



E-mail: [info@sistemagroup.com](mailto:info@sistemagroup.com)  
<http://www.sistemagroup.com>  
 P.IVA: 02224860987  
 R.E.A. 431859

**Sistema Group Engineering s.r.l.**  
 Via Angelo Mazzoldi, 131  
 25018 Montichiari (Brescia) - Italia  
 T. +39 030 9657208  
 F. +39 030 962422



committente del progetto



**Regione  
Lombardia**

**Comune  
di Montichiari**



RIQUALIFICAZIONE DEGLI ALLOGGI DI EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA DI  
 PROPRIETÀ COMUNALE UBICATI IN VIA VENZAGA.

Programma "Sicuro, verde e sociale: riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica" (Fondo complementare al piano nazionale di ripresa e resilienza, art. 1, comma 2, lett. c, punto 13 del d.l. 6 maggio 2021 n. 59, convertito con modificazioni dalla legge 1 luglio 2021 n. 101)

oggetto e località intervento

## CONDOMINIO "Via Venzaga"

Via Venzaga, n°18-20 - Montichiari (BS)

fase e identificazione del progetto

### PROGETTO DEFINITIVO DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E STRUTTURALE

descrizione e tipologia del documento

### RELAZIONE GEOLOGICA ED INDAGINE GEGEOTECNICA

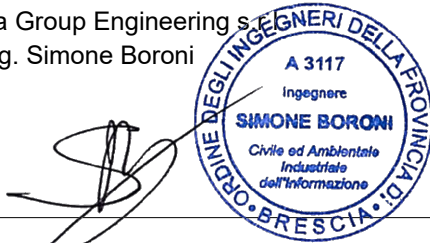
informazioni documento

rev.	data	descrizione	elaborato	verificato	approvato
00	21 nov 22	emissione per approvazione	MA	AM	SB
01					
02					
03					
04					

commessa	job	documento	specifiche	
C0678	J02	DOC_006	scala:	-
			formato:	A4
			file:	C0678_J02_DOC_006_00

progettista

Sistema Group Engineering s.r.l.  
 Dott. Ing. Simone Boroni



committente

Regione Lombardia  
 Comune di Montichiari

progetto strutturale

Dott. Ing. Gianpietro Bocchi



ditta esecutrice

INTERVENTO  
COMUNE DI MONTICHIARI (BS)  
**RIQUALIFICAZIONE DEGLI ALLOGGI DI EDILIZIA RESIDENZIALE  
PUBBLICA DI PROPRIETA' COMUNALE IN VIA VENZAGA A  
MONTICHIARI (BS)**

**R1 R3 RELAZIONE GEOLOGICA ED INDAGINE GEOTECNICA**

NTC 2018 par. 6.2.1 - DGR 2616/2011

Ottobre 2022



---

Il Tecnico  
Geol. Massimo Marella  
Via Formiche 3 - Palazzolo s/O (BS)  
Tel 3486915165  
[geologomarella@gmail.com](mailto:geologomarella@gmail.com)  
[massimo.marella@pec.enpaia.it](mailto:massimo.marella@pec.enpaia.it)

**POZZI**  
**AMBIENTE**  
**IDROGEOLOGIA**  
**ACUSTICA AMBIENTALE**  
**GEOLOGIA- GEOTECNICA**  
**PIANIFICAZIONE TERRITORIALE**

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>IDROGRAFIA.....</b>	<b>10</b>
<b>6.</b>	<b>IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
<b>7.</b>	<b>PERICOLOSITÀ SISMICA .....</b>	<b>15</b>
7.1.	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....	15
7.2.	APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE .....	16
<b>8.</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO ED INDICAZIONI PROGETTUALI .....</b>	<b>18</b>
8.1.	INDAGINE GEOGNOSTICA SITO SPECIFICA .....	18
8.2.	INDAGINE SISMICA CONGIUNTA HS- HVSR .....	20
8.2.1.	Analisi HVSR.....	20
8.2.2.	Analisi HoliSurface .....	24
8.2.3.	Analisi congiunta Holisurface + HVSR e modello sismico .....	26
8.2.4.	Approfondimento sismico di II livello .....	29
8.3.	CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE E TOPOGRAFICA.....	30
8.4.	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE .....	32
8.5.	MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO .....	32
8.6.	CALCOLI AGLI STATI LIMITE.....	34
8.6.1.	Dati geometri e azioni sulle fondazioni .....	34
8.6.2.	Stati Limite Ultimi (SLU).....	34
8.6.3.	Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	37
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>38</b>

## 1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Montichiari, con det. N. 582 del 29/09/2022 (CIG Z5D37EE4F6 – CUP I29J21015690002) è stata redatta la presente Relazione Geologica D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 17 gennaio 2018 (N.T.C. p.to 6.2.1) a supporto del progetto di riqualificazione degli alloggi di edilizia residenziale pubblica di proprietà comunale ubicati in via Venzaga a Montichiari.

Immobile distinto catastalmente al Foglio 60 mappale 245 (cod. F471).

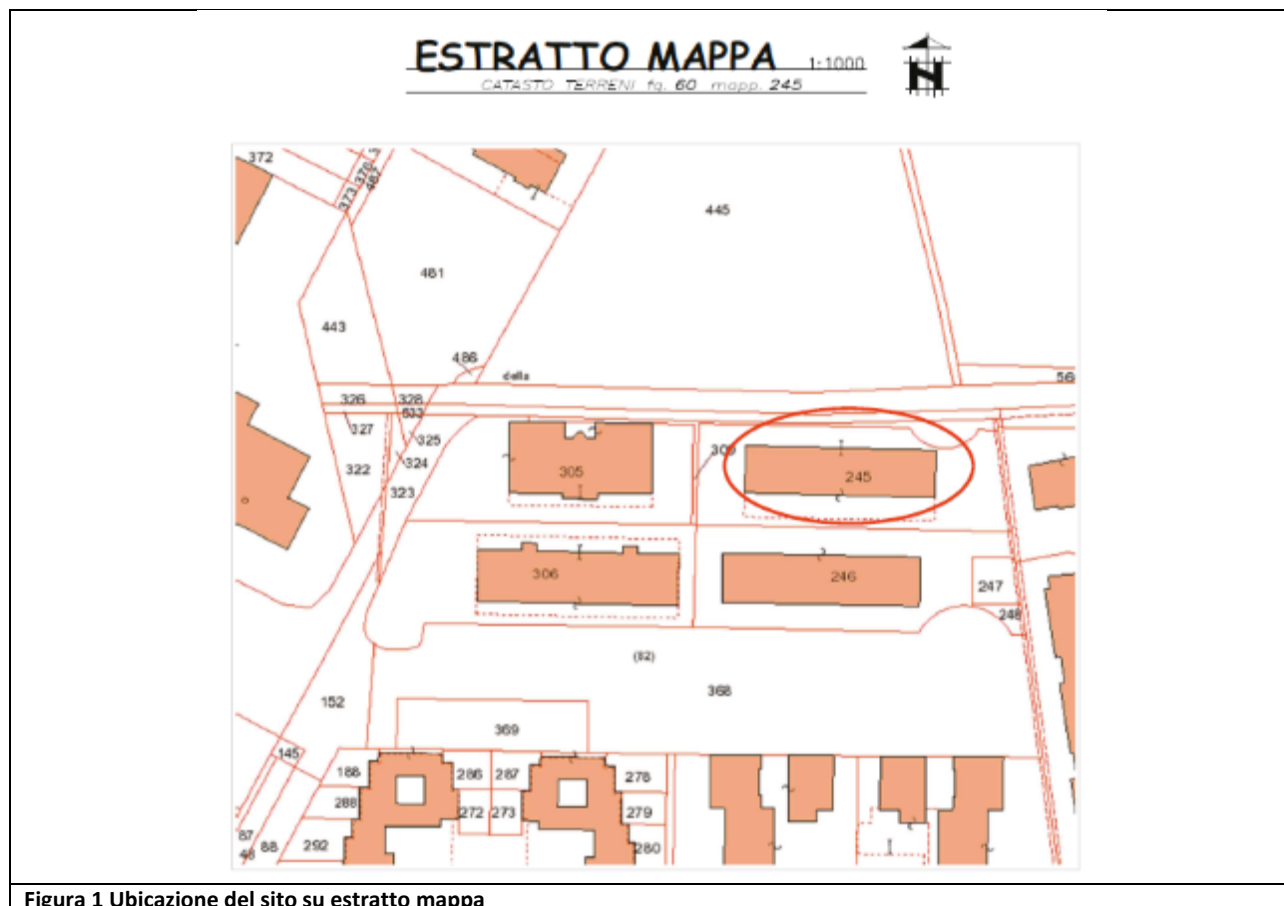


Figura 1 Ubicazione del sito su estratto mappa

Il presente studio è stato condotto ai sensi del cap. 6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 dove si legge che la caratterizzazione e modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio (par. 6.2.1 NTC 2018) e ai sensi della DGR IX/2616 del 30 novembre 2011.

L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta utilizzando le informazioni rilevate durante i sopralluoghi ed integrate con le informazioni riportate nello studio geologico comunale redatto a supporto del PGT.

Trattandosi di indagini di tipo puntuale si premette che il sottoscritto resta disponibile per la verifica all'atto dell'esecuzione degli scavi (con la D.L. e l'impresa esecutrice dei lavori) che le condizioni del sottosuolo descritte nella presente indagine siano proprie di tutta l'area interessata dalla nuova edificazione. Eventuali difformità da quanto riportato nella presente indagine che venissero rilevate in fase di esecuzione lavori, andranno comunicate immediatamente allo scrivente.



Figura 2 Ubicazione dell'immobile su ortofoto

## 2. SINTESI E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Di seguito si procede all'analisi dello studio geologico vigente.

ID	Comune	Tipo di piano	Descrizione	Procedimenti	Fase	Stato PGT	N. atto approvazione	Data approvazione	Data BURL approvazione
31543	MONTICHIARI	Nuovo Documento di piano Nuovo PGT (art. 13, Lr. 12/2005)	Piano di Governo del Territorio - COMUNE DI MONTICHIARI	DP PS PR CG	Approvazione	Vigente	15	28/06/2013	27/12/2013

Nello specifico si procede alla descrizione degli elaborati aventi carattere prescrittivo quali la Carta dei Vincoli, la Carta di Sintesi e la carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano.

Dall'osservazione della cartografia dello studio geologico comunale e degli elaborati della pianificazione sovraordinata, il sito in esame non risulta ricade nelle seguenti aree soggette a vincoli di natura geologica ed idraulica:

- Aree di salvaguardia delle opere di captazione ad uso acquedottistico idropotabile;
- Aree soggette alla pianificazione di bacino PAI o PGRA.

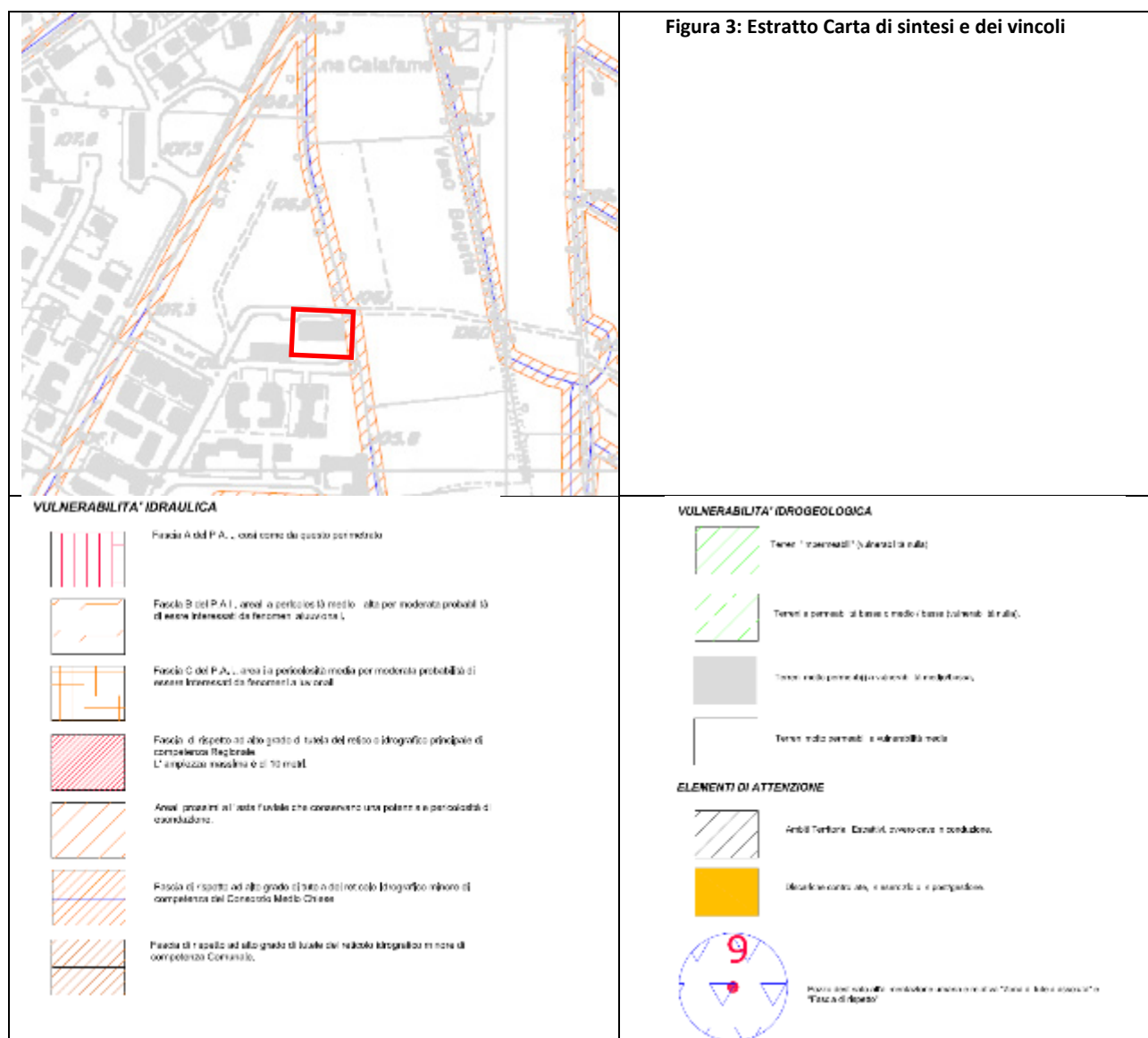
In fregio all'immobile scorre il Vaso Bagatta soggetto a vincolo di polizia idraulica (reticolo del Consorzio di Bonifica Medio Chiese).

Il sito è inserito in classe di fattibilità 2 – con modeste limitazioni, sottoclasse 2A: areali appartenenti al PGT delimitati da terrazzamenti morfologici o comunque rilevati nel contesto generale costituiti da alluvioni ghiaiose grossolane.

Il vaso ... e la sua fascia di rispetto sono inseriti in classe di fattibilità 3H) e assoggettati alla normativa del documento di polizia idraulica.

In ottemperanza alle NdA si è proceduto all'esecuzione dell'App 4.





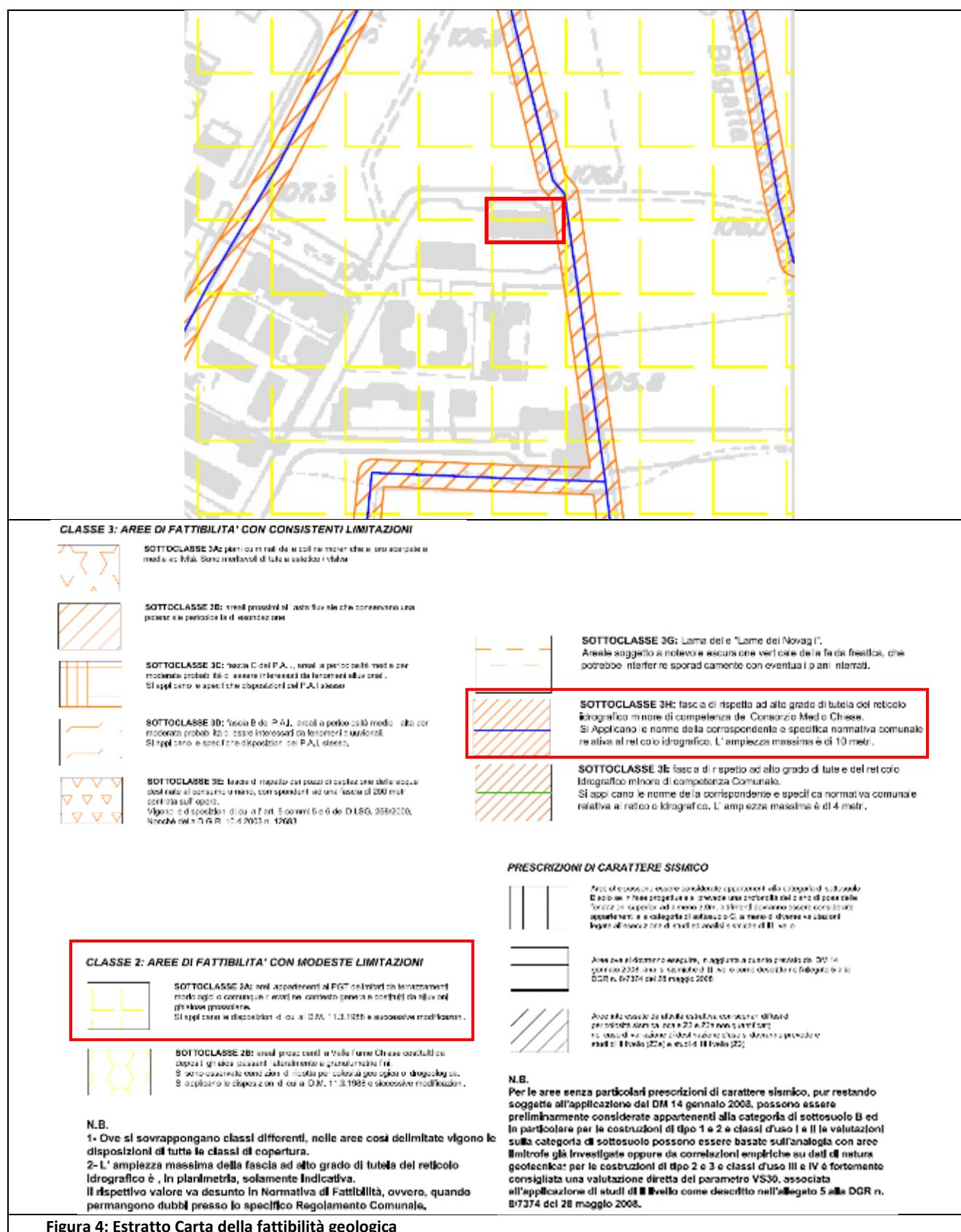


Figura 4: Estratto Carta della fattibilità geologica

Di seguito si riportano le Norme Tecniche relative alla classe di fattibilità geologica, estratte dallo studio comunale.



