

Comune di CANEGRATE
Città Metropolitana di Milano

Ambito Progettazione Coordinata

A.P.C. 12

**RELAZIONE GEOLOGICA E
GEOTECNICA.**

Data Marzo 2024

Allegato E

LA PROPRIETA'

IL TECNICO

**Progettista: Geom. Paganini Gilberto - Via Torino n.1 20036 Dairago (MI)
Albo Collegio Geometri Milano n.9717 Tel.329.8376545**

**Progettista: Dott. Ing. Paganini Pierangelo - Via Antonio Vivaldi n.16 20036 Dairago (MI)
Ordine Ingegneri Milano n.21163 Tel.392.6556174**

REGIONE LOMBARDIA

CITTA' METROPOLITANA DI MILANO

COMUNE DI CANEGRATE

Via Magenta

AMBITO DI PROGETTAZIONE COORDINATA A.P.C.12

NUOVA REALIZZAZIONE DI COMPLESSO RESIDENZIALE

FOGLIO N. 8 - MAPP. 496-497-498

RELAZIONE GEOLOGICA

D.M. 17/01/2018 p.to 6.2.1 - D.G.R. 2616/2011

D.G.R. 5001/2016



GeoBIM

GeoBIM Srl Via Savona, 69 - 20144 Milano
E-mail: info@geobimsrl.com

Committente:

GV Group S.r.l.

Data emissione

30/06/2023



<u>Redatto:</u>	Dott. Giacomo Panza
<u>Verificato:</u>	Dott.ssa Fabiana Isola
<u>Approvato:</u>	Dott. Geol. Federico Manicone 



INDICE

	Pag.
1. PREMESSA	4
2. RELAZIONE GEOLOGICA	5
2.1 <i>INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA</i>	5
2.2 <i>INQUADRAMENTO CATASTALE</i>	6
2.3 <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i>	7
2.4 <i>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO</i>	8
2.5 <i>CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE</i>	9
2.6 <i>CARTA DEI VINCOLI</i>	11
2.7 <i>FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'INTERVENTO</i>	12
2.7.1 <i>PRESCRIZIONI GEOLOGICHE PER L'INTERVENTO</i>	13
3. MODELLO GEOLOGICO	15
4. ANALISI DELL'AZIONE SISMICA	17
4.1 <i>PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE</i>	17
4.2 <i>DEFINIZIONE VITA NOMINALE DELL'OPERA</i>	18
4.3 <i>DEFINIZIONE CLASSE D'USO DELL'OPERA</i>	18
4.4 <i>PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA</i>	19
4.5 <i>STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO</i>	20
4.6 <i>DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO</i>	21
4.7 <i>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</i>	25
4.8 <i>AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA</i>	26
4.9 <i>CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI PER L'AREA</i>	27
5. LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	28
5.1 <i>VALUTAZIONE ACCELERAZIONE MASSIMA</i>	29
5.2 <i>PROFONDITÀ FALDA ACQUIFERA</i>	29



6. VERIFICA FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	30
6.1 1° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO	31
7. CONCLUSIONI	32

ALLEGATI

- Allegato A** Tabulati Prove Penetrometriche
Allegato B Documentazione Fotografica



1. PREMESSA

Su incarico della committenza GV Group ed in ottemperanza a quanto disposto dalle NTC 2018 (Norme Tecniche delle Costruzioni), è stata eseguita nel mese di Giugno 2023 un'indagine geognostica a supporto di una nuova lottizzazione identificata dagli strumenti urbanistici come A.P.C.12 (Ambito di Progettazione Coordinata). Il progetto di sviluppo prevede la realizzazione di un complesso residenziale in Via Magenta nel Comune di Canegrate (MI), dove verranno realizzate 2 palazzine.

A supporto della documentazione di Piano disponibile, con particolare riferimento allo Studio Geologico Comunale, sono state effettuate n. 6 prove penetrometriche realizzate in data 11 Maggio 2023 per la caratterizzazione stratigrafica del sito.

La presente relazione è finalizzata alla definizione della fattibilità geologica dell'intervento in progetto e alla descrizione delle caratteristiche stratigrafiche e sismiche dei terreni di fondazione, secondo quanto previsto dalle normative di settore di seguito elencate:

- ⇒ D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C. p.to 6.2.1.);
- ⇒ D.G.R. n. 2616 del 30/12/2011 – Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio;
- ⇒ D.G.R. n. 2129/2014 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia.



2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA

L'area interessata dalla presente relazione geologica trova sede nel territorio comunale di Canegrate in via Magenta, all'angolo con Via Firenze. L'inquadramento generale dell'ambito viene mostrato nelle successive Figura 1 e Figura 2 dalla quale è possibile individuare l'ambito oggetto di studio ed il relativo stato di fatto.

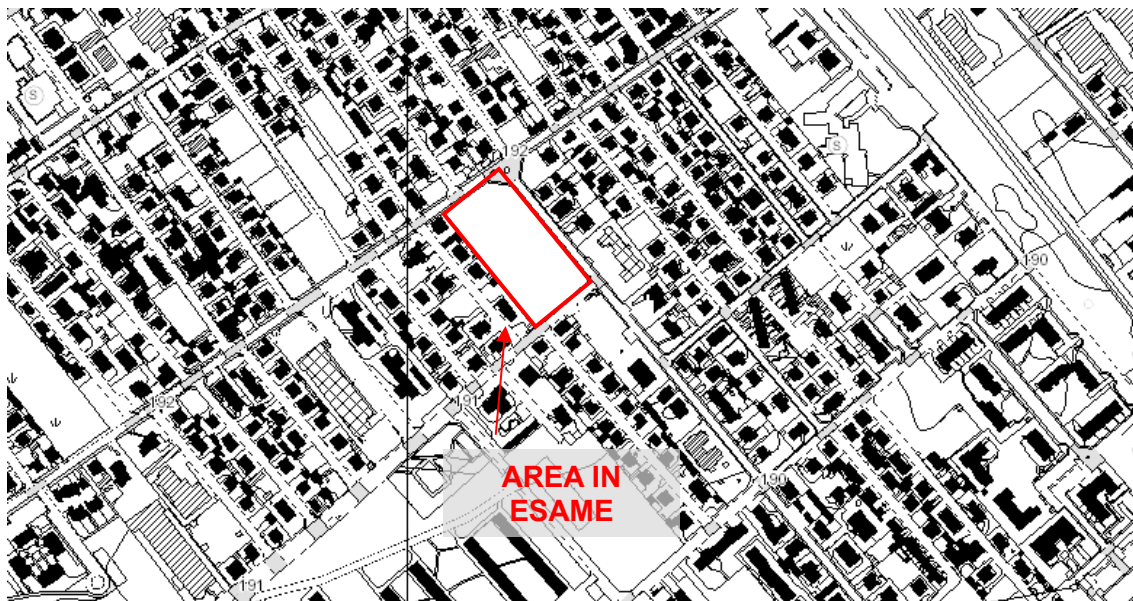


Figura 1: Inquadramento da C.T.R. Sez. A5e5



Figura 2: Foto Satellitare – Google Earth



2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Canegrate è ubicato nella porzione settentrionale della Provincia di Milano, nella fascia di territorio meridionale dell'alta pianura lombarda caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante con quote topografiche che degradano da nord verso sud, influenzata dai processi quaternari di deposizione fluvioglaciale e fluviale. L'area in esame si trova nella parte meridionale dell'abitato di Canegrate ad una quota topografica di circa 192m slm.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale appartiene al cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura", costituito da depositi pleistocenici ad opera degli scaricatori fluvioglaciali provenienti dai fronti di espansione dei ghiacciai. Questi sono classificati nella letteratura tradizionale come "Diluvium Recente". Questi depositi denominati wurmiani (Fluvio-glaciale Wurm Auct.) sono caratterizzati genericamente da ghiaie e sabbie in matrice limosa con locali lenti argillose. Dall'analisi della Carta Geologica allegata al PGT Comunale si può notare come il sito in esame ricade su un'area caratterizzata da ghiaie ben gradate con sabbia o poco gradate, non calcaree.

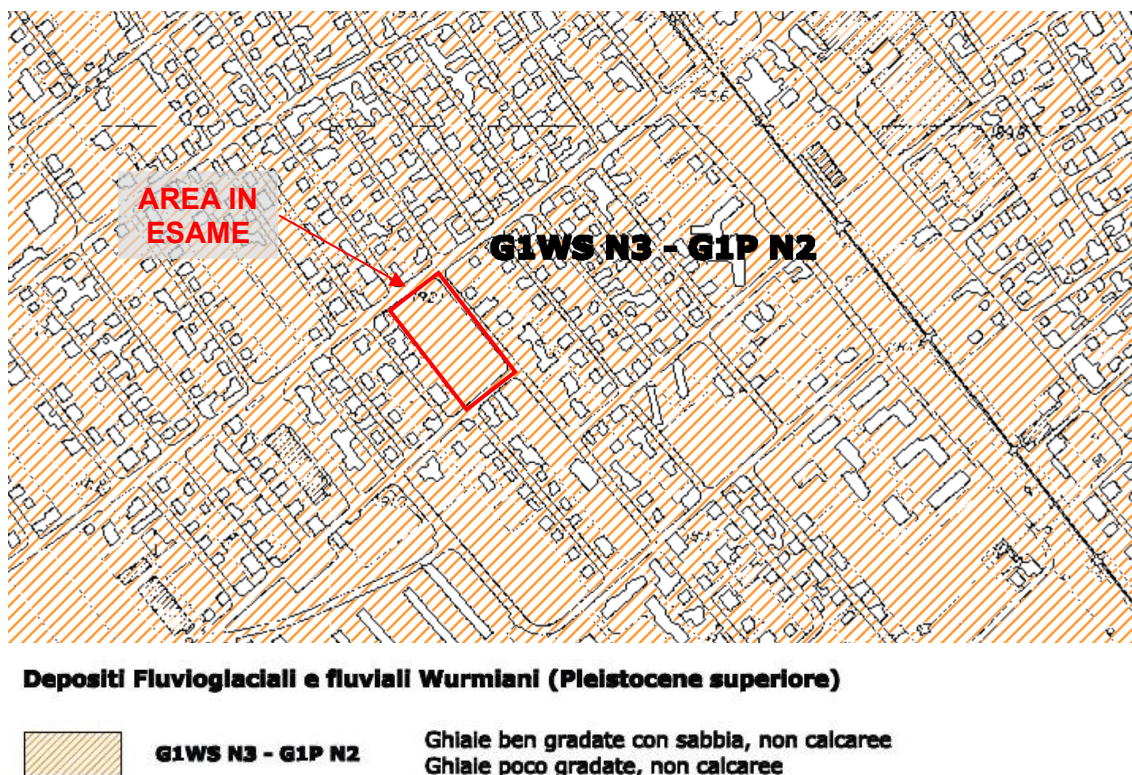
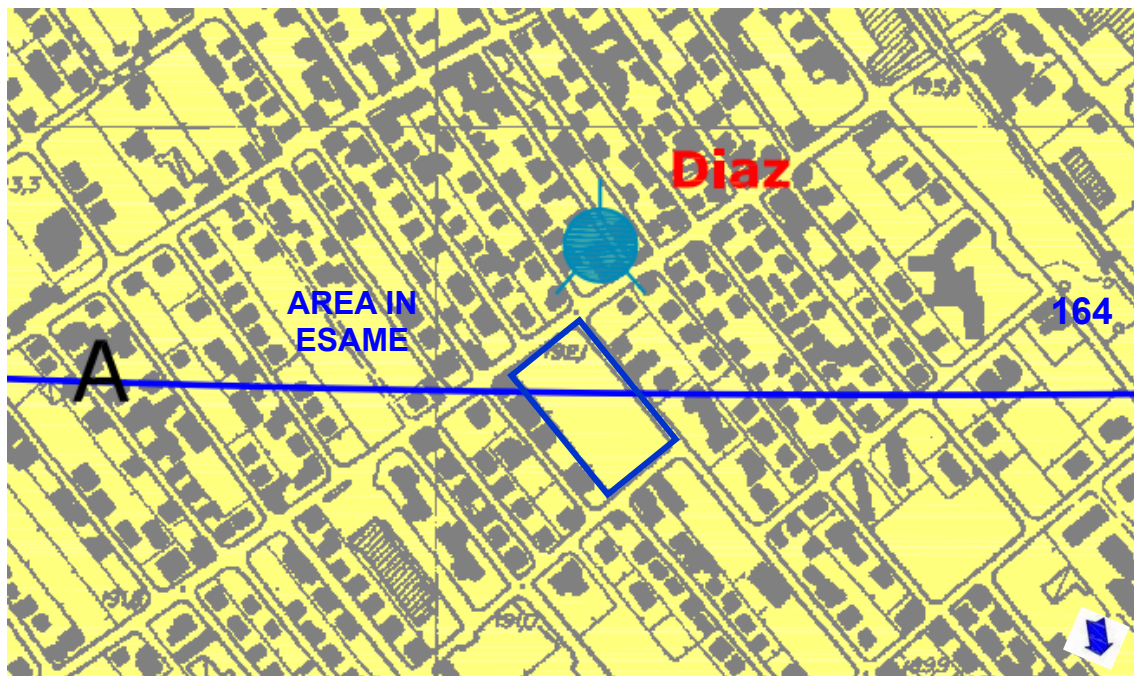


Figura 4: Stralcio Tavola 1 - P.G.T. Comunale



2.4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'assetto idrografico e idrogeologico generale dell'area di studio è stato tratto dalla Tavola 3 del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio:



Pozzi pubblici e relative fasce di rispetto

-  Pozzo pubblico attivo
-  Fascia di rispetto delle captazioni idropotabili, individuata mediante criterio geometrico - raggio 200 m
-  Pozzo pubblico dismesso

Caratteristiche dell'acquifero freatico

-  Isoplezometriche in m. s.l.m., passo: 2 metri
Dati riferiti al mese di settembre 2010 - Fonte: SIF Provincia di Milano
-  Direzione di flusso dell'acquifero freatico

Vulnerabilità dell'acquifero freatico

-  **Vulnerabilità alta**
Soggiacenza di falda compresa tra i 20 e i 25 m. da p.c.
Suoli da profondi a moderatamente profondi su substrato ghiaioso - sabbioso.
Permeabilità elevata, infiltrazione ridotta per la presenza di aree urbanizzate

Figura 5: Stralcio Tavola 3 - P.G.T. Comunale

Dalla cartografia appena mostrata si evince come l'area non sia interessata da corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale né a quello minore.



