



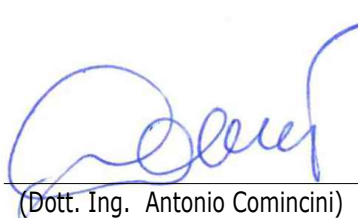
Comune di Monticelli Brusati

PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO PUNTO RISTORO / INFORMATIVO PRESSO IL PARCO DELLE QUERCE



I PROGETTISTI




(Dott. Ing. Antonio Comincini)




(Ing. Massimo Barbieri)




(Ing. Claudio Maggioni)

INGEGNERIA ARCHITETTURA
SOCIETÀ URBANISTICA
Ing. Antonio Comincini & partners s.r.l.

Via Garibaldi, 6 - 25020 Pralboino (BS) - tel. 030 9521247

C.F./P.IVA: 04171390984 e-mail: siausr1@comincini.eu PEC: siausr1@arubapec.it

Ing. Antonio Comincini - Ing. Giorgio Bolsi - Ing. Massimo Barbieri - Ing. Maria Paola Zangarini
Ing. Claudio Maggioni - Arch. Federica Mor - Geom. Carla Tosini - Geologo Luca Donato Piazza

DESCRIZIONE

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA

DATA	SCALA	ELABORATO
15 Giugno 2023	-	3



STUDIO CONTI
ASSOCIATI
GEOLOGIA E INGEGNERIA

DOTT. GEOL. ANTONIO CONTI DOTT. ING. FRANCESCO BOCCHIO DOTT. GEOL. VINCENZO GIANNONE
VIA BENAMATI, 61 - 25080 TOSCOLANO MADERNO (BS) - TEL. +39 0365 470036 - FAX +39 0365 470037 - INFO@STUDIOCONTIASSOCIATI.IT
WWW.STUDIOCONTIASSOCIATI.IT

REGIONE LOMBARDIA
SCIA

PROVINCIA BRE-

TITOLO:
Costruzione nuovo chiosco nel Giardino Botanico delle Querce

OGGETTO:
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica

COMMITTENTE:
Comune di Monticelli Brusati,
Via della Valle 2,
25040 Monticelli Brusati (BS)
C.F. e P.IVA. 00841590177

DOCUMENTO
001769_PD_00_GI_RG

REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VISTO	APPROVATO
00	14/04/23	EMISSIONE	VB	VG	AC

COMMESSA 001769_23 COMMITTENTE 1769
FILE X:\WORK\001769_23_MONTICELLI_AMMINISTRAZIONE_NUOVO_EDIFICIO\DEFINITIVO\RELAZIONI

SOMMARIO

1	Premessa	3
2	Ubicazione e inquadramento geografico	5
3	Normativa e documenti di riferimento	6
4	Cenni sull'opera di progetto del fabbricato principale e presentazione del lavoro	8
5	Relazione geologica	9
5.1	Accertamenti preliminari	10
5.1.1	Vincoli inerenti agli aspetti geologici	10
5.1.2	Vincoli e normative territoriali correlate al sistema idrografico	11
5.1.3	Scenari di pericolosità	12
5.1.4	Fattibilità geologica	13
5.2	Inquadramento geologico	15
5.2.1	Assetto litologico e geomorfologico	15
5.2.2	Assetto idrologico e idrogeologico	18
6	Relazione sulle indagini	20
6.1	Considerazioni preliminari	20
6.2	Scavo esplorativo.....	21
6.3	Prove penetrometriche dinamiche	22
6.4	Misura a stazione singola del tremore sismico (Tromino)	25
7	Caratterizzazione geotecnica	27
7.1	Caratterizzazione geotecnica.....	27
9	Relazione sulla pericolosità sismica	32
9.1	Pericolosità sismica di base	32
9.2	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	34
9.3	Valutazione dell'amplificazione sismica locale	36
9.3.1	Analisi di 1° livello	38
9.3.2	Analisi 2° livello	39
10	Conclusioni e consigli al Progettista	41

Allegati alla relazione:

- Report misura a stazione singola del tremore sismico (Tromino)

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 2/47

1 Premessa

Il presente documento espone i risultati dello studio geologico realizzato su incarico dell'Amministrazione comunale di Monticelli Brusati a supporto del progetto "Costruzione nuovo chiosco nel Giardino Botanico delle Querce".

Sono state affrontate le argomentazioni richieste dalla normativa vigente, dalla verifica di fattibilità dell'intervento proposto alla modellazione geologica, geotecnica e sismica del sito; il presente elaborato ingloba in un unico documento le seguenti relazioni specialistiche:

- A) **Relazione geologica** ai sensi della d.g.r. IX/2616/2011
- B) **Caratterizzazione e modellazione geologica del sito**
(6.2.1 NTC DM 17.01.2018 – Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP)
- C) **Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica**
(6.2.2 NTC DM 17.01.2018 – Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP)
- D) **Relazione sulla modellazione sismica** concernente la "Pericolosità Sismica di Base" del sito (3.2 NTC DM 17.01.2018 – Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP), con eventuali approfondimenti sulla "Pericolosità Sismica Locale" ai sensi dell'allegato 5 alla DGR IX/2616/2011

Le principali fasi in cui è stato articolato il lavoro sono le seguenti:

- raccolta dati, esame della documentazione esistente e sopralluoghi;
- rilievo geologico - geomorfologico di un intorno significativo del sito;
- pianificazione ed esecuzione indagini in sito (n.1 scavo esplorativo; n.2 prove penetrometriche dinamiche DPSH; n.1 misura a stazione singola del tremore sismico "Tromino").

Gli obiettivi principali da perseguire nell'ambito del presente studio possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- accertamenti preliminari in ordine ai vincoli ed alla fattibilità geologica;
- definizione del modello geologico del sito;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni;
- definizione del modello litologico – geotecnico;
- valutazioni relative alla Pericolosità Sismica.

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 3/47

Nell'ambito del presente lavoro, così come previsto dalla d.g.r. IX/2616, sono stati effettuati i seguenti approfondimenti: App 4 - scadenti caratteristiche geotecniche; App 5 – amplificazione sismica.

A tal riguardo, in ottemperanza alla d.g.r. X/5001 del 30/03/2016 e tenendo conto del D.d.u.o. 28 novembre 2018 - n. 17589 "Aggiornamento della modulistica approvata dalla d.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001 [...], è stata redatta e sottoscritta la dichiarazione/asseverazione di congruità dei contenuti della relazione geologica ai requisiti richiesti dal paragrafo 6.2.1 delle N.T.C. 2018 e dalla d.g.r. IX 2616/2011 (Modulo 9).

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 4/47

2 Ubicazione e inquadramento geografico

L'area d'indagine è ubicata in via IV Novembre del comune di Monticelli Brusati (BS) e dal punto di vista catastale il lotto è censito nel foglio 11 mapp.le 1213.

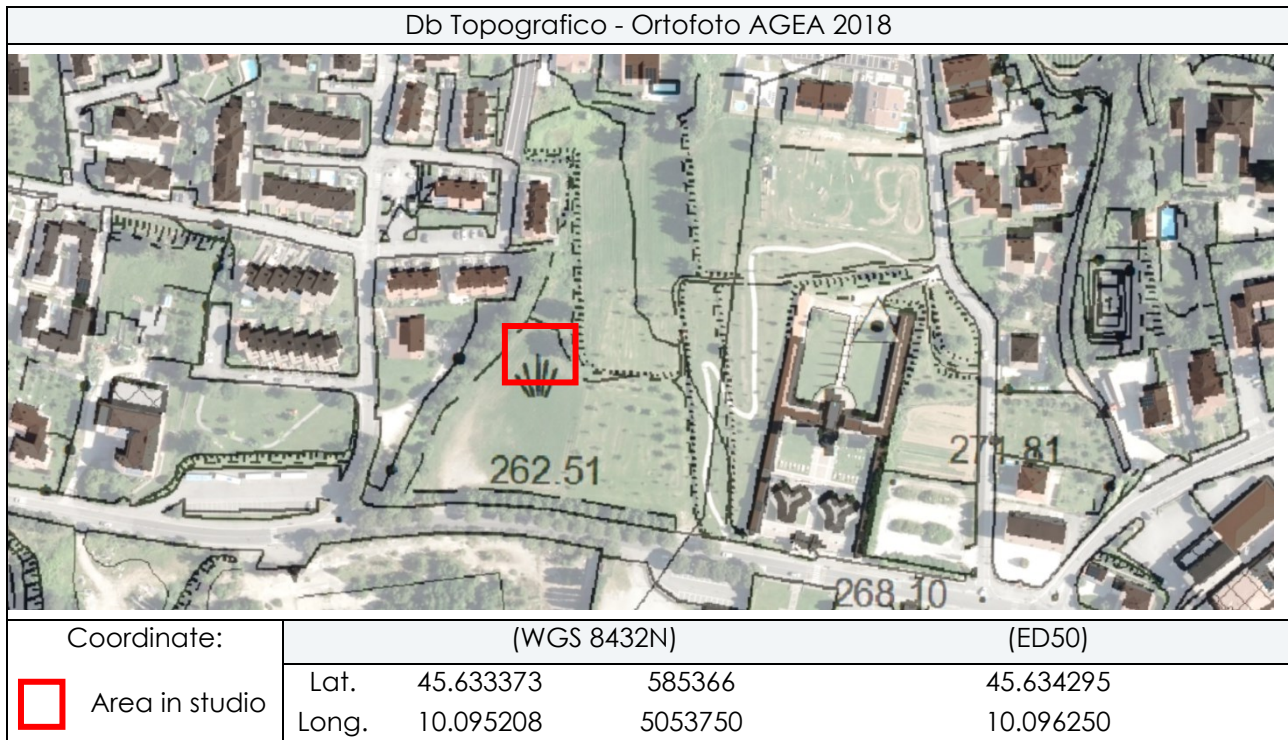


Figura 1 – Db topografico sovrapposto ad ortofoto AGEA 2018 (Viewer Geografico Geoportale Regione Lombardia)

3 Normativa e documenti di riferimento

Nell'ambito del presente lavoro si è fatto riferimento alle principali normative vigenti in materia di pianificazione territoriale, tutela ambientale e costruzioni di opere ed interventi di ingegneria nelle zone sismiche. Tra queste, per la loro importanza, si citano le seguenti:

- [01] NTC 2018 -"Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. Serie Generale n.42 del 20/02/2018 – Suppl. Ordinario n.8) – Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21/01/2019;
- [02] D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1 e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)” e ss.mm.ii.;
- [03] D.G.R. 11 luglio 2014, n.2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c.108, lett. d)".
- [04] D.g.r. n. 9/2616 del 30/11/2011 e s.m.i. - Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374”;
- [05] D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738 – Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dal progetto di aggiornamento e revisione adottato in data 14 febbraio 2023 con deliberazione n. 3 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po.

Al fine di approfondire le varie tematiche trattate sono stati consultati gli studi e gli elaborati cartografici di seguito elencati:

[1] documenti ed elaborati studio geologico per il PGT, RIM del Comune di Monticelli Brusati (BS);

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 6/47

[2] strumenti di cartografia digitale della Regione Lombardia in materia di Territorio, Urbanistica e difesa del Suolo (PGT Web, Studi geologici Comunali, Geoportale della Regione Lombardia ecc);

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 7/47

4 Cenni sull'opera di progetto del fabbricato principale e presentazione del lavoro

Il progetto consiste nella realizzazione di un nuovo chiosco all'interno del Giardino Botanico delle Querce, in Via IV Novembre nel comune di Monticelli Brusati (BS). Si riporta di seguito la planimetria dello stato di fatto e la sezione di progetto a cura dell'Ing. Antonio Comincini.

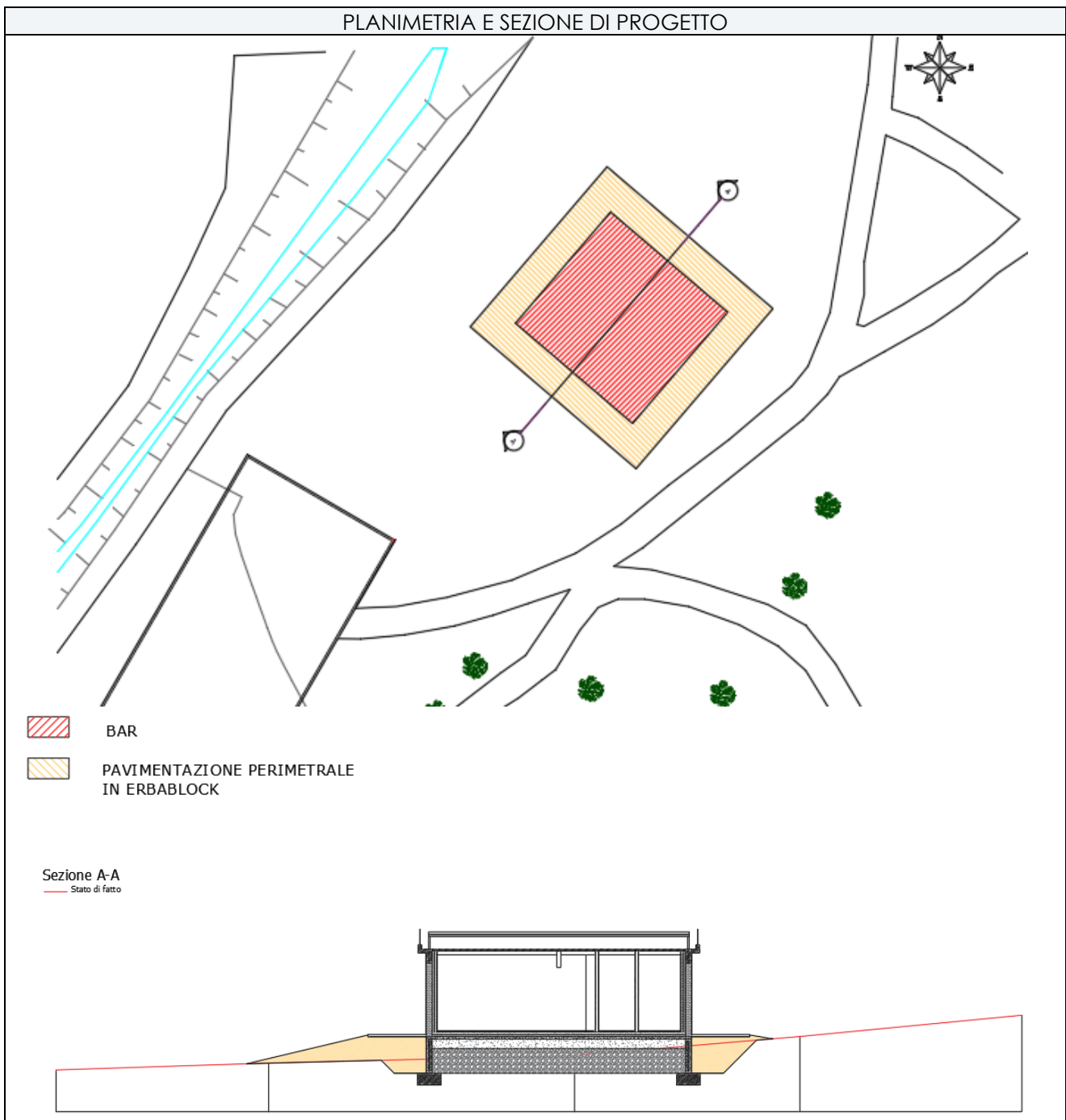


Figura 2 – Prospetto dello stato di progetto (fonte elaborati a cura dell'Ing. Comincini)

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 8/47

5 **Relazione geologica**

Gli aspetti geologici del sito in esame sono tratti dalla documentazione (relazione ed elaborati cartografici) contenuta nel vigente PGT del Comune di Monticelli Brusati, dagli studi citati precedentemente, dai sopralluoghi e dalle indagini effettuate nel corso del presente lavoro.