<p><b>3. CLASSE 3 –FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI</b></p> <p>A questa classe appartengono aree accomunate dall'individuazione di consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni del suolo, ma di caratteristiche differenti tra loro.</p> <p>L'utilizzo di queste aree è subordinato, quindi, alla realizzazione di approfondimenti specifici, oppure di studi tematici di varia natura (ideologici, idraulici, ambientali, ecc.), ove necessari, per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno.</p> <p>Le informazioni così acquisite intendono individuare tipologie costruttive più opportune e eventuali indicazioni riguardo interventi di difesa per l'edificato.</p> <p>Vi si sono riconosciute le seguenti sottoclassi:</p>	<p>→ <b>SOTTOCLASSE 3H:</b> corrisponde alle fasce di rispetto ad alto grado di tutela del Reticolo Idrografico minore di Competenza del Consorzio Medio Chiese, la cui ampiezza massima è di 10 m.</p> <p>Si applicano le norme di cui agli artt. 6 e 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del Reticolo Idrografico del Territorio Comunale.</p> <p><b>SOTTOCLASSE 3E:</b> corrisponde alle fasce di rispetto ad alto grado di tutela del Reticolo Idrografico minore di Competenza Comunale, la cui ampiezza è di 4 m.</p> <p>Si applicano le norme di cui agli artt. 6 e 8 delle Norme Tecniche di Attuazione del Reticolo Idrografico del Territorio Comunale.</p>
<p><b>2. CLASSE 2 –FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI</b></p> <p>A questa classe appartengono le aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni dell'uso dei terreni per ridotta pericolosità geologica e idrogeologica.</p> <p>Per quanto riguarda l'utilizzo geomeccanico dei terreni non si pongono forti limitazioni di fattibilità per soluzioni di fondazione anche se in ogni caso è</p>	<p>opportuno verificare le stabilità d'insieme dell'appoggio in relazioni alle condizioni geomeccaniche e idrogeologiche locali e con riferimento specifico alle caratteristiche tecniche del progetto.</p> <p>In generale l'utilizzo dei terreni deve avvenire nel rispetto delle norme tecniche usuali, conformemente alle norme e alle disposizioni vigenti.</p> <p>→ <b>SOTTOCLASSE 2A:</b> la sottoclasse è rappresentata dalle alluvioni ghiaiose grossolane, con buone caratteristiche meccaniche, facenti parte del Piano Generale Terrazzato principalmente nel settore occidentale del territorio comunale e delimitate dalle scarpate di terrazzo o comunque aree rilevate nel contesto generale.</p> <p>L'attuale uso del suolo è sia agricolo sia urbanizzato e, nell'ampio settore occidentale, si riscontrano anche le attività estrattive, i cui territori sono delimitati dagli ATE.</p>

**Figura 5: Estratto Carta della fattibilità geologica**

#### 4. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geologico il sito è caratterizzato dalla presenza di depositi fluvioglaciali ghiaioso- sabbiosi, con sensibile presenza di limo, debolmente classati, con stratificazione ad “alto angolo”, attribuibili al Piano Generale Terrazzato (PGT).

Dal punto di vista geomorfologico il sito si presenta pianeggiante con gradiente NW→SE 3-4 per mille, con una quota al piano campagna di 106 m s.l.m., separata dal Piano di Ro posta ad est da un terrazzo di circa 1,5 m. I dati disponibili in letteratura integrati da quelli raccolti in sede di sopralluogo non evidenziano la presenza di fenomeni di dissesto di natura gravitativa interferenti con le opere in progetto.

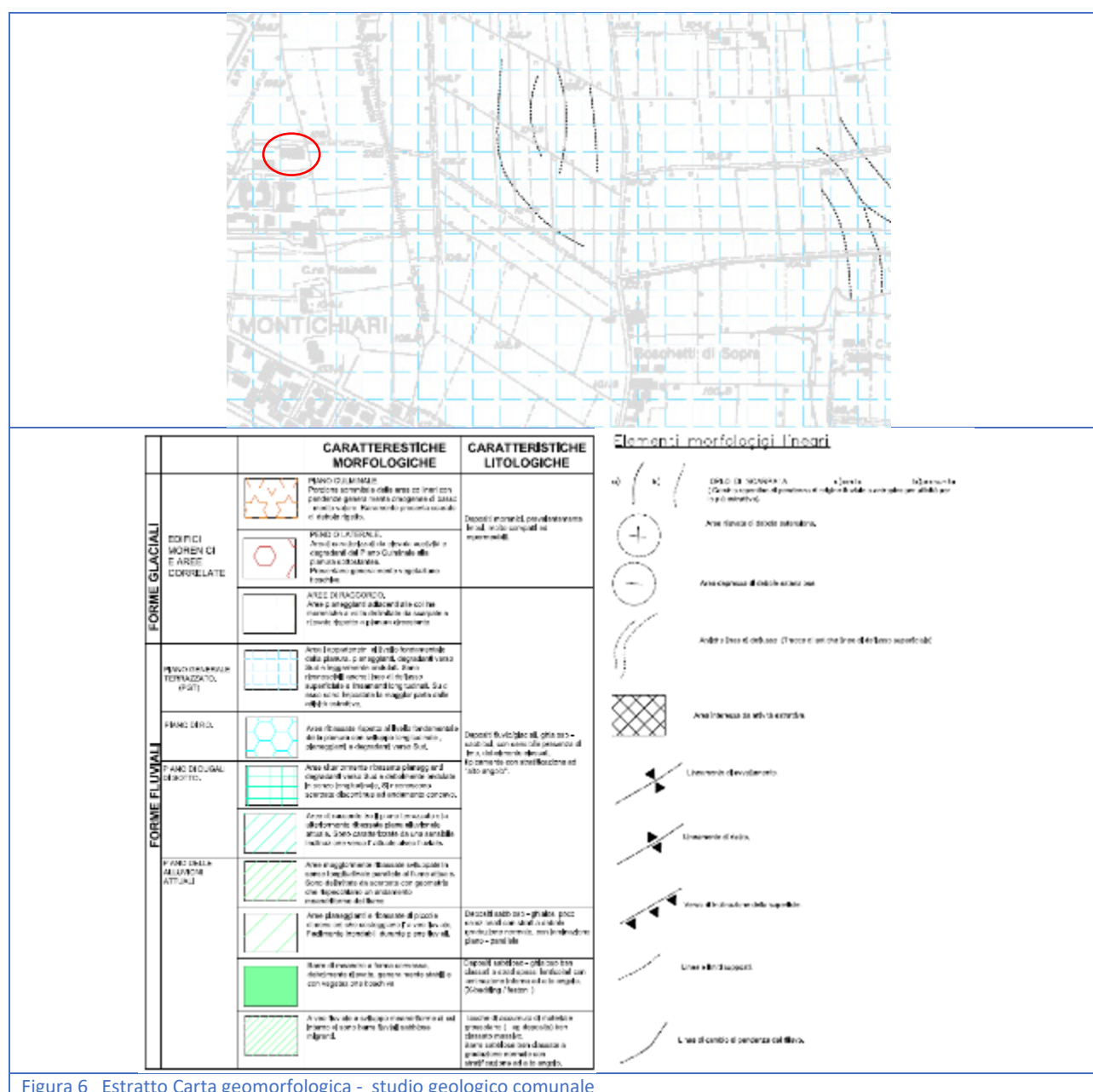


Figura 6 Estratto Carta geomorfologica - studio geologico comunale

## 5. IDROGRAFIA

Dal punto di vista idrografico l'area è interessata da una rete di canali e rogge irrigue derivate dal Vaso Bagatta nuova, di competenza del Consorzio di Bonifica. Il sito si colloca all'esterno delle fasce PAI del fiume Chiese.

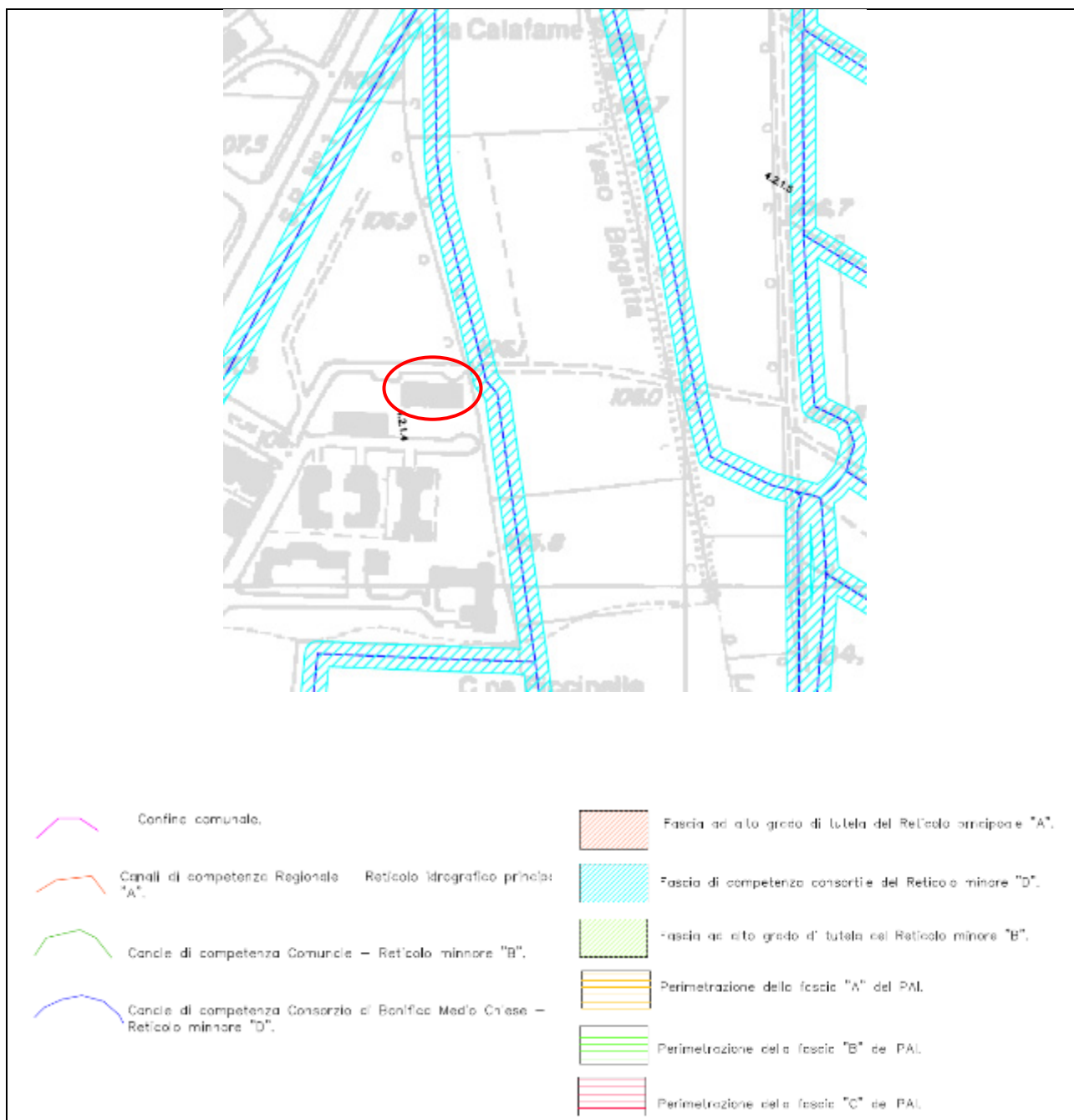


Figura 7 Estratto Carta del reticolo idraulico - studio geologico comunale

Il sito in esame si colloca all'esterno delle aree a rischio idraulico individuate dalla studio geologico comunale, dal PAI e dal PGRA.



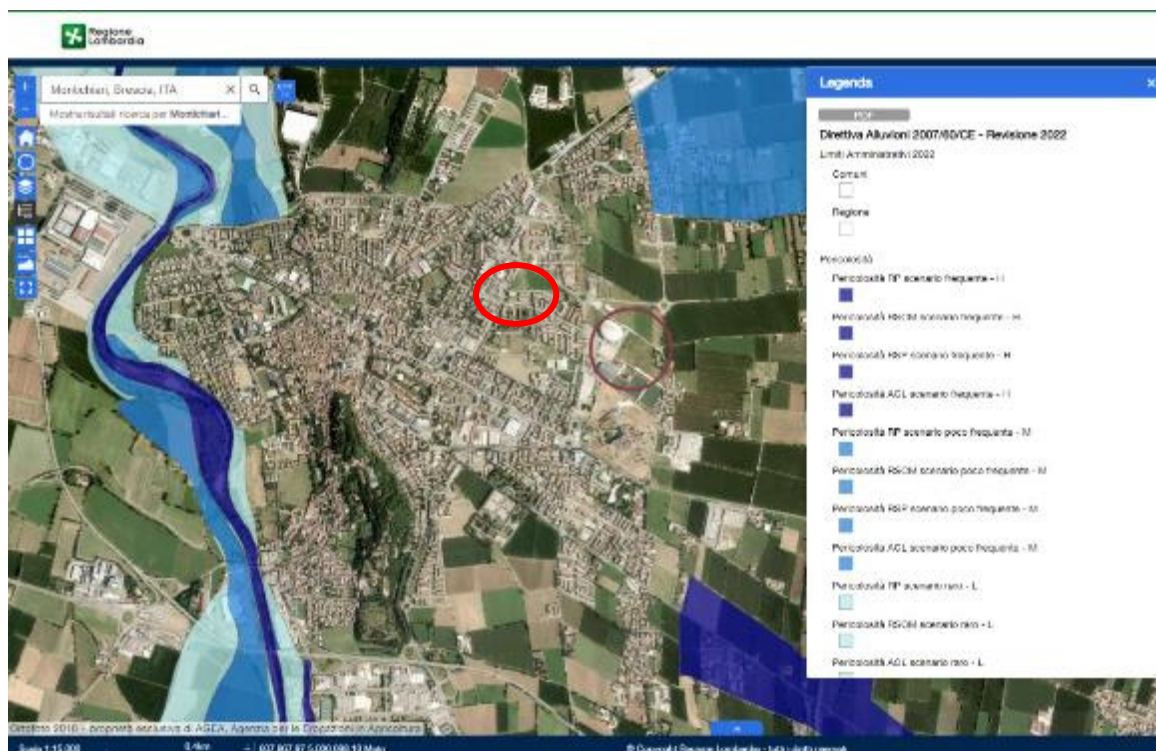


Figura 8 - Estratto PGRA 2022 – Fonte: geoportale Regione Lombardia

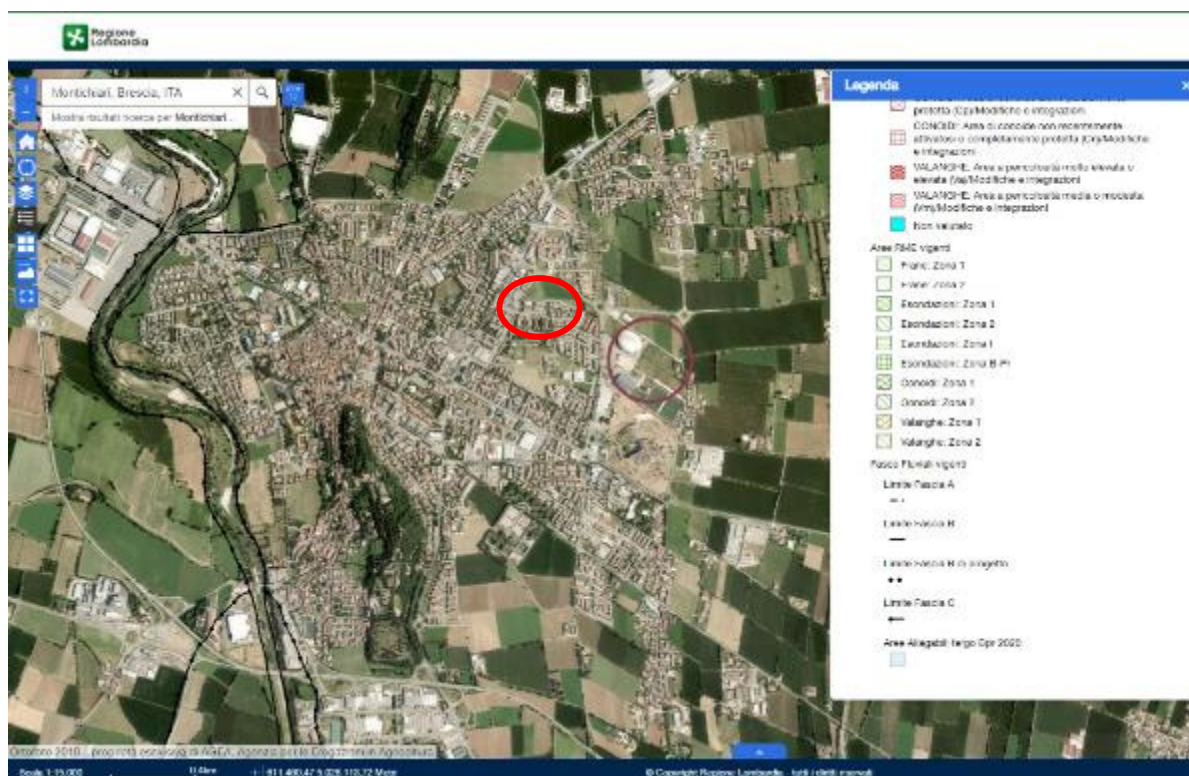


Figura 9 Estratto PAI – Fonte: geoportale Regione Lombardia

## 6. IDROGEOLOGIA

L'andamento generale di scorrimento delle acque sotterranee è principalmente in senso NNE-SSW, ma sono presenti anche flussi secondari che hanno direzione radiante rispetto all'alto freatico individuato presso il paese di Montichiari con isopieze comprese fra 87 e 90 mslm.