2.5 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'assetto idrogeologico del comune di Canegrate è caratterizzato dalla successione di tre unità idrogeologiche. Le unità si succedono come di seguito riportato, dalla più superficiale alla più profonda:

- **Litozona ghiaioso-sabbiosa:** costituisce l'acquifero tradizionale comunemente sfruttato dai pozzi; risulta sede della falda libera sino a profondità massime di circa 100 m; presenta una buona continuità in senso orizzontale e verticale entro la totalità del territorio comunale. Litologicamente è contraddistinta da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbioso-ciottolosi con locali intercalazioni lenticolari di argille limose (con spessore metrico) o conglomerato (con spessore più consistente). Entro tale unità la falda oscilla liberamente con valori medi di soggiacenza variabili a seconda delle condizioni topografiche e geomorfologiche (mediamente attorno a 20 ÷ 25m rispetto al piano campagna).
- **Litozona sabbioso-argillosa:** è caratterizzata da alternanze di strati a litologia ghiaioso - sabbiosa e strati argilloso - limosi con torba; è presente a partire dal letto della precedente unità sino a profondità variabili mediamente da 120m a oltre 150m rispetto al piano campagna, con spessori mediamente compresi tra 50m e 90m. Lo sfruttamento dei livelli produttivi contenuti in questa litozona è iniziato da tempo per il degrado qualitativo dell'acquifero soprastante (litozona ghiaioso - sabbiosa), con cui è in comunicazione, laddove gli orizzonti semipermeabili hanno spessore e continuità ridotta. La falda contenuta entro questi livelli presenta generalmente buona produttività e risulta localmente protetta dai fenomeni di contaminazione per la presenza di strati continui da poco permeabili a impermeabili che la separano dall'Unità descritta precedentemente. Tale situazione garantisce una migliore qualità delle acque.
- **Litozona argillosa:** è caratterizzata dalla prevalenza di argille e limi più o meno sabbiosi, presenti a partire dalla base della precedente unità. Costituisce il limite inferiore impermeabile delle successioni sfruttate ai fini idropotabili. Nessuna perforazione ne ha mai individuato il limite inferiore.

Le valutazioni di dettaglio condotte in sede di P.G.T. sulle sezioni stratigrafiche e idrogeologiche (Vd. Tav. 3 e relazione P.G.T.) confermano nella sostanza l'inquadramento stratigrafico precedentemente descritto. Le linee isofreatiche dedotte



dal monitoraggio dei pozzi distribuiti sul territorio comunale (Vd. Tav. 3 e relazione PGT), evidenziano una direzione prevalente verso S con un gradiente idraulico medio variabile tra 4 e 6‰.

Inoltre, l'area di studio si trova in corrispondenza della linea isofreatica 164m s.l.m. e, considerando una quota media del piano campagna di 192,0m s.l.m. (stimata dal Geoportale di Regione Lombardia), ne deriva una soggiacenza alla data di elaborazione della cartografia pari a circa -28m da p.c.

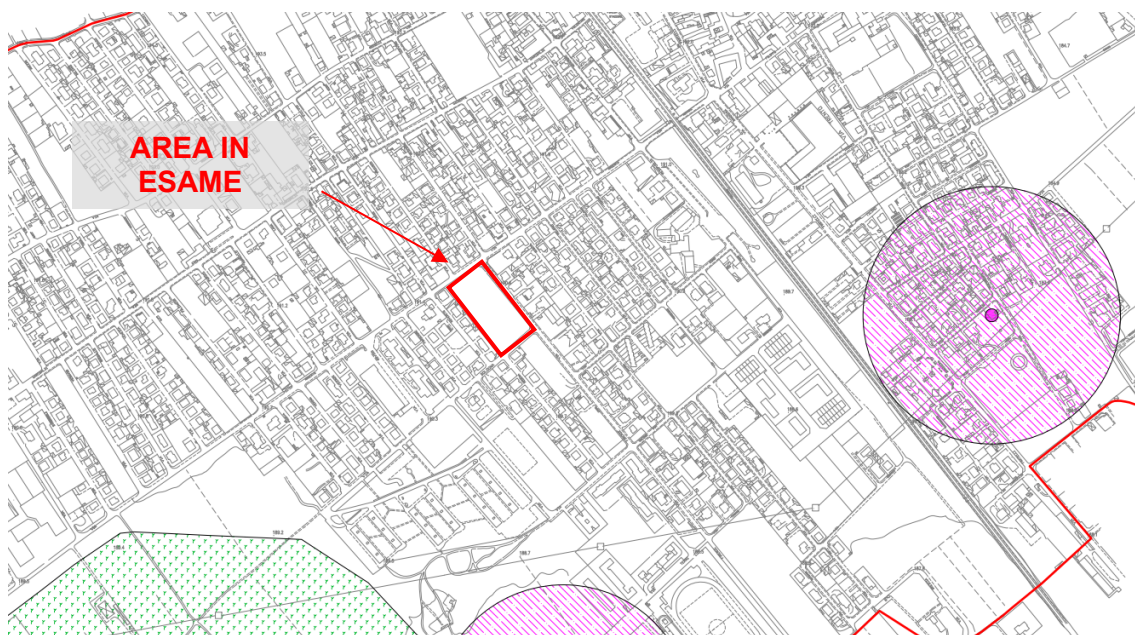
Per quanto concerne la vulnerabilità dell'acquifero, l'area in esame ricade in un settore definito a "vulnerabilità alta" caratterizzato da suoli da profondi a moderatamente profondi su substrato ghiaioso-sabbioso, come indicato nella Tav. 3 del P.G.T. riportata in Fig. 5.



2.6 CARTA DEI VINCOLI

I vincoli di difesa del suolo individuati nell'ambito del P.G.T. per l'area in esame, sono riportati nella Tavola 7 di cui viene riportato uno stralcio nella successiva Figura 6.

Dalla Carta si evince che l'area in esame è esente da ogni tipo di vincolo.



LEGENDA



Limiti amministrativi

Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili



Area di tutela assoluta dei pozzi pubblici - 10 metri
(Ai sensi del D.P.R. 236/88 modificato dal D.Lgs. 152/1999, 258/2000,
D.G.R. 10 aprile 2003 e dell' art. 94 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152)



Area di rispetto dei pozzi pubblici comunali
Individuata con criterio geometrico - raggio pari a m. 200
(Ai sensi della D.G.R. 6/15137 del 27 giugno 1996, D.G.R. 10 aprile 2003
e D. Lgs. 152 del 3 aprile 2006)

Parchi locali di interesse sovracomunale - PLIS



Parco del Roccolo



Parco del Mullini

Figura 6: Stralcio Tavola 7 Carta dei Vincoli – P.G.T. Comunale



2.7 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'INTERVENTO

La Fattibilità Geologica dell'intervento è riportata nella Tavola 9: "Fattibilità Geologica per le azioni di piano" del P.G.T. comunale, di cui stralcio viene mostrato nella successiva Figura 7:

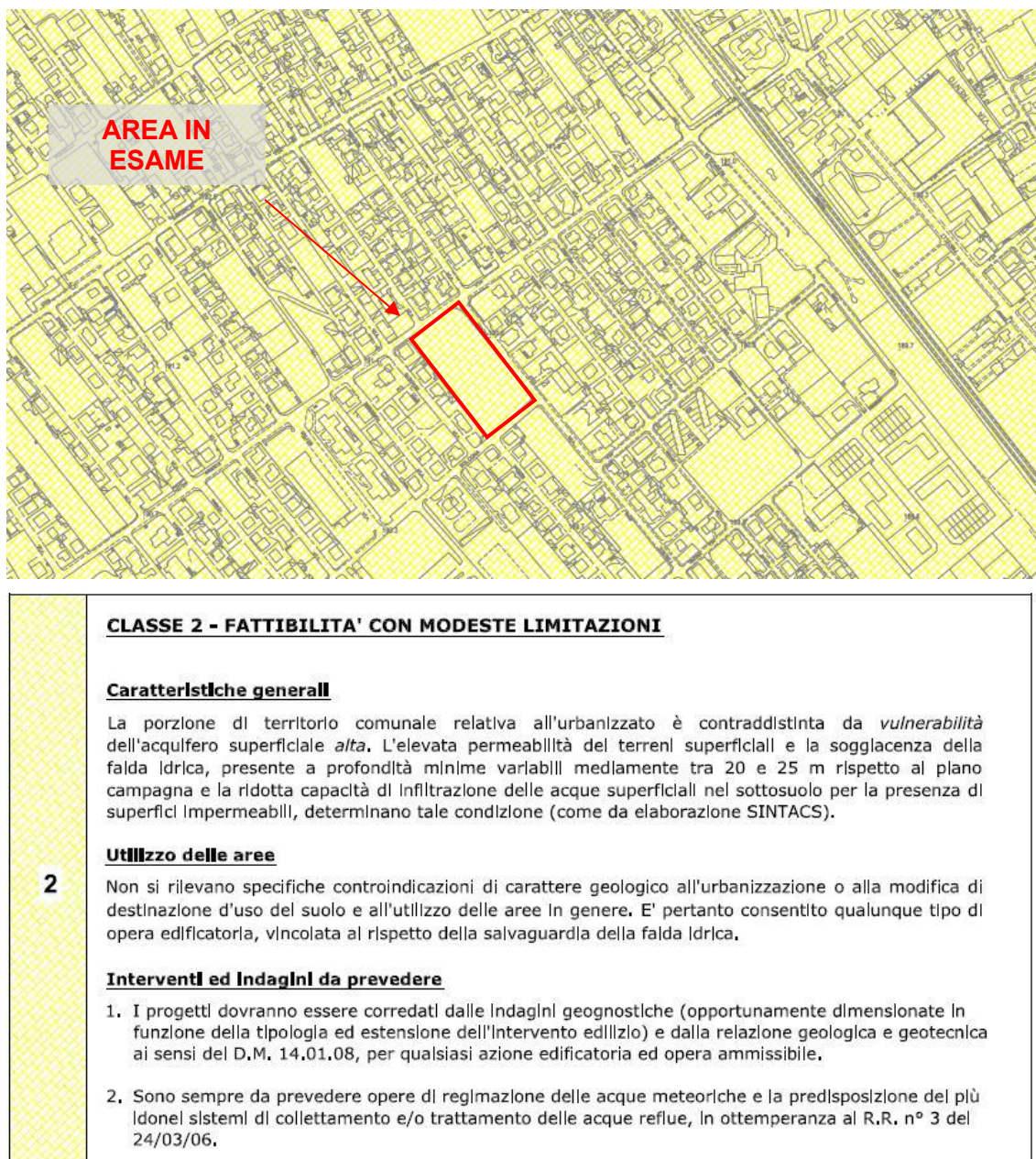


Figura 7: Stralcio Tavola 9 - Fattibilità Geologica – P.G.T. Comunale

L'esame di tale elaborato mostra come l'area di Via Magenta - Canegrate, ricada nella **Classe di Fattibilità 2**.



2.7.1 *PRESCRIZIONI GEOLOGICHE PER L'INTERVENTO*

Con l'entrata in vigore della D.G.R. n.2129/2014 in materia di nuova classificazione sismica in Regione Lombardia e delle Linee di Indirizzo approvate con D.G.R. 30/03/2016 n. X/5001 in attuazione della L.R. n. 33/2015, viene richiesta al fine del rilascio del titolo abilitativo per le zone sismiche 3 e 4 il deposito dell'istanza di Autorizzazione Sismica e la redazione di relazione geologica ai sensi della D.G.R. n.2616/2011.

Nello specifico è richiesta la descrizione di tutte le problematiche geologiche ed ambientali individuate nello Studio Geologico Comunale sulla quale l'area ricade, nonché la trascrittura delle prescrizioni riportate nelle Norme Geologiche e la proposta di soluzioni tecniche e/o accorgimenti costruttivi atti a superare tali problematiche.