In questa sezione vengono trattate in modo approfondito alcune tematiche la cui conoscenza risulta propedeutica e di fondamentale importanza per la progettazione dell'opera; partendo dagli aspetti vincolistici e di orientamento pianificatorio (accertamenti preliminari), di seguito si fornisce la modellazione geologica del sito che comprende l'assetto litologico, geomorfologico, idrologico e idrogeologico.

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 9/47

5.1 Accertamenti preliminari

5.1.1 Vincoli inerenti agli aspetti geologici

Dalla consultazione degli elaborati relativi alla componente geologica del PGT, con particolare riferimento alla carta dei vincoli (Figura 3), si evince che il sito di indagine non è soggetto a vincoli di natura geologica.

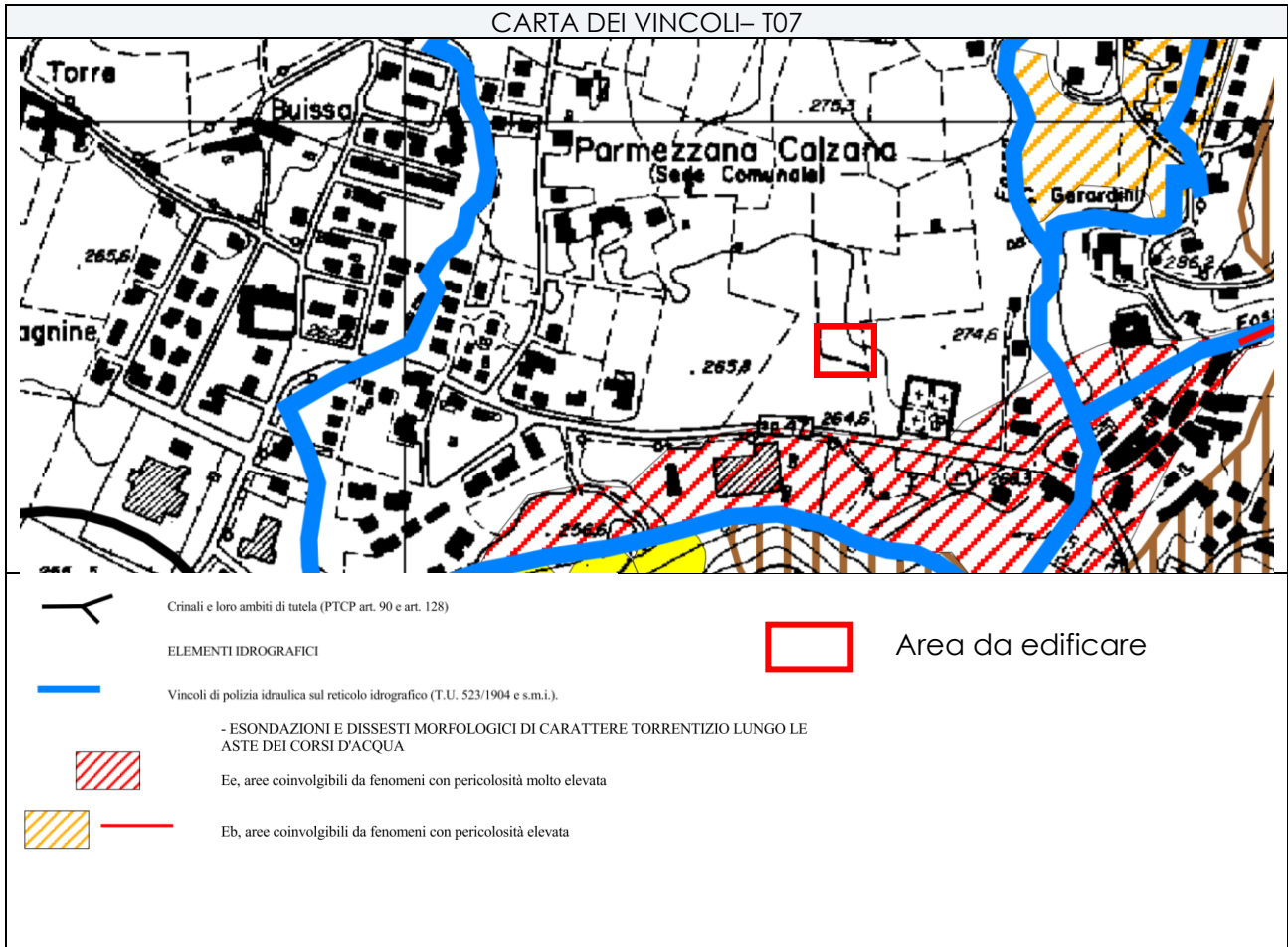


Figura 3 Carta dei Vincoli (Estratto T07 E componente geologica del PGT)

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 10/47

5.1.2 Vincoli e normative territoriali correlate al sistema idrografico

Nello stralcio della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE proposta da Regione Lombardia - revisione 2022: vengono cartografati i seguenti strati informativi:

- Pericolosità da alluvioni;
- Rischio elementi puntuali/lineari/poligonali;
- Numero abitanti.

Dalla consultazione dell'elaborato grafico preso a riferimento (aggiornamento metadato – 31/12/2022), si evince che il sito di indagine non è interessato da scenari di pericolosità riconducibili a questo tema (Figura 4).

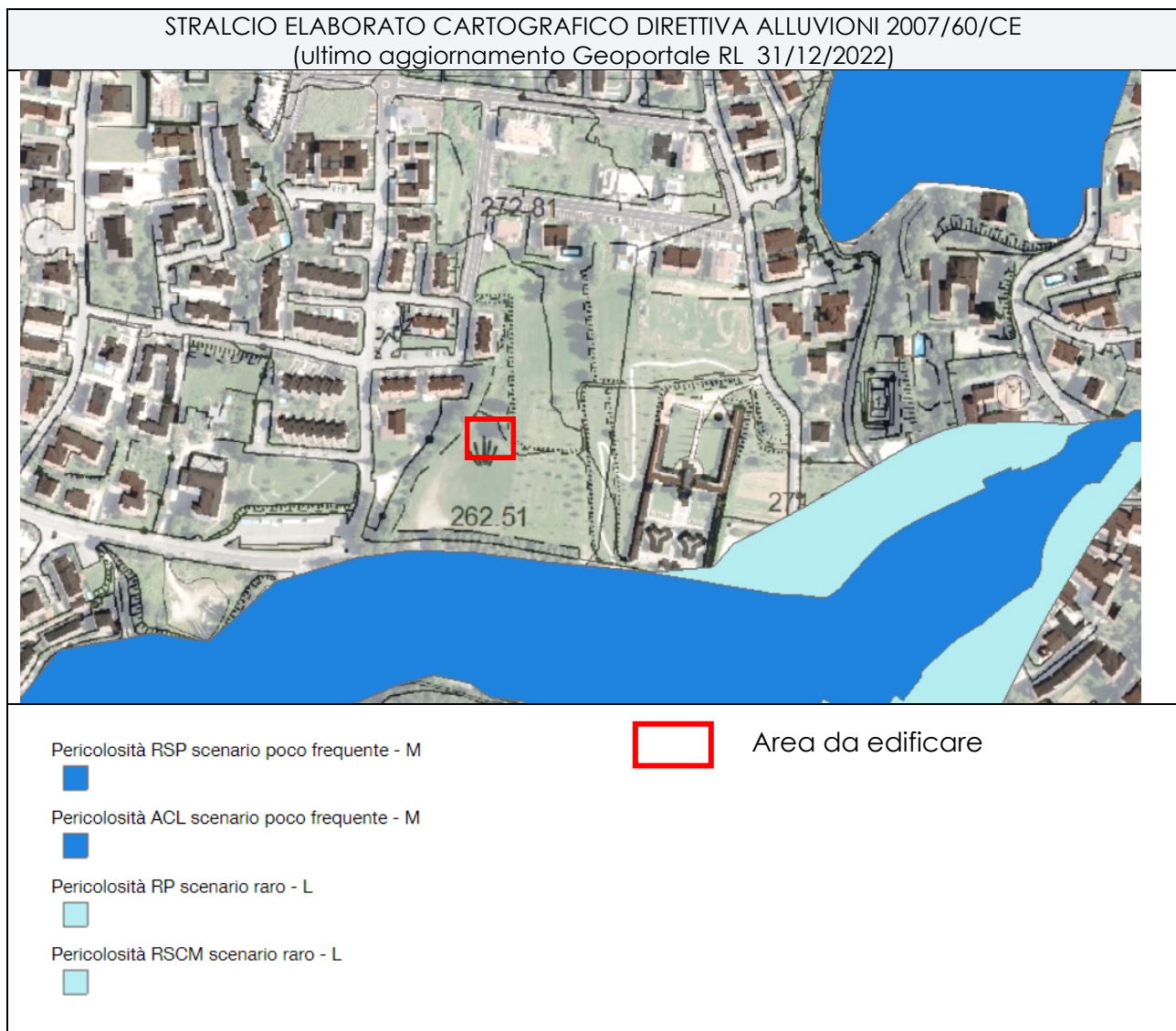


Figura 4 - Estratto elaborato cartografico DGRA 2007/60/CE (ultimo aggiornamento metadato Geoportale RL 31/12/2022)

5.1.3 Scenari di pericolosità

Per la definizione delle aree omogenee sotto il profilo della pericolosità geologica-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica presenti nel territorio in esame, si è fatto riferimento ai contenuti descrittivi e cartografici di “sintesi” dello studio geologico a supporto del PGT. Risulta che la zona di intervento è compresa in un’ampia area interessata dallo scenario di pericolosità **“depositi di versante”** (Figura 5), nel quale possono riscontrarsi le problematiche di seguito elencate: serie di ripiani sfalsati di altezza variabile, frequentemente rimaneggiati dall’intervento antropico, modellati nei depositi di versante incisi dal reticolo idrografico; terreni coesivi (argilla e limo), all’interno dei quali si sviluppano lenti di depositi più grossolani (ghiaia e ciottoli) poco selezionati: permeabilità dei terreni bassa.

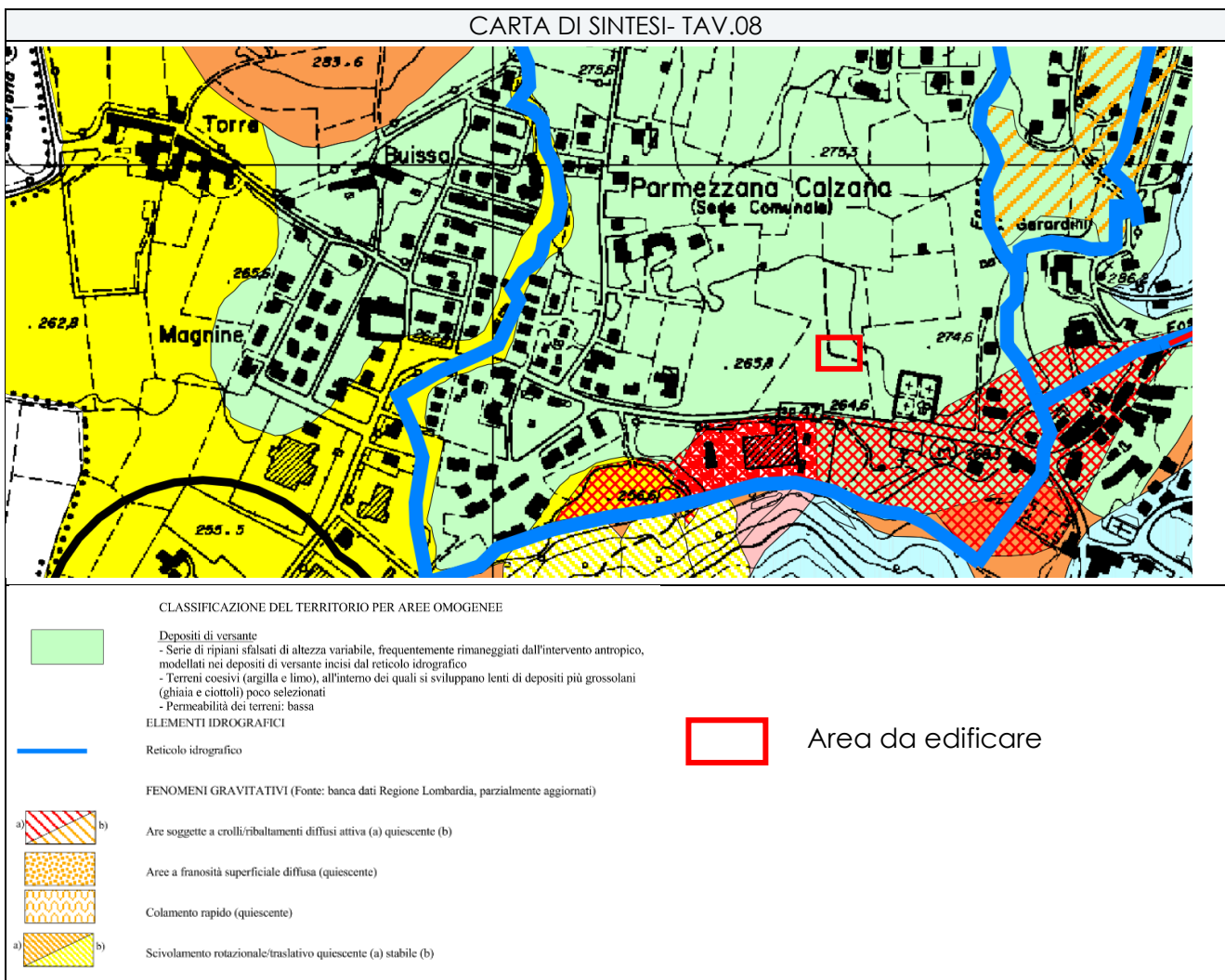


Figura 5 - Carta di Sintesi (Estratto T 08 Studio Geologico del PGT)

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 12/47

5.1.4 Fattibilità geologica

La "Carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e mosaico della fattibilità geologica del PGT vigente" del citato studio geologico, indica che il sito di intervento ricade nella classe di fattibilità 2a – Superfici a morfologia complessa in terreni di modeste caratteristiche geotecniche (Figura 6).