Nella figura seguente si riporta la carta idrogeologica dell'area in esame con rappresentati i pozzi nella zona e le isopieze dell'acquifero superficiale tratte dalla banca dati della Regione Lombardia.

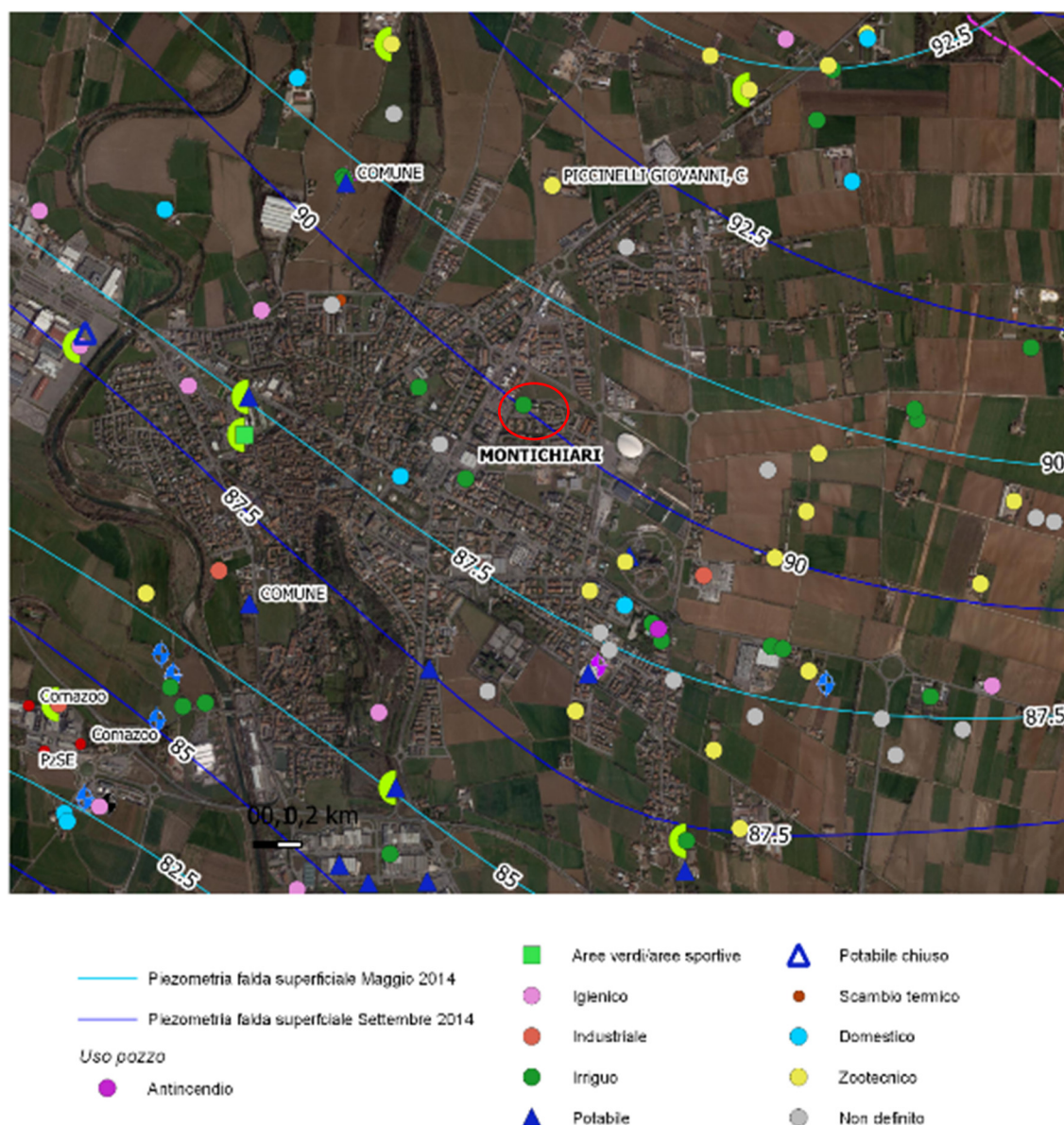


Figura 10 - Carta idrogeologica dell'area in esame

I dati stratigrafici disponibili mettono in evidenza un'alternanza di strati ghiaiososabbiosi permeabili sede di acquiferi anche consistenti separati da lenti limosoargillose semipermeabili o impermeabili spesso discontinue in estensione e spessore. All'interno dell'acquifero più superficiale è presente una falda a pelo libero (freatica) con un livello posto a profondità limitate dalla superficie topografica (circa 12,00- 18,00 m)



e delimitata verso il basso da livelli limoso-argillosi sufficientemente continui, a circa 60 m di profondità dal p.c., impermeabili.-(aquiclude) o semipermeabili (aquitard).

Di seguito a titolo esemplificativo dell'assetto litostratigrafico profondo si riportano le stratigrafie del pozzo acquedottistico comunale e del pozzo delle piscine comunali. Entrambi i pozzi evidenziano la presenza per i primi 30 metri di una potente successione ghiaiosa sabbiosa, con medeste intercalazioni limose.

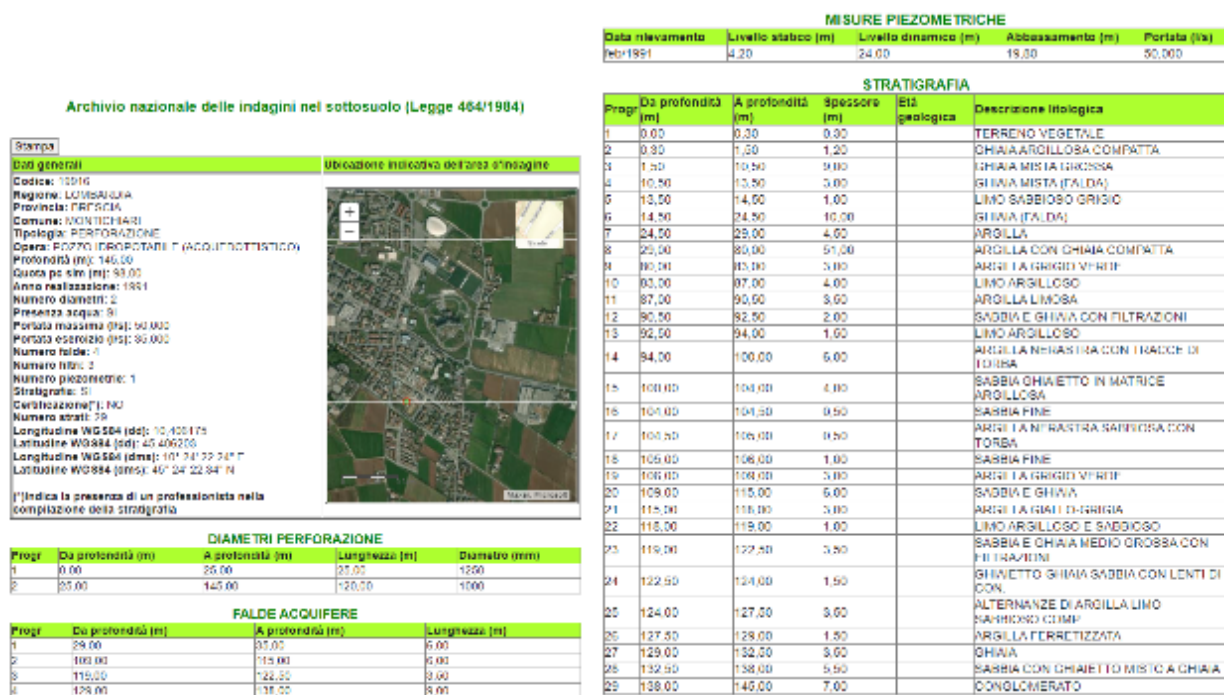


Figura 11 – Stratigrafia pozzo acquedottistico comunale

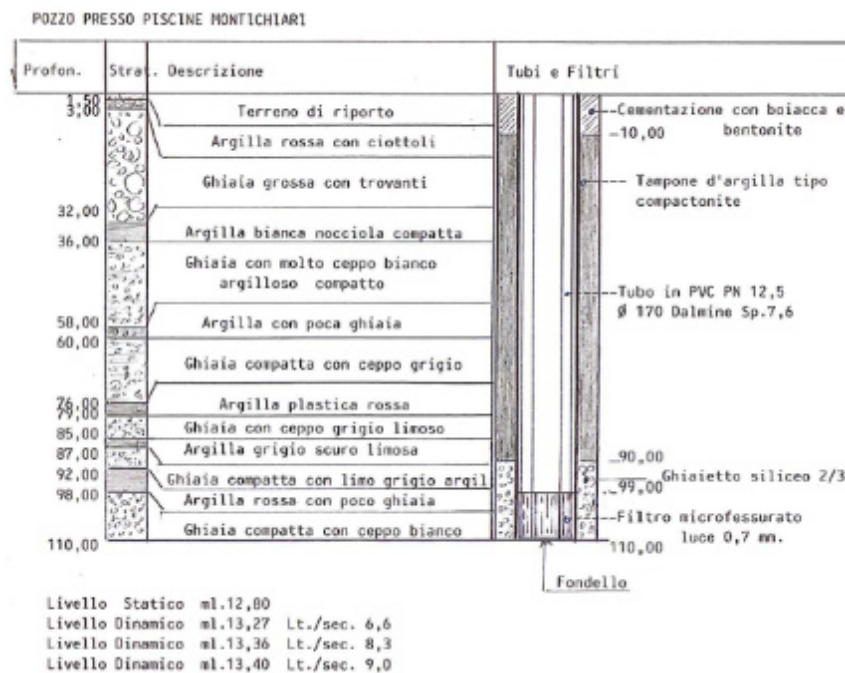


Figura 12 – Stratigrafia pozzo piscine comunali



Considerando il pc a quota 103 mslm, dalla piezometria riportata nello studio geologico comunale la falda si trova ad una soggiacenza intorno ai 7-8 m da pc. Tale dato non è da ritenersi fisso nel tempo ma soggetto ad oscillazioni stagionali anche di diversi metri connesse con le azioni di ricarica ed i prelievi. A titolo esemplificativo si segnala come nel sondaggio S1 eseguito presso il velodromo, ed attrezzato a piezometro, sia stato misurato un livello di falda pari a -18 m. Nei fori di sondaggio è stata rilevata la presenza di circolazioni idriche a -5,50 m.

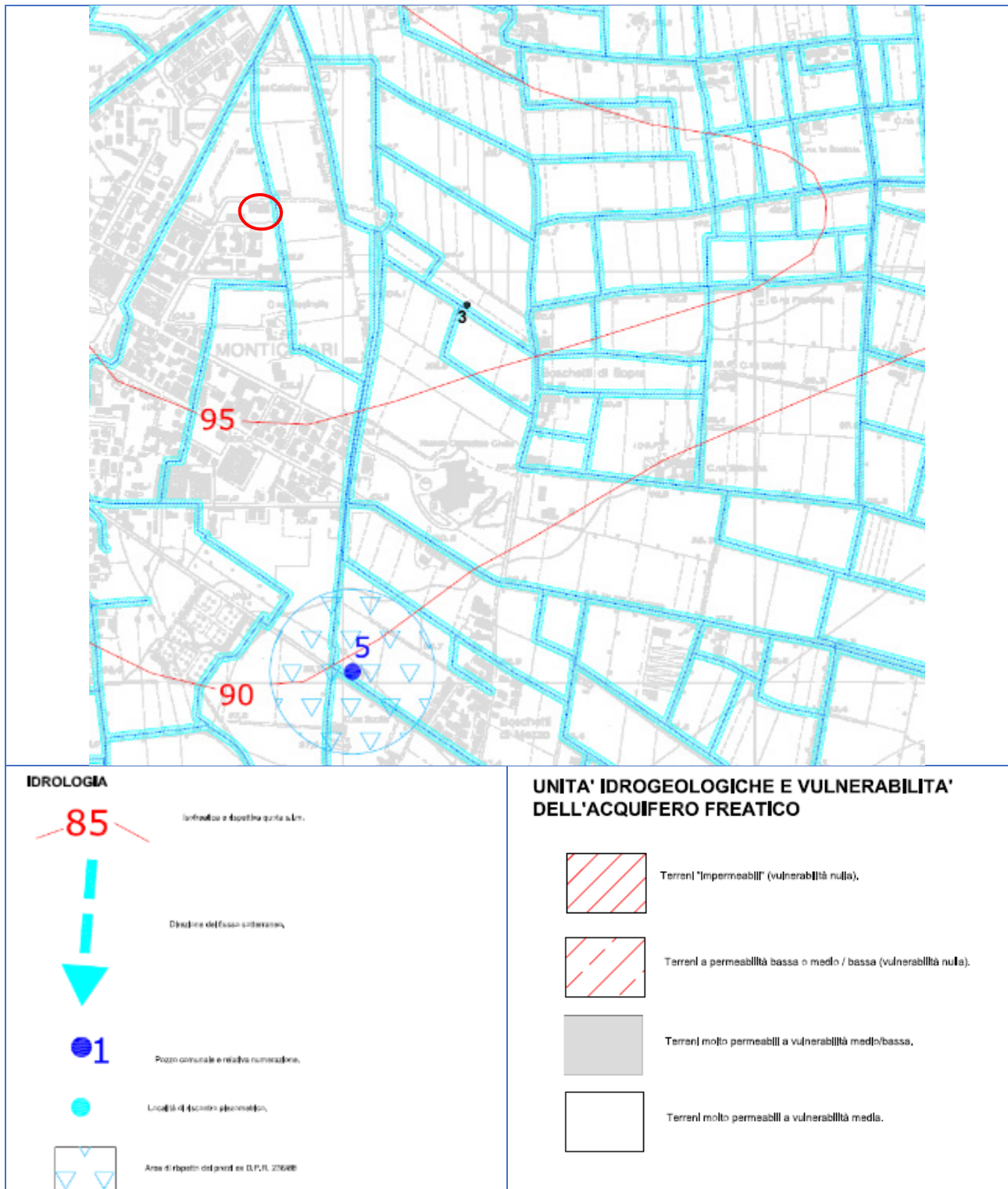


Figura 13 - Estratto Carta idrogeologica – Studio geologico comunale

## 7. PERICOLOSITÀ SISMICA

### 7.1. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In base alla classificazione sismica nazionale associata all'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20 Marzo 2003 ("Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica) il comune di Montichiari è stato classificato in Zona 3 (con sismicità crescente da zona 4 a zona 1).

Tale classificazione è stata rivista con la DGR n. X/2129 del 11 Luglio 2014 che ha modificato il comune in zona sismica 2 (delibera di riclassificazione, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29, S.O., del 16/7/2014).

Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione ( $a_{g\max}$ ) previsti dalla DGR X/2129/2014 per tale zona sismica.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03017113	BS	MONTICHIARI	2	0,15571

Figura 14- Estratto DGR n. X/2129/2014

Con l'entrata in vigore del NTC, tramite l'allegato B al DM vengono fornite tabelle con i parametri che definiscono l'azione sismica relativamente ad un reticolo di riferimento da cui è possibile derivare i valori per ogni punto indagato.

