ricade nel campo 3, che corrisponde alla curva blu della Fig. 28.

**Figura 27: Estratto scheda ghiaiosa: individuazione delle curve da utilizzare per gli abachi successivi.**

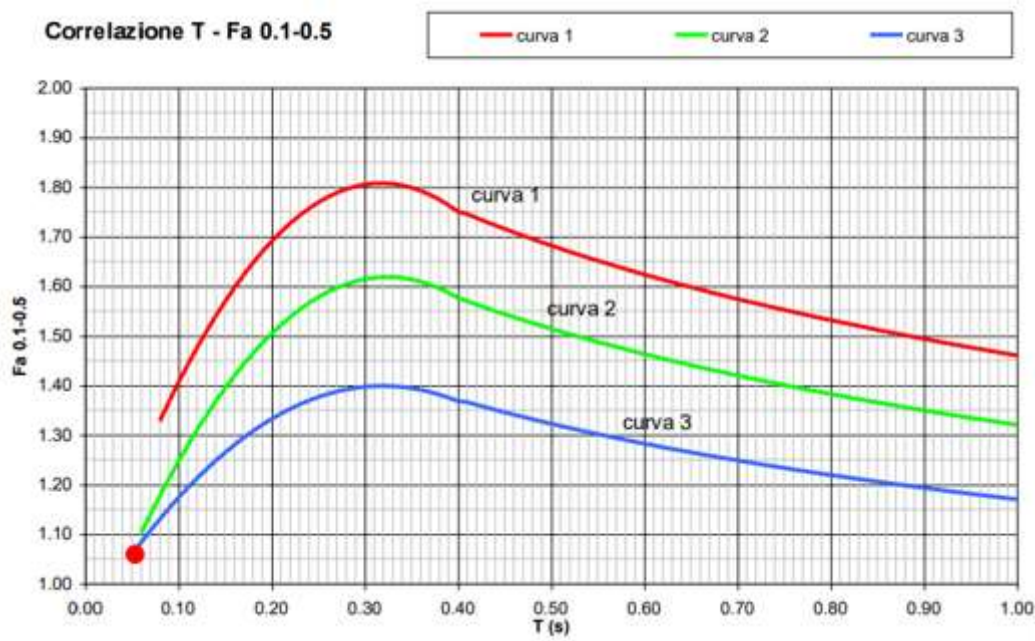
		Profondità primo strato (m)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18		
Velocità primo strato (m/s)	200				1	1											
	250				2	2	2										
	300				3	3	3	3									
	350				3	3	3	3	3								
	400				3	3	3	3	3	3							
	450				3	3	3	3	3	3							
	500				3	3	3	3	3	3	3						
	600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
	700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

Con i valori sopra ottenuti si calcola il periodo "T" relativo al sito, utilizzando la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove: hi = spessore in metri dello strato i-esimo; Vi = velocità dell'onda di taglio i-esima.

Per l'indagine effettuata, il periodo T risulta pari a 0,04. Conoscendo la velocità del primo strato, la curva di riferimento ed il valore del periodo T calcolato, si può risalire al valore di Fa utilizzando l'abaco di riferimento di Fig. 28 per la litologia ghiaiosa, e riferito ad edifici bassi.

**Figura 28: Calcolo del valore del Fattore di Amplificazione per periodi compresi tra 0,1 s e 0,5 s.**

La procedura prevede quindi, dopo aver valutato il valore di  $F_a$  con le schede di valutazione, di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia.

Dall'abaco di Figura 28 emerge un valore del Fattore  $F_a$  pari a 1,02.

Come mostrato nella tabella ad inizio capitolo, il valore soglia del Fattore di Amplificazione per il Comune di Seregno, considerando una classe di sottosuolo B ed un periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s (range di periodo entro cui ricadono certamente le strutture di progetto) è pari a 1,4.

**Ne deriva che l'applicazione della normativa sismica vigente per i suoli di tipo B, per il periodo compreso tra 0,1 e 0,5 s, è da ritenersi assolutamente sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica; pertanto, in fase di modellazione strutturale, potrà essere utilizzata la categoria di sottosuolo B.**

## 6.6 Categoria di sottosuolo, categoria topografica e stima dell'effetto sismico per le opere di progetto

La categoria di sottosuolo attribuibile è la **categoria di sottosuolo B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"**.

Per quanto riguarda la categoria topografica, si è deciso di attribuire la **categoria T1: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore uguale 15°"**.

Di seguito si riportano i parametri sismici significativi estrapolati con l'applicativo Geostru PS.



### Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc" [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.560	0.159
Danno (SLD)	50	0.024	2.541	0.188
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.051	2.632	0.278
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.061	2.665	0.297
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

### Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B


Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,42	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]: 0,6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.004	0.006	0.012	0.015
kv	0.002	0.003	0.006	0.007
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.218	0.279	0.595	0.723
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200



	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 32
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

## 7 Verifica alla liquefazione

Le NTC2018 enunciano che:

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

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ ”.

Nel caso in esame la verifica alla liquefazione può essere omessa in quanto risulta:

- 1) Che le accelerazioni massime attese al p.c. in condizioni di campo libero sono minori di 0,1 g e, nello specifico risultano essere:

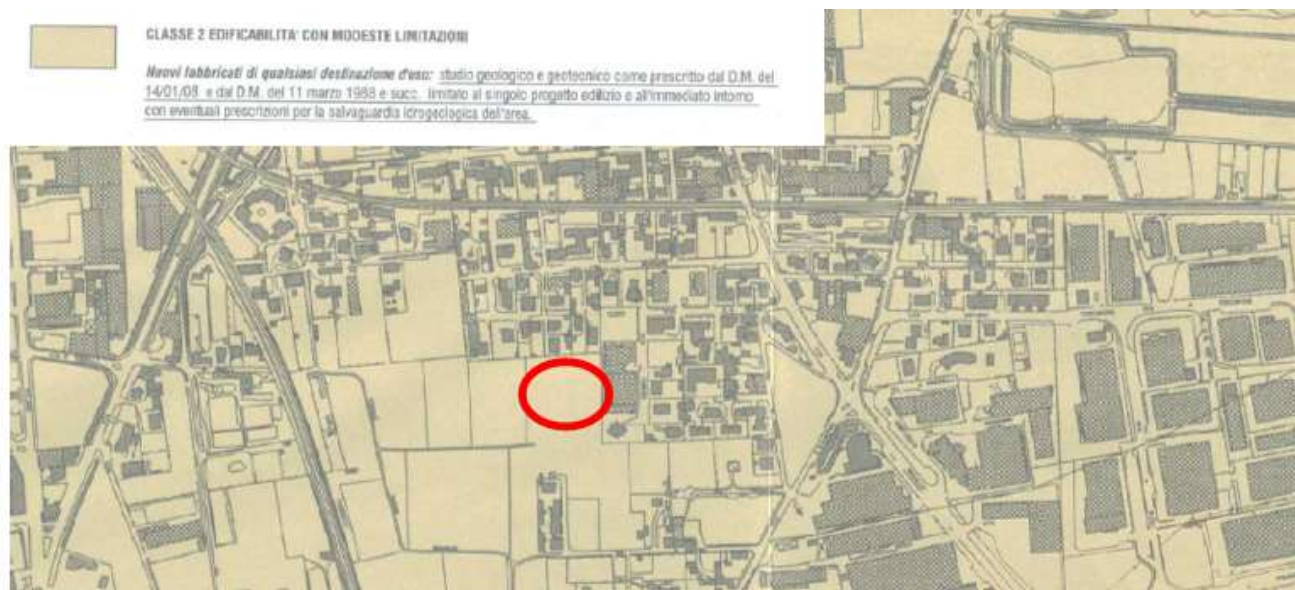
$$ag_{(SLV)} \times SS \times ST = 0,051 \times 1,2 \times 1 = 0,0612$$

- 2) La profondità media stagionale della falda risulta, da bibliografia, superiore a m da p.c. Infatti, questa si trova a profondità dell'ordine dei 50 m da p.c.

## 8 Fattibilità geologica e vincoli presenti sull'area

Dal punto di vista della fattibilità geologica, l'area di intervento ricade in classe di fattibilità 2: "Fattibilità con modeste limitazioni".