Di seguito vengono quindi evidenziate le prescrizioni di carattere geologico riportate nello Studio Geologico del comune di Canegrate che interessano il tipo di intervento previsto nell'area in esame e gli approfondimenti riportati nella presente relazione e gli accorgimenti progettuali volti a corrispondere alle criticità evidenziate.

CLASSE DI FATTIBILITA' II (Fattibilità con modeste limitazioni)

Caratteristiche generali

La porzione di territorio comunale relativa all'urbanizzato è contraddistinta da vulnerabilità dell'acquifero superficiale alta. L'elevata permeabilità dei terreni superficiali e la soggiacenza della falda idrica, presente a profondità variabili mediamente tra 20 e 25m rispetto al piano campagna e la ridotta capacità di infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo per la presenza di superfici impermeabili, determinano tale condizione.

Utilizzo delle aree

Non si rilevano specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso del suolo e all'utilizzo delle aree in genere. E' pertanto consentita qualunque tipo di opera edificatoria, vincolata al rispetto della salvaguardia della falda idrica.

Interventi ed indagini da prevedere

- 1- I progetti dovranno essere corredati dalle indagini geognostiche (opportunamente dimensionate in funzione dalla tipologia ed estensione*



dell'intervento edilizio) e dalla relazione geotecnica ai sensi del D.M. 14.01.08, per qualsiasi azione edificatoria ed opera ammissibile.

- 2- *Sono sempre da prevedere opere di regimazione delle acque meteoriche e la predisposizione dei più idonei sistemi di collettamento e/o trattamento delle acque reflue, in ottemperanza al R.R. n°3 del 24/03/06.*

3. MODELLO GEOLOGICO

La caratterizzazione dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, è stata definita sulla base di 6 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH eseguite in data 11 Maggio 2023 la cui ubicazione viene mostrata nella seguente Fig. 8.

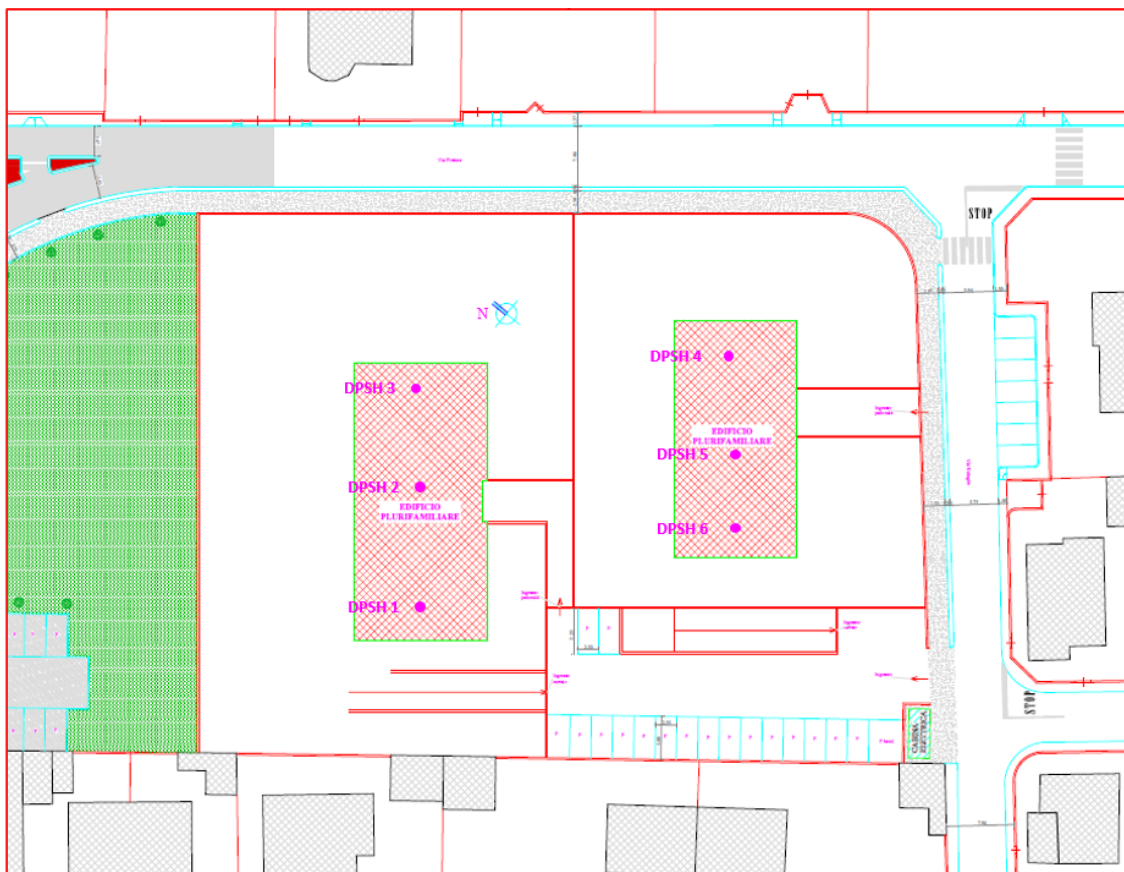


Figura 5: Ubicazione Prove DPSH

L'indagine ha permesso di definire un modello litostratigrafico del sottosuolo dell'area di indagine. La prova ha raggiunto una profondità d'investigazione media di 6,3 m da p.c., con un massimo di 8,0 m da p.c. nella prova DPSH3. I risultati ottenuti, congiuntamente ai dati di carattere generale disponibili in bibliografia, hanno permesso di stimare la successione stratigrafica di seguito descritta:

- **Livello A**, tale livello presenta una scarsa resistenza penetrometrica dinamica con una media di 5 colpi/piede e NSPT medio pari a 7, indicativo della presenza di terreni scarsamente addensati mediamente caratteristiche geotecniche da scarse a discrete. Questo livello si attesta mediamente da p.c. fino a circa -2,80m da p.c..



- **Livello B**, tale livello presenta una crescente resistenza penetrometrica dinamica seppur scarsa con una media di 11 colpi/piede e NSPT medio pari a 15, indicativo della presenza di terreni allo stato mediamente addensato aventi discrete caratteristiche geotecniche. Questo livello si attesta mediamente da -2,80m fino a circa -3,60m da p.c..
- **Livello C**, posto inferiormente al Livello B presenta una buona resistenza penetrometrica dinamica con una media di 38 colpi/piede e NSPT medio uguale a 50, indicativi della presenza di terreni allo stato ben addensato aventi buone caratteristiche geotecniche. Questo livello si attesta mediamente da -3,60m a fine prova.

Si precisa che la definizione dei principali parametri geotecnici dei livelli sopra individuati, sono descritti nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per i dettagli.



4. ANALISI DELL'AZIONE SISMICA

4.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La Regione Lombardia, con la D.G.R. n. 10/2129 del 21 luglio 2014, ha approvato la nuova classificazione sismica comunale. L'entrata in vigore di questa normativa è stata differita (con D.G.R. n.X/4144 del 8 Ottobre 2015) al 10 aprile 2016.

A seguito di tale delibera il Comune di Canegrate non ha subito declassamenti rientrando tra i comuni lombardi classificati in **zona sismica 4**, ovvero la zona meno pericolosa in cui i terremoti sono rari.

Ai sensi del D.M. 17/01/18 cap. 3.2, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa " a_g " in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (Categoria sottosuolo A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza "PVR" (come definite di seguito) nel periodo di riferimento "VR" (come definite di seguito).

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento "PVR" nel periodo di riferimento "VR", a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- " a_g ": accelerazione orizzontale massima al sito (m/s^2);
- " F_o " valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (-);
- " T_c^* " = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (sec).

Tali valori vengono forniti in funzione delle coordinate del sito, in allegato al D.M. 17/01/18 e da appositi software di calcolo per diversi tempi di riferimento (TR).



4.2 DEFINIZIONE VITA NOMINALE DELL'OPERA

Con riferimento al paragrafo 2.4.1 delle vigenti N.T.C., la vita nominale di progetto “ V_n ” di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di “ V_n ” da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella seguente Tabella 1.

Tipi di costruzioni		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	≤ 10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	≥ 50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	≥ 100

Tabella 1: Valori minimi di Vita Nominale V_n di progetto per diversi tipi di costruzione
(Tab. 2.4.1 delle N.T.C. 2018)

È possibile assumere come **Vita Nominale della struttura in progetto il valore di 50 anni.**

4.3 DEFINIZIONE CLASSE D'USO DELL'OPERA

Con riferimento al paragrafo 2.4.2 delle vigenti N.T.C., al verificarsi di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie



con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

4.4 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento " V_R " che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto " V_N " per il coefficiente d'uso " C_U ":

$$V_R = V_N * C_U$$

dove il valore del coefficiente d'uso " C_U " è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella successiva Tabella 2:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 2: Stralcio Tab. 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_U - N.T.C. 2018

Nel presente caso, le strutture in progetto rientrano nella Classe 2, pertanto il coefficiente **$C_U = 1,0$** e dunque **$V_R = 50$ anni**.



4.5 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.



Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento “PVR”, cui riferirsi per individuare l’azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tabella 3:

Stato Limite	PV _R : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	S.L.O.	81%
	S.L.D.	63%
Stati limite ultimi	S.L.V.	10%
	S.L.C.	5%

Tabella 3: Stralcio Tabella 3.2.I - Probabilità di superamento PV_R in funzione dello stato limite considerato (N.T.C. 2018)

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di “PVR” forniti in Tabella 3 devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

La scelta dello stato limite di riferimento per il caso in esame è lo SLV (con PV_R 10%).

4.6 *DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO*

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, l’effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. 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, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l’approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.



Categorie	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio (VS,eq) superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (VS,eq) compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 (VS,eq) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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 (VS,eq) compresi tra 100 e 180 m/s.
E	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.

Tabella 4: Stralcio Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (N.T.C. 2018)

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS, eq (in m/s), definita dall'espressione:



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

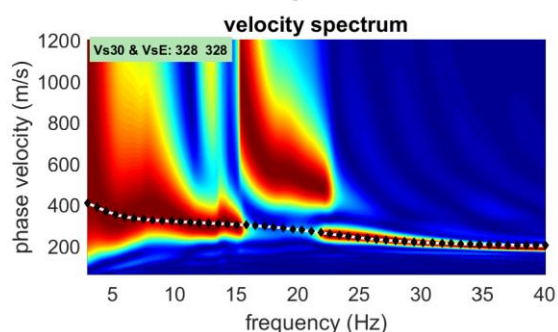
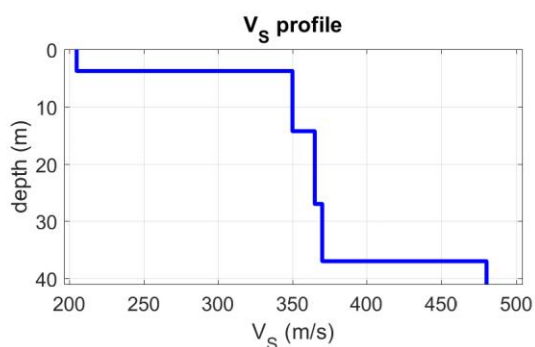
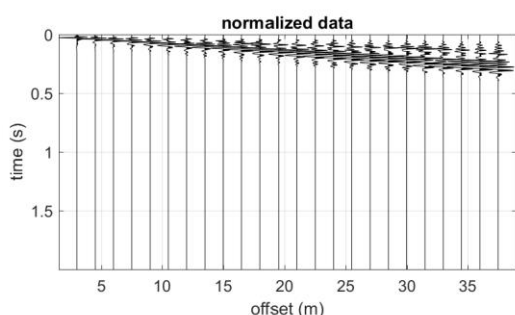
dove:

- 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 inferiori a 800m/s.

In particolare, per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. In presenza di depositi con profondità "H" del substrato superiore a 30m, la velocità equivalente delle onde di taglio " $V_{s,eq}$ " è definita dal parametro " V_{s30} ", ottenuto ponendo $H=30m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. 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 dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

Nel contesto geologico oggetto di analisi è stata effettuata una prova MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) per la valutazione della stratigrafia di velocità delle onde trasversali V_s , da cui ricavare il parametro V_{s30} . Tale parametro V_{s30} , che rappresenta la velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno, è necessario per la classificazione dei terreni indagati in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.



L'analisi sismica con metodologia MASW ha permesso la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ($V_{s,30}$ [m/sec] = 328) ed ha classificato il suolo sul territorio comunale come:

Suolo di tipo C: 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.

Tale indagine conferma quanto riportato nello studio geologico comunale nel quale sono state svolte due indagini MASW, una delle quali (MASW1) in prossimità dell'area in esame (Via Firenze).



4.7 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La valutazione delle condizioni topografiche per configurazioni superficiali semplici, come per l'area in esame, si può adottare la classificazione riportata nella Tab. 3.2.III delle N.T.C. 2018:

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

Tabella 4: Stralcio Tab. 3.2III - Categorie topografiche N.T.C. 2018

Le soprariportate 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.

Dalla Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 e vista l'assenza di pendii e creste allungate, è possibile assegnare per l'area di studio la **Categoria Topografica: T1.**



4.8 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico “ S_T ” riportati in Tabella 5, scelti in funzione delle categorie topografiche definite nella precedente Tabella 4 e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento di riqualificazione.