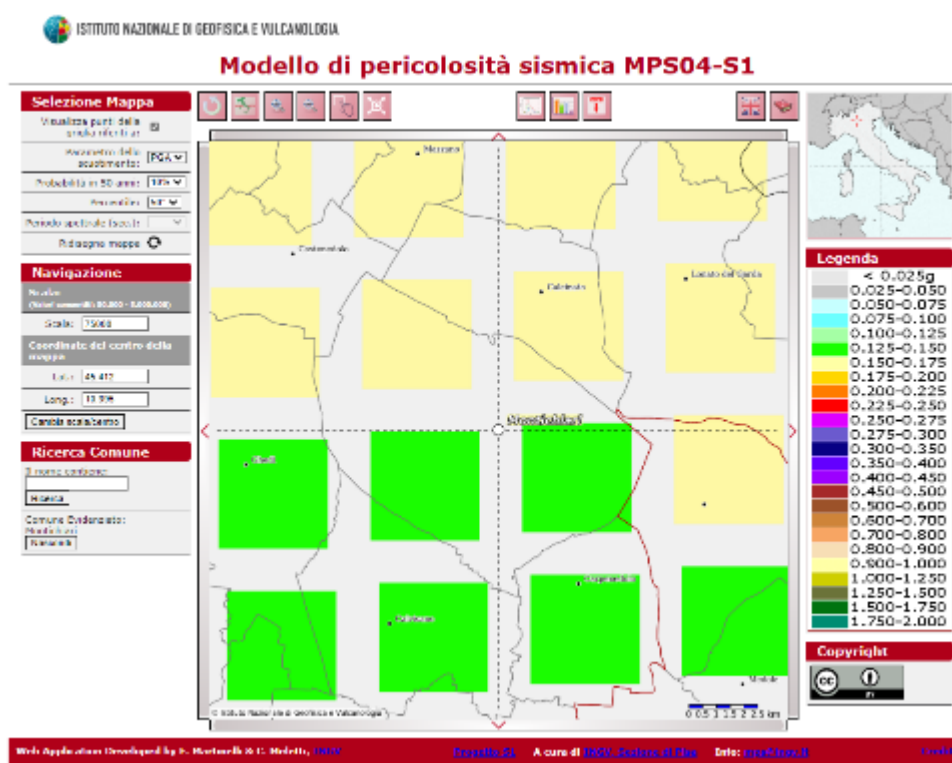
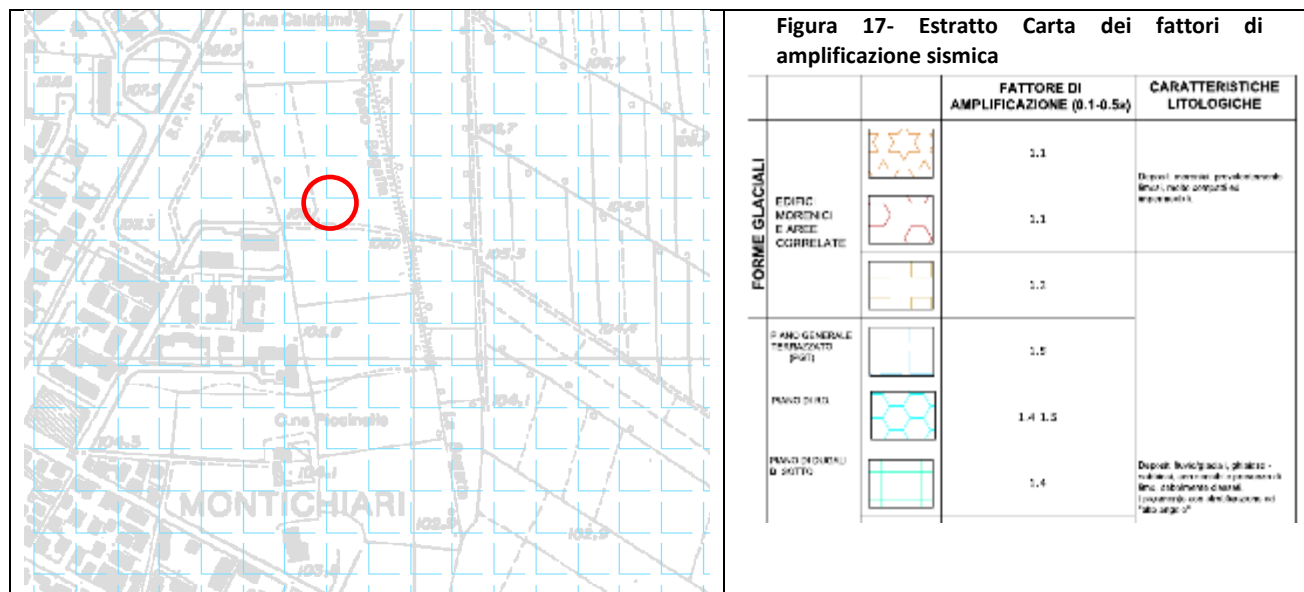
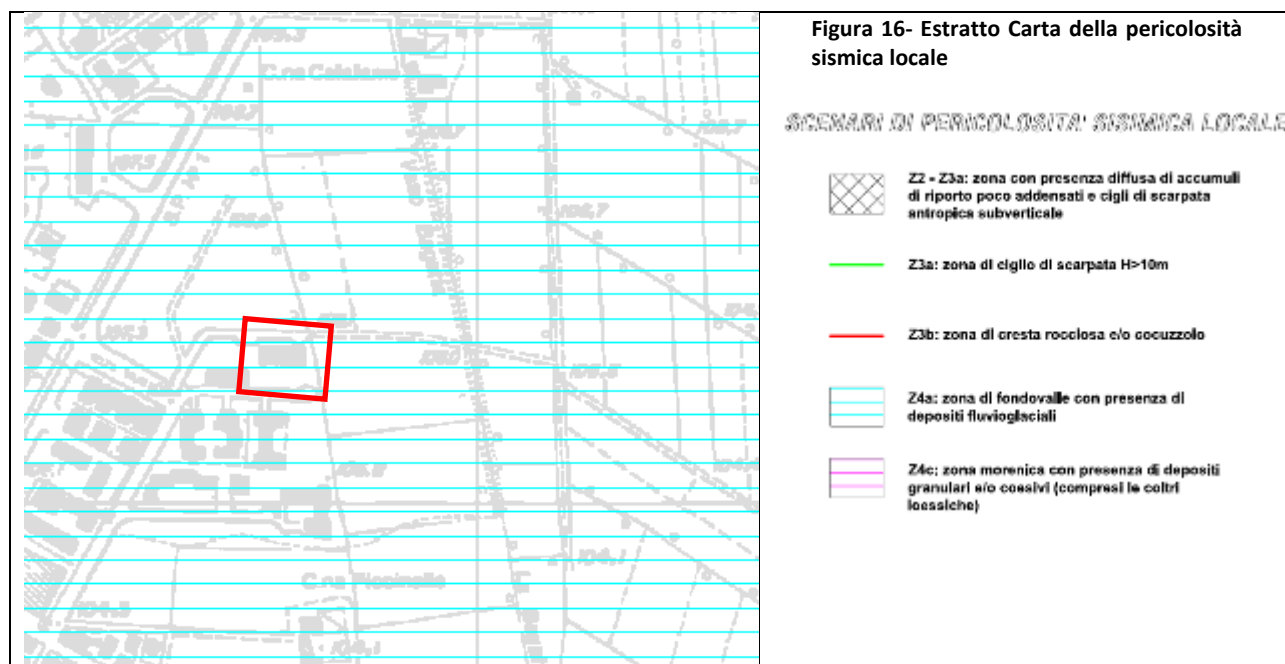


Figura 15- Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica dal sito web INGV - (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

## 7.2. APPROFONDIMENTO SISMICO DA PIANIFICAZIONE COMUNALE

Nella carta della pericolosità sismica locale l'area in esame è inserita nello scenario Z4a: Zone di fondovalle e/o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali del piano generale terrazzato.



Nell'ambito dell'approfondimento sismico di II° livello sono stati eseguiti diverse indagini simiche sul territorio urbanizzato. Le indagini hanno fornito valori di  $V_{s30} > 360$  m/s (categoria suolo B).

Nella figura seguente si riporta un estratto degli approfondimenti di II° livello eseguiti nello studio geologico comunale.

Depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con limo					
LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA			PIANO DI RO (terrazzo superiore)		
5 - NOVAGLI			7 - SIGALINI MATTINA		
Unità	Z (m)	V <sub>S</sub> (m/s)	Unità	Z (m)	V <sub>S</sub> (m/s)
U1b	1.5	230	U1b	2.0	260
U2b	6.5	430	U2b	5.0	480
	13.5	480	U3	11.0	650
U4	33.5	650	U2b	16.0	450
	> 33.5	700	U4	35.0	700
				> 35.0	800
V <sub>S30</sub>	516		V <sub>S30</sub>	553	

MODELLO V <sub>s</sub>	T (s)	f (Hz)	Strato sup. equivalente		Fa (0.1-0.5 s)	Fa (0.5-1.5 s)
			Spessore (m)	V <sub>s</sub> (m/s)		
1 - DUGALI DI SOTTO	0.22	4.5	13.5	570	1.4	1.1
2 - BORGO DI SOTTO	0.22	4.5	4.0	275	1.6-1.7	1.1
3 - SAN ZENO	0.08	12.2	11.5	560	1.1	1.0
4 - FONTANELLE	0.12	8.3	5.5	280	1.2	1.0
5 - NOVAGLI	0.29	3.4	6.5	385	1.5	1.2
6 - MONTECHIARESA	0.24	4.2	4.0	290	1.7	1.1
7 - SIGALINI MATTINA	0.23	4.3	5.0	390	1.4-1.5	1.1

Pertanto lo spettro di sito previsto per la categoria di sottosuolo B è da ritenersi sufficiente, in termini energetici, a tenere in conto i fenomeni di amplificazione locale presenti al sito nelle aree caratterizzate da depositi di origine glaciale e relative aree di raccordo, nelle aree caratterizzate da depositi fluvio-glaciali del Livello Fondamentale della Pianura e del Piano di Ro e nelle aree pianeggianti del Piano di Dugali di Sotto poste in destra orografica del Fiume Chiese; solo per le aree pianeggianti del Piano di

Dugali di Sotto poste in sinistra orografica e per le aree di raccordo con il terrazzo inferiore appartenente alla piana alluvionale attuale si dovranno prevedere specifiche prescrizioni di carattere sismico, necessarie a tenere adeguatamente in conto le reali amplificazioni sismiche attese.

Figura 18- Estratto analisi di II livello – studio geologico comunale



## 8. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO ED INDICAZIONI PROGETTUALI

### 8.1. INDAGINE GEOGNOSTICA SITO SPECIFICA

Ai fini della ricostruzione del modello geologico-geotecnico dell'area oggetto d'intervento si è proceduto all'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche e di un'indagine sismica congiunta HS- HVSR. Considerando la presenza di interrati e di sottoservizi l'indagine sismica è stata eseguita sul campo agricolo in fregio alla via.

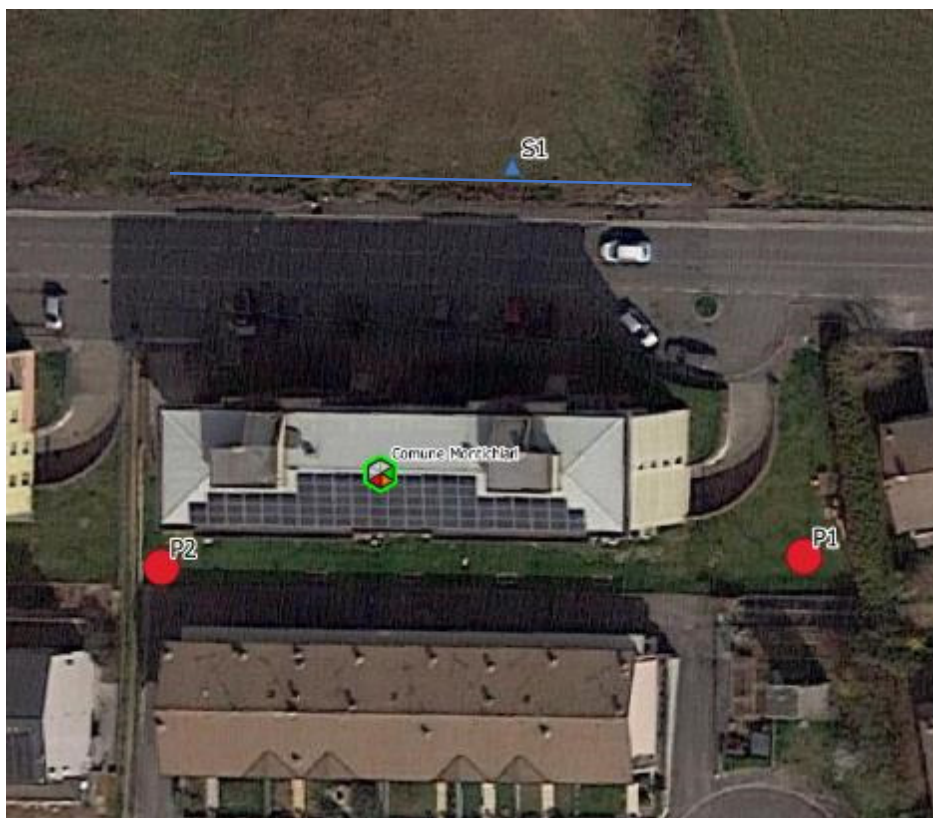


Figura 19- Ubicazione indagini

Per conoscere in dettaglio la stratigrafia del terreno in profondità sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH. Questo tipo di prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno, mediante battitura, una punta conica metallica posta ad una estremità di un'asta di acciaio.

La battitura si ottiene dalla caduta di un maglio da un'altezza stabilita. Per queste prove è stato utilizzato un penetrometro dinamico con massa battente di 63 kg ed altezza di caduta di 0,73 m. La resistenza del terreno è funzione diretta del numero di colpi necessari per l'approfondimento dell'asta di 20 cm; con l'aumentare della profondità, vengono giuntate aste successive che trasmettono la pressione alla punta. Per misurare l'attrito laterale delle aste contro i terreni attraversati, si è utilizzata una chiave dinamometrica con scala 10-200 Nxm. La misura del momento torcente è stata effettuata ad ogni giunzione di asta ed al termine della prova.

In allegato si riportano le caratteristiche dello strumento utilizzato e le elaborazioni ottenute a partire dai dati ricavati dalle prove.



Strumento utilizzato per i sondaggi

Per la determinazione del valore NSPT dalle prove penetrometriche dinamiche continue DPSH è stata utilizzata la seguente correlazione (Cestari 2005 – AGI 1977):

$$N_{SPT} (60\%) = N_{20} (60\%) \times C$$

Dove C è un coefficiente di conversione che dipende dal tipo di terreno ed assume i valori riportati nella seguente tabella.

Terreno	C
Ghiaioso	1.50-2.00
Sabbioso	2.00-2.80
Argilloso	2.80-4.00

Si applica inoltre la correzione CAGI = 0,58 C

Un'ulteriore correzione è stata introdotta in base alla lettura del momento torcente ad ogni metro di avanzamento delle aste. Dato che maggiore è l'attrito laterale offerto dal terreno sulla superficie laterale delle aste e minore è l'energia effettiva che la caduta del maglio trasmette alla punta, si è calcolato un coefficiente di riduzione che tenga conto di questo fenomeno e vada progressivamente a diminuire il coefficiente C all'aumentare del momento torcente misurato.

Il coefficiente è stato calcolato dallo scrivente utilizzando i dati raccolti in numerose campagne di indagini utilizzando lo strumento DPSH 73/63 GeoDeepDrill, realizzate in terreni con stratigrafia nota e affiancate a prove eseguite utilizzando il rivestimento metallico in dotazione allo strumento.

Le prove hanno evidenziato la presenza di un primo orizzonte che si estende fino a circa 2,5- 2,8 metri caratterizzato da materiale rimaneggiato a seguito dei passati interventi di edificazione (realizzazione garage interrati esistente). Oltre tale profondità si osserva la presenza del substrato ghiaioso sabbioso con ciottoli tipico della zona.



## 8.2. INDAGINE SIMSICA CONGIUNTA HS- HVSR

Per la valutazione delle velocità  $V_{s30}$  di sito e la definizione del Modello Geofisico di Sito ai fini dell'analisi di 2° livello ai sensi dell'All.5 della D.G.R 9/2616/2011, sono stati utilizzati i dati derivanti da una indagine di sismica attiva con analisi congiunta della dispersione della componente radiale e verticale dell'onda di Rayleigh e passiva con analisi del microtremore sismico.

### 8.2.1. Analisi HVSR

La tecnica HVSR (o di Nakamura) è una tecnica sperimentale che consente di valutare alcune caratteristiche di depositi sedimentari. Si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, generato da fenomeni naturali (onde oceaniche, vento ....) e dall'attività antropica, oltre che dall'attività dinamica terrestre. Il rumore sismico si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole. I metodi che si basano sull'acquisizione dei microtremori si dicono passivi in quanto il rumore non è generato appositamente, utilizzando ad esempio esplosioni o la caduta di un grave, come per acquisizioni di onde rifratte o riflesse tipiche della sismica attiva.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW ) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è principalmente finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo. Per tale procedura necessitano dei vincoli. In questo caso i vincoli al modello vengono forniti dalle indagini geotecniche effettuate in sito. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici.

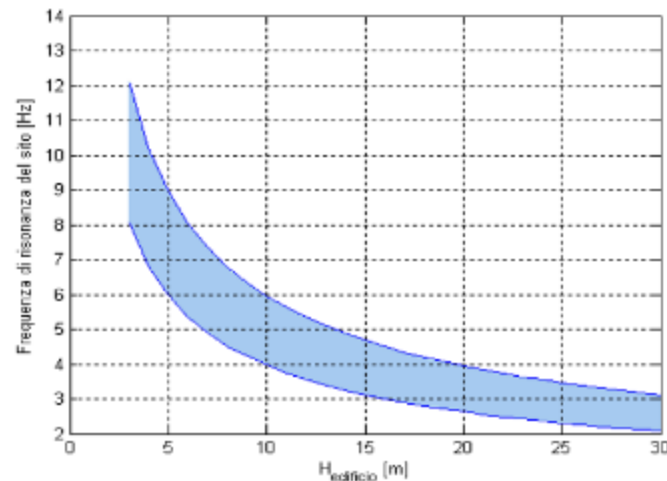
Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente e nota formula:  $T_0 = 4H/V_s$

dove:  $V_s$  =  $V_s$  media sino al bedrock

H = spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock (cosa sia da considerare bedrock è argomento complesso ma possiamo sintetizzare la cosa dicendo che è un orizzonte con forte contrasto di  $V_s$ , che da origine ad un picco dell'H/V)

Naturalmente, la frequenza di risonanza del sito sarà:  $f_0 = 1/T_0$  e quindi  $f_0 = V_s/4H$

Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito  $f_0$ , denominata frequenza fondamentale di risonanza. Sarà infatti necessario porre attenzione a fenomeni di "doppia risonanza", che si potrebbero verificare in caso di corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati. La frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere calcolata in prima approssimazione con il seguente grafico.