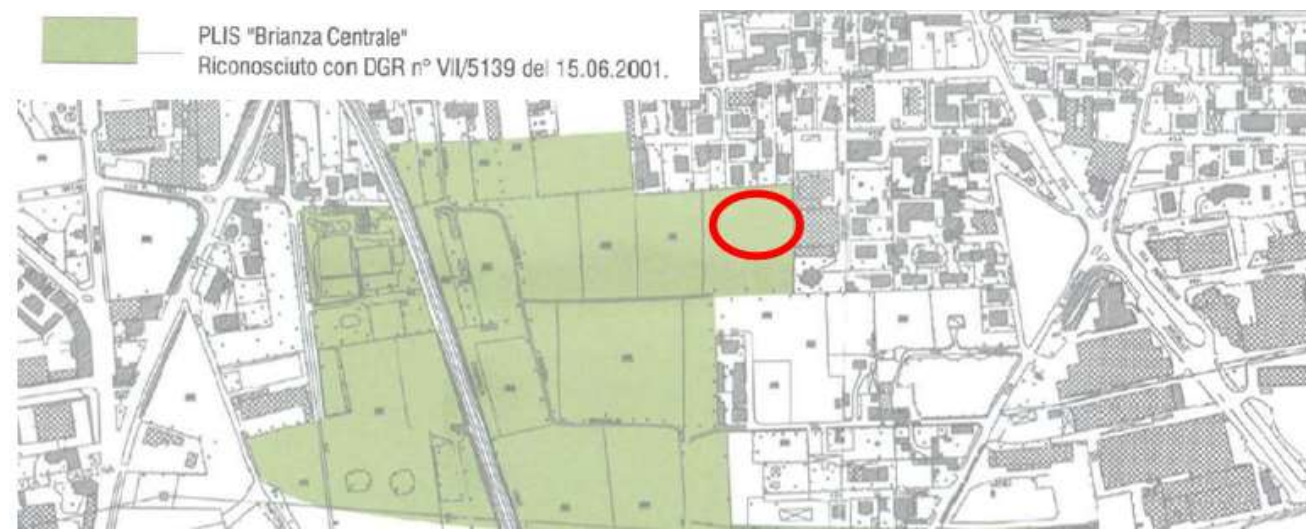
Figura 29: Stralcio della carta di fattibilità geologica da PGT Comunale.




Per quanto riguarda la vincolistica ricadente sul sito, la carta dei vincoli del PGT non indica nessun particolare tipo di vincolo geologico; lo stesso dicasi anche per il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), che non indica aree di pericolosità in corrispondenza della zona di indagine.

Viene invece riportato che l'area di interesse risulta interna al PLIS "Brianza Centrale".

Figura 30: Stralcio della carta dei vincoli da PGT Comunale.



	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 34
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

Di seguito vengono riportate le prescrizioni per la classe di fattibilità associata all'area di intervento.

**CLASSE 2 EDIFICABILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI**


*Nuovi fabbricati di qualsiasi destinazione d'uso: studio geologico e geotecnico limitato al singolo progetto edilizio e all'immediato intorno con eventuali prescrizioni per la salvaguardia idrogeologica dell'area.*

*Le indagini geognostiche da svolgersi in fase preliminare alla stesura del singolo progetto esecutivo, dovranno essere finalizzate alla definizione dei seguenti elementi:*

- *Successione litostratigrafica locale;*
- *Caratteristiche geotecniche dei terreni individuati;*
- *Posizione degli acquiferi;*
- *Interazione strutture di fondazione.*

*In considerazione della prevalente natura geologica del territorio comunale le metodologie di indagine dovranno essere articolate preferibilmente nell'esecuzione di prove penetrometriche SCPT o CPT, o sondaggi a carotaggio o apertura di trincee esplorative con prelievo di campioni di terreno da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.*

Sulla base di quanto sopra enunciato, si ritengono quindi gli interventi di progetto fattibili, fermo restando gli accorgimenti in fase di scavo riportati precedentemente e relativi alla possibile presenza di occhi pollini.

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 35
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

## 9 Analisi chimiche

La Committenza ha richiesto il prelievo di un campione di suolo al fine di verificare se esso fosse in qualche modo consono agli scopi agricoli e di coltivazione degli orti di progetto.

Durante la campagna di indagini geologiche è stato quindi anche raccolto un campione che è stato successivamente sottoposto ad analisi chimiche presso il Laboratorio Arcadia – Fratelli Visconti con sede legale in Tromello (PV) – (Lab. accreditato n°0533L).

Di seguito si riporta uno stralcio del rapporto di prova: come si può notare, nessuna delle sostanze ricercate (set analitico minimale del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120) sfiora i limiti da normativa per la colonna A (Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale).

La normativa, nello specifico il D. Lgs. 152/2006, individua infatti i valori limite delle sostanze sia per i siti a verde pubblico, privato e residenziale (colonna A), sia per i siti ad uso industriale (colonna B).

Nello specifico caso, si è scelto di confrontare i valori delle varie sostanze ricercate con i limiti della colonna A, sia per la destinazione ultima della zona (verde pubblico), sia perché i limiti di tale colonna risultano più restrittivi di quelli della colonna B.

L'utilizzo dei limiti della colonna A permette quindi di affermare che il terreno non risulta contaminato e quindi è compatibile dal punto di vista geo – chimico con la coltivazione degli orti.