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°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30	1,4

Tabella 5: Stralcio Tabella 3.2.V - Valori massi del coefficiente di amplificazione topografica “ S_T ” - N.T.C. 2018

Per il caso in esame la categoria di riferimento è la T1, da cui “ S_T ” = 1,0.



4.9 CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI PER L'AREA

Utilizzando i parametri definiti nei precedenti paragrafi e vista la tipologia d'intervento che la committenza intende realizzare, è possibile calcolare tutti i coefficienti sismici sito-specifici per l'area di studio.

Tale operazione è stata effettuata mediante l'applicazione **Geostru PS PRO** della società GeoStru, la quale permette, mediante collocazione di un punto su mappa, di ricavare tutti i parametri sismici, come riportato nella successiva Figura 6:

Calcolo coefficienti sismici.

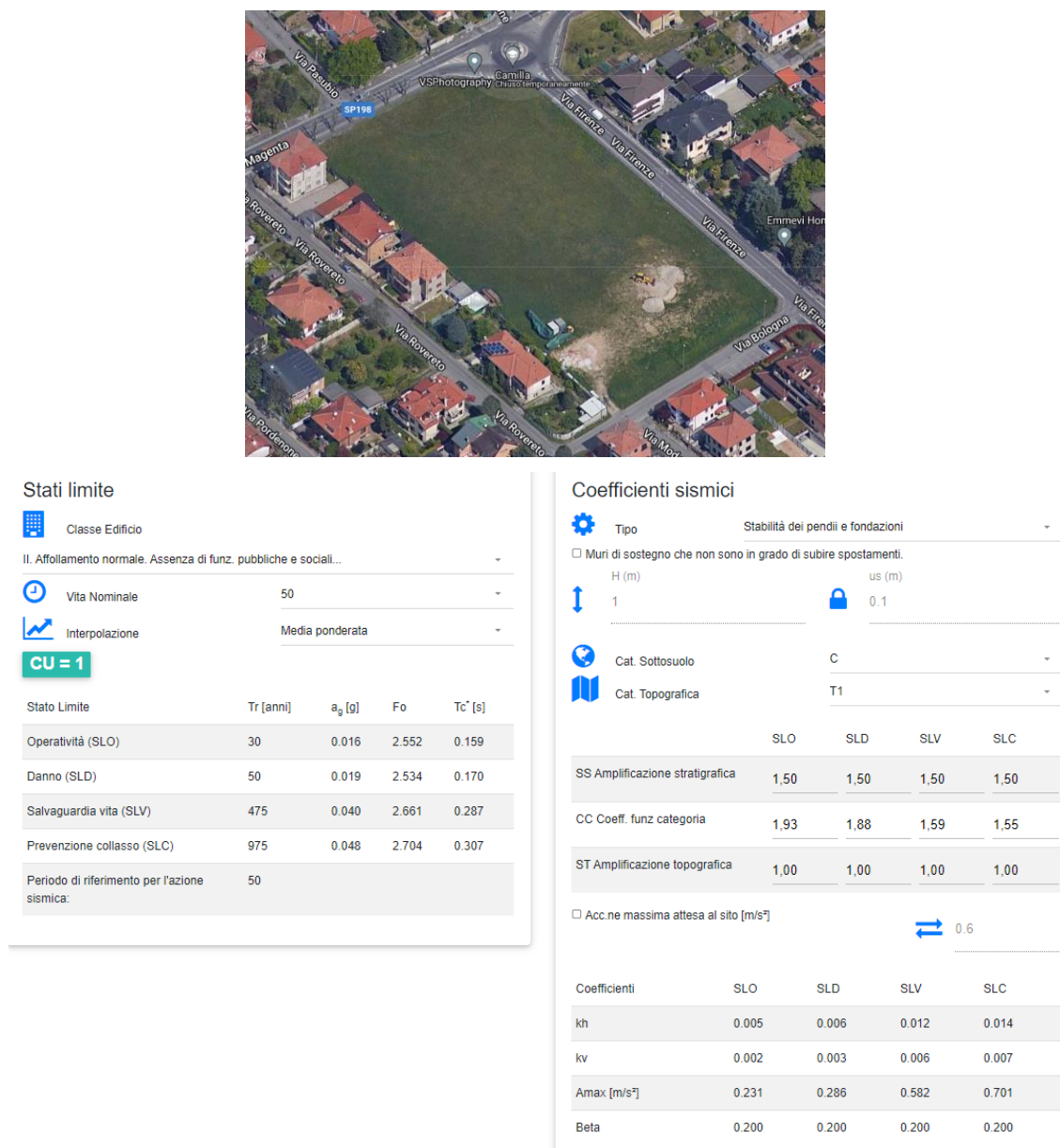




Figura 6: Calcolo coefficienti sismici

5. LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

Ai sensi della Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'attuale D.M. 17/01/2018, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione consistono in un aumento repentino delle sovrappressioni interstiziali all'interno di un volume di terreno sciolto e saturo. Questo aumento di pressione, generato dall'acqua circolante nei pori, ha come conseguenza una riduzione drastica della resistenza al taglio, portando il deposito ad assumere un comportamento meccanico simile a quello di un fluido.

Questo fenomeno può generarsi all'occorrenza di particolari condizioni ambientali, come ad esempio in presenza di terreni caratterizzati da una granulometria medio-fine (sabbiosi) e/o in presenza, entro primi 15m da p.c., della falda acquifera.

Nello specifico al paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 17.01.2018 è indicato che tale analisi può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- Accelerazione massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiore a $0,1g$ ($a < m/sec^2$);
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie e ghiaie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1(60)} > 30$;
- Elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie e ciottoli.

In particolare, nel caso in esame, come dimostrato nei successivi paragrafi, risultano verificate la prima e la seconda delle condizioni sopra esposte, pertanto non risulta necessario procedere alla verifica del coefficiente di sicurezza alla liquefazione come stabilito nel par. 7.11.3.4.3 delle N.T.C. 2018.



5.1 VALUTAZIONE ACCELERAZIONE MASSIMA

Il primo punto del paragrafo 7.11.3.4.2 richiede la verifica dell'accelerazione massima attesa al piano campagna $a(g)$. A tale scopo si è utilizzato l'app Geostru PS PRO della società GeoStru, la quale permette, mediante collocazione di un punto su mappa, di ricavare tutti i parametri sismici del sito d'indagine (vd. Figura 6)

Per il calcolo dell'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie (a_{gmax}) risulta necessario applicare formula "7.11.5" proposta nelle N.T.C. vigenti che è uguale a:

$$a_{gmax} = S_s \times S_t \times a_g$$

dove:

- a_{gmax} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- S_s = amplificazione stratigrafica;
- S_t = amplificazione topografica;
- A_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Applicando la formula appena proposta ed i parametri sismici descritti nel precedente paragrafo, si ottiene per l'area in esame, considerando una categoria di sottosuolo "C", un'accelerazione orizzontale massima a piano campagna pari a 0,0582g ($a_{gh\ max}$) per lo stato limite di salvaguardia della vita (S.L.V.) e un tempo di ritorno di 475anni.

Il valore appena indicato risulta inferiore a 0,1g previsto dalla normativa vigente e pertanto tale punto del paragrafo 7.11.3.4.2 D.M. 17/01/2018 – N.T.C. risulta verificato.

5.2 PROFONDITÀ FALDA ACQUIFERA

Come descritto nel paragrafo 2.5 della presente relazione tecnica, la soggiacenza della falda freatica è stata registrata nell'ambito del P.G.T. a circa -28m dal piano campagna. In fase di indagine non è stata riscontrata la presenza della falda.

Pertanto, il punto 2 del paragrafo 7.11.3.4.2 delle N.T.C. 2018 risulta verificato.



6. VERIFICA FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

L'abitato di Canegrate si trova in Zona Sismica 4 e, come viene mostrato in Fig. 10, l'area in esame ricade nello scenario di pericolosità locale Z4a. Non essendo il progetto in esame un'edificio strategico e rilevante si può omettere l'analisi di 2° livello, come viene mostrato dalla seguente tabella:

	LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE		
	1° livello Fase Pianificatoria	2° livello Fase Pianificatoria	3° livello Fase Progettuale
Zona Sismica 2 - 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	-Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale; -Nelle zone PSL Z1 e Z2
Zona Sismica 4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	-Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale; -Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti

Tabella 6: Stralcio tabella Livelli di Approfondimento sismico – D.G.R. n.2616/2011

6.1 1° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO

Secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 2616/2011 par. 1.4.3, il 1° livello di approfondimento, obbligatorio per tutti i comuni lombardi, prevede nell'ambito del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.), la redazione della Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL), che è la base di partenza per tutti i successivi livelli di approfondimento sismico.

Il 1° livello d'analisi consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

La Tavola 6 “Pericolosità Sismica Locale” dello Studio Geologico comunale vigente, di cui stralcio viene mostrato nella successiva Fig. 10, fornisce le seguenti informazioni:

Scenari di pericolosità sismica locale “Z4a”: Zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari.

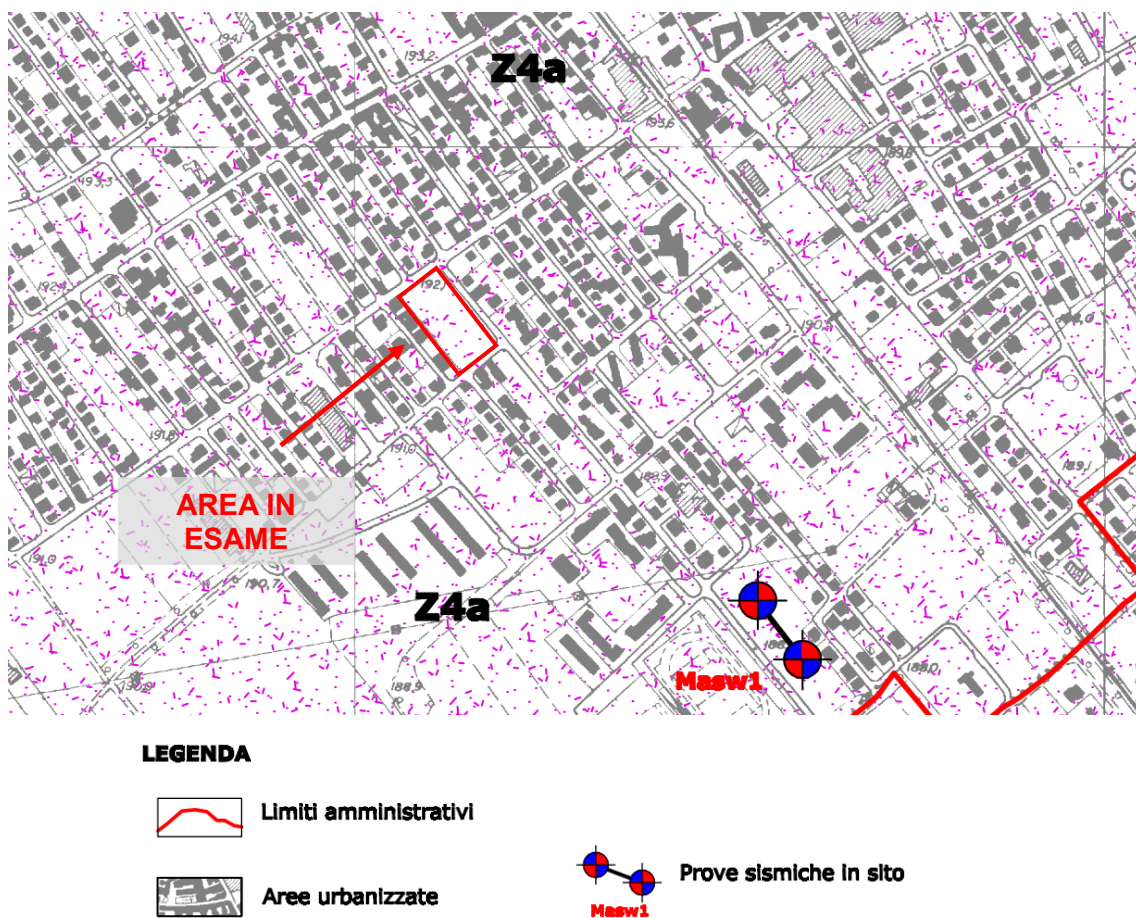


Figura 7: Stralcio Tavola 6 – Pericolosità Sismica Locale (P.S.L.) – P.G.T.



7. CONCLUSIONI

Sulla base dell'analisi del sito, è stato possibile constatare che l'area in oggetto ricade all'interno di una zona in cui non sono state riscontrate particolari limitazioni dal punto di vista geologico all'edificazione di nuove strutture.

Dal punto di vista sismico, sulla base delle indagini condotte in precedenza dallo studio geologico comunale nei pressi dell'area in esame, è stato possibile attribuire al sottosuolo la categoria “C”.

È stata inoltre esclusa la possibilità di liquefazione dei terreni di fondazione, come mostrato al Capitolo 5.

In fase di demolizione e scavo bisognerà prestare attenzione alle strutture adiacenti garantendone la stabilità ed evitando l'infiltrazione d'acqua al piede delle strutture e alla base degli scavi.