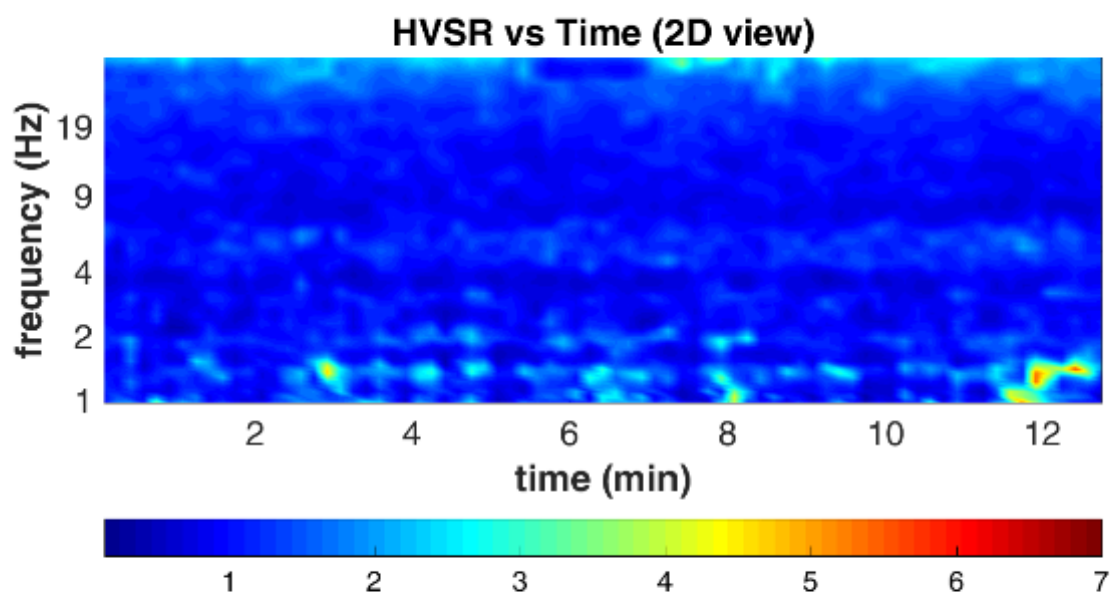
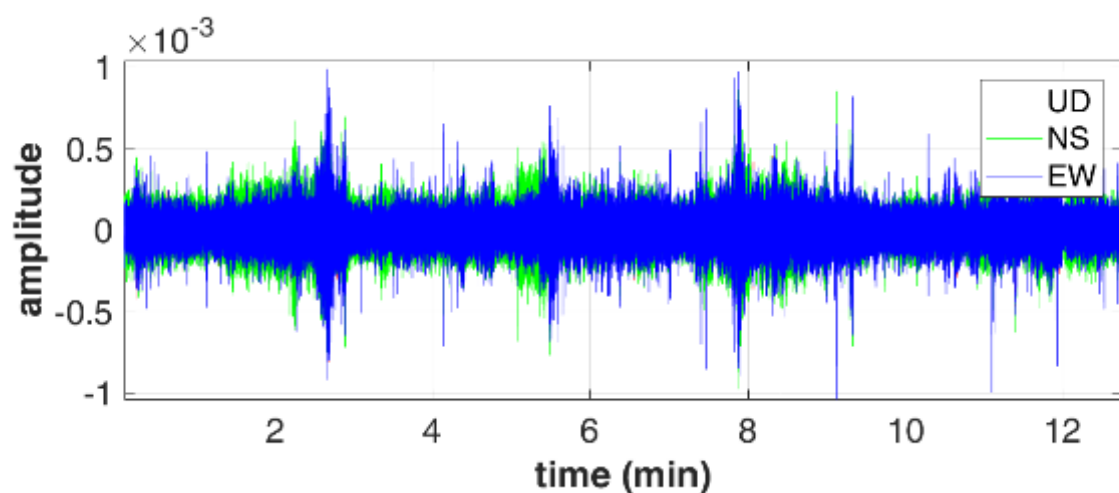
Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato:  
la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza

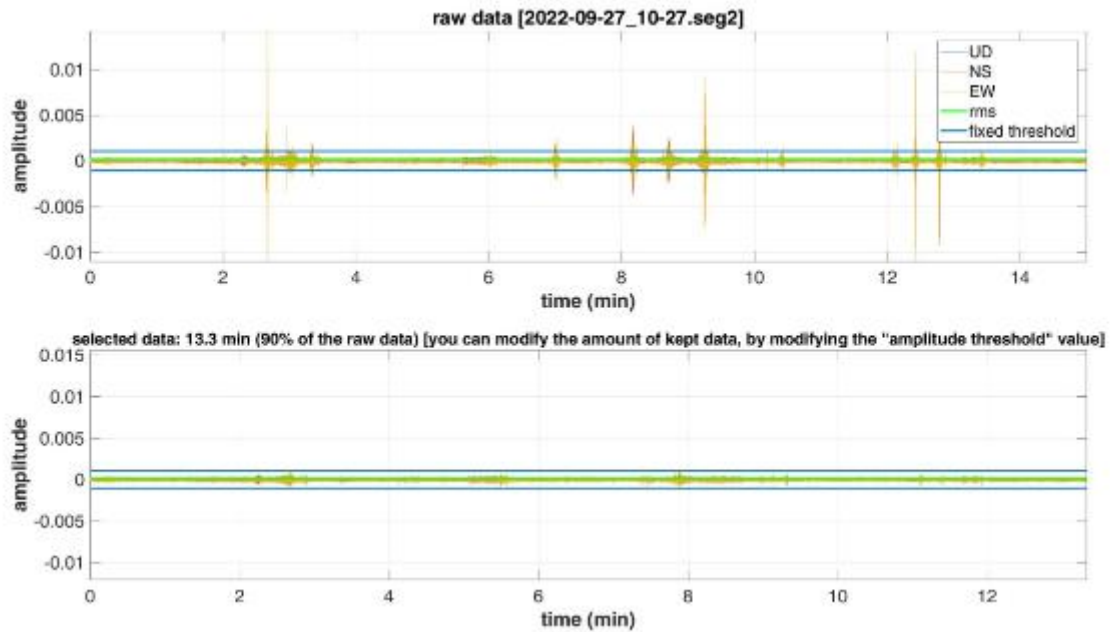
Le acquisizioni sono state svolte utilizzando il geofono triassiale Holi3C, cioè una terna calibrata con geofoni da 4,5 Hz (frequenza propria) ed avvalendosi poi per le analisi del software HoliSurface (Eliosoft).



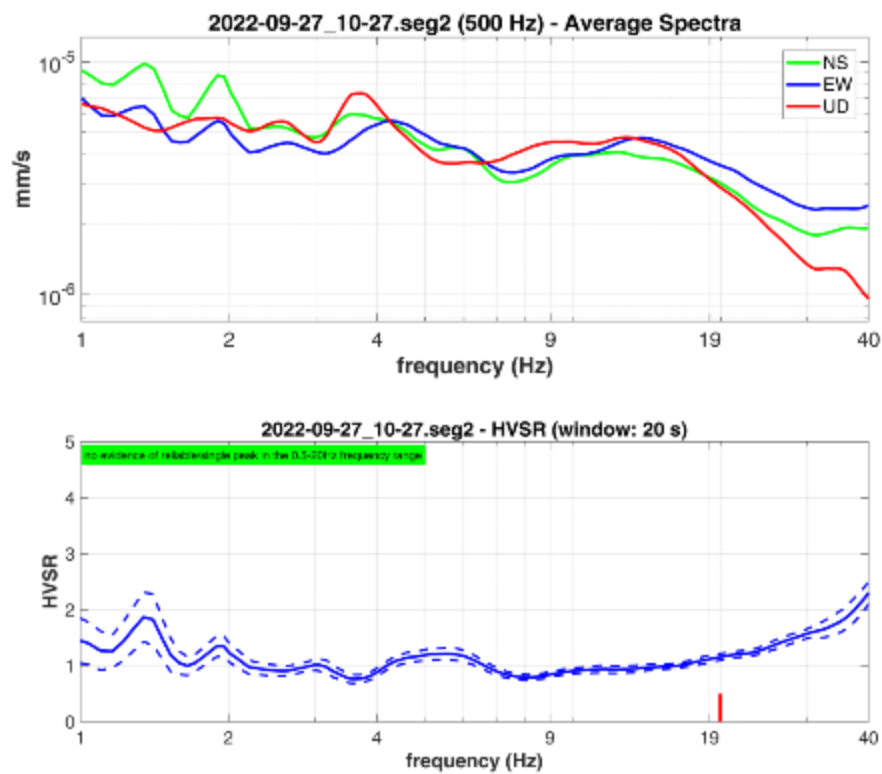
Sismografo Triassiale sul terreno

Sono state eseguite n. 1 registrazioni sismiche di microtremore (rumore di fondo) dove sono state effettuate le registrazioni di sismica attiva. La durata temporale della registrazione è stata assunta di 15 minuti (900 s). Le analisi sono state effettuate seguendo le linee guida del progetto SESAME.

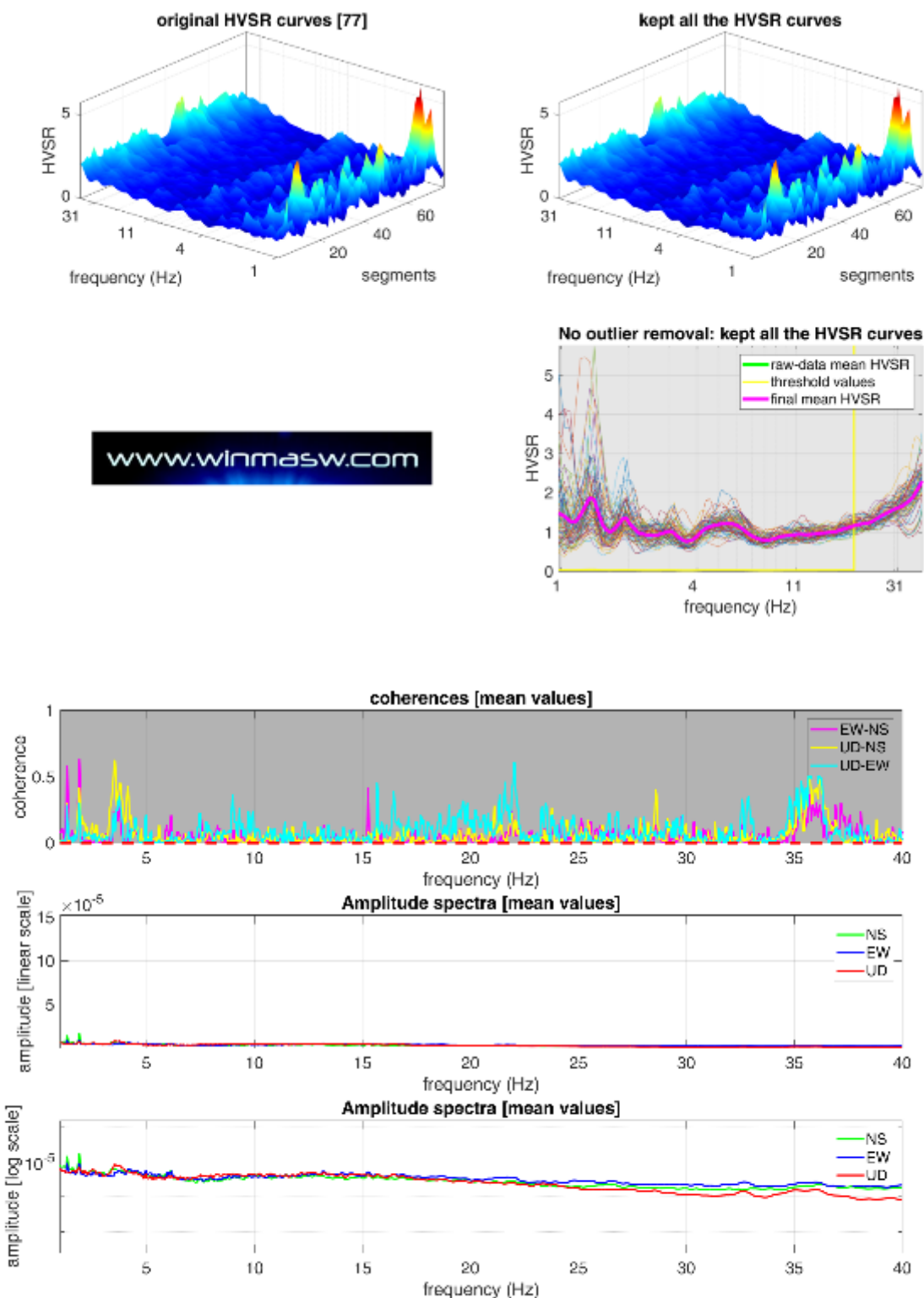




Dati registrati – durata 15 minuti



Curva H/V – Frequenza La linea continua blu rappresenta il rapporto H/V medio – Il punto rosso identifica la frequenza principale  $f_0$ .



Spettri delle singole componenti

### 8.2.2. Analisi HoliSurface

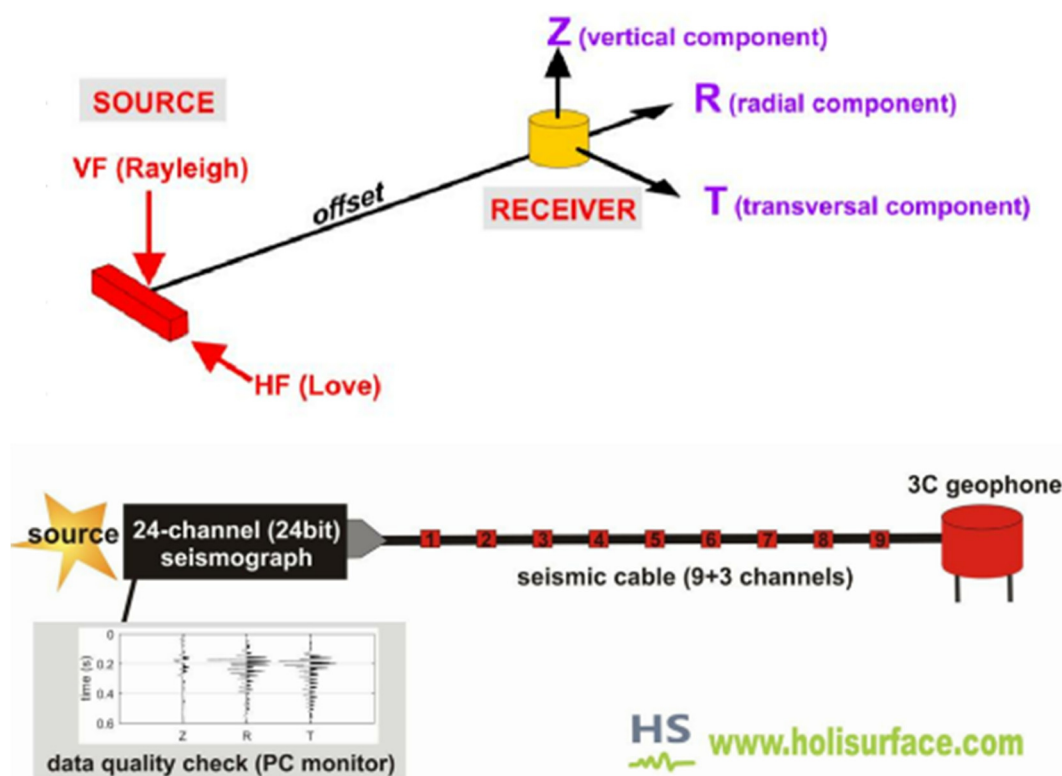
Al fine di caratterizzare in modo più stringente il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), si sono effettuate acquisizioni ed analisi secondo la tecnica MFA (Multiple Filter Analysis – Dziewonsky et al., 1969; Herrmann, 2013; Pedersen et al., 2003) adattata a sfruttare in maniera olistica tanto

la componente radiale che quella orizzontale dell'onda di Rayleigh qui considerata (anche considerando l'RVSR - Radial-to-Vertical Spectral Ratio – metodologia HoliSurface).

Le misure di microtremori, atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR), unitamente a misure di dispersione delle onde di superficie, sono state utilizzate a meglio vincolare il profilo VS (Dal Moro, 2010; 2011). A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR senza quantitative informazione sulle VS da parte di misure di sismica attiva (MASW o MFA) non risulta in grado di definire il profilo VS). Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM gennaio 2018. Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito (quindi l'eventuale amplificazione dello scuotimento del suolo in caso di sisma) alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

Acquisire un dato per analisi HoliSurface® non è molto diverso rispetto alle tradizionali acquisizioni di sismica attiva per, ad esempio, analisi MASW o rifrazione (lo zero dei tempi è fissato dal trigger). La differenza sostanziale è che in questo caso si è utilizzato un unico geofono a tre componenti (3C - spesso indicato anche come 3D in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione rispetto alla sorgente è però fondamentale. Questo significa che, per fare analisi HoliSurface®, è necessario orientare il NS dello strumento in assetto radiale rispetto alla sorgente.

E' stata effettuata un'acquisizione per le onde di Rayleigh (quindi con martellata verticale). Si è ottenuto così un file in cui le prime due tracce rappresentano il moto delle onde di Rayleigh nella componente radiale e verticale.



Schema acquisizione HoliSurface

Le acquisizioni sono state svolte utilizzando il geofono triassiale Holi3C, cioè una terna calibrata con geofoni da 4,5 Hz (frequenza propria) ed avvalendosi poi per le analisi del software HoliSurface (Eliosoft).