Per quanto attiene invece all'area in via Milano, non sono state eseguite indagini ambientali poiché, come riferito dalla Committenza, erano state esperite durante le precedenti progettazioni e non avevano evidenziato contaminazione della matrice terreno.

Pertanto esso può essere utilizzato in sito ai fini progettuali, previa lavorazioni superficiali.



## Rapporto di prova n° 23LA14183

Data accettazione: 27/10/2023  
(§) Data prelievo: 26/10/2023  
(§) Descrizione: Terra e rocce - Campione C1  
Campionamento a cura: Cliente  
(§) Procedura campionamento: /  
(§) Luogo di Prelievo: Via Respighi - Seregno (MB)  
Data inizio analisi: 27/10/2023  
Data fine analisi: 08/11/2023

(§): Il laboratorio non è responsabile delle informazioni fornite dal cliente, così come contrassegnato dal simbolo (§).  
Nel caso di campionamento a cura del cliente gli esiti analitici si riferiscono unicamente al campione effettivamente sottoposto a prova e così come ricevuto.  
Qualora il campionamento sia effettuato da personale esterno ad Arcadia S.R.L. a socio unico, il laboratorio declina ogni responsabilità al riguardo.

### RISULTATI ANALITICI

Nome prova Metodo	Unità di misura	Risultato e incertezza	Limite di legge (1)	Limite di legge (2)
Residuo secco a 105° C CNR IRSA 2 Q 04 Vol 2 1984/Notiziario IRSA 2 2008	%	79.9 ± 8.0		
Scheletro DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met II.1	%	35.1 ± 3.5		
* Preparativa del campione purificato su florisil UNI EN ISO 16703:2011	-	Tecnica Ultrasuoni		
Idrocarburi pesanti C12-C40 UNI EN ISO 16703:2011	mg/Kg ss	6 ± 2	50	750
<b>Metalli:</b>				
Arsenico EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	6.25 ± 1.46	20	50
Cadmio EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	< 0.102	2	15
Cobalto EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	5.05 ± 1.18	20	250
Cromo totale EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	30.1 ± 7.0	150	800
Cromo (VI) CNR IRSA 10 Q 04 Vol 3 1986	mg/Kg ss	n.r. (LOD 0.06)	2	15
Rame EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	19.0 ± 4.4	120	600
Mercurio EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	0.126 ± 0.029	1	5
Nichel EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	21.7 ± 5.1	120	500
Piombo EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	43.5 ± 10.1	100	1000
Zinco EPA 200.7 1994	mg/Kg ss	46.3 ± 10.8	150	1500
* Amianto MI-ARC 018 Rev.00 2023	mg/Kg ss	< 100	1000	1000


In mancanza di regole decisionali previste direttamente dalla norma, regolamento o legge di riferimento, il Laboratorio emette eventuali dichiarazioni di conformità basate sul risultato della prova, non tenendo conto dell'incertezza di misura, ossia attraverso il confronto diretto del risultato ottenuto con il valore di riferimento; il livello di rischio associato a tale regola è = 50%.

n.r. non rilevabile; indica un valore inferiore LOD.

LOD: limite di rilevabilità; individua la minima concentrazione che il metodo analitico può determinare.

<: indica un valore inferiore a LOQ.

LOQ: limite di quantificazione; individua la minima concentrazione che il metodo analitico può quantificare.

	Parchi e infrastrutture verdi Seregno Est - SEREGNO (MB) PROGETTO DEFINITIVO	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA	pag. 37
			Gennaio-24 Rev.01 – Febbraio 24

## Rapporto di prova n° 23LA14183

**Tromello,**

L'incertezza estesa di misura è stata calcolata con probabilità del 95% e con fattore di copertura  $k=2$ ; quando non indicata, l'incertezza è a disposizione presso il nostro laboratorio su richiesta del cliente ed è calcolata secondo le procedure tecniche ARC-LAB-PT02 e ARC-LAB-PT08.

I calcoli relativi ai parametri eseguiti non hanno tenuto conto della percentuale di recupero medio compreso tra 80 e 120%.

**Limiti di legge :** Tab1 All5 Titolo V Parte IV D.Lgs.152/06 - (1) Col.A Verde/Residenziale - (2) Col.B Industriale

Risultati NON conformi rispetto ai Limiti di legge applicati vengono segnalati mediante evidenziazione in grassetto.

**Note**

I risultati analitici sono riferiti alla sostanza secca comprensiva dello scheletro.

febbraio 2024

Dott. ssa Geol. Elena Nostrani