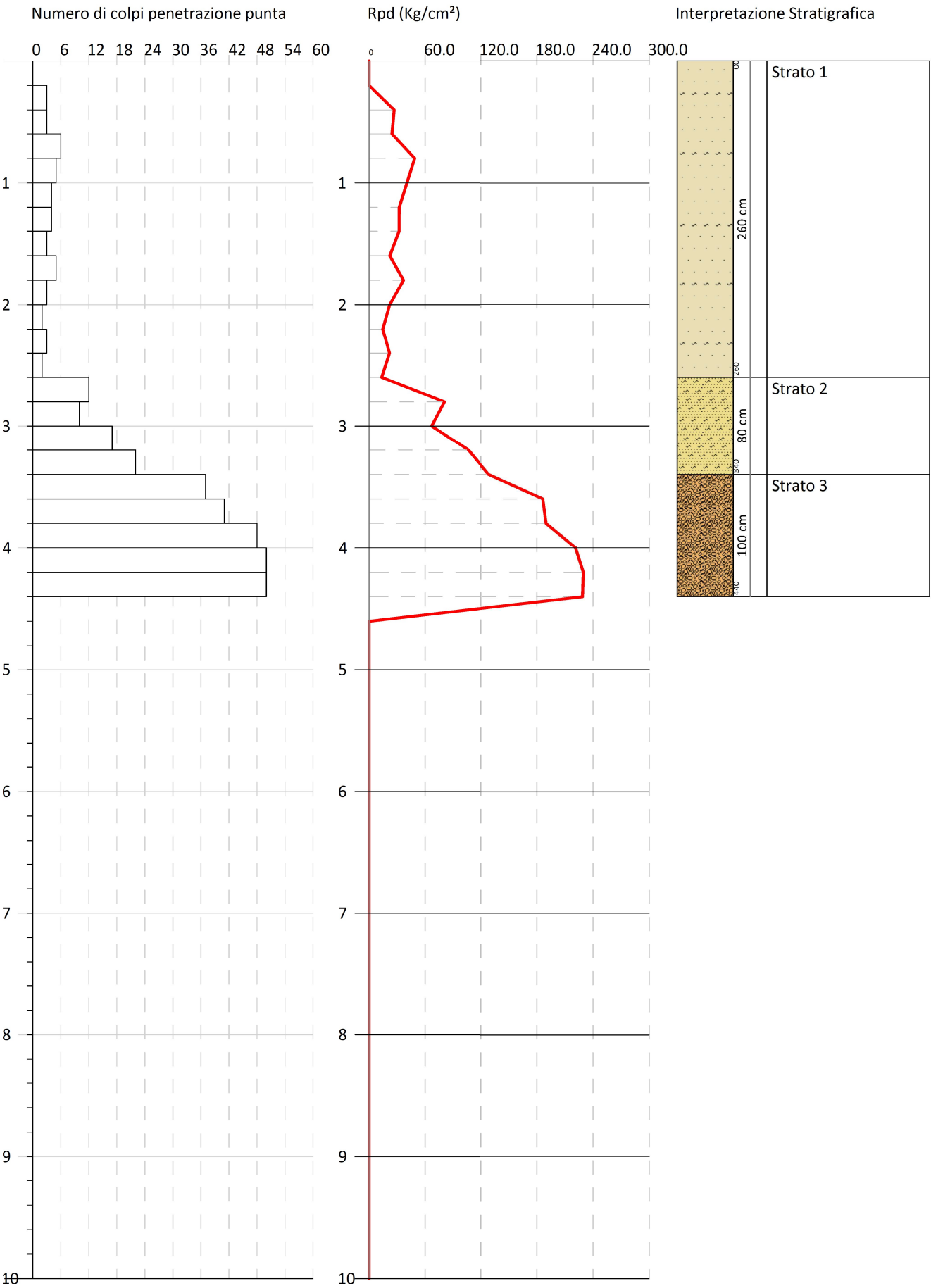
Qualora si preveda la movimentazione delle terre al di fuori del sito bisognerà gestirle come previsto dal DPR 120/2017.

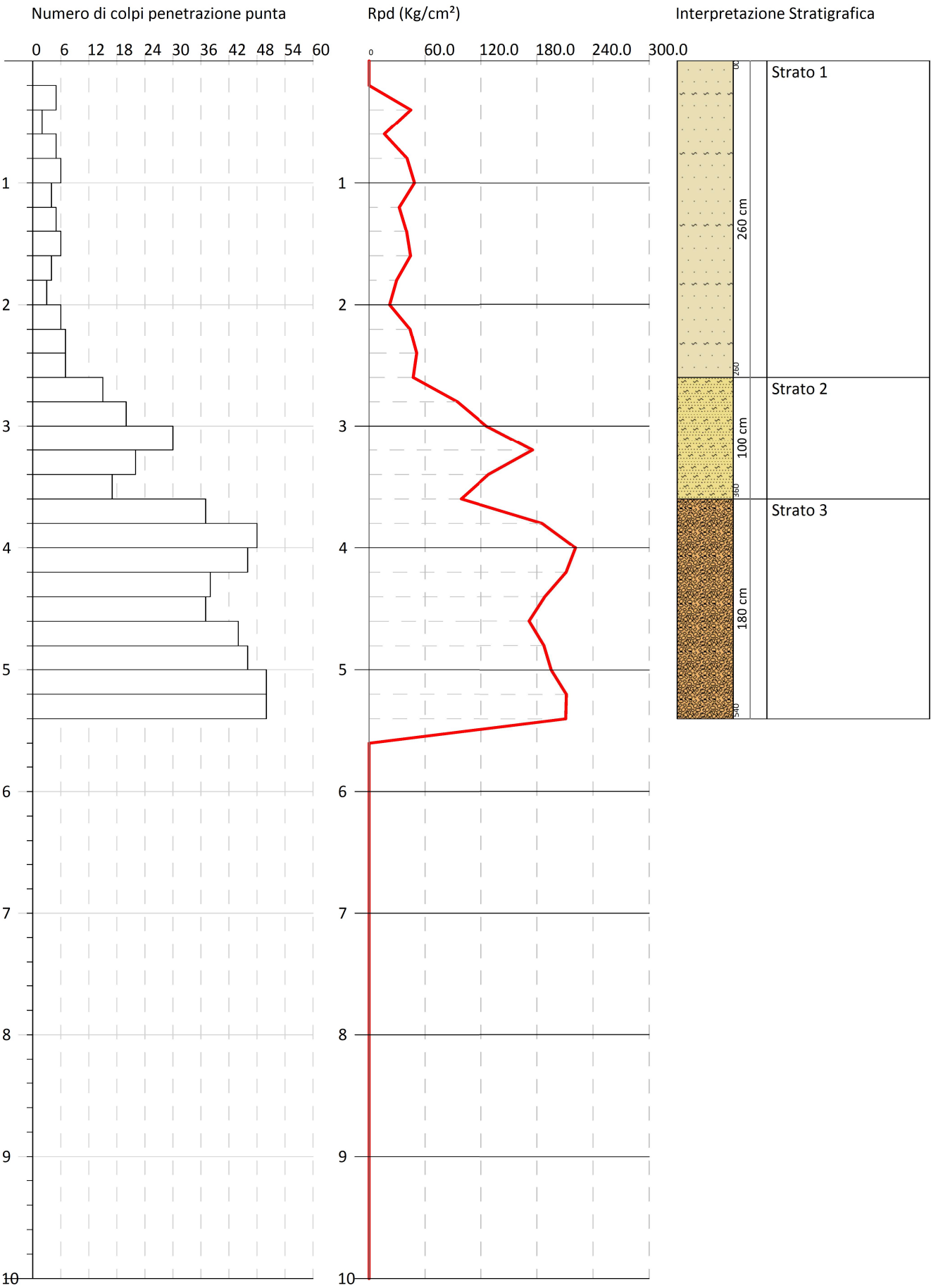
La definizione dei parametri meccanici del modello geologico/stratigrafico del sito con la definizione delle interazioni terreno struttura, sono trattati nell'apposita Relazione Geotecnica redatta preventivamente alla progettazione esecutiva secondo quanto disposto dalle vigenti NTC 2018.