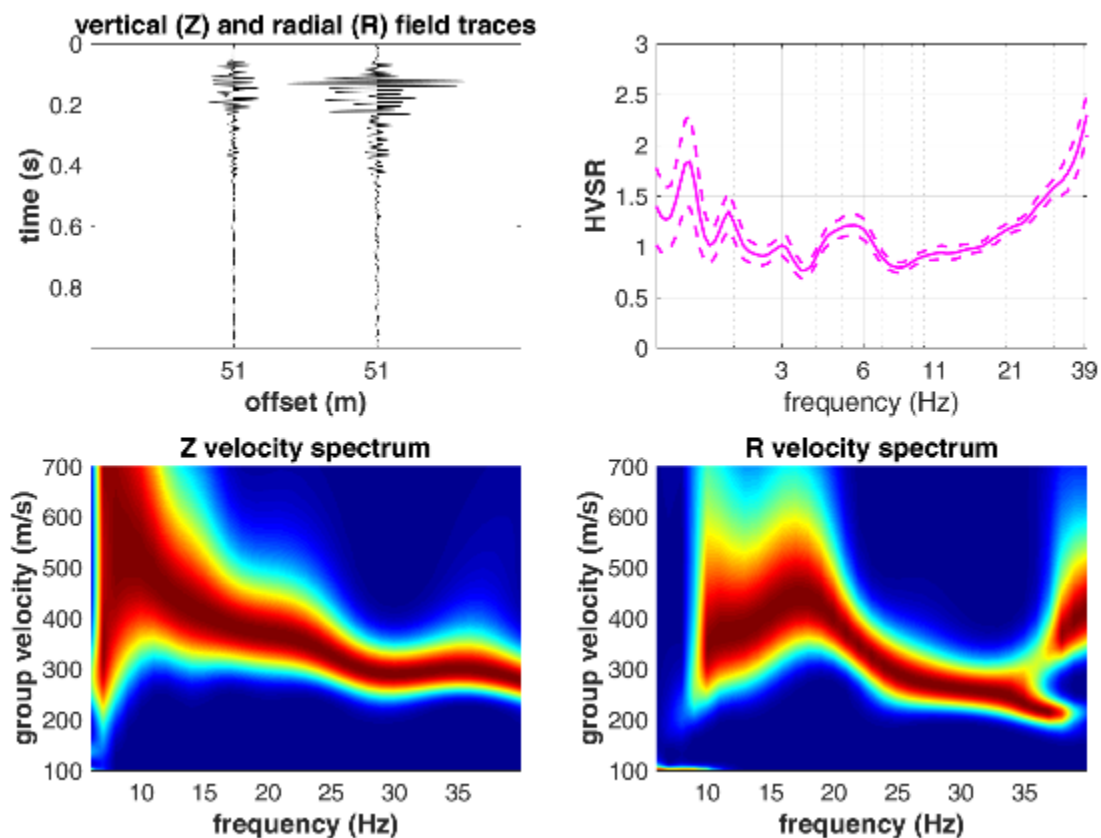




Sismografo e punto di energizzazione

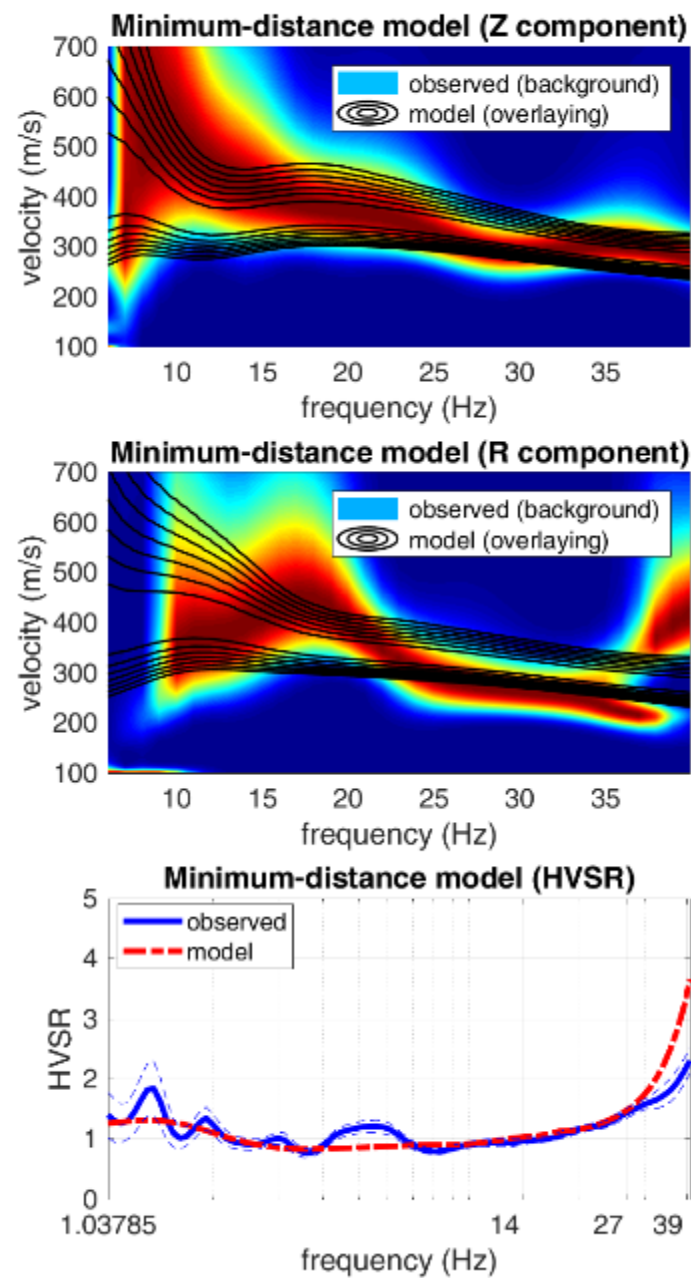
### 8.2.3. Analisi congiunta Holisurface + HVSR e modello sismico

La figura seguente riporta le tracce acquisite in modalità attiva e gli spettri di velocità di gruppo (metodo MFA - Multiple Filter Analysis) delle componenti radiale e verticale dell'onda di Rayleigh con, in alto a destra è riportato anche il Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSR).

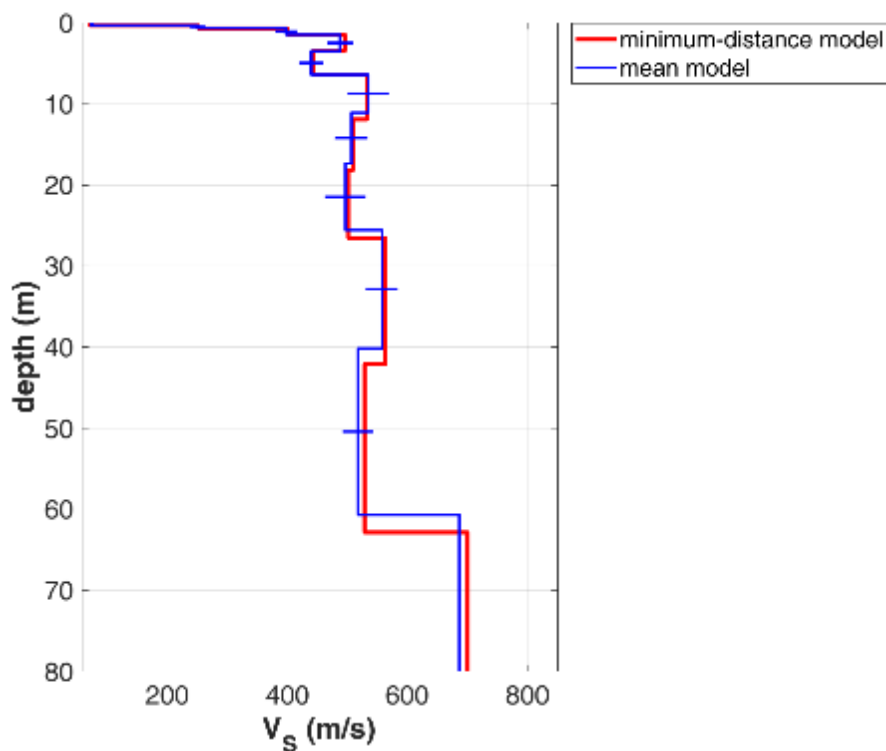


Si riportano i risultati della modellazione congiunta degli spettri di velocità di gruppo relativi alle componenti radiale e verticale dell'onda di Rayleigh congiuntamente all'H/V (sismica passiva). I colori sullo sfondo

rappresentano i dati di campagna mentre le contour lines nere i dati del modello identificato (si noti la sovrapposizione).



Di seguito si riporta il profilo verticale della VS identificato dalla modellazione congiunta di tutti i dati acquisiti. I numeri riportati riportano il valore della VS (m/s) e lo spessore (m).



Group velocity spectra and HVSr (active and passive data)

offset: 51 m

Analysis: Rayleigh Waves (group velocities)

Velocità (m/s)	72	252	400	496	444	533	510	502	564	529	701	881
Spessore (m)	0.4	0.4	0.8	2	2.9	5.5	6.2	8.4	15.5	20.8	49.3	
Profondità (m)	0.4	0.8	1.6	3.6	6.5	12	18.2	26.6	42.1	62.9	112.2	

Vs30 =	465	m/s	
--------	-----	-----	--

Il periodo proprio del sito T, necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione contenuta nell'allegato 5 dei criteri regionali di cui alla D.G.R. del 22 dicembre 2005 n°VIII/1566 "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T, è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

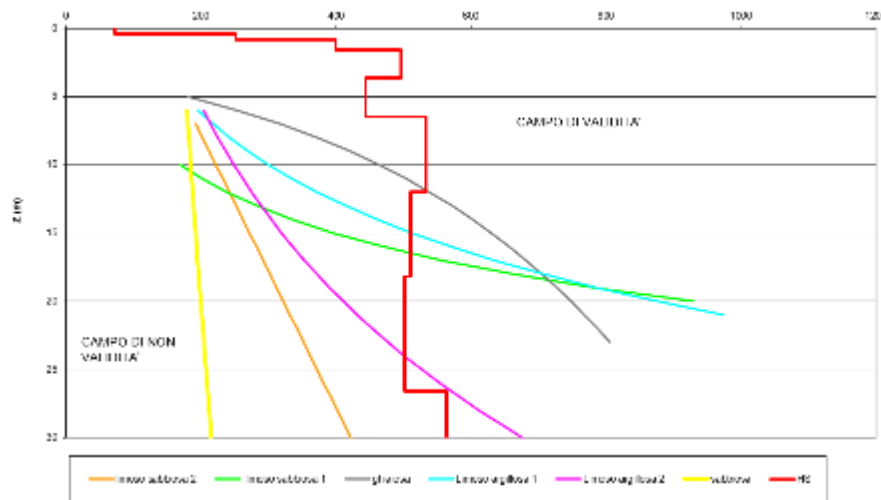
$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$	<p>Hi= spessore dello strato i-esimo del modello</p> <p>Vsi= velocità dello strato i-esimo del modello</p>
---	--

È stata eseguita un'analisi sito-specifica per la stima degli effetti litologici e la stima del fattore di amplificazione di sito ( $F_a$ ), seguendo la procedura di II Livello di approfondimento secondo quanto indicato nell'all. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 utilizzando le risultanze esposte in precedenza.

#### 8.2.4. Approfondimento sismico di II livello

Sulla dell'andamento del profilo di  $V_s$  si considera corretto utilizzare:

- la scheda litologica "limoso sabbiosa 2";
- il valore di  $V_s$  6.30 pari a 330 m/s (rif. Piano campagna);
- la curva 3 blu (figura seguente).



Sulla base dell'indagine eseguita e del modello geofisico del sottosuolo ricostruito, il periodo di risonanza del sito risulta  $T=0,75$  s.



Figura 20: Estratto Scheda limoso sabbiosa 2 – Curva 3 blu

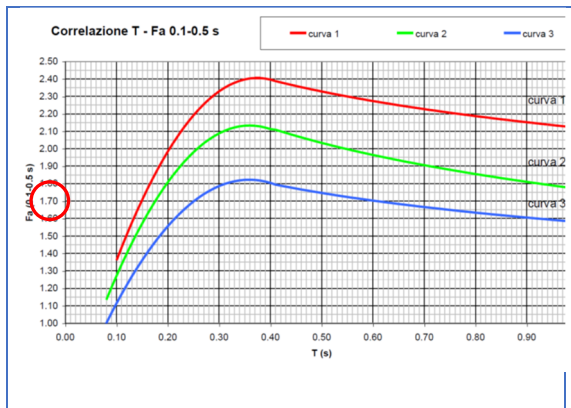


Figura 21: Calcolo valore di FAC per T 0,1-0,5s

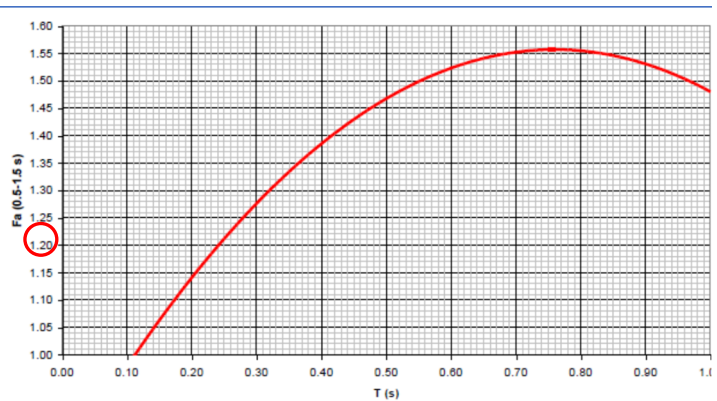


Figura 22: Calcolo valore di FAC per T 0,5-1,5s

Si confrontano tali valori con i valori di soglia comunale (FAS):

Comune	INTERVALLO	FAC	Valori soglia - FAS			
			B	C	D	E
MONTICHIARI	0.1 - 0.5	1.70	1,5	1,9	2,3	2,1
	0.5 - 1.5	1.20	1,7	2,4	4,4	3,1

Tabella 1: Valori di amplificazione sismica di soglia comunale DGR 7374/2008 (FAS)

Sulla base dei risultati dell'indagine sismica sito specifica e dell'approfondimento di II° livello, ai fini progettuali saranno da utilizzare le seguenti categorie di sottosuolo di fondazione:

- Periodo T 0,1- 0,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione C.
- Periodo T 0,5- 1,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione B.

Si ricorda che, secondo quanto espressamente dichiarato da Regione Lombardia con nota dell'ottobre 2016, *"si intende che, per la corretta applicazione del metodo, vadano accettati tutti i valori di FAC che una volta applicata la tolleranza (+/- 0,1) soddisfino almeno una volta il non superamento del valore soglia"*.

### 8.3. CATEGORIA SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE E TOPOGRAFICA

Le NTC 2018 prevedono che la classificazione del sottosuolo si effettui in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Figura 23: Estratto NTC 2018

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  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.



Sulla base dei risultati dell'indagine sismica sito specifica e dell'approfondimento di II° livello, ai fini progettuali saranno da utilizzare le seguenti categorie di sottosuolo di fondazione:

- Periodo T 0,1- 0,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione C.
- Periodo T 0,5- 1,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione B.

A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 24: Categoria di sottosuolo di fondazione - Estratto NCT 2018

La categoria topografica definita in base al D.M. 17/01/2018 è **T1** (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $<15^\circ$ ) cui corrisponde un valore di coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Figura 25: Categorie topografiche - Estratto NCT 2018



#### 8.4. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze (v. par. 7.11.3.4.2 del DM 17.01.18):

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 Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel caso in esame l'esclusione della verifica alla liquefazione viene fatta in quanto il substrato è caratterizzato da materiale grossolano con  $N_{160} > 30$ .

#### 8.5. MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO E SISMICO

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato, partendo dai dati acquisiti in sede d'indagine. Tali valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati acquisiti nella indagine geotecnica precedentemente esposta. I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono dai valori caratteristici tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_M$ .

Sulla base delle litologie riscontrate il sottosuolo indagato viene schematicamente suddivisa in 2 litozone cui vengono attribuiti i seguenti parametri geotecnici valutati scegliendo il più cautelativo fra i vari metodi di correlazione esistenti (Metodo Road Bridge Specification; Metodo di Japanese National Railway – per l'Angolo di attrito; Metodo Gibbs & Holtz per la densità relativa; Metodo di Schmertmann, Metodo di Terzaghi e Metodo di Schultze e Menzebach per il Modulo di deformazione):

##### **CORPO GEOLOGICO 1 – terreno vegetale/eluviale e/o di riporto (0,00-2,80 m)**

- Angolo di resistenza al taglio  $(\phi'_k) = 26^\circ$
- Peso dell'unità di volume  $(\gamma) = 1.600 \text{ Kg/mc}$
- Modulo di deformazione  $(E_y) = 50 \text{ Kg/cm}^2$ .

##### **CORPO GEOLOGICO 2 – ghiaie sabbiose con ciottoli (>2,80 m) – Strato portante**

- Angolo di resistenza al taglio  $(\phi'_k) = 33^\circ - 34^\circ$
- Peso dell'unità di volume  $(\gamma) = 1.800 \text{ Kg/mc}$
- Modulo di deformazione  $E_{yk} = 250 - 350 \text{ Kg/cm}^2$
- Comportamento geotecnico: granulare

## Categoria sottosuolo T1

Sulla base dei risultati dell'indagine sismica sito specifica e dell'approfondimento di II° livello, ai fini progettuali saranno da utilizzare le seguenti categorie di sottosuolo di fondazione:

- Periodo T 0,1- 0,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione C.
- Periodo T 0,5- 1,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione B.

Per quanto riguarda la costante di sottofondo si propone una tabella secondo Pozzati, con il quadro relativo al corpo geologico di sottofondazione (corpo 1).

<b>MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]</b>		
<i>NATURA DEL TERRENO</i>	<i>K (Kg/cm<sup>3</sup>)</i>	
torba leggera.....	0.6 ~ 1.2	Corpo geologico 1
torba pesante.....	1.2 ~ 1.8	
terra vegetale.....	1.0 ~ 1.5	
depositi recenti.....	1.0 ~ 2.0	
sabbia di mare, fina.....	1.5 ~ 2.0	
sabbia poco coerente.....	2.0 ~ 4.0	
terra molto umida.....	2.0 ~ 3.5	
terra poco umida.....	3.0 ~ 6.0	
terra secca.....	5.0 ~ 10.0	
argilla con sabbia.....	8.0 ~ 10.0	
argilla grassa.....	10.0 ~ 12.0	Corpo geologico 2
sabbia compatta.....	8.0 ~ 15.0	
ghiaia con sabbia.....	10.0 ~ 25.0	
ghiaia compatta.....	20.0 ~ 30.0	

(Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI)

**Figura 26**  
**Tabella riepilogativa K di Winkler**

Occorre precisare che il metodo d'indagine utilizzato non consente il campionamento, pertanto la successione stratigrafica desunta, ricavata dagli indici di resistenza, è di carattere indicativo. L'elaborazione delle prove penetrometriche permette, infatti, una stima, più o meno attendibile, delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni attraversati nei punti indagati. La ricostruzione esatta della natura del sottosuolo è possibile solo attraverso scavi esplorativi e sondaggi a carotaggio continuo.

In fase d'esecuzione dei lavori andrà pertanto verificato il modello geologico- geotecnico sopraesposto, informando lo scrivente di eventuali discrepanze per le valutazioni del caso.

Trattandosi di area già urbanizzata dovrà essere verificata in corso d'opera l'assenza di orizzonti di terreno rimaneggiato connessi alla passata edificazione. Tali orizzonti non dovranno essere interessati dalle opere di fondazione.

I dati disponibili in letteratura, e nello specifico le risultanze dei sondaggi eseguiti presso il velodromo, segnalano la presenza di circolazioni idriche superficiali intorno ai 5 metri dal pc. In questa sede si evidenzia come tale dato non sia da ritenersi fisso nel tempo ma soggetto ad oscillazioni stagionali legate al regime delle precipitazioni e delle irrigazioni. Pertanto in sede di progettazione sarà necessario considerare le potenziali interazioni connesse alla risalita capillare o alla presenza di falda.

Si segnala la presenza del vaso Bagatta lungo il confine est che può originare infiltrazioni idriche laterali verso gli interrati.

Il sottoscritto resta a disposizione della committenza/ progettista per l'esecuzione di un sopralluogo in fase d'esecuzione degli scavi.

Si ricorda che le NTC citano: “Per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una armatura di sostegno delle pareti di scavo”.