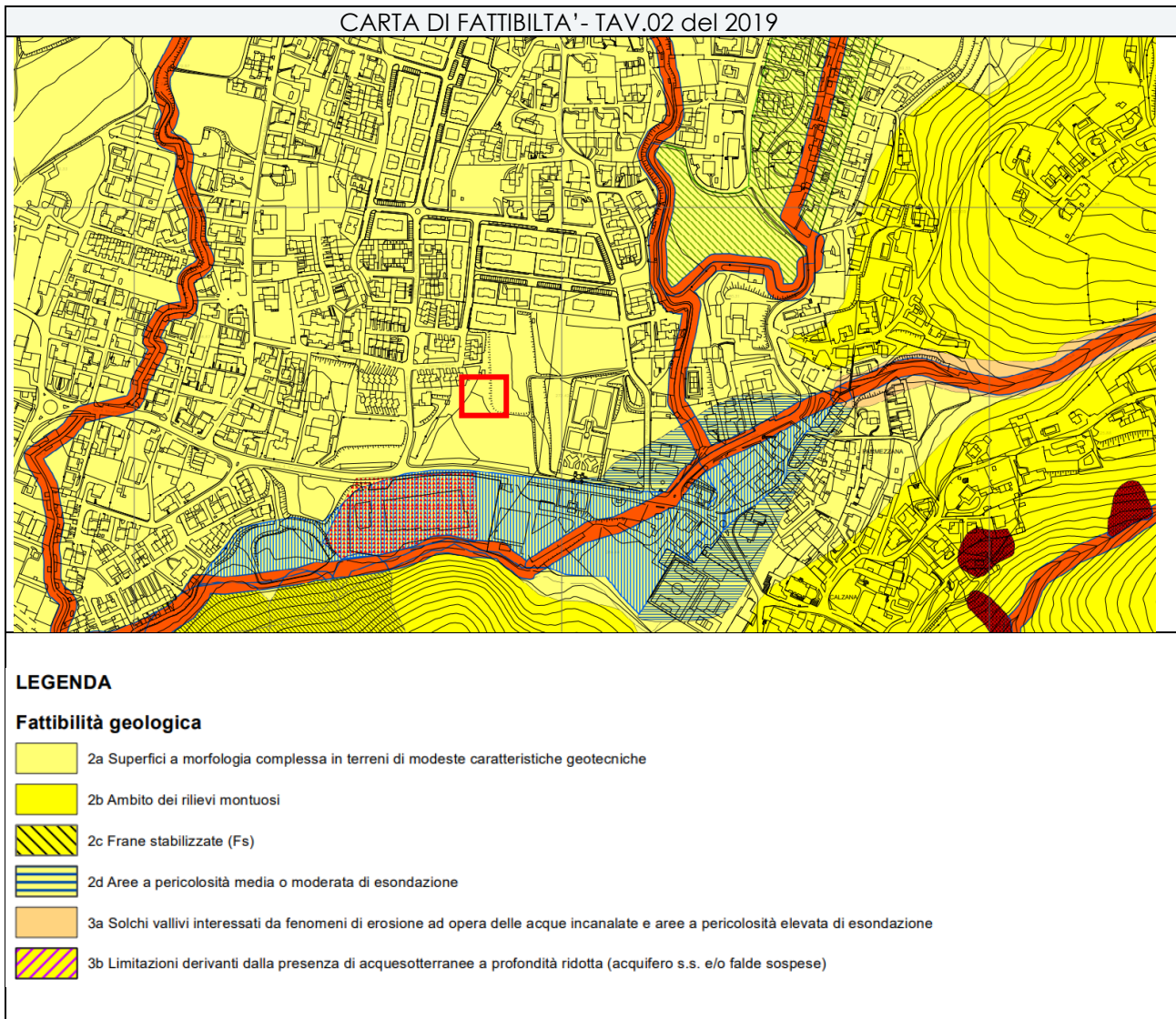


Figura 6 - Carta di fattibilità delle azioni di piano (Estratto T 02 del 2019 Studio Geologico del PGT)

Le Norme Geologiche di piano, relativamente alla classe di fattibilità dell'area, indicano quanto riportato di seguito.

Classe 2: *Fattibilità con modeste limitazioni – Per le aree che ricadono in questa classe sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali si rendono necessari approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico.*

Classe 2a – Superfici a morfologia complessa in terreni di modeste caratteristiche geotecniche

Si tratta delle superfici poco acclivi, talora terrazzate ad opera del reticolo idrografico o rimaneggiate da interventi antropici, modellate in depositi prevalentemente limoso-argillosi con caratteristiche geotecniche modeste. Con l'apposizione della presente classe si sottolinea la necessità, anche per queste aree, di eseguire specifica indagine geologica, geotecnica e sismica secondo i disposti di cui all'art. 1 delle presenti norme per ogni intervento che preveda una modifica dello stato dei luoghi. Nel caso in cui l'intervento coinvolga lineamenti morfologici (quali scarpate, rotture di pendenza ecc.), lo studio di cui al precedente comma 2 dovrà valutare anche la fattibilità dell'intervento in relazione alla stabilità del lineamento e a quella delle strutture in progetto.

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 14/47

5.2 Inquadramento geologico

Si fornisce, di seguito, un inquadramento sulle caratteristiche litologico-stratigrafiche, geomorfologiche, idrologiche e idrogeologiche dell'area, rappresentate anche graficamente mediante estratti della cartografia geologica ufficiale presa a riferimento.

5.2.1 Assetto litologico e geomorfologico

Il riferimento bibliografico per la definizione delle caratteristiche geologiche generali dell'area di intervento e di un intorno significativo di essa è rappresentato dalla "Carta geologica" e dalla "Carta geomorfologica" a supporto del PGT vigente, di cui si riportano i relativi estratti nelle Figura 7 e 8.

L'area di studio appartiene alle Alpi Meridionali, il settore della catena alpina compreso tra la Linea Insubrica a N e la Pianura Padana a S. In particolare, il territorio in questione si inserisce ai margini meridionali del settore Sud-alpino, delimitato a W dal Lago d'Iseo e ad E dalla Val Trompia, modellato nelle successioni mesozoiche Giurassiche e Cretaciche poggianti verso N sulle più antiche unità del Triassico con un contatto di tipo tettonico.

Dal punto di vista litologico, la zona in esame ricade è caratterizzata dall'affioramento dei depositi superficiali dell'Unità di Parmazzana (PPr): si tratta di limi argillosi massivi, con clasti millimetrici spigolosi; diamicton gradati, a supporto di matrice argilloso-limosa, clasti derivanti dalla serie locali (depositi di versante tipo soliflusso o mud-flow).

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio si presenta con morfologia subpianeggiante ed erosa, con piani sfalsati di altezza variabile delimitati da orli di terrazzo e profilo d'alterazione con profondità talvolta superiore a 4 m. I terreni superficiali, in corrispondenza dei depositi di versante, risultano frequentemente rimaneggiati e successivamente incisi dal reticolo idrografico, specie allo sbocco delle principali incisioni vallive montane.

Il sito di intervento non presenta dissesti in atto e non si configura come area potenzialmente instabile per fenomeni gravitativi o processi erosivi.

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 15/47

CARTA GEOLOGICA - T 01

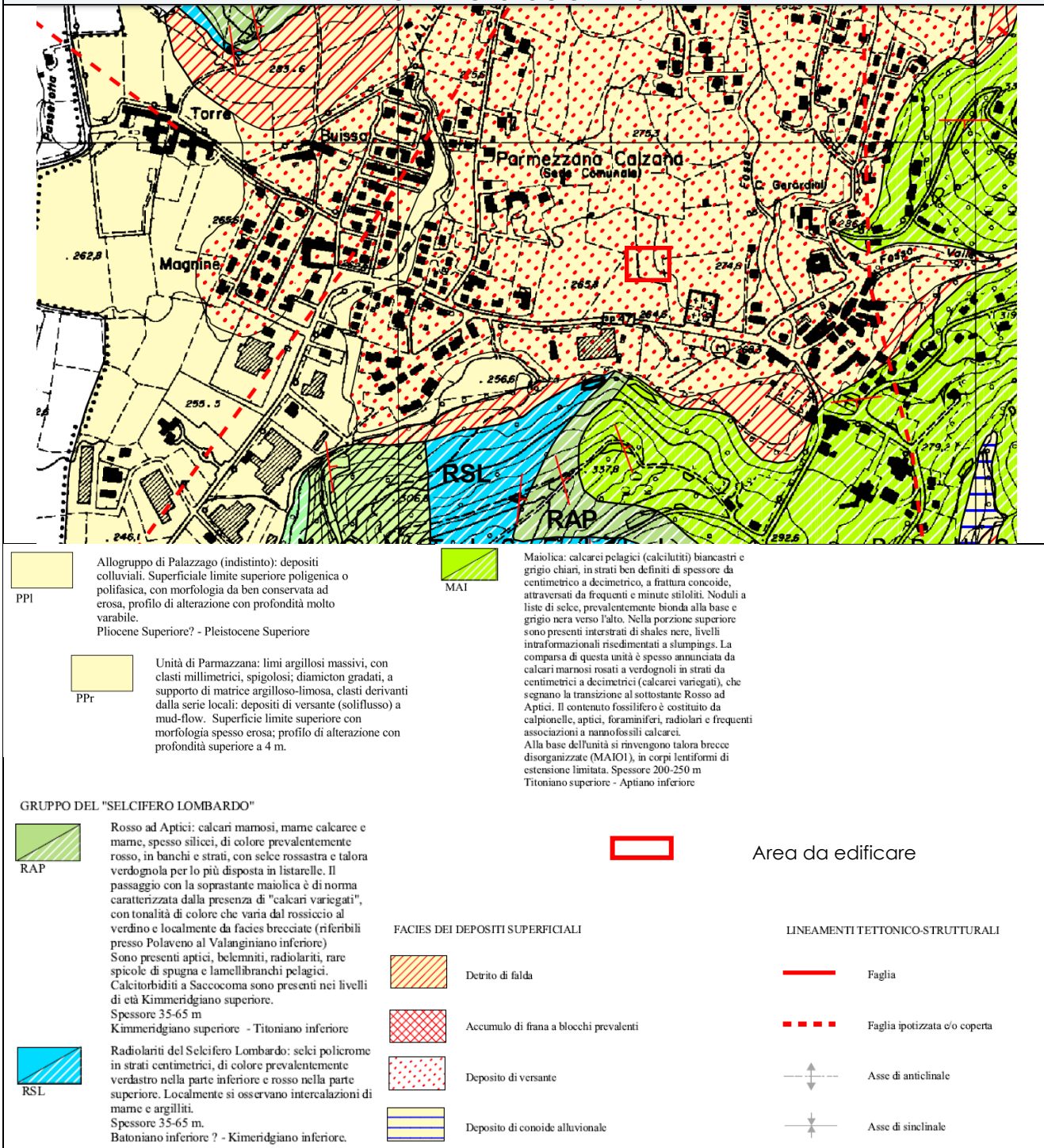
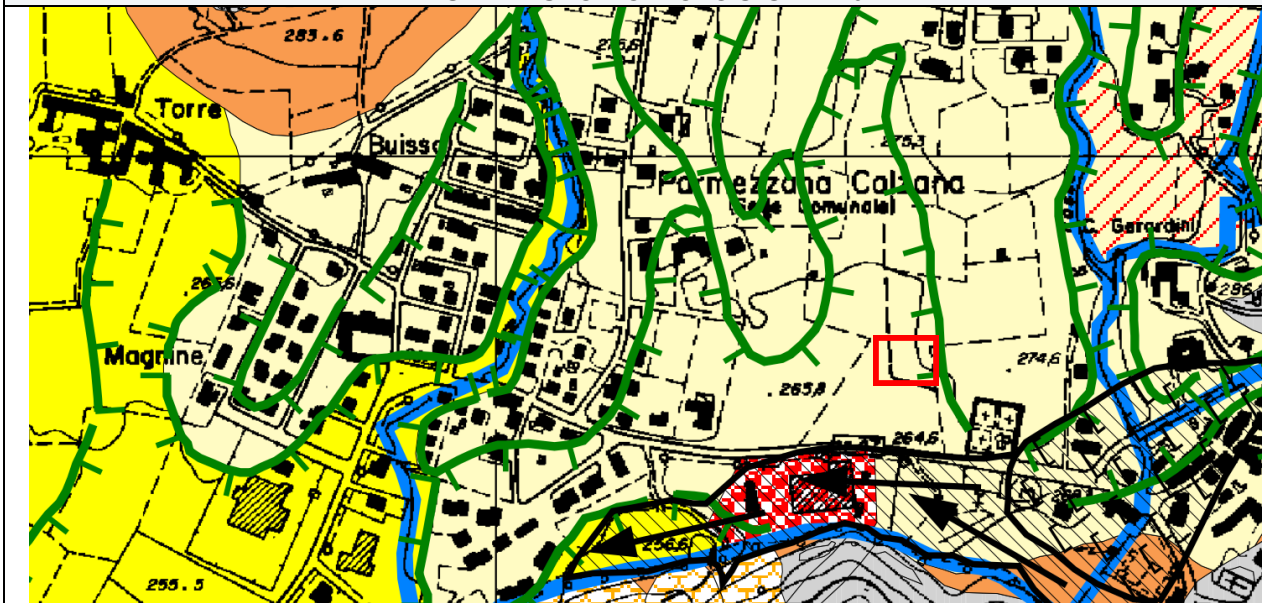







Figura 7 - Carta geologica (Estratto TAV.01 Studio Geologico del PGT)




CARTA GEOMORFOLOGICA - T 02



UNITÀ MORFOLOGICHE

-  Serie di ripiani sfalsati di altezza variabile, frequentemente rimaneggiati dall'intervento antropico, modellati nei depositi di versante incisi dal reticolo idrografico.
-  Superfici sub-pianeggianti modellate nei depositi fluvioglaciali, alluvionali e colluviali colmanti originarie depressioni morfologiche e/o strutturali.
-  Cordoni morenici
-  Falda di detrito ai piedi dei principali versanti rocciosi.
-  Ambito morfologico complesso relativo ai rilievi montuosi modellati in formazioni litoidi

FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

-  Orli di terrazzo naturale e/o scarpate alluvionali

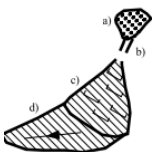
Reticolo idrografico



Area con matrici ambientali contaminate e/o soggette a verifiche e/o bonifiche ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Zona di potenziale debris flow derivante dalla destabilizzazione di depositi antropici di versante (*):

- a) Deposito antropico potenzialmente instabile
- b) Zona di scorrimento
- c) Zona di primo accumulo (nella quale si presume che si possano depositare i materiali più grossolani)
- d) Zona esposta a fenomeni di trasporto e deposito di materiali più fini con potenziale alluvionamento delle superfici più depresse.



(*): Le superfici sono state definite sulla base di criteri puramente morfologici: una loro migliore definizione e/o relativo svincolo delle aree potenzialmente interessate dovrà necessariamente essere subordinato a uno studio di dettaglio che esamini nel suo complesso la stabilità dei materiali antropici riportati, del versante su cui giacciono e della possibile evoluzione del fenomeno gravitativo.