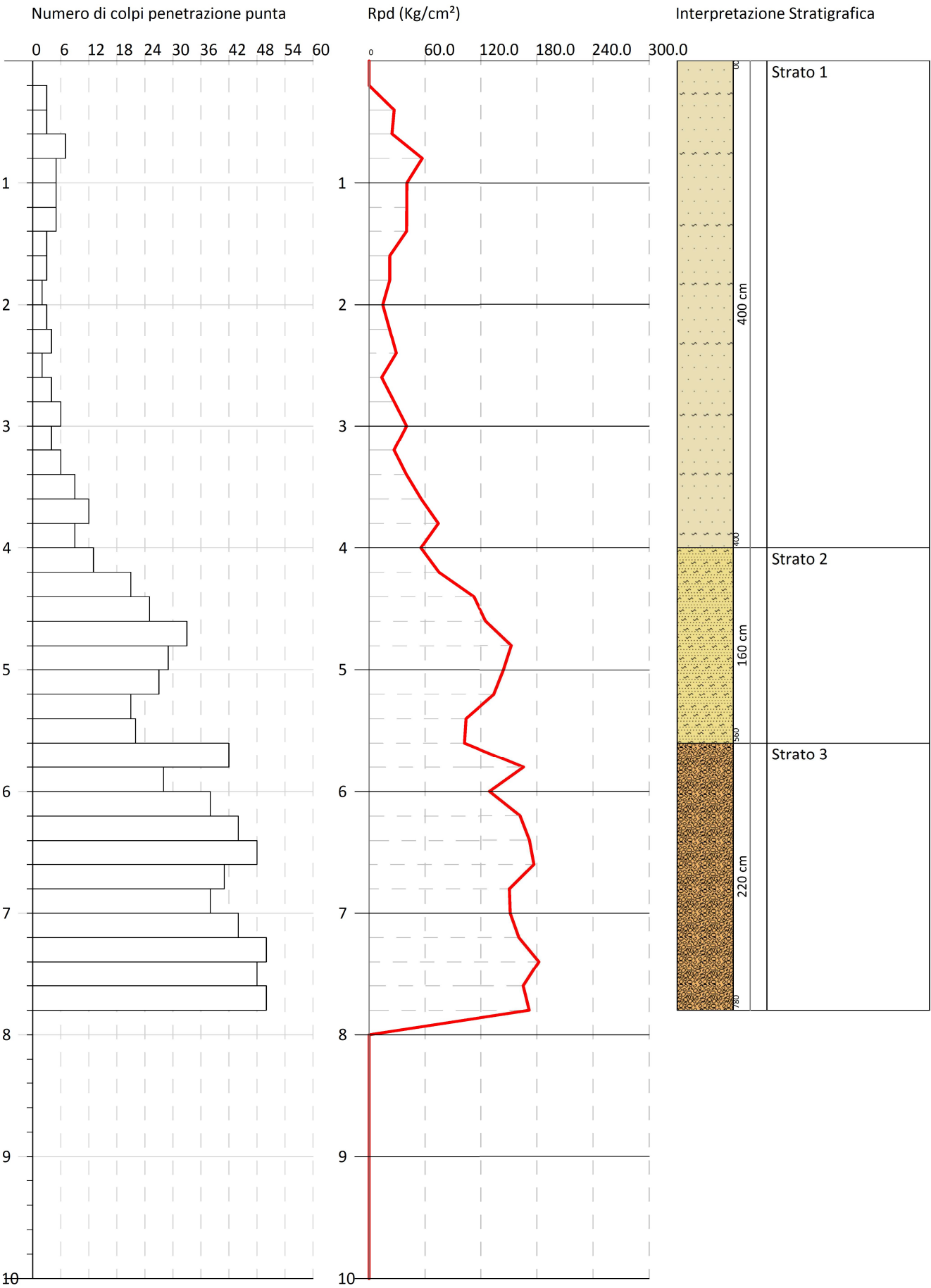
Milano, 30/06/2023

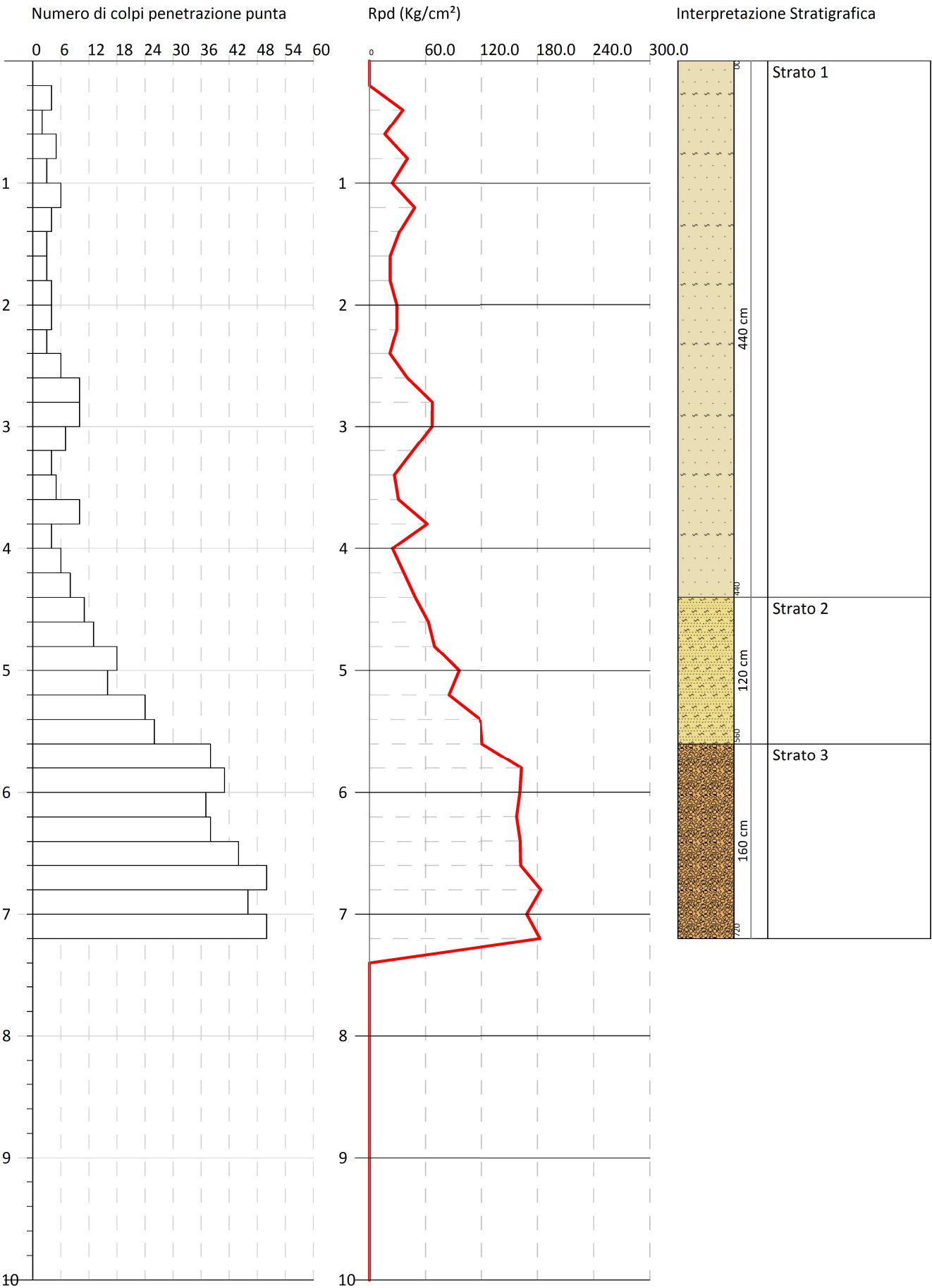


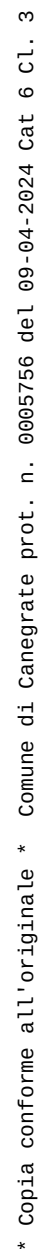
ALLEGATO A
Tabulati Prove Penetrometriche

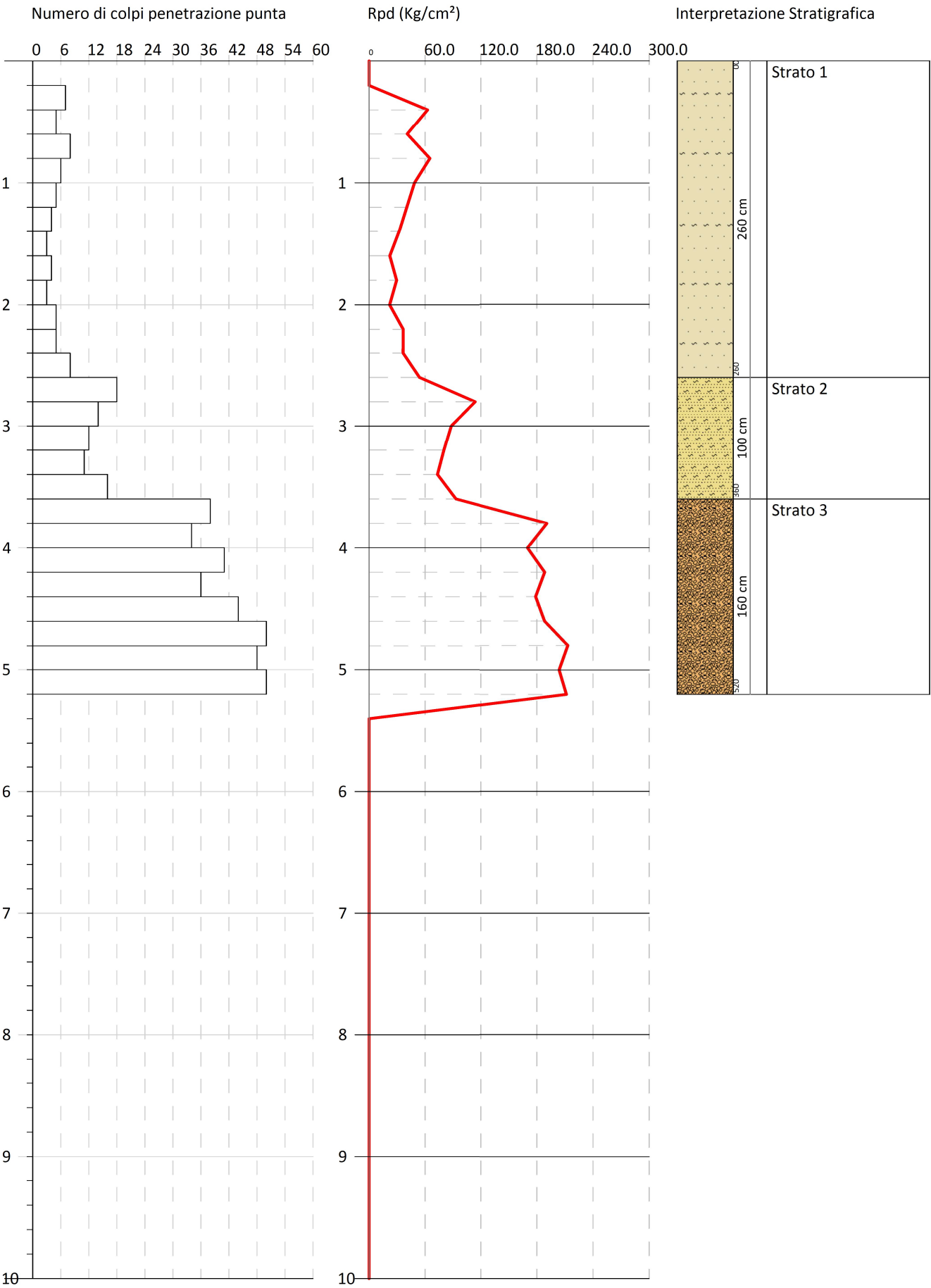














ALLEGATO B
Documentazione Fotografica



Foto 1: Esecuzione Prova Penetrometrica n.1



Foto 2: Esecuzione Prova Penetrometrica n.2



Foto 3: Esecuzione Prova Penetrometrica n.3



Foto 4: Esecuzione Prova Penetrometrica n.4



Foto 5: Esecuzione Prova Penetrometrica n.5



Foto 6: Esecuzione Prova Penetrometrica n.6

REGIONE LOMBARDIA
CITTA' METROPOLITANA DI MILANO

COMUNE DI CANEGRATE
Via Magenta

AMBITO DI PROGETTAZIONE COORDINATA A.P.C.12
NUOVA REALIZZAZIONE DI COMPLESSO RESIDENZIALE
FOGLIO N. 8 - MAPP. 496-497-498

RELAZIONE GEOTECNICA
D.M. 17/01/2018



GeoBIM

GeoBIM Srl Via Savona, 69 - 20144 Milano
E-mail: info@geobim srl

Committente:
GV Group S.r.l.

Data emissione
30/06/2023



<u>Redatto:</u>	Dott. Giacomo Panza
<u>Verificato:</u>	Dott.ssa Fabiana Isola
<u>Approvato:</u>	Dott. Geol. Federico Manicone 



INDICE

	Pag.
1. PREMESSA	4
2. INQUADRAMENTO DEL SITO	5
2.1 <i>INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA</i>	5
2.2 <i>INQUADRAMENTO CATASTALE</i>	6
2.3 <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i>	6
2.4 <i>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO</i>	7
2.5 <i>CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE</i>	9
2.6 <i>CARTA DEI VINCOLI</i>	9
2.7 <i>FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'INTERVENTO</i>	11
3. ANALISI DELL'AZIONE SISMICA	13
3.1 <i>PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE</i>	13
3.2 <i>DEFINIZIONE VITA NOMINALE DELL'OPERA</i>	14
3.3 <i>DEFINIZIONE CLASSE D'USO DELL'OPERA</i>	14
3.4 <i>PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA</i>	15
3.5 <i>STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO</i>	16
3.6 <i>DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO</i>	17
3.7 <i>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</i>	21
3.8 <i>AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA</i>	22
3.9 <i>CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI PER L'AREA</i>	23
4. LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	24
4.1 <i>VALUTAZIONE ACCELERAZIONE MASSIMA</i>	25
4.2 <i>PROFONDITÀ FALDA ACQUIFERA</i>	25
5. VERIFICA FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	26
5.1 <i>1° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO</i>	27



6. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO	28
7. CONCLUSIONI	33

ALLEGATI

- Allegato A** Tabulati Prove Penetrometriche
Allegato B Documentazione Fotografica



1. PREMESSA

Su incarico della committenza GV Group ed in ottemperanza a quanto disposto dalle NTC 2018 (Norme Tecniche delle Costruzioni), è stata eseguita nel mese di Giugno 2023 un'indagine geognostica a supporto di una nuova lottizzazione identificata dagli strumenti urbanistici come A.P.C.12 (Ambito di Progettazione Coordinata). Il progetto di sviluppo prevede la realizzazione di un complesso residenziale in Via Magenta nel Comune di Canegrate (MI), dove verranno realizzate 2 palazzine.

A supporto della documentazione di Piano disponibile, con particolare riferimento allo Studio Geologico Comunale, sono state effettuate n. 6 prove penetrometriche realizzate in data 11 Maggio 2023 per la caratterizzazione stratigrafica del sito.

La presente relazione è redatta secondo i requisiti richiesti dal punto 6.2.2 delle NTC, con la finalità di definire i parametri meccanici del terreno e il modello geotecnico del sottosuolo, come indicato nelle NTC al punto 2.3.



2. INQUADRAMENTO DEL SITO

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA

L'area interessata dalla presente relazione geologica trova sede nel territorio comunale di Canegrate in via Magenta, all'angolo con Via Firenze. L'inquadramento generale dell'ambito viene mostrato nelle successive Figura 1 e Figura 2 dalla quale è possibile individuare l'ambito oggetto di studio ed il relativo stato di fatto.

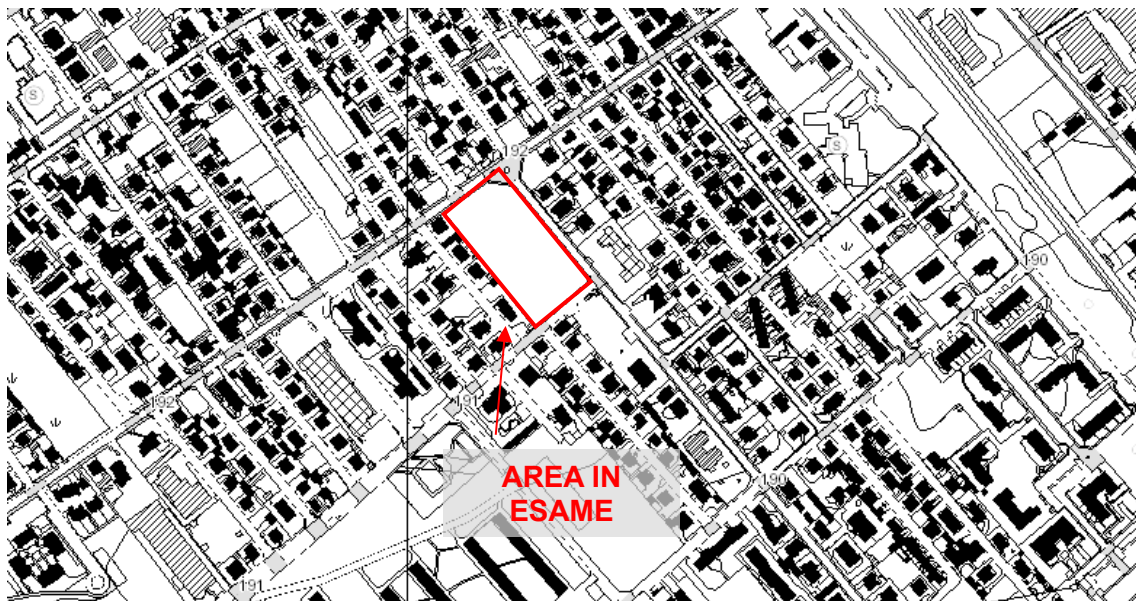


Figura 1: Inquadramento da C.T.R. Sez. A5e5



Figura 2: Foto Satellitare – Google Earth

2.2 INQUADRAMENTO CATASTALE

L'inquadramento catastale dell'area interessata dal nuovo progetto è stato rilevato dal Geoportale di Regione Lombardia di cui stralcio viene mostrato nella successiva Figura 3.