## 8.6. CALCOLI AGLI STATI LIMITE

### 8.6.1. Dati geometri e azioni sulle fondazioni

Di seguito si riportano i calcoli geotecnici effettuati considerando le seguenti condizioni e le seguenti geometrie delle fondazioni.

- Criterio progettuale: NTC2018.
- Fondazioni: Travi B= 1,40 m e B= 1,00 m.
- Piano di posa delle fondazioni: al di sotto dell'orizzonte superficiale rimaneggiato, sul substrato Ghiaioso sabbioso in posto. Dalla documentazione progettuale si evincono le seguenti profondità: lato strada – 2,80 m; lato garage= - 3,50 m.
- Carichi agenti sul terreno verticali e centrati ed uniformemente distribuiti.
- Categoria di sottosuolo: C.
- Categoria topografica: T1 con St= 1,0.
- Condizione di verifica: drenata.
- Profondità della falda considerata cautelativamente: 5 m.

Si resta a disposizione del progettista per valutare soluzioni diverse da quelle considerate.

### 8.6.2. Stati Limite Ultimi (SLU)

Condizione di verifica agli stati limite ultimi è la seguente disequazione:

$$Ed \leq Rd$$

Ed = componente della risultante delle forze in direzione normale al piano di posa

Rd = valore della forza normale al piano di posa cui corrisponde il raggiungimento del carico limite in terreni di fondazione

La formula trinomia per il calcolo del carico ultimo risulta la seguente (Hansen, 1970)

$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \quad (\varphi > 0);$$

$$q_{lim} = 5.14 c_u (1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + \gamma_1 D \quad (\varphi = 0);$$

i calcoli geotecnici di seguito esposti sono stati fatti considerando le geometrie e le condizioni sopra esposte.

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr.	Correzione Sismica (NTC 2008 (C7.11.5.3. 1))	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. C capacità portante orizzontale
1	no	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	yes	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	no	1	1	1	1	1	1	1

**Dati Generali**

Località:

Lat. Long.: 45.435087 10.40284

**Dati opera**

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe II

V. Nominale: 50 V. R. it: 50

**Dati struttura**

Fattore di struttura [q]: 3

Periodo fondi. struttura [T]: 0.655 [s]

Stima automatica Periodo fondi. TT

**Parametri sismici su sito di riferimento**

SL	TR	ag	FO	TC*
SLO	3000	0.382	2.559	0.213
SLD	5000	0.520	2.516	0.242
SLV	475.00	1.481	2.476	0.267
SLC	975.00	1.932	2.468	0.278

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità pendii e Fondazioni

SL	amax	Beta	khk	khv	kh
SLO	0.573	0.2	0.0717	0.0058	0.1073
SLD	0.78	0.2	0.0739	0.006	0.1476
SLV	2.1854	0.24	0.0535	0.0067	0.1449
SLC	2.7207	0.24	0.0666	0.0033	0.1848

Stato limite di riferimento: SLV

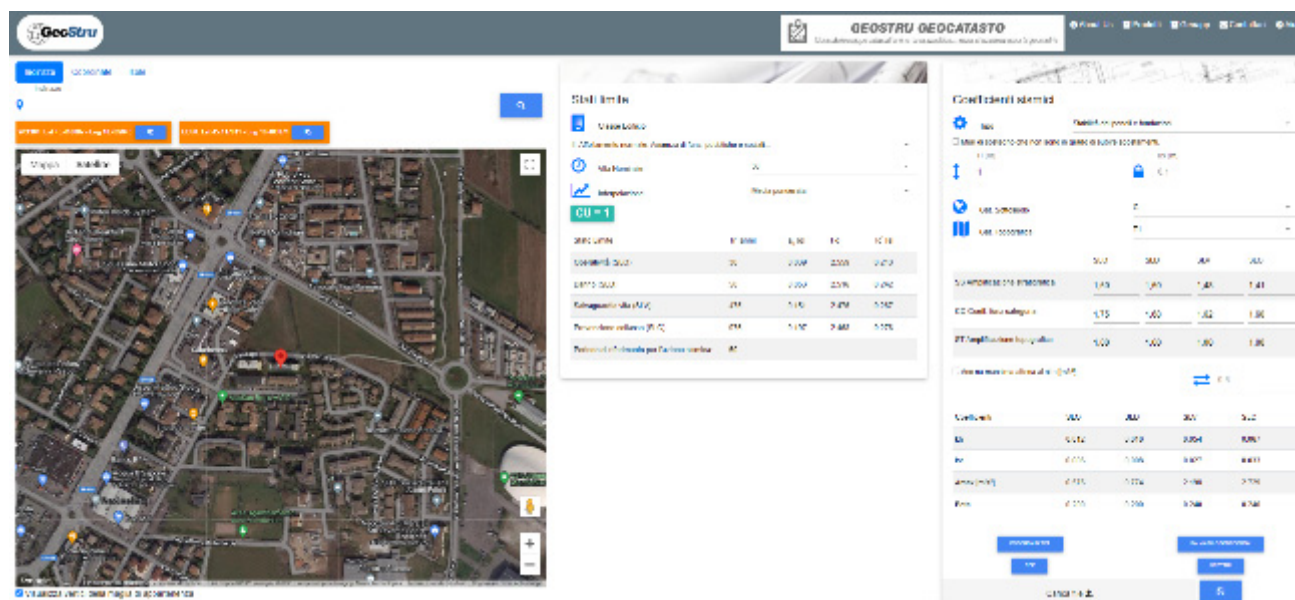
**Figura 27 Schermata software Geostru di Calcolo coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Dati di struttura di ingresso: Fattore di struttura  $q = 3,0$ ; Periodo di vibrazione della struttura stimato con altezza struttura = 18 m; materiale = c.a.)

Il calcolo di  $K_h$  e  $K_v$  (coefficienti sismici orizzontale e verticale) sono determinati dalle seguenti formule:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$



**Figura 28 Parametri sismici - geostru**

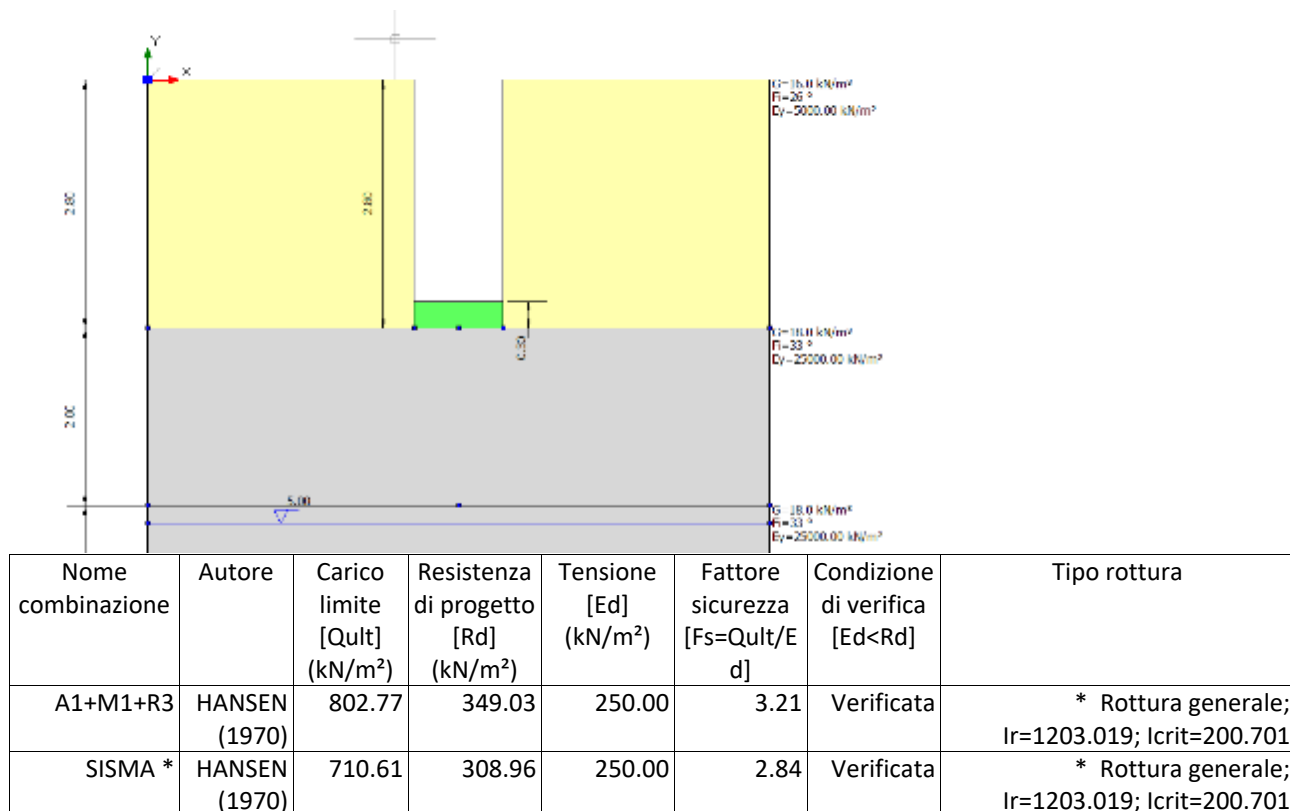


Figura 29 Riepilogo risultati calcoli geotecnici – Trave B= 1,00 – posa – 2,80 m.

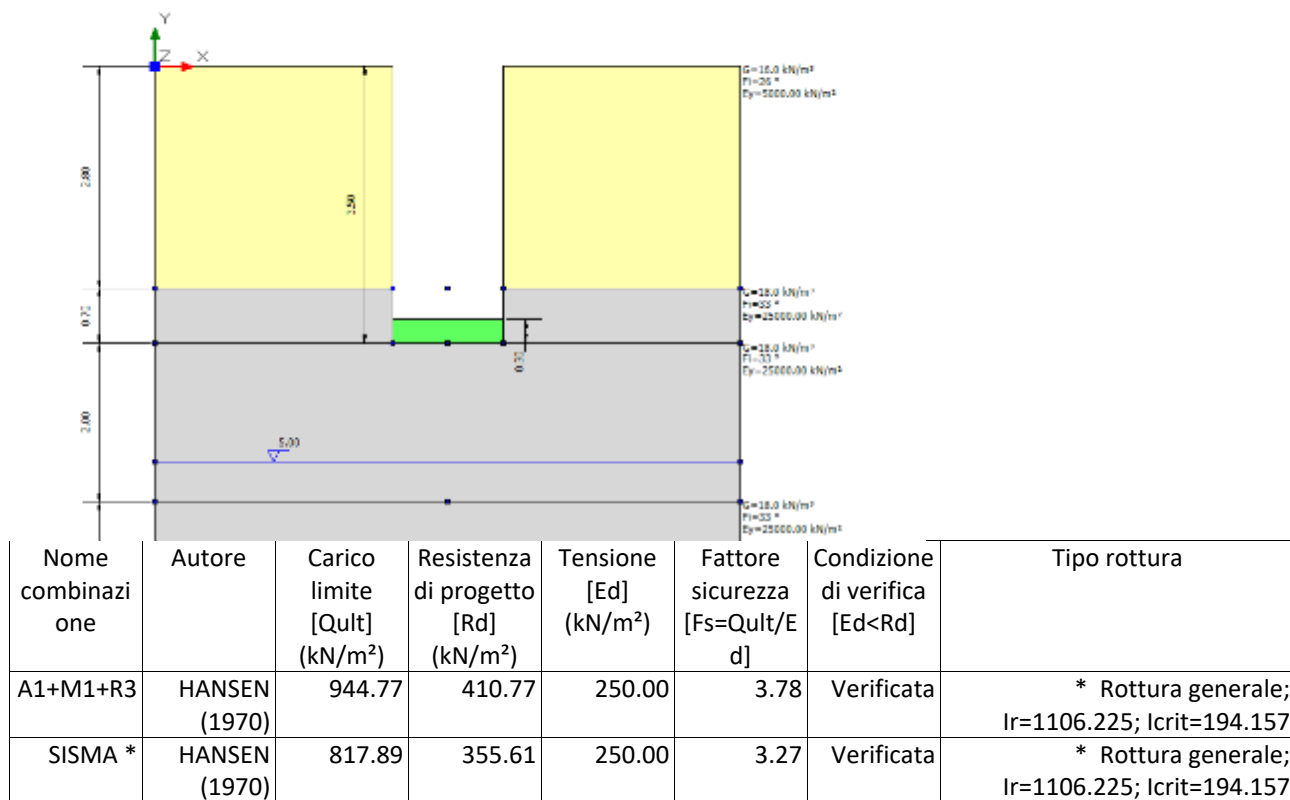


Figura 30 Riepilogo risultati calcoli geotecnici – Trave B= 1,40 – posa – 3,50 m.

Si rimanda al progettista la verifica della condizione  $Ed \leq Rd$ .



### 8.6.3. Stati Limite di Esercizio (SLE)

Nell'ambito delle verifiche geotecniche delle strutture si riporta quella relativa ai cedimenti, nel rispetto dei requisiti prestazionali della struttura, rispettando la condizione:

$$Ed \leq Cd$$

Ed = valore di progetto dell'effetto delle azioni (cedimento calcolato)

Cd = prescritto valore limite dell'effetto delle azioni (cedimento ammissibile)

Vengono considerate le tipologie di fondazioni riepilogate nella tabella seguente verificando carichi di esercizio della tabella.

Fondazione	Piano di posa	SLU Combinazione delle azioni	Pressione	Cedimento assoluto calcolato cm (Schmertman)
Trave B= 1,00 m	-2.8 m	Combinazione frequente di esercizio (SLE)	250 KPa	1,95
Trave B= 1,40 m	-3,50	Combinazione frequente di esercizio (SLE)	250 KPa	0,95

**Tabella 2: riepilogo tipologie di fondazioni e risultati delle elaborazioni eseguite**

Le resistenze di progetto sopra esposte dovranno essere confrontate con le azioni calcolate dal progettista al fine di verificare la disequazione  $Ed < Cd$ .

La valutazione finale se i cedimenti calcolati sopra esposti risultano tollerabili dalle strutture in progetto dovrà essere fatta dal tecnico progettista.

## 9. CONCLUSIONI

Di seguito si riepilogano le caratteristiche geologiche del sito d'intervento:

Oggetto	Descrizione	SI	NO	Note
<b>Scenario di PSL</b>	Z1- instabilità dei versanti		X	
	Z2a- cedimenti		X	
	Z2b- liquefazione		X	
	Z3- Amplificazione topografica		X	
	Z4- Amplificazione stratigrafica	X		FAC ≤ FAS
	Z5- Comportamenti differenziali		X	
<b>Sismica</b>	Categoria sottosuolo di fondazione	Periodo T 0,1- 0,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione C. Periodo T 0,5- 1,5 s= categoria di sottosuolo di fondazione B.		
	Categoria topografica	T1		
<b>Vincoli</b>	Aree di salvaguardia delle opere di captazione ad uso idropotabile		X	
	Fascia di rispetto reticolo idrico	X		Consorzio di bonifica
	Aree PAI- PGRA		X	
<b>Fattibilità geologica</b>	Classe 3.	Consistenti limitazioni		
<b>Criticità</b>	Nessuna particolare criticità			
<b>Limitazioni</b>	A: Instabilità dei versanti		X	
	B: vulnerabilità idrogeologica		X	
	C: vulnerabilità idraulica		X	
	D: scadenti caratteristiche geotecniche	X		APP 4

La presente indagine non ha rilevato la presenza di elementi di natura geologica o idrogeologica ostativi alla realizzazione dell'intervento in progetto, per gli aspetti considerati.