Area da edificare

Figura 8 - Carta geomorfologica (Estratto T 02 Studio Geologico del PGT)

5.2.2 Assetto idrologico e idrogeologico

L'area d'interesse rientra nella zona meridionale di Parmezzana Calzana, dal punto di vista idrografico è delimitata a Ovest dal Torrente Gaina e ad Est dal Torrente Gandovere, entrambi con deflusso preferenziale da NE a SO (Figura 9). In virtù delle loro caratteristiche granulometriche (argilla e limo), i depositi quaternari affioranti nell'area in esame sono classificati in generale come terreni poco permeabili. L'eventuale presenza di acqua sotterranea nell'area oggetto di intervento è connessa alla presenza di corpi granulari più permeabili (depositi ghiaiosi-ciottolosi mal selezionati), di giacitura lenticolare e con scarsa continuità laterale.

Si sottolinea la presenza di un canale non cartografato all'interno della Carta dei Bacini del PGT vigente, a circa 50 m dal sito d'intervento (Figura 10).

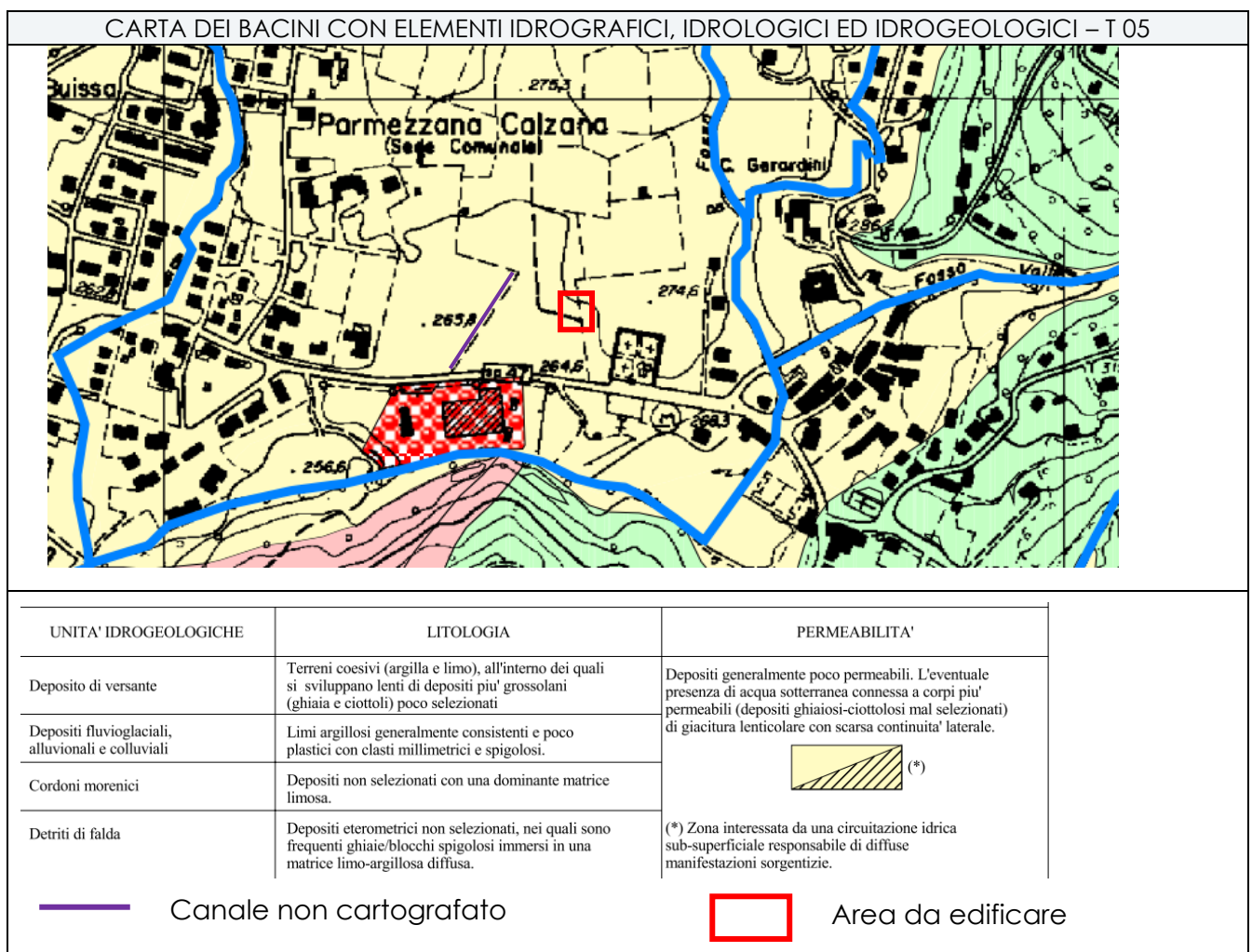


Figura 9 Carta dei bacini con elementi idrografici, idrologici ed idrogeologici (Estratto T. 05 componente geologica del PGT vigente)

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DEL CANALE



Figura 10 Documentazione fotografica del canale a 50 m dal chiosco in progetto

6 Relazione sulle indagini

6.1 Considerazioni preliminari

Nell'ambito del presente lavoro è stata pianificata ed effettuata una campagna di indagini geognostiche costituita da:

- n.1 scavo esplorativo;
- n.2 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n.1 indagine sismica passiva a stazione singola "Tromino";

Si riporta di seguito la planimetria con la relativa ubicazione delle indagini:

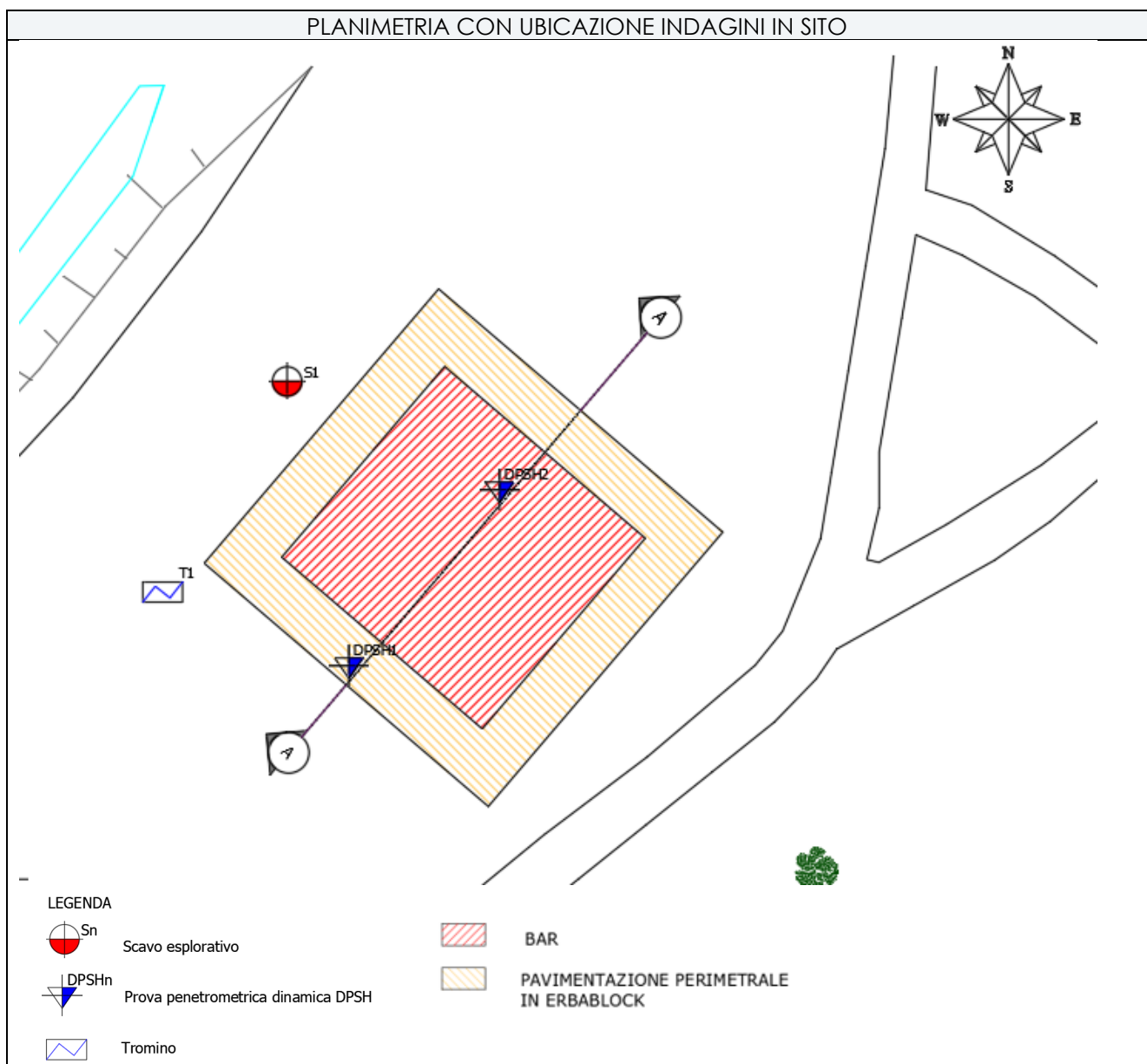


Figura 11- Planimetria dello stato di fatto con ubicazione indagini in sito.

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 20/47

6.2 Scavo esplorativo

È stato eseguito uno scavo esplorativo che ha consentito di effettuare una ricostruzione della sequenza litologica relativa alla porzione superficiale di terreno. Si riporta una ricostruzione schematica con le indicazioni delle principali caratteristiche riscontrate, e in particolare: profondità, caratteristiche litologico-stratigrafiche e colore dei materiali riscontrati, spessore e origine del deposito.

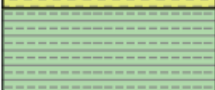
SCAVO ESPLORATIVO		
Stratigrafia	Prof. [m]	Descrizione
	0.4	Limo con argilla, marrone chiaro rossastro, umido. (Terreno superficiale alterato/rimaneggiato)
	1.5	Limi argillosi, marrone chiaro, umidi, poco consistenti (Deposito colluviale)
	2.3	Argilla limosa, da marrone a grigio chiaro, umida, con sostanza organica nera. (Deposito colluviale)

Figura 12 Stratigrafia dello scavo esplorativo



Figura 13 Schema della stratigrafia ricavata dallo scavo esplorativo con documentazione fotografica.

6.3 Prove penetrometriche dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno dell'area d'indagine e al fine di ricostruire le geometrie dei depositi sono state eseguite due prove penetrometriche dinamiche con punta conica utilizzando un penetrometro dinamico DPSH (tipo Emilia), che ha le seguenti caratteristiche standard:

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH		
Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH	
MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,0000 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 6,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
RENDIMENTO SPECIFICO x COLPOQ	= (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7,83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A] M = massa battente (altezza caduta H)
e = infissione per colpo = δ / N P = massa totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm ² = 0,098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10,197 kg/cm ²
1 bar = 1,0197 kg/cm ² = 0,1 MPa
1 kN = 0,001 MN = 101,97 kg

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi NSPT ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di riportare il numero di colpi della prova dinamica NDP con NSPT, mediante correlazioni empiriche note in bibliografia. Vengono riportati nelle tabelle seguenti i dati della prova DPSH ottenuti mediante elaborazione eseguita con il software Dynamic Probing (GeoStru).

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 22/47

Prova DPSH1

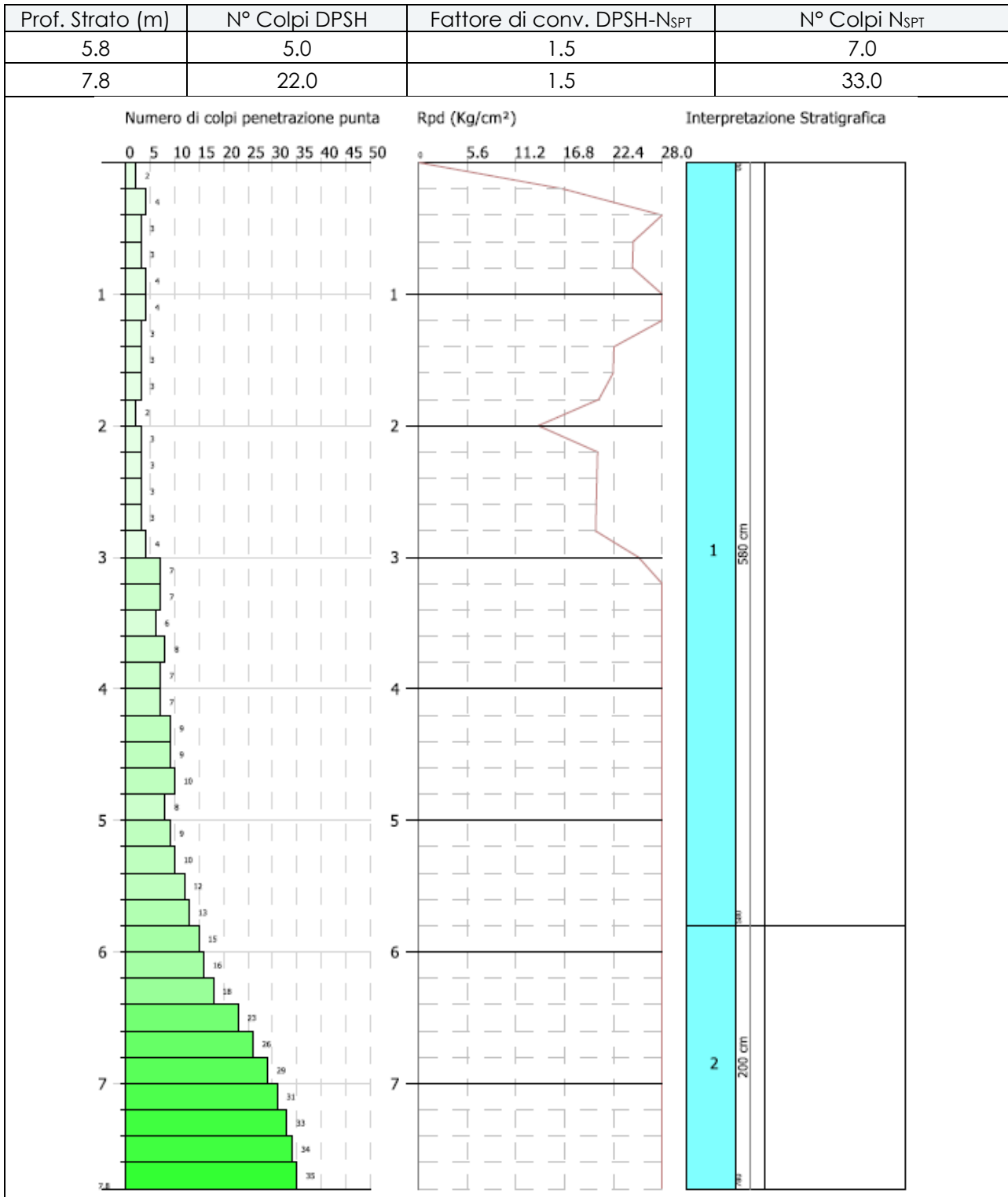


Tabella 1 dati prova penetrometriche DPSH1

Dalla prova penetrometrica DPSH1, si identificano 2 livelli omogenei: il primo A caratterizzato da scarse caratteristiche geotecniche con $N_{spt} < 5$ (non è stato tenuto conto del numero di colpi dei primi 40 cm, in quanto dallo scavo esplorativo sono costituiti da terreno di coltivo); il secondo B presenta $N_{spt} > 30$.