Figura 3: Stralcio Catasto – Geoportale Regione Lombardia

Dallo stralcio catastale è possibile osservare come l'area oggetto della presente relazione sia inquadrata catastalmente come segue:

- Foglio 8 – mappale 496-497-498, codice catastale B593



2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Canegrate è ubicato nella porzione settentrionale della Provincia di Milano, nella fascia di territorio meridionale dell'alta pianura lombarda caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante con quote topografiche che degradano da nord verso sud, influenzata dai processi quaternari di deposizione fluvio-glaciale e fluviale. L'area in esame si trova nella parte meridionale dell'abitato di Canegrate ad una quota topografica di circa 192m slm.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale appartiene al cosiddetto "Livello Fondamentale della Pianura", costituito da depositi pleistocenici ad opera degli scaricatori fluvio-glaciali provenienti dai fronti di espansione dei ghiacciai. Questi sono classificati nella letteratura tradizionale come "Diluvium Recente". Questi depositi denominati wurmiani (Fluvio-glaciale Wurm Auct.) sono caratterizzati genericamente da ghiaie e sabbie in matrice limosa con locali lenti argillose. Dall'analisi della Carta Geologica allegata al PGT Comunale si può notare come il sito in esame ricade su un'area caratterizzata da ghiaie ben gradate con sabbia o poco gradate, non calcaree.

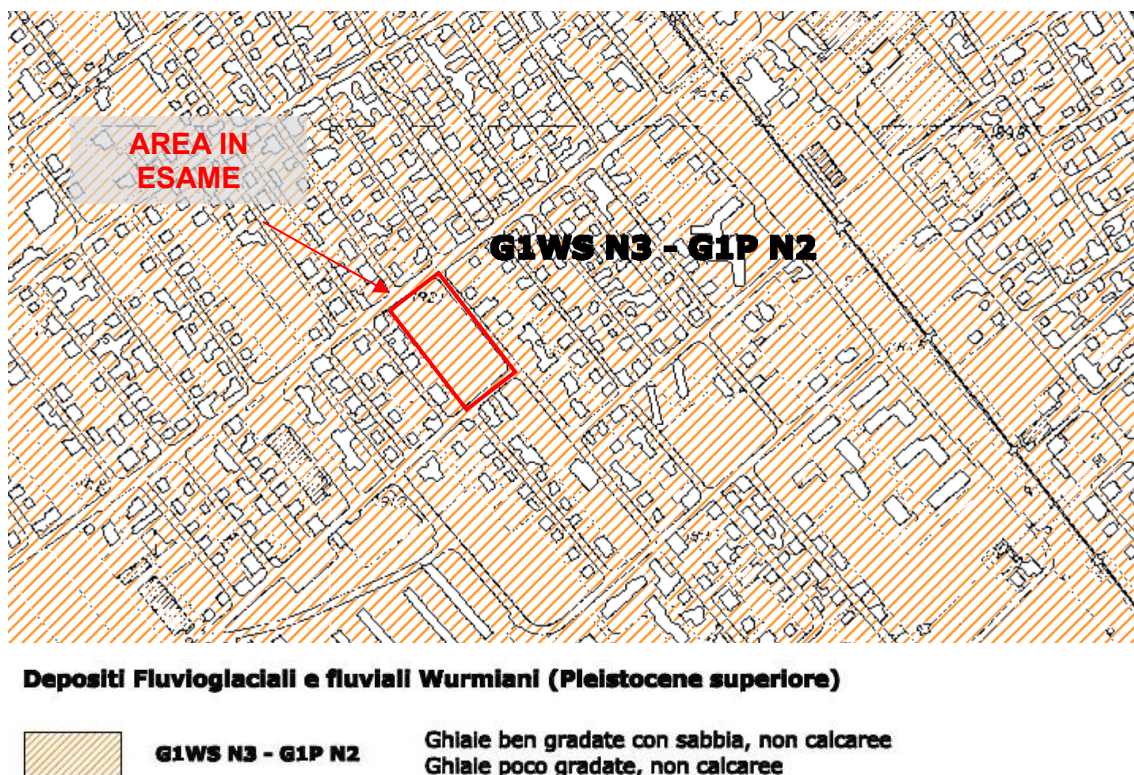


Figura 4: Stralcio Tavola 1 - P.G.T. Comunale



2.4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'assetto idrografico e idrogeologico generale dell'area di studio è stato tratto dalla Tavola 3 del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio:

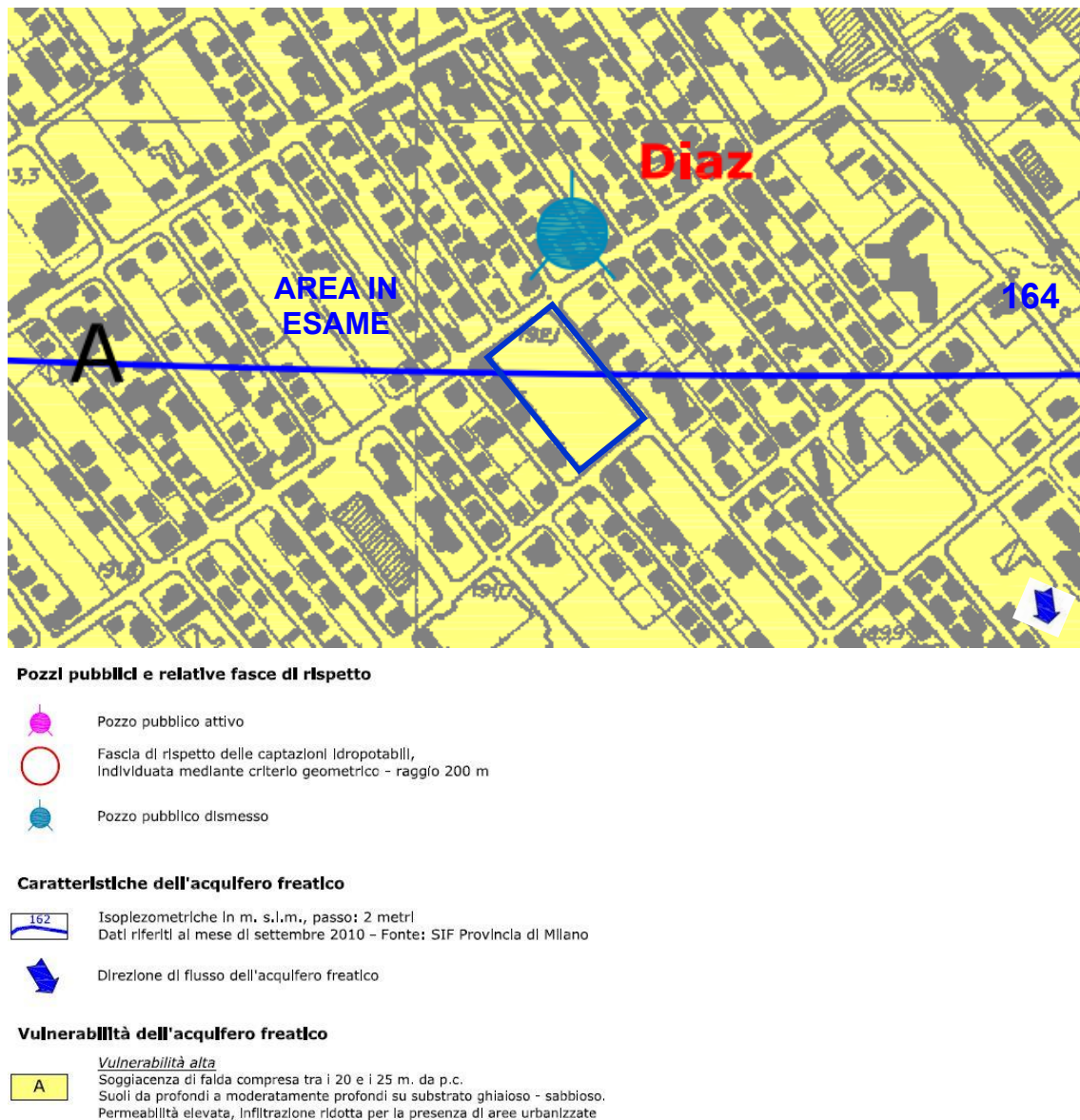


Figura 5: Stralcio Tavola 3 - P.G.T. Comunale

Dalla cartografia appena mostrata si evince come l'area non sia interessata da corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale né a quello minore.



2.5 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'assetto idrogeologico del comune di Canegrate è caratterizzato dalla successione di tre unità idrogeologiche. Le unità si succedono come di seguito riportato, dalla più superficiale alla più profonda:

- **Litozona ghiaioso-sabbiosa:** costituisce l'acquifero tradizionale comunemente sfruttato dai pozzi; risulta sede della falda libera sino a profondità massime di circa 100 m; presenta una buona continuità in senso orizzontale e verticale entro la totalità del territorio comunale. Litologicamente è contraddistinta da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbioso-ciottolosi con locali intercalazioni lenticolari di argille limose (con spessore metrico) o conglomerato (con spessore più consistente). Entro tale unità la falda oscilla liberamente con valori medi di soggiacenza variabili a seconda delle condizioni topografiche e geomorfologiche (mediamente attorno a 20 ÷ 25m rispetto al piano campagna).
- **Litozona sabbioso-argillosa:** è caratterizzata da alternanze di strati a litologia ghiaioso - sabbiosa e strati argilloso - limosi con torba; è presente a partire dal letto della precedente unità sino a profondità variabili mediamente da 120m a oltre 150m rispetto al piano campagna, con spessori mediamente compresi tra 50m e 90m. Lo sfruttamento dei livelli produttivi contenuti in questa litozona è iniziato da tempo per il degrado qualitativo dell'acquifero soprastante (litozona ghiaioso - sabbiosa), con cui è in comunicazione, laddove gli orizzonti semipermeabili hanno spessore e continuità ridotta. La falda contenuta entro questi livelli presenta generalmente buona produttività e risulta localmente protetta dai fenomeni di contaminazione per la presenza di strati continui da poco permeabili a impermeabili che la separano dall'Unità descritta precedentemente. Tale situazione garantisce una migliore qualità delle acque.
- **Litozona argillosa:** è caratterizzata dalla prevalenza di argille e limi più o meno sabbiosi, presenti a partire dalla base della precedente unità. Costituisce il limite inferiore impermeabile delle successioni sfruttate ai fini idropotabili. Nessuna perforazione ne ha mai individuato il limite inferiore.

Le valutazioni di dettaglio condotte in sede di P.G.T. sulle sezioni stratigrafiche e idrogeologiche (Vd. Tav. 3 e relazione P.G.T.) confermano nella sostanza l'inquadramento stratigrafico precedentemente descritto. Le linee isofreatiche dedotte



dal monitoraggio dei pozzi distribuiti sul territorio comunale (Vd. Tav. 3 e relazione PGT), evidenziano una direzione prevalente verso S con un gradiente idraulico medio variabile tra 4 e 6‰.

Inoltre, l'area di studio si trova in corrispondenza della linea isofreatica 164m s.l.m. e, considerando una quota media del piano campagna di 192,0m s.l.m. (stimata dal Geoportale di Regione Lombardia), ne deriva una soggiacenza alla data di elaborazione della cartografia pari a circa -28m da p.c.

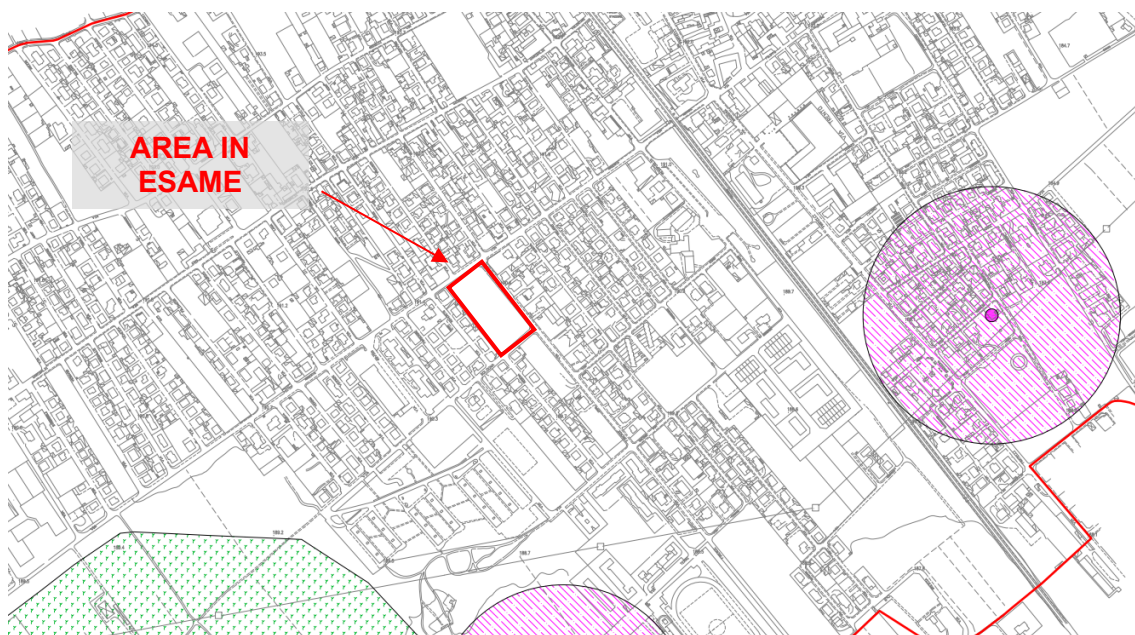
Per quanto concerne la vulnerabilità dell'acquifero, l'area in esame ricade in un settore definito a "vulnerabilità alta" caratterizzato da suoli da profondi a moderatamente profondi su substrato ghiaioso-sabbioso, come indicato nella Tav. 3 del P.G.T. riportata in Fig. 5.