Palazzolo s/O, Ottobre 2022



ALLEGATO 01  
TABULATI PROVE PENETROMETRICHE



## DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

(All. IIA DIR. 2006/42/CE)

### IL FABBRICANTE

Il sottoscritto Diego Merlin in qualità di legale rappresentante della società Geo Deep Drill con sede in via Virgiliana, 130 a Bondeno (FE)

### DICHIARA SOTTO LA PROPRIA RESPONSABILITÀ CHE LA MACCHINA NUOVA:

Marca: Geo Deep Drill - DPSH73-63 SMG  
Modello: PENETROMETRO DINAMICO SUPERPESANTE MANUALE 63 KG  
CINGOLATO GRILLO DUMPER 507  
Matricola: 02/2022/123  
Anno di costruzione: Febbraio 2022  
Uso previsto: Indagini Geotecniche

### È CONFORME ALLE DISPOSIZIONI LEGISLATIVE PERTINENTI ALLE DIRETTIVE:

- Direttiva Macchine 2006/42 CE
- Direttiva EMC 2004/108 CE (compatibilità elettromagnetica)

La macchina risulta inoltre conforme alle seguenti norme:  
UNI EN ISO 12100:2010, UNI EN ISO 13857, EN 60204-1

Si dichiara che la persona autorizzata alla costituzione e conservazione del fascicolo tecnico della costruzione è il Sig. Diego Merlin.

luogo e data

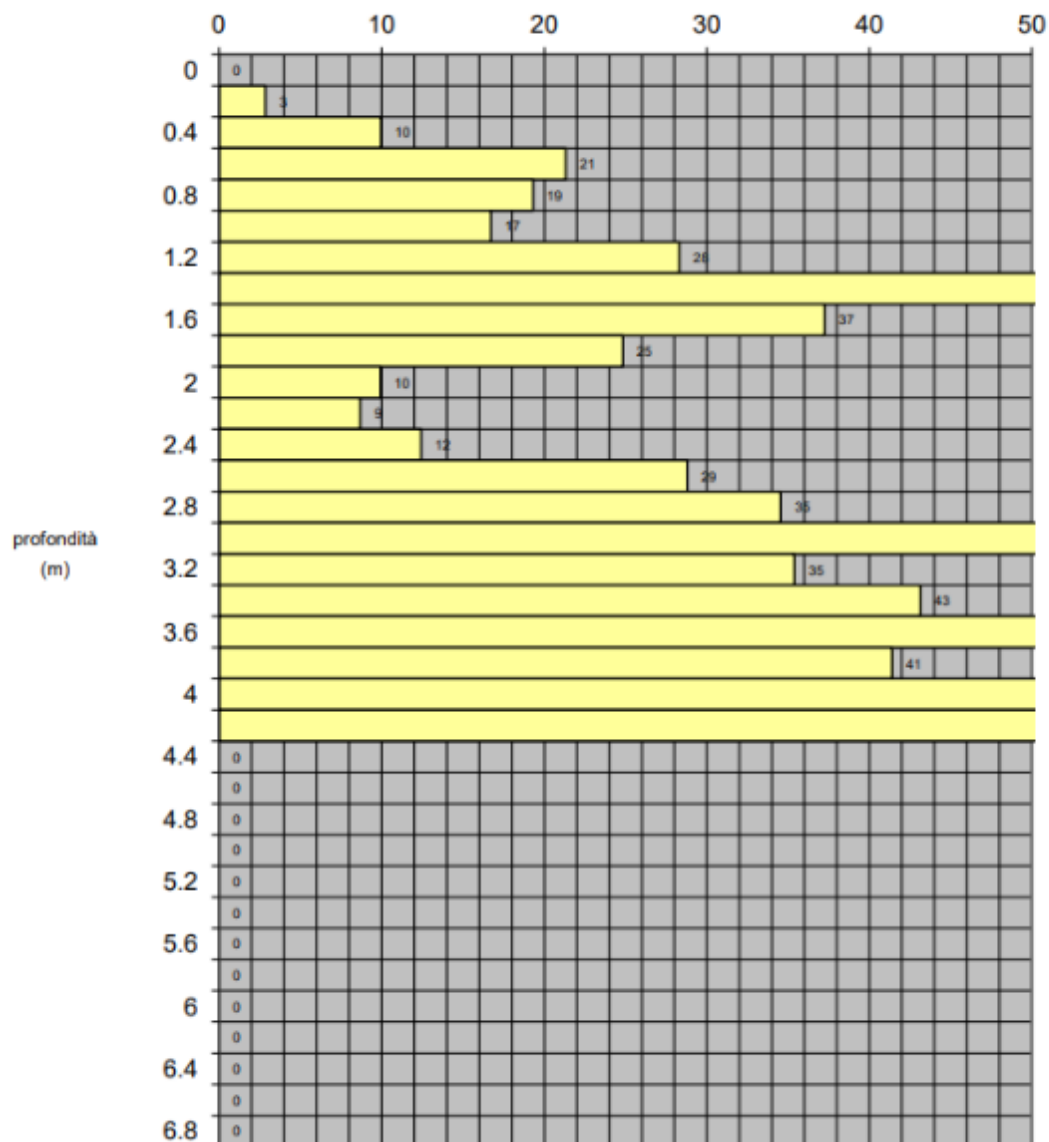
Bondeno (FE) Febbraio 2022

.....



firma(legale rappresentante)

**GEO DEEP DRILL S.R.L.**  
Via Virgiliana, 130 - 44012 BONDENO (FE)  
Tel. 0532 893836 - Fax 0532 892883  
email: info@geodeepdrill.it  
P.IVA 01571970361



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## Diagramma numero di colpi punta

n°2

Committente: 0

Lavoro: Adeguamento sismico

Località: Montichiari (BS)

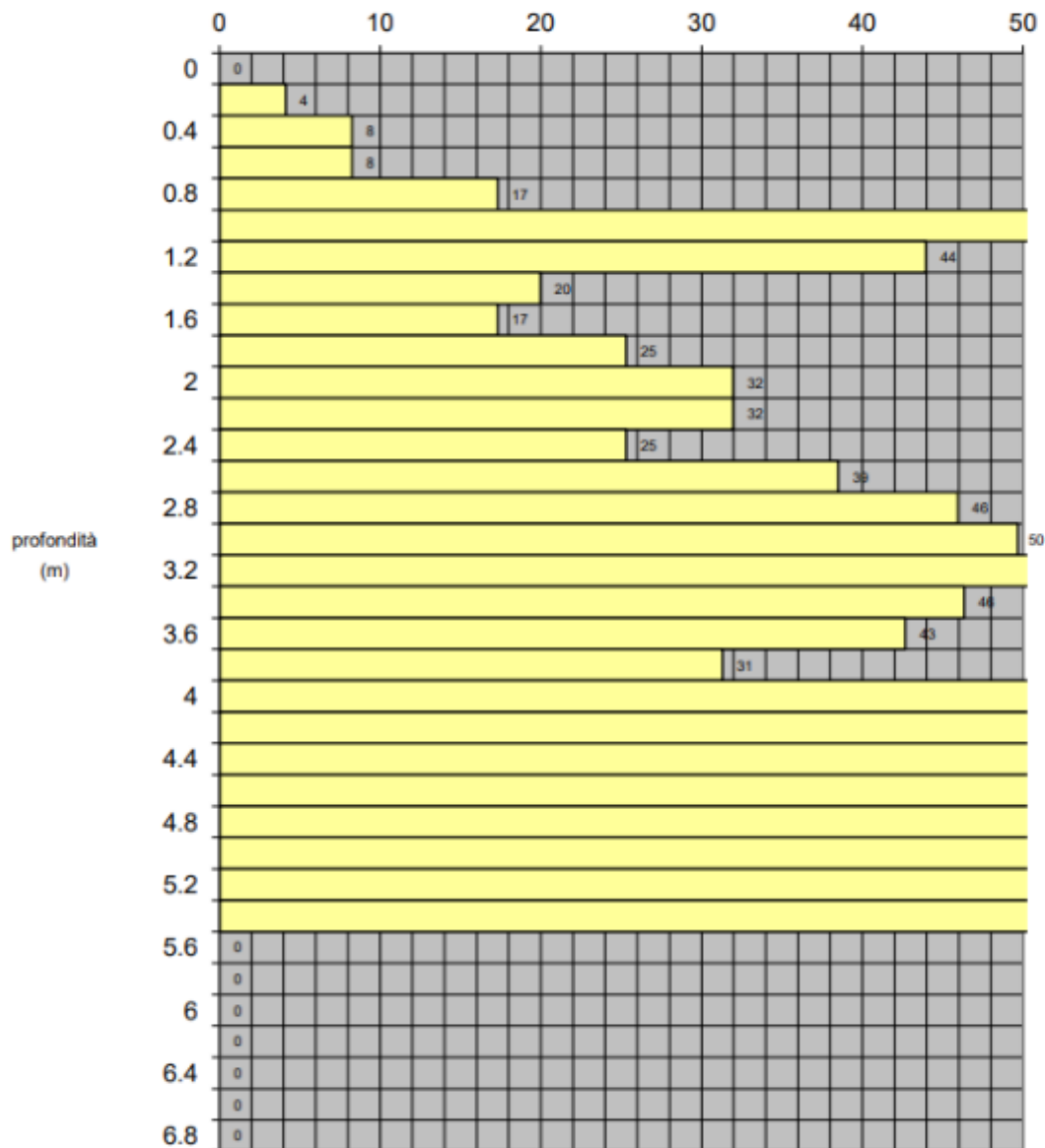
Indirizzo: Via Venzaga

Data: 27/09/2022

Quota: 106 m s.l.m.

note: Profondità falda: n.r.

$$N = (N_1)_{60} = N_{60} \times C_N$$





# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## Diagramma numero di colpi punta

n°1

Committente: 0

Indirizzo: Via Venzaga

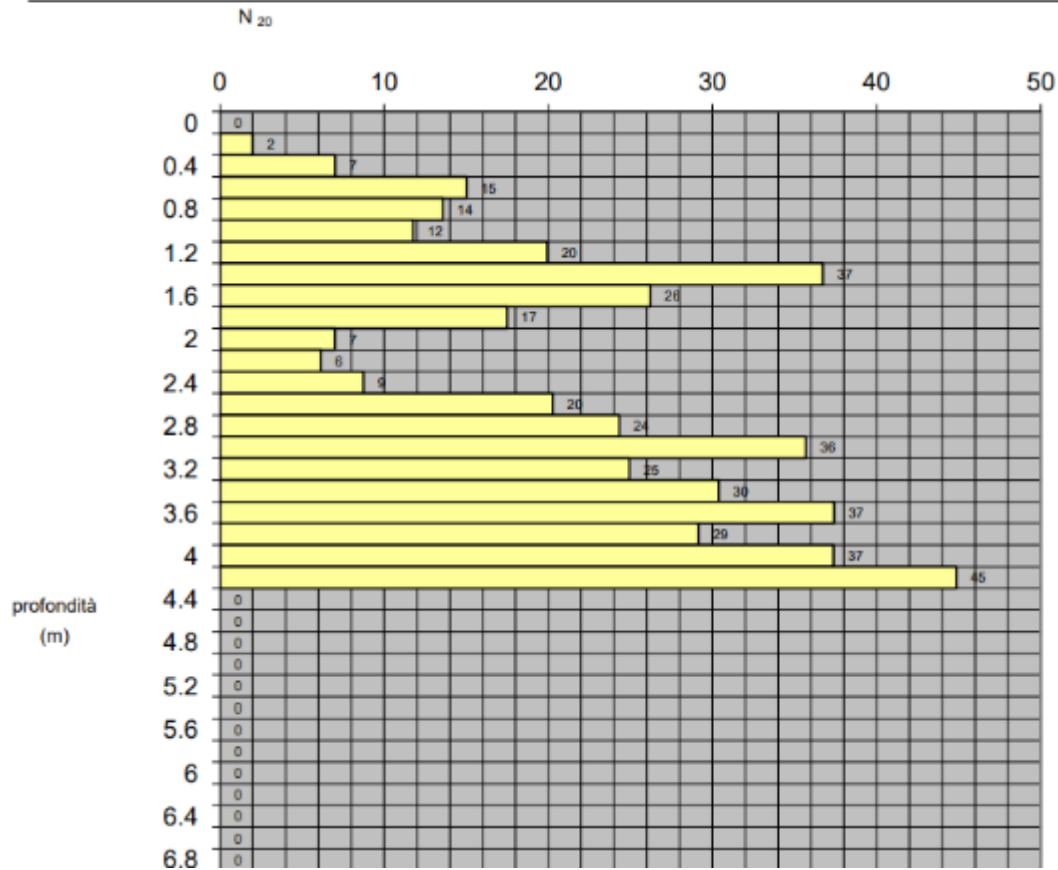
Lavoro: Adeguamento sismico

Data: 27/09/2022

Località: Montichiari (BS)

Quota: 106 m s.l.m.

note: Profondità falda: n.r.



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Diagramma numero di colpi punta

n°2

Committente: 0

Indirizzo: Via Venzaga

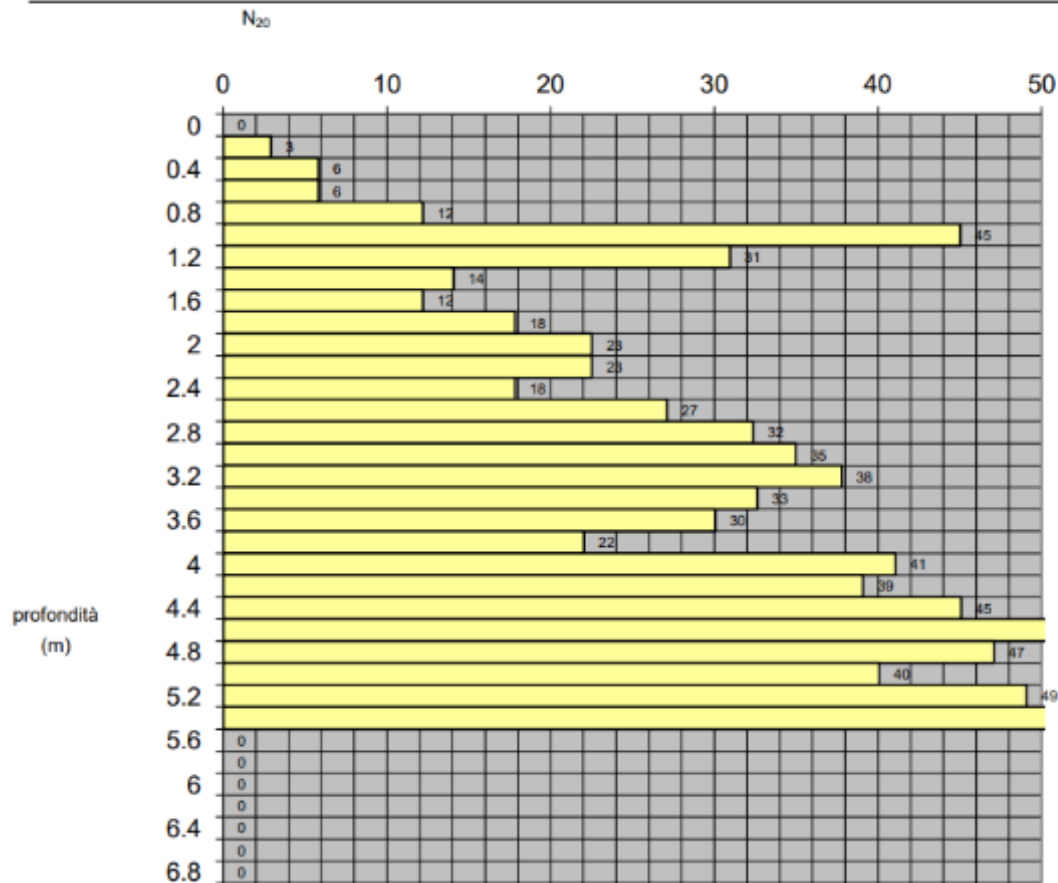
Lavoro: Adeguamento sismico

Data: 27/09/2022

Località: Montichiari (BS)

Quota: 106 m s.l.m.

note: Profondità falda: n.r.



## ALLEGATO 02

### CALCOLI GEOTECNICI- SOFTWARE LOADCAP GEOSTRU

#### DATI GENERALI

Normativa	NTC_2018
Larghezza fondazione	1.0 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	2.8 m
Altezza di incastro	1.0 m
Profondità falda	5.0

#### SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.223
Effetto sismico secondo	NTC: Cascone Maugeri
Fattore di comportamento [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.655
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0535
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.1449

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.382	2.559	0.213
S.L.D.	50.0	0.52	2.516	0.242
S.L.V.	475.0	1.481	2.476	0.267
S.L.C.	975.0	1.932	2.468	0.278

##### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.573	0.2	0.0117	0.0058
S.L.D.	0.78	0.2	0.0159	0.008
S.L.V.	2.1854	0.24	0.0535	0.0267
S.L.C.	2.7207	0.24	0.0666	0.0333

#### STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturato [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Coesione non drenata [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Elastico [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Poisson	Coeff. consolida z. primaria [cmq/s]	Coeff. consol idazio ne secon	Descrizione
---------------------------	--	--	-----------------------------	----------------------------------	--	--	--	---------	--	---	-------------

											daria
2.8	16.0	18.0	26.0	0.0	0.0	5000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	rimaneggiato
2.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato in
											posto
2.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
2.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
5.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
10.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
10.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato

## Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

## Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capa cità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

## CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	710.61 kN/m²
Resistenza di progetto [Rd]	308.96 kN/m²
Tensione [Ed]	250.0 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	2.84
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

## COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 28424.25 kN/m³

## A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

## PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	18.0 kN/m³
Peso unità di volume saturo	20.0 kN/m³
Angolo di attrito	33.0 °
Coesione	0.0 kN/m²
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.49
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06

Fattore profondità [Dq]	1.33
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	802.77 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	349.03 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

## SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	18.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	20.0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	33.0 °
Coesione	0.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.49
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.33
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.56
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	710.61 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	308.96 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi



Pressione normale di progetto	250.0 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento dopo T anni	15.0
Cedimento totale	1.95 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	3.8	0	0	Schmertmann	1.02	0.44	1.46
3	5.8	0	0	Schmertmann	0.34	0.15	0.49
4	7.8	0	0	Schmertmann	0	--	0
5	11.3	0	0	Schmertmann	0	--	0
6	18.8	0	0	Schmertmann	0	--	0
7	28.8	0	0	Schmertmann	0	--	0

#### DATI GENERALI

Normativa	NTC_2018
Larghezza fondazione	1.4 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	3.5 m
Altezza di incastro	1.0 m
Profondità falda	5.0

#### SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.223
Effetto sismico secondo	NTC: Cascone Maugeri
Fattore di comportamento [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.655
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0535
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.1449

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.382	2.559	0.213
S.L.D.	50.0	0.52	2.516	0.242
S.L.V.	475.0	1.481	2.476	0.267
S.L.C.	975.0	1.932	2.468	0.278

##### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv
------	------	------	----	----

Stato limite	[m/s <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	0.573	0.2	0.0117	0.0058
S.L.D.	0.78	0.2	0.0159	0.008
S.L.V.	2.1854	0.24	0.0535	0.0267
S.L.C.	2.7207	0.24	0.0666	0.0333

## STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Coesione non drenata [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Elastico [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Poisson	Coeff. consolidazione primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
2.8	16.0	18.0	26.0	0.0	0.0	5000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	rimaneggiato
0.7	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato in posto
2.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
2.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
5.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
10.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato
10.0	18.0	20.0	33.0	0.0	0.0	25000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	substrato

## Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m <sup>2</sup> ]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

## Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

## CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...SISMA

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	817.89 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto [Rd]	355.61 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	250.0 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3.27
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

## COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 32715.75 kN/m<sup>3</sup>

## A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

## PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	18.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	20.0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	33.0 °
Coesione	0.0 kN/m <sup>2</sup>

=====	
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.48
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.32
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

=====	
Carico limite	944.77 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	410.77 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

## SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====	
Peso unità di volume	18.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	20.0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	33.0 °
Coesione	0.0 kN/m <sup>2</sup>

=====	
Fattore [Nq]	26.09
Fattore [Nc]	38.64
Fattore [Ng]	24.44
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.48
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.09
Fattore profondità [Dq]	1.32
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.94
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.56
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	817.89 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	355.61 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
=====	

#### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

**\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	250.0 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento dopo T anni	15.0
Cedimento totale	0.95 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	3.15	0	0	Schmertmann	-0.08	-0.04	-0.12
3	4.5	0	0	Schmertmann	0.75	0.33	1.07
4	6.5	0	0	Schmertmann	0	--	0
5	10	0	0	Schmertmann	0	--	0
6	17.5	0	0	Schmertmann	0	--	0
7	27.5	0	0	Schmertmann	0	--	0

.5

.6