Prova DPSH2

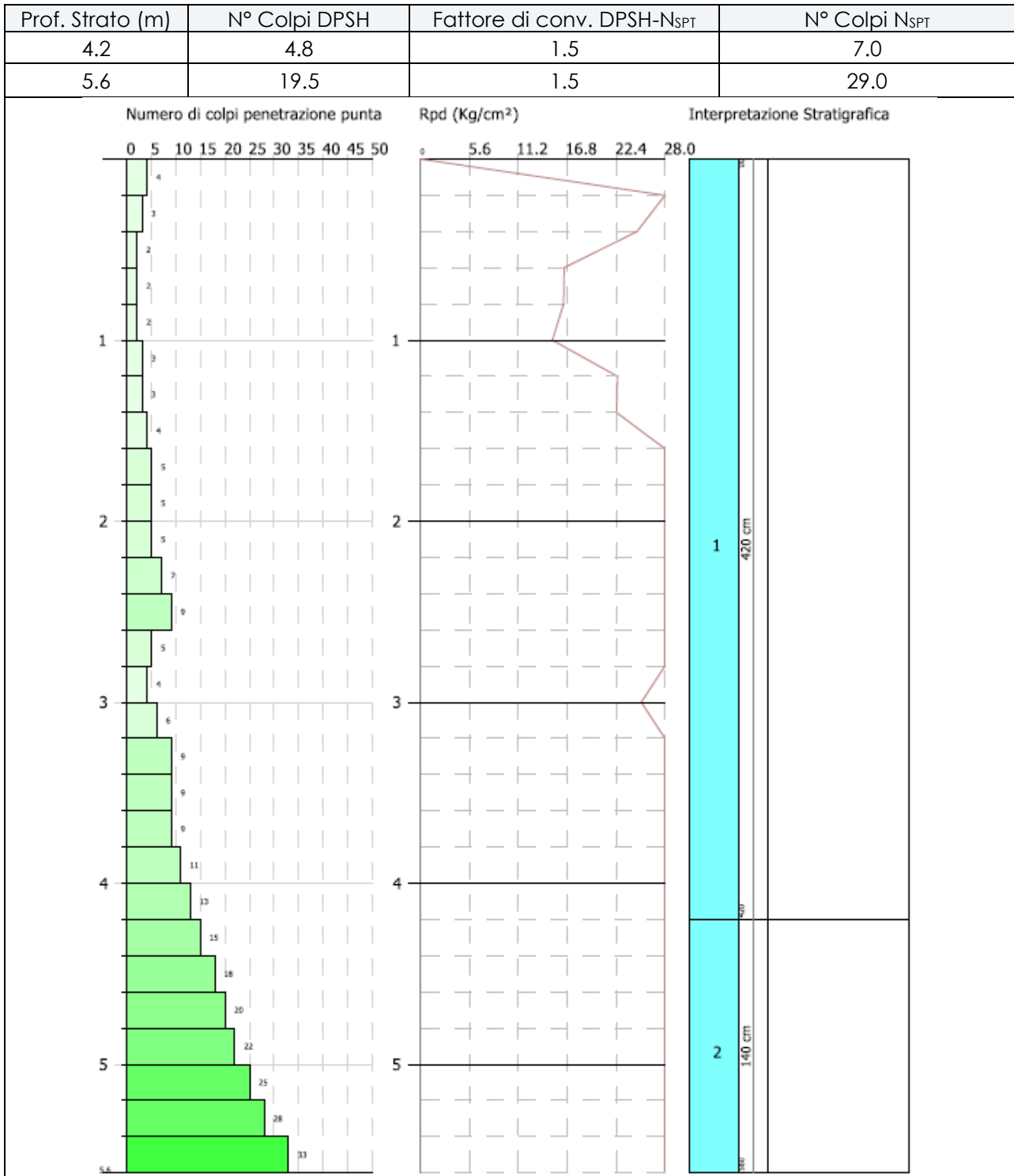


Tabella 2 Dati prova penetrometrica DPSH2

La prova penetrometrica DPSH2 conferma i livelli riscontrati nella prova precedente DPSH1.

6.4 Misura a stazione singola del tremore sismico (Tromino)

La tecnica di indagine adottata a supporto di questo studio è basata sulla misura a stazione singola del tremore sismico. Questa misura, attraverso i rapporti spettrali porta alla determinazione immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale, che il V_{seq} .

Il test effettuato sull'area evidenzia un profilo delle velocità caratterizzato dalla presenza di gobbe da 3 fino a 105Hz con aperture blande che potrebbero rappresentare cambi litologici confermati dalle prove penetrometriche, ipotizzando il bedrock sismico a circa 40 m di profondità dal p.c. Dall'interpolazione viene escluso il picco a 2Hz, legato ad un disturbo fisso dovuto alle attività industriali nelle vicinanze.

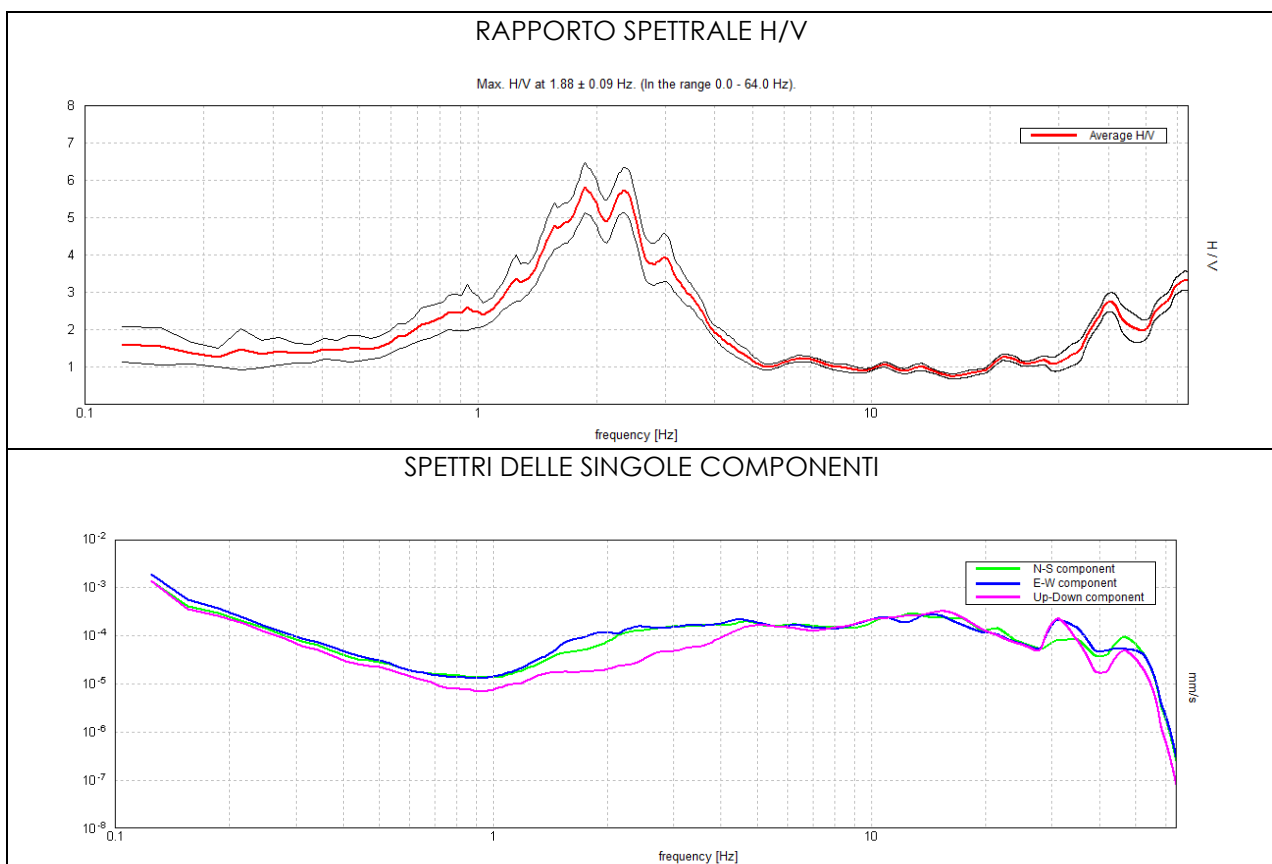
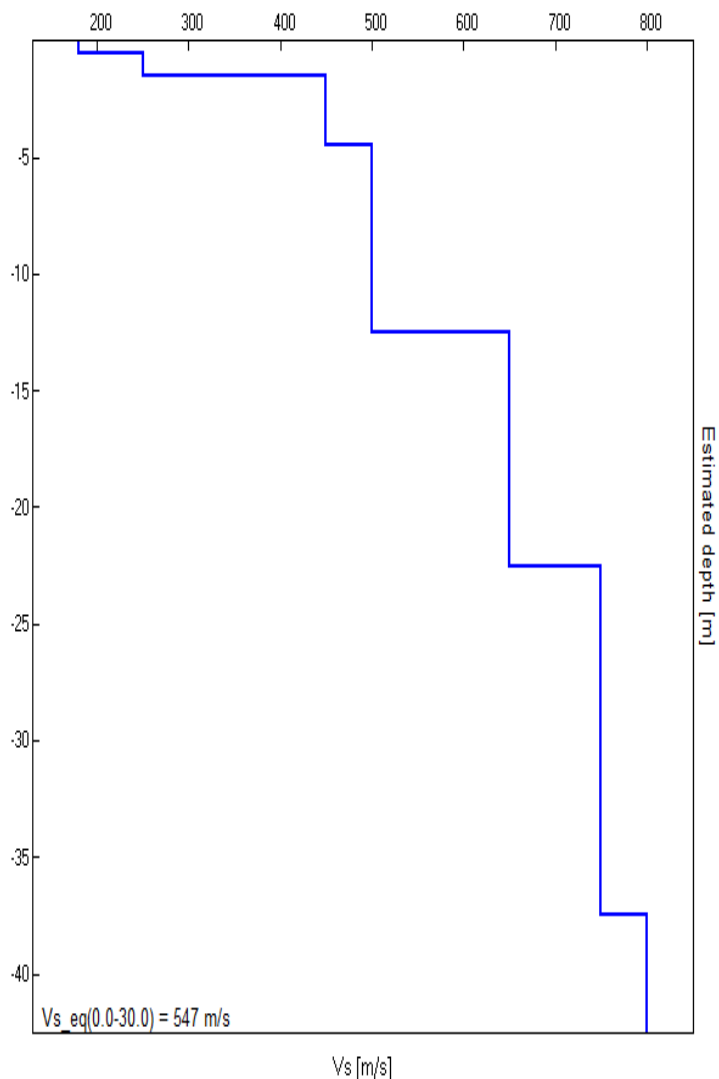


Tabella 3 Acquisizione HVRS

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 25/47



Tromino



NUMERO STRATO	Profondità [m]	Vs [m/s]
1	0.5	180
2	1.5	250
3	4.5	450
4	12.5	500
5	22.5	650
6	37.5	750
Inf.	Inf.	800

Tabella 4 Profilo Vs da tromino

7 Caratterizzazione geotecnica

7.1 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata fatta tenendo conto delle risultanze acquisite con le prove in sito (prove DPSH, scavo esplorativo e sismica passiva). Per l'interpretazione litologico-stratigrafica e per la stima dei seguenti parametri mediante l'applicazione di metodi empirici noti in letteratura:

- Peso di volume nat KN/m³ – (Meyerhof)
- Coesione non drenata Cu KPa (Shioi – Fukui 1982)
- Modulo edometrico Eed MPa (Stroud e Butler 1975)

Di seguito vengono riportate le tabelle delle risultanze dei dati geotecnici ottenuti tramite le prove penetrometriche.

In fine di ottenere i valori caratteristici dei parametri geotecnici, i valori attribuiti al parametro N_{SPT} sono stati calcolati sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5% (distribuzione normale R.N.C.). Nel caso specifico, il valore di N_{spt k} è stato calcolato adottando la seguente relazione, valida nel caso di compensazione delle resistenze:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n = numero di letture

Livello	Prof. [m]	N° Colpi [DPSH]	Fattore di conv. [DPSH – SPT]	NSPT _k	γ _{natk} [kN/m ³]	Modello coesivo	
						Cu _k [KPa]	Eed _k [MPa]
A	5.8	5.0	1.5	7.0	18.5	35.0	3.2
B	7.8	22.0	1.5	33.0	20.0	165.0	15.0

Tabella 5 Valori parametri ottenuti dalla prova penetrometrica DPSH1

Livello	Prof. [m]	N° Colpi [DPSH]	Fattore di conv. [DPSH – SPT]	NSPT _k	γ _{natk} [kN/m ³]	Modello coesivo	
						Cu _k [KPa]	Eed _k [MPa]
A	4.2	4.8	1.5	7.0	18.5	35.0	3.0
B	5.6	19.5	1.5	29.0	20.0	145.0	13.0

Tabella 6 Valori parametri ottenuti dalla prova penetrometrica DPSH2

I valori medi dei dati acquisiti con le prove effettuate sono di seguito riepilogati:

Livello	N° colpi	Fattore di conv. [DPSH – SPT]	NSPT	γ_{nat} [kN/m ³]	Modello coesivo	
					Cu [KPa]	Eed [MPa]
A	5.0	1.5	7.0	18.5	35.0	3.0
B	20.0	1.5	30.0	20.0	150.0	14.0

Tabella 7 Valori medi dei parametri dei livelli A e B

Osservando i dati sopra esposti è possibile definire due livelli omogenei:

- Livello A – Deposito colluviale, costituito da limi argillosi che divengono argille limose all'aumentare della profondità, presentano caratteristiche geotecniche scadenti con $N_{spt} < 10$,
- Livello B - Deposito colluviale composto da argille limose da mediamente a consistenti, i cui parametri aumentano con la profondità, caratterizzate da $N_{spt} > 25$.

Tenendo conto dell'assetto litologico-stratigrafico generale e delle risultanze relative all'indagine sismica, anche in assenza di dati acquisiti con indagini dirette, il livello B può essere considerato con caratteristiche omogenee in tutto il volume significativo, e comunque fino ad almeno 8-10m di profondità.

8 Modello geotecnico del volume significativo

Riepilogando quanto descritto nei capitoli precedenti, si afferma che il modello geotecnico rappresentativo comprende complessivamente due livelli differenti dal punto di vista delle caratteristiche di deformabilità dei materiali. Il livello superficiale LS, presenta uno spessore poco significativo (0.40 cm), per cui non è stato caratterizzato.

La caratterizzazione geotecnica dei due strati descritti può essere convenientemente rappresentata mediante due livelli geotecnici: Livello A per lo strato 1 e Livello B per lo strato 2.

I valori caratteristici relativi ai principali parametri che descrivono le proprietà geotecniche dei terreni compresi nel volume significativo, attribuiti mediante l'elaborazione delle prove penetrometriche DPSH, sono riassunti nella seguente tabella:

Livello geotecnico	Litologia	γ_{nat} [kN/mc]	Modello coesivo	
			Cuk [KPa]	Eedk [MPa]
LS	Suolo organico di colore marrone scuro, sciolto, umido. (Terreno superficiale alterato e/o coltivato)	---	---	---
A	Limo argilloso poco consistente, di colore marrone, umido. (Deposito colluviale)	18.0	35.0	3.0
B	Argille limose, da mediamente a consistenti, umide. (Deposito colluviale)	20.0	150.0	13.0

Tabella 8 Valori parametri modello geotecnico

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI E DELLE SEZIONI LITOLOGICO GEOTECNICHE

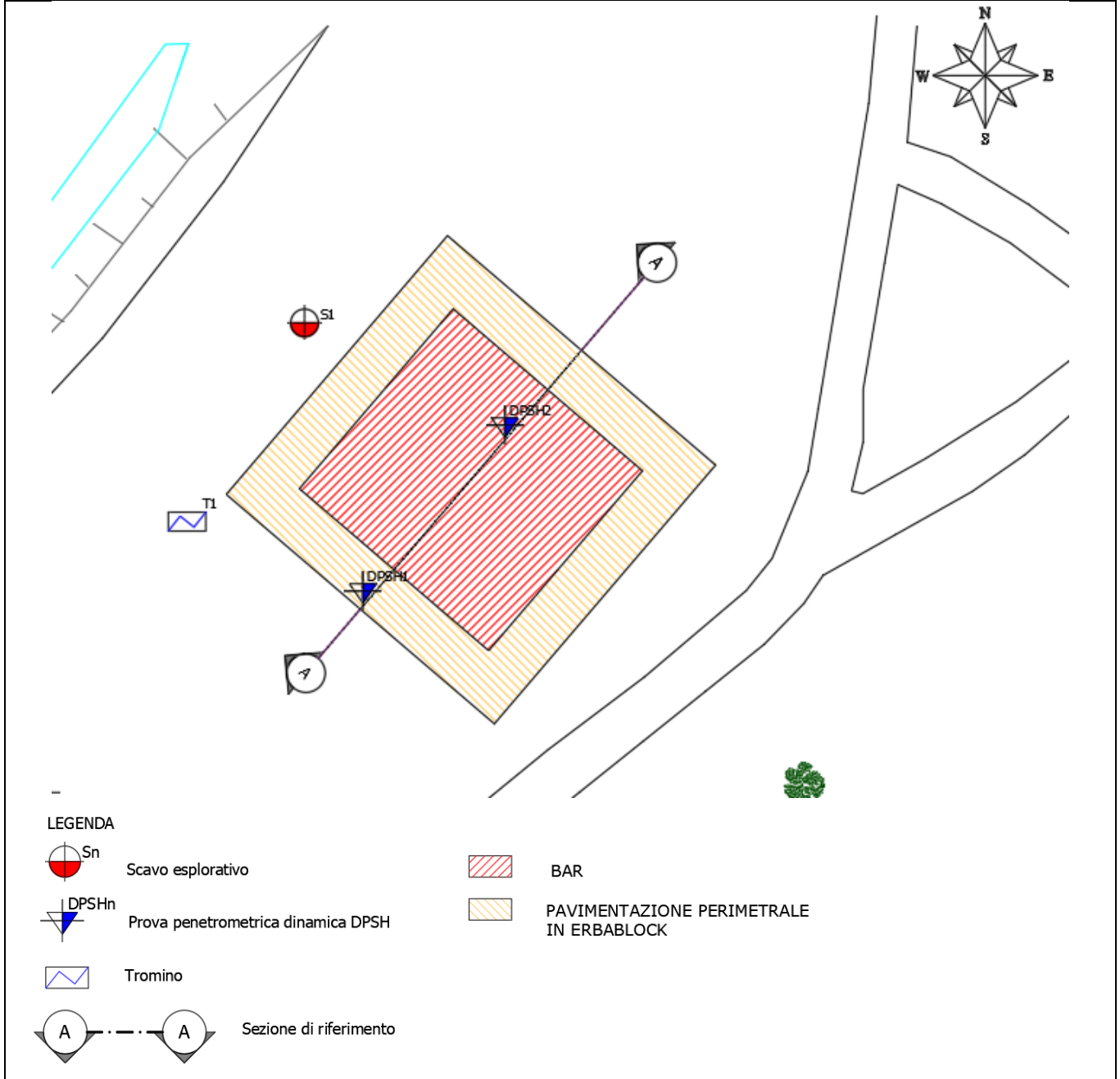


Figura 14 Planimetria con ubicazione delle indagini.

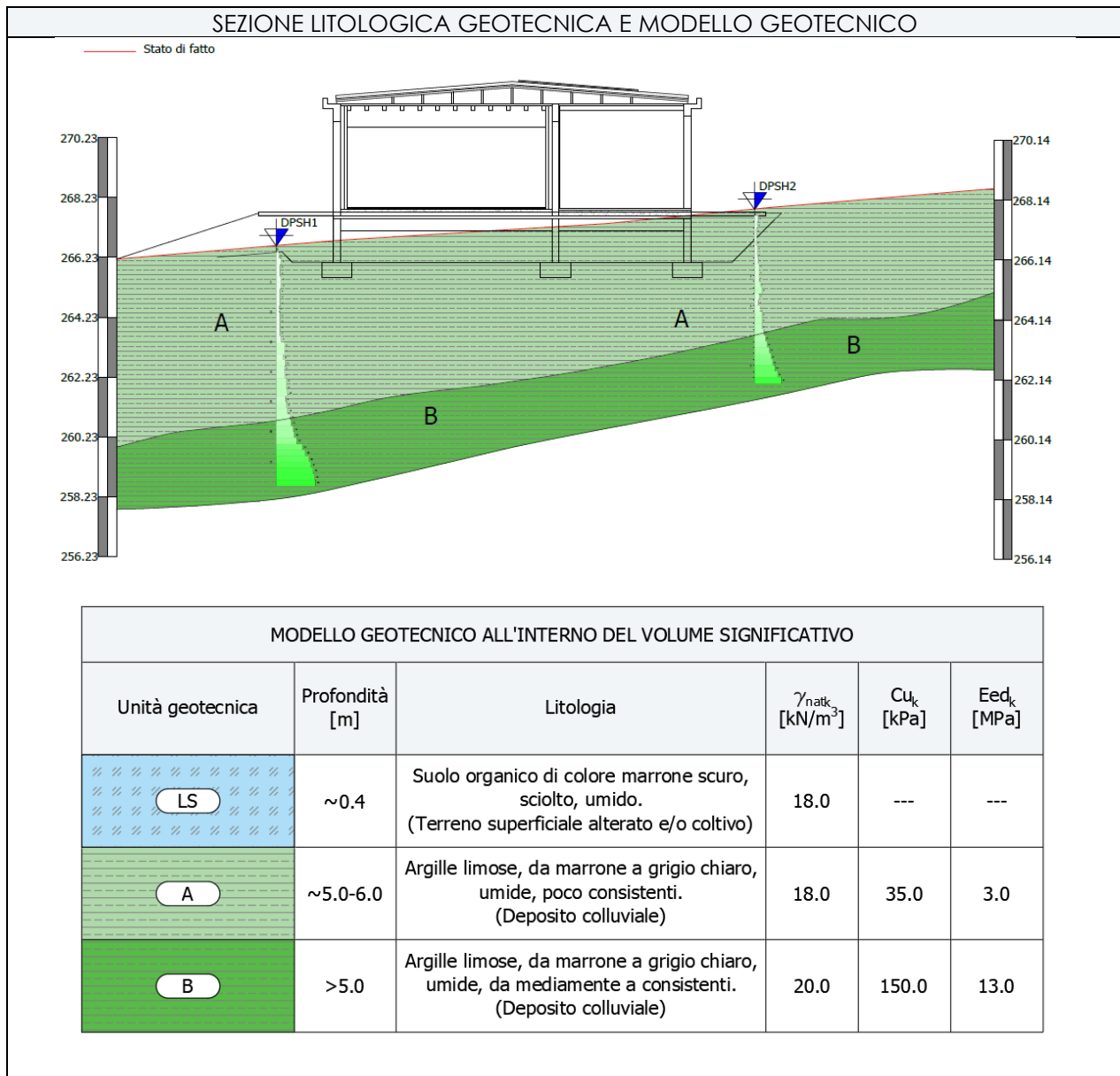


Figura 15 Sezione litologica geotecnica stato di fatto e modello geotecnico del volume significativo

9 Relazione sulla pericolosità sismica

9.1 Pericolosità sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) fanno riferimento ad un lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per quanto concerne la valutazione della pericolosità sismica del territorio nazionale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Le coordinate del sito di interesse sono le seguenti (sistema ED 50):

Lat.: 45.632291 Long.: 10.095303

Il valore massimo della PGA su roccia nella zona di interesse, corrispondente ad una probabilità del 10% in 50 anni, può essere compresa tra i valori 0.125 - 0.150 (Figura 16).

Con lo stesso applicativo è possibile anche effettuare una procedura che consente di determinare i parametri del terremoto che maggiormente influenzano la pericolosità sismica del sito considerato (disaggregazione della pericolosità sismica). La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica consente inoltre di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in Magnitudo e Distanza (*M-R*) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza *R* capaci di generare terremoti di magnitudo *M* (Figura 17). In altri termini si può affermare che il processo di disaggregazione in *M-R* fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario o di riferimento) inteso come l'evento di magnitudo *M* a distanza *R* dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Da tale analisi risulta che la magnitudo attesa è $M = 4.79$ con distanza epicentrale pari a circa 10 Km (disaggregazione del valore di $a(g)$, INGV).

Un altro strumento molto interessante per un inquadramento dell'area sotto il profilo sismogenetico è il DISS "Database of Individual Seismogenic Sources", realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Il DISS contiene molte informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane con un potenziale per terremoti di $M > 5.5$, oltre a dati geografici, sismologici, geologici e tettonici. Da questo applicativo si evince che il territorio del Comune di Monticelli Brusati (BS) non ricade in alcuna zona sismogenetica (Figura 18).

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 32/47

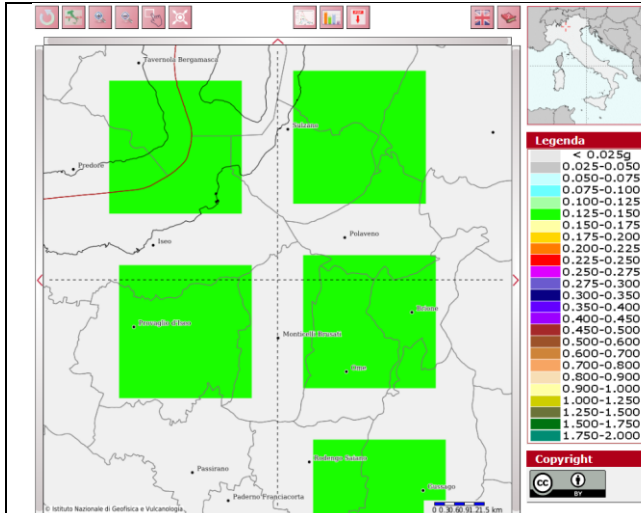


Figura 16 - Grafici tratti dal sito ESSE1 INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

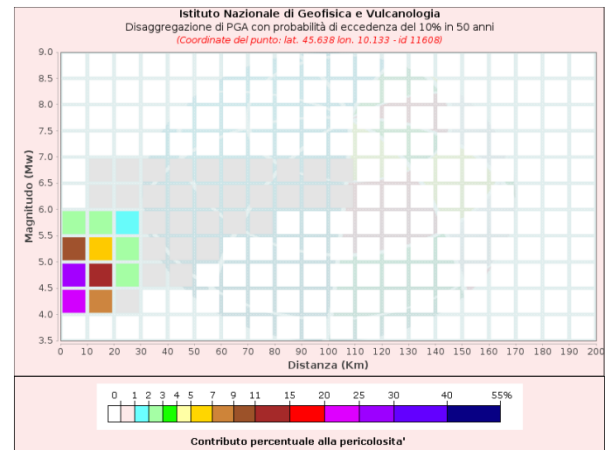


Figura 17- Istituto nazionale Geofisica e Vulcanologia - disaggregazione del valore $a(g)$

Seismogenic Source (Fonte DISS 3.2.0)

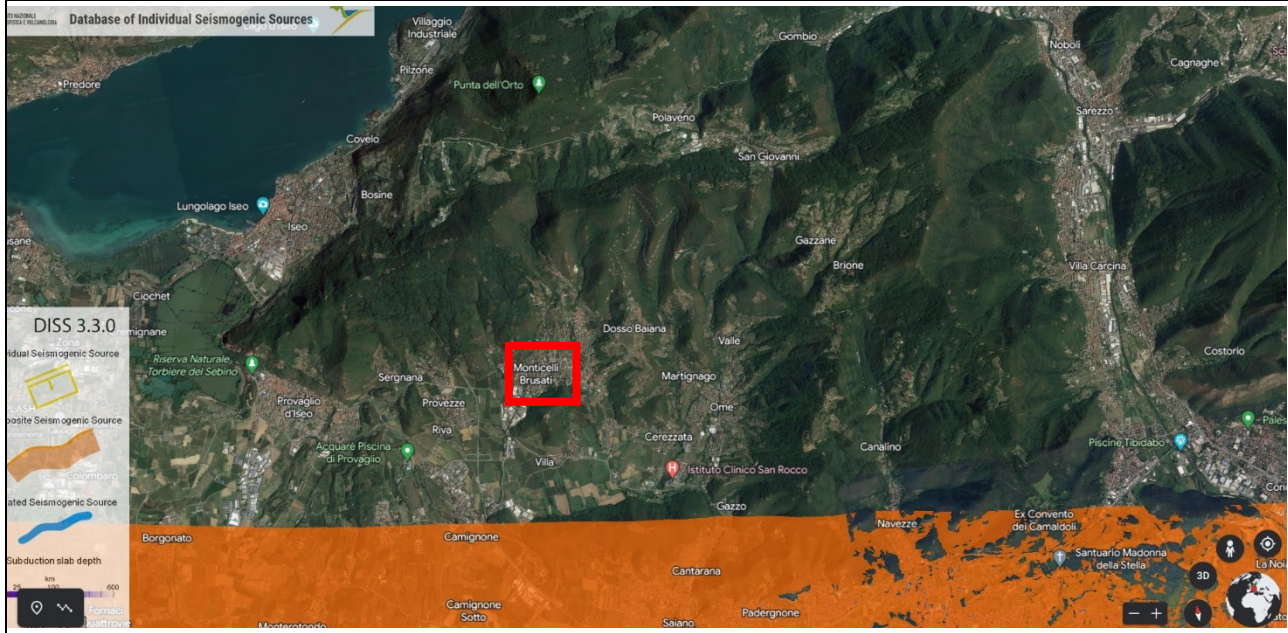


Figura 18- Stralcio delle sorgenti sismogenetiche italiane - Seismogenic Source [DISS Database of Individual Seismogenic Sources]

9.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.

Una volta calcolata la pericolosità sismica di base è necessario tener conto delle condizioni litologiche e morfologiche locali che influiscono in modo determinante sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori di V_S sono stati ottenuti mediante l'indagine sismica. La classificazione del sottosuolo è stata effettuata sulla base delle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

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.

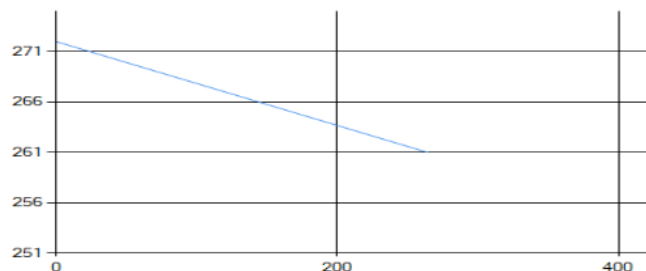
Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 34/47

Trascurando il sismostrato 1, in quanto è caratterizzato da spessore ridotto (0.5 m), che s'ipotizza verrà rimosso per le nuove fondazioni della struttura, e quindi risulta poco significativo dal punto di vista geotecnico, viene stimato V_{seq} è 570 m/s > 360m/s, per cui la categoria di suolo corrispondente è B:

Strato	hi	Vsi	H
2	1	250	
3	3	450	30
4	8	500	
5	10	650	
6	8	750	
Vseq		570	

Il sito di interesse è collocato in una zona la Pericolosità Sismica Locale del PGT, suscettibile di amplificazioni litologiche, pertanto, nell'ambito del presente lavoro si è deciso di ripetere l'approfondimento di 2° livello, sulla base dei dati acquisiti in sito.

Il valore dell'inclinazione del versante calcolato è $i < 15^\circ$, come risulta dal profilo topografico ricavato sulla base cartografica di riferimento, ovvero dal database topografico ufficiale, per cui la categoria topografica da adottare è T1.



Le condizioni locali dal punto di vista dell'amplificazione sismica (litologica e morfologica) possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Cat. di sott. B (Tab. 3.2.II NTC 2018);
- Cat. topografica T1 (Tab. 3.2 III NTC 2018).

Come mostrato nei capitoli seguenti (δ 9.3.2), visto $F_{a_{sito}} > F_{a_{soglia}}$, è necessario declassare la cat. di sottosuolo da B a C o, in alternativa eseguire approfondimenti di 3° livello.

9.3 Valutazione dell'amplificazione sismica locale

Per l'analisi della sismicità del sito considerato, oltre alla normativa nazionale si è fatto riferimento ai metodi contenuti nella D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 e ss.mm. e ii., secondo i quali, in merito alla valutazione della pericolosità sismica locale, sono previsti tre livelli di approfondimento: il 1° livello consiste nell'individuazione delle aree passibili di amplificazione sismica e instabilità sulla base di dati geologici e geomorfologici; il 2° livello fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di "Fattore di amplificazione Fa" mediante una valutazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle zone individuate nel livello precedente (1° Livello); il 3° livello si basa su indagini approfondite e viene eseguito in fase progettuale solo in alcuni casi specifici.

Le analisi di 1° livello basate su un approccio di tipo qualitativo, rappresentano uno studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento e consentono di individuare le zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili sulla base di osservazioni e dati quali: cartografia topografica, cartografia geologica, risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, dati idrologici e idrogeologici ecc. Per la costruzione della carta tematica si tiene conto degli scenari di pericolosità sismica locale indicati nella Tabella 1 dell'Allegato 5 ai criteri attuativi della l.r.12/05 e successive mm. e ii. La carta della PSL rappresenta la base per l'eventuale applicazione dei successivi livelli di approfondimento, in particolare il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (zone Z3 e zone Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza. La procedura consiste in un approccio di tipo semi quantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Infine, il 3° Livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi: quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 36/47

l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla D.G.R. n. 9/2616 del 30/11/2011); in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione (zone Z1 e Z2), nelle zone sismiche 2 e 3 per tutte le tipologie di edifici.

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 37/47

9.3.1 Analisi di 1° livello

Dalla consultazione della *Carta della Pericolosità Sismica Locale – 1° livello* del PGT vigente (Figura 19), si desume che la zona è interessata dallo scenario di pericolosità sismica **Z4a** – Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi. Pertanto, avendo a disposizione i dati acquisiti con un'indagine sismica sito-specifica, si è ritenuto opportuno ripetere le analisi di secondo livello in modo da verificare con maggior dettaglio le effettive caratteristiche del sito dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale (§ 9.3.2).

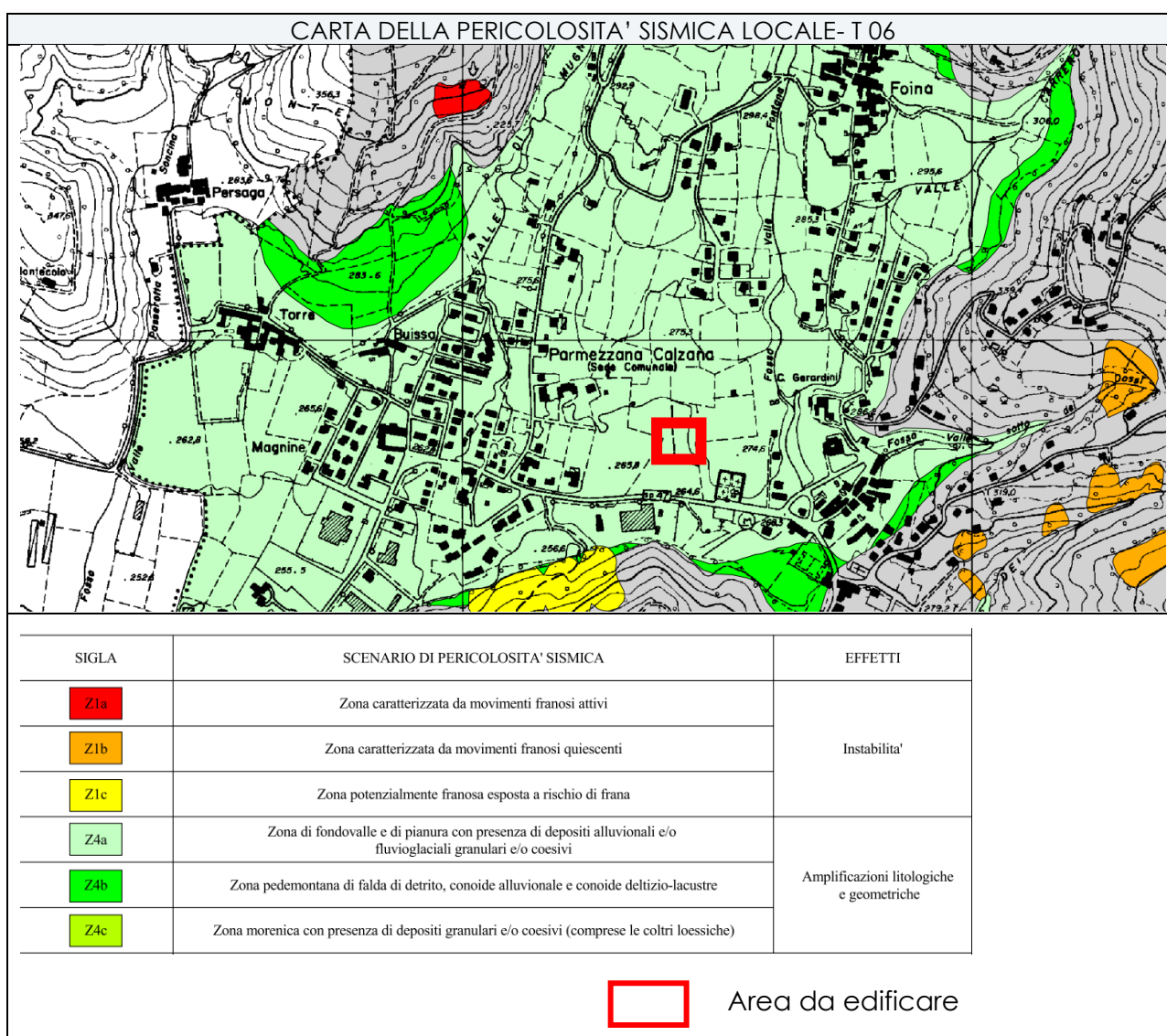


Figura 19 - Carta della pericolosità sismica locale (Estratto TAV.07 E Studio Geologico del PGT)

9.3.2 Analisi 2° livello

Effetti litologici. L'assetto litologico dell'area è stato ricostruito facendo riferimento ai risultati delle prove eseguite in sito; in particolare, per la caratterizzazione dei terreni dal punto di vista sismico e quindi per la stima dei valori di V_s , necessari per calcolare il periodo proprio del sito T , si è fatto riferimento ai risultati dell'indagine basata sulla misura a stazione singola del tremore sismico (tromino).

L'individuazione e la conseguente caratterizzazione dei sismostrati, in termini di spessore e valori di V_s , è funzionale alla determinazione del periodo proprio T da utilizzare per la stima del Fattore di amplificazione F_a mediante le schede di riferimento e le indicazioni contenute nell'allegato 5 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 e ss.mm.ii.

I valori di F_a fissati dalla normativa vigente si riferiscono agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s, valido per strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374 e ss. mm. ii.); per il Comune di Monticelli Brusati la normativa regionale indica quanto segue:

Comune	Classe di suolo/ F_a soglia			
	B	C	D	E
Monticelli Brusati (BS)	1.4	1.8	2.2	2.0

Tabella 9 Soglie Lombardia ($T_{0.1-0.5}$) allegato 5 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 e ss.mm.ii.

Periodo proprio del terreno e stima di F_a . Come illustrato nel § 6.4, il test realizzato nell'area d'intervento genera un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

Adottando la procedura semplificata della Regione Lombardia, basata sul profilo delle V_s è stato possibile determinare il periodo di vibrazione propria del terreno T , necessario per la stima del valore di F_a .

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

Una volta determinato il periodo T è possibile scegliere la curva litologica di riferimento per procedere con la stima di F_a . Nel caso specifico, tenuto conto del profilo V_s estrapolato fino al bedrock sismico è opportuno scegliere la curva "li-mo_argillosa2".

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 39/47

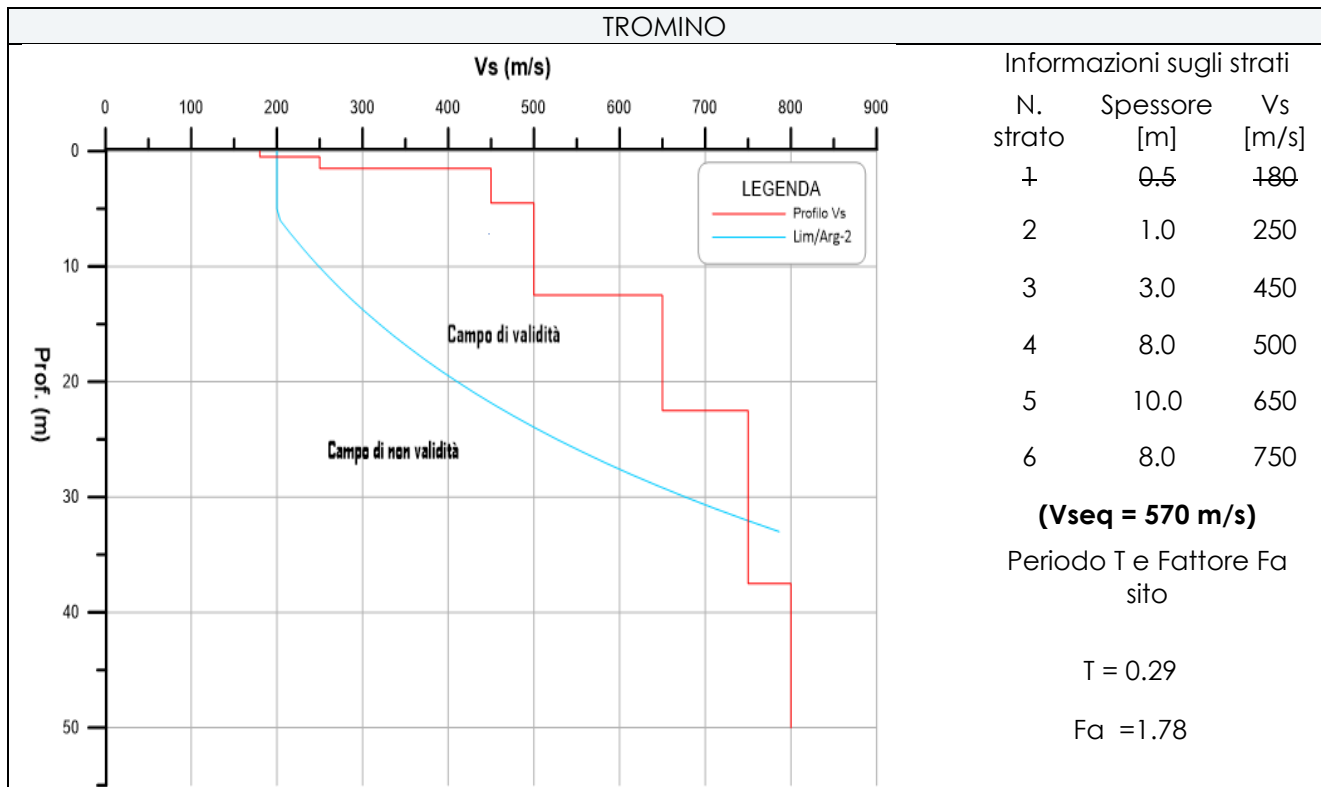


Tabella 10 Stima Fa da profili Vs

Il calcolo è stato effettuato escludendo il sismostrato più superficiale (1), fino alla profondità di circa 0.5 m, in quanto verrà rimosso per la formazione delle fondazioni. Lo spessore dello strato superficiale considerato per il calcolo del fattore di amplificazione è pari a circa 4 m con Vs=450 m/s. Sulla base dei dati sopra indicati è stata scelta la curva 3 – tratto polinomiale (blu).

$$Fa_{\text{calcolato}} (1.8) > Fa_{\text{soglia}} (1.4+0.1)$$

Secondo quanto previsto nell'Allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011, i valori soglia da utilizzare per il confronto con i valori di Fa_{sito} calcolati vanno considerati con una variabilità +0.1. **Il valore di Fa calcolato nella zona passibile di amplificazione sismica locale supera il valore di soglia fissato, pertanto gli spettri di sito previsti per le categorie di sottosuolo B non sono sufficienti, in termini energetici, a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito, è pertanto necessario declassare la cat. di sottosuolo a C o in alternativa, eseguire approfondimenti di 3° livello.**

10 Conclusioni e consigli al Progettista

Il presente documento espone i risultati dello studio geologico realizzato su incarico dell'Amministrazione comunale di Monticelli Brusati, a supporto del progetto denominato "Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce", comune di Monticelli Brusati (BS)".

Le informazioni e i dati principali acquisiti nell'ambito del presente studio sono di seguito elencati:

- l'area non è soggetta a vincoli di carattere geologico ed è rappresentata con la classe **di fattibilità geologica 2a (modeste limitazioni)**;
- dal punto di vista idrogeologico durante le indagini non sono state riscontrate falde superficiali nel volume investigato;
- i risultati dei rilievi e delle indagini hanno consentito di elaborare un modello geotecnico, basato sulle caratteristiche di resistenza e deformabilità dei materiali prevalenti rappresentato in modo schematico attraverso la definizione di due livelli omogenei (Livello A e Livello B);
- dal punto di vista della pericolosità sismica, il sito ricade in aree classificate nel seguente modo:
 - cat. di sottosuolo C (Tab. 3.2.II NTC 2018);
 - cat. topografica T1 (Tab. 3.2 III NTC 2018);
 - **Analisi I livello:** - **Z4a** -Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi;
 - **Analisi II livello:** $F_{a_{\text{sito}}} > F_{a_{\text{soglia}}}$

Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 41/47

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, si conclude affermando che gli interventi di progetto risultano compatibili con le condizioni dell'area dal punto di vista litologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, ferma restando la necessità per il progettista di rispettare le seguenti prescrizioni minime:

- a) Verificare che le caratteristiche del terreno di fondazione corrisponda al modello geotecnico rappresentato;
- b) Individuare eventuali livelli acquiferi superficiali, anche se effimeri, se necessario applicare sistemi di drenaggio adeguati;
- c) Tenere conto delle caratteristiche topografiche del versante ed eseguire eventuali opere e accorgimenti per la salvaguardia delle fondazioni, in riferimento alla regimazione delle acque superficiali.
- d) Adottare preferibilmente una soluzione di fondazione a platea viste le scarse caratteristiche dei terreni. Comunque dovrà essere verificata dal punto di vista geotecnico.

STUDIO CONTI ASSOCIATI

Dott. Geol. Antonio Conti



Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 42/47

Indice delle figure

Figura 1 – Db topografico sovrapposto ad ortofoto AGEA 2018 (Viewer Geografico Geoportale Regione Lombardia)	5
Figura 2 – Prospetto dello stato di progetto (fonte elaborati a cura dell'Ing. Comincini)	8
Figura 3 Carta dei Vincoli (Estratto T07 E componente geologica del PGT)	10
Figura 4 - Estratto elaborato cartografico DGRA 2007/60/CE (ultimo aggiornamento metadata Geoportale RL 31/12/2022)	11
Figura 5 - Carta di Sintesi (Estratto T 08 Studio Geologico del PGT)	12
Figura 6 - Carta di fattibilità delle azioni di piano (Estratto T 02 del 2019 Studio Geologico del PGT)	13
Figura 7 - Carta geologica (Estratto TAV.01 Studio Geologico del PGT)	16
Figura 8 - Carta geomorfologica (Estratto T 02 Studio Geologico del PGT)	17
Figura 9 Carta dei bacini con elementi idrografici, idrologici ed idrogeologici (Estratto T. 05 componente geologica del PGT vigente)	18
Figura 10 Documentazione fotografica del canale a 50 m dal chiosco in progetto	19
Figura 11- Planimetria dello stato di fatto con ubicazione indagini in sito.	20
Figura 12 Stratigrafia dello scavo esplorativo	21
Figura 13 Schema della stratigrafia ricavata dallo scavo esplorativo con documentazione fotografica.	21
Figura 14 Planimetria con ubicazione delle indagini.	30
Figura 15 Sezione litologico geotecnica stato di fatto e modello geotecnico del volume significativo	31
Figura 16 - Grafici tratti dal sito ESSE1 INGV (http://esse1-gis.mi.ingv.it/)	33
Figura 17- Istituto nazionale Geofisica e Vulcanologia – disaggregazione del valore a(g).....	33
Figura 18- Stralcio delle sorgenti sismogenetiche italiane - Seismogenic Source [DISS Database of Individual Seismogenic Sources]	33
Figura 19 - Carta della pericolosità sismica locale (Estratto TAV.07 E Studio Geologico del PGT)	38

Indice delle tabelle

Tabella 1 dati prova penetrometriche DPSH1	23
Tabella 2 Dati prova penetrometrica DPSH2	24
Tabella 3 Acquisizione HVRS	25
Tabella 4 Profilo Vs da tromino	26
Tabella 5 Valori parametri ottenuti dalla prova penetrometrica DPSH1	27
Tabella 5 Valori parametri ottenuti dalla prova penetrometrica DPSH1	27
Tabella 6 Valori medi dei parametri dei livelli A e B.....	28
Tabella 7 Valori parametri modello geotecnico	29
Tabella 8 Soglie Lombardia ($T_{0,1-0,5}$) allegato 5 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 e ss.mm.ii.	39
Tabella 9 Stima Fa da profili Vs	40

001769_MONTICELLI_COMUNE

Instrument: TZB-0152/02-22

Data format: 32 bit

Full scale [mV]: 89

Start recording: 21/03/2023 08:58:03 End recording: 21/03/2023 09:18:03

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 42% trace (manual window selection)

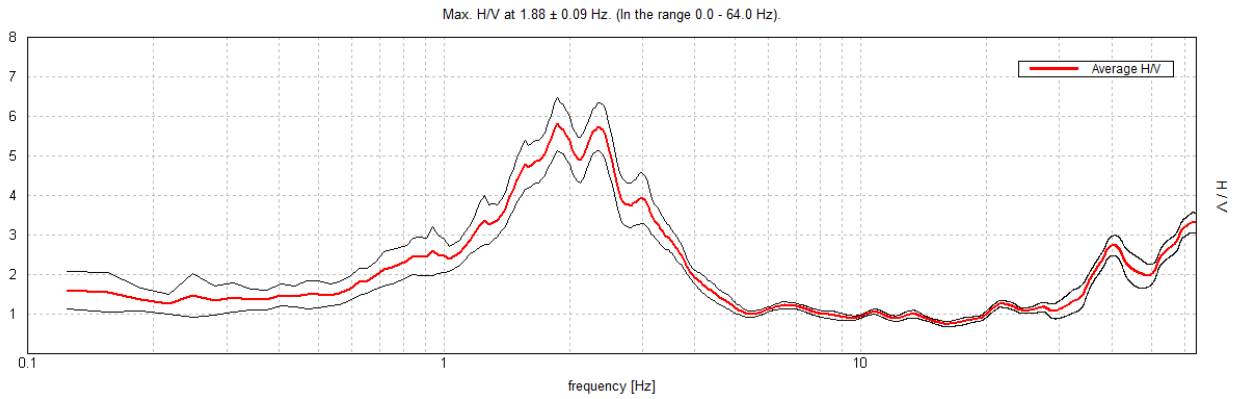
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

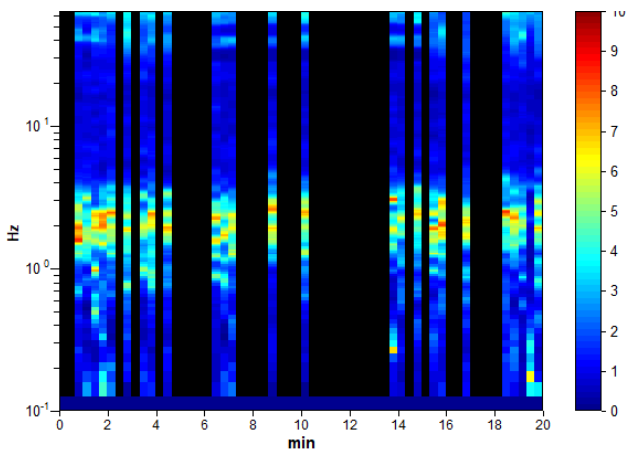
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

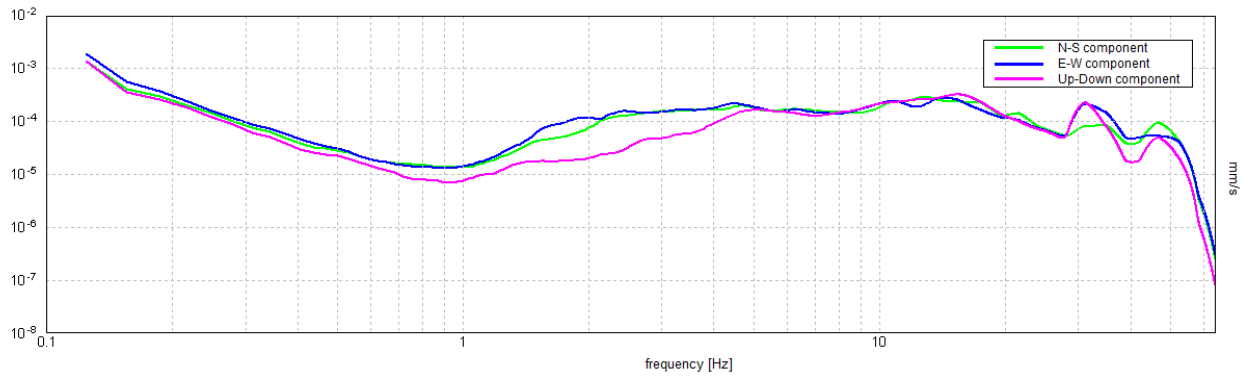


H/V TIME HISTORY

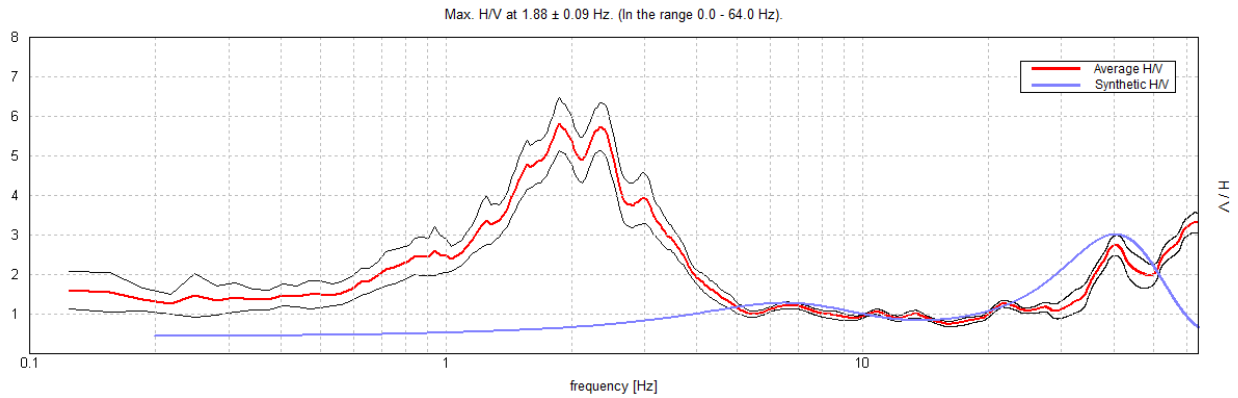


Costruzione di un chiosco nel Giardino Botanico delle Querce nel comune di Monticelli Brusati (BS)	001769_PD_00_GI_RG
Studio geologico-geomorfologico con caratterizzazione geotecnica in prospettiva sismica	pag. 44/47

SINGLE COMPONENT SPECTRA

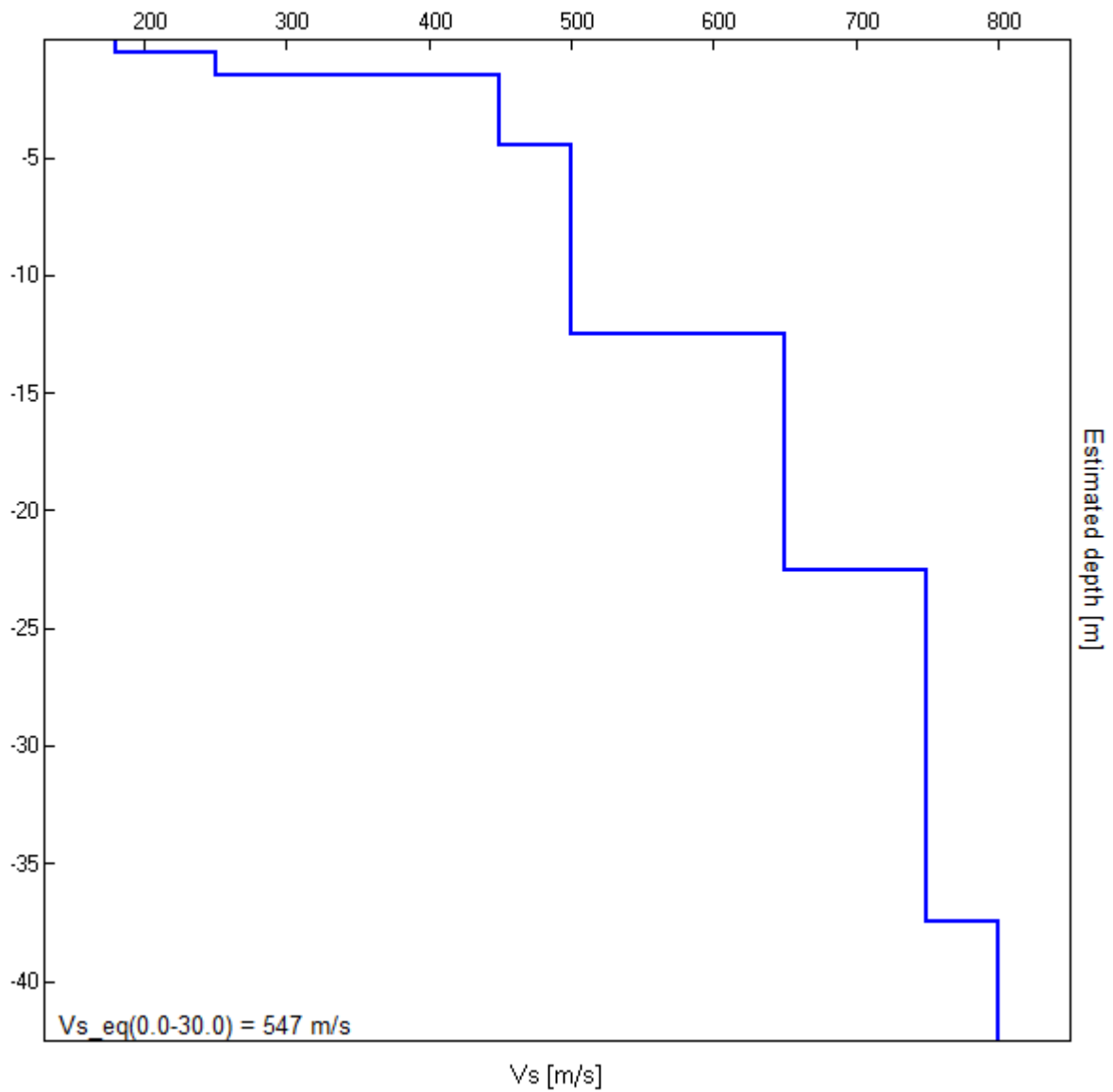


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	180	0.42
1.50	1.00	250	0.42
4.50	3.00	450	0.42
12.50	8.00	500	0.42
22.50	10.00	650	0.40
37.50	15.00	750	0.42
inf.	inf.	800	0.40

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 547 \text{ m/s}$$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.88 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	937.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 91 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	5.80 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04714 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.08839 < 0.1875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6714 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20