2.6 CARTA DEI VINCOLI

I vincoli di difesa del suolo individuati nell'ambito del P.G.T. per l'area in esame, sono riportati nella Tavola 7 di cui viene riportato uno stralcio nella successiva Figura 6.

Dalla Carta si evince che l'area in esame è esente da ogni tipo di vincolo.



LEGENDA



Limiti amministrativi

Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili



Area di tutela assoluta dei pozzi pubblici - 10 metri
(Ai sensi del D.P.R. 236/88 modificato dal D.Lgs. 152/1999, 258/2000,
D.G.R. 10 aprile 2003 e dell' art. 94 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n.152)



Area di rispetto dei pozzi pubblici comunali
Individuata con criterio geometrico - raggio pari a m. 200
(Ai sensi della D.G.R. 6/15137 del 27 giugno 1996, D.G.R. 10 aprile 2003
e D. Lgs. 152 del 3 aprile 2006)

Parchi locali di interesse sovracomunale - PLIS



Parco del Roccolo



Parco del Mullini

Figura 6: Stralcio Tavola 7 Carta dei Vincoli – P.G.T. Comunale



2.7 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'INTERVENTO

La Fattibilità Geologica dell'intervento è riportata nella Tavola 9: "Fattibilità Geologica per le azioni di piano" del P.G.T. comunale, di cui stralcio viene mostrato nella successiva Figura 7:

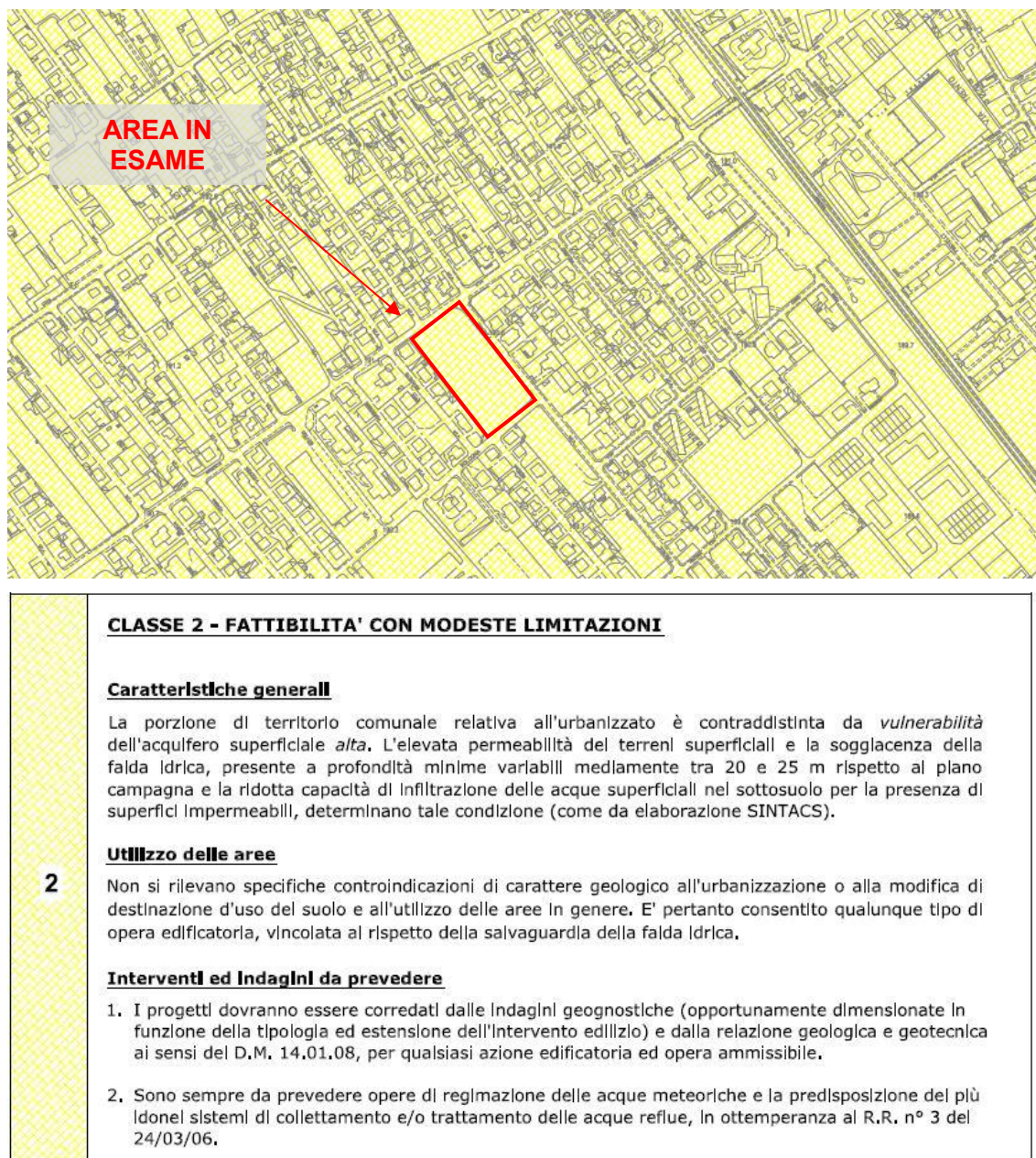


Figura 7: Stralcio Tavola 9 - Fattibilità Geologica – P.G.T. Comunale

L'esame di tale elaborato mostra come l'area di Via Magenta - Canegrate, ricada nella **Classe di Fattibilità 2**.



3. ANALISI DELL'AZIONE SISMICA

3.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La Regione Lombardia, con la D.G.R. n. 10/2129 del 21 luglio 2014, ha approvato la nuova classificazione sismica comunale. L'entrata in vigore di questa normativa è stata differita (con D.G.R. n.X/4144 del 8 Ottobre 2015) al 10 aprile 2016.

A seguito di tale delibera il Comune di Canegrate non ha subito declassamenti rientrando tra i comuni lombardi classificati in **zona sismica 4**, ovvero la zona meno pericolosa in cui i terremoti sono rari.

Ai sensi del D.M. 17/01/18 cap. 3.2, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa " a_g " in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (Categoria sottosuolo A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza "PVR" (come definite di seguito) nel periodo di riferimento "VR" (come definite di seguito).

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento "PVR" nel periodo di riferimento "VR", a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- " a_g ": accelerazione orizzontale massima al sito (m/s^2);
- " F_o " valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (-);
- " T_c^* " = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (sec).

Tali valori vengono forniti in funzione delle coordinate del sito, in allegato al D.M. 17/01/18 e da appositi software di calcolo per diversi tempi di riferimento (TR).



3.2 DEFINIZIONE VITA NOMINALE DELL'OPERA

Con riferimento al paragrafo 2.4.1 delle vigenti N.T.C., la vita nominale di progetto " V_n " di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di " V_n " da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella seguente Tabella 1.

Tipi di costruzioni		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	≤ 10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	≥ 50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	≥ 100

Tabella 1: Valori minimi di Vita Nominale V_n di progetto per diversi tipi di costruzione
(Tab. 2.4.1 delle N.T.C. 2018)

È possibile assumere come **Vita Nominale della struttura in progetto il valore di 50 anni.**

3.3 DEFINIZIONE CLASSE D'USO DELL'OPERA

Con riferimento al paragrafo 2.4.2 delle vigenti N.T.C., al verificarsi di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie



con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

3.4 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento " V_R " che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto " V_N " per il coefficiente d'uso " C_U ":

$$V_R = V_N * C_U$$

dove il valore del coefficiente d'uso " C_U " è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella successiva Tabella 2:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 2: Stralcio Tab. 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_U - N.T.C. 2018

Nel presente caso, le strutture in progetto rientrano nella Classe 2, pertanto il coefficiente **$C_U = 1,0$** e dunque **$V_R = 50$ anni**.



3.5 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.



Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento “PVR”, cui riferirsi per individuare l’azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tabella 3:

Stato Limite	PV _R : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
	S.L.O.	81%
Stati limite di esercizio	S.L.D.	63%
	S.L.V.	10%
Stati limite ultimi	S.L.C.	5%

Tabella 3: Stralcio Tabella 3.2.I - Probabilità di superamento PV_R in funzione dello stato limite considerato (N.T.C. 2018)

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di “PVR” forniti in Tabella 3 devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

La scelta dello stato limite di riferimento per il caso in esame è lo SLV (con PV_R 10%).

3.6 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, l’effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. 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, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l’approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.



Categorie	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio (VS,eq) superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (VS,eq) compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 (VS,eq) compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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 (VS,eq) compresi tra 100 e 180 m/s.
E	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.

Tabella 4: Stralcio Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (N.T.C. 2018)

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS, eq (in m/s), definita dall'espressione:



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

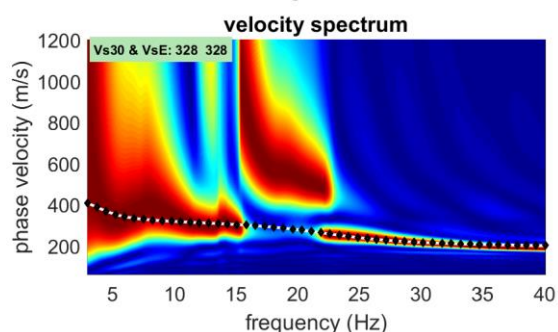
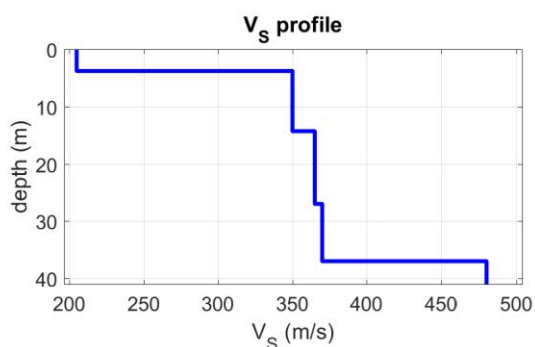
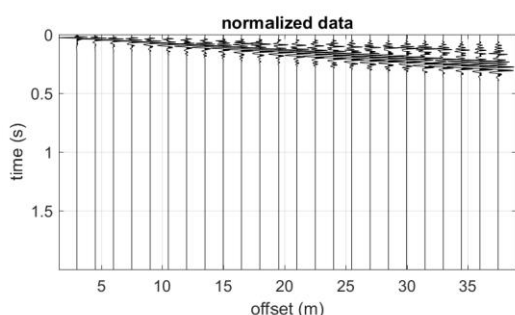
dove:

- 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 inferiori a 800m/s.

In particolare, per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. In presenza di depositi con profondità " H " del substrato superiore a 30m, 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.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. 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 dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

Nel contesto geologico oggetto di analisi è stata effettuata una prova MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) per la valutazione della stratigrafia di velocità delle onde trasversali V_s , da cui ricavare il parametro V_{s30} . Tale parametro V_{s30} , che rappresenta la velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno, è necessario per la classificazione dei terreni indagati in ottemperanza al D.M. 14/01/2008.



L'analisi sismica con metodologia MASW ha permesso la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ($V_{s,30}$ [m/sec] = 328) ed ha classificato il suolo sul territorio comunale come:

Suolo di tipo C: 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.

Tale indagine conferma quanto riportato nello studio geologico comunale nel quale sono state svolte due indagini MASW, una delle quali (MASW1) in prossimità dell'area in esame (Via Firenze).



3.7 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La valutazione delle condizioni topografiche per configurazioni superficiali semplici, come per l'area in esame, si può adottare la classificazione riportata nella Tab. 3.2.III delle N.T.C. 2018:

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

Tabella 4: Stralcio Tab. 3.2.III - Categorie topografiche N.T.C. 2018

Le soprariportate 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.

Dalla Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000 e vista l'assenza di pendii e creste allungate, è possibile assegnare per l'area di studio la **Categoria Topografica: T1.**



3.8 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico “ S_T ” riportati in Tabella 5, scelti in funzione delle categorie topografiche definite nella precedente Tabella 4 e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento di riqualificazione.

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°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30	1,4

Tabella 5: Stralcio Tabella 3.2.V - Valori massi del coefficiente di amplificazione topografica “ S_T ” - N.T.C. 2018

Per il caso in esame la categoria di riferimento è la T1, da cui “ S_T ” = 1,0.



3.9 CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI PER L'AREA

Utilizzando i parametri definiti nei precedenti paragrafi e vista la tipologia d'intervento che la committenza intende realizzare, è possibile calcolare tutti i coefficienti sismici sito-specifici per l'area di studio.

Tale operazione è stata effettuata mediante l'applicazione **Geostru PS PRO** della società GeoStru, la quale permette, mediate collocazione di un punto su mappa, di ricavare tutti i parametri sismici, come riportato nella successiva Figura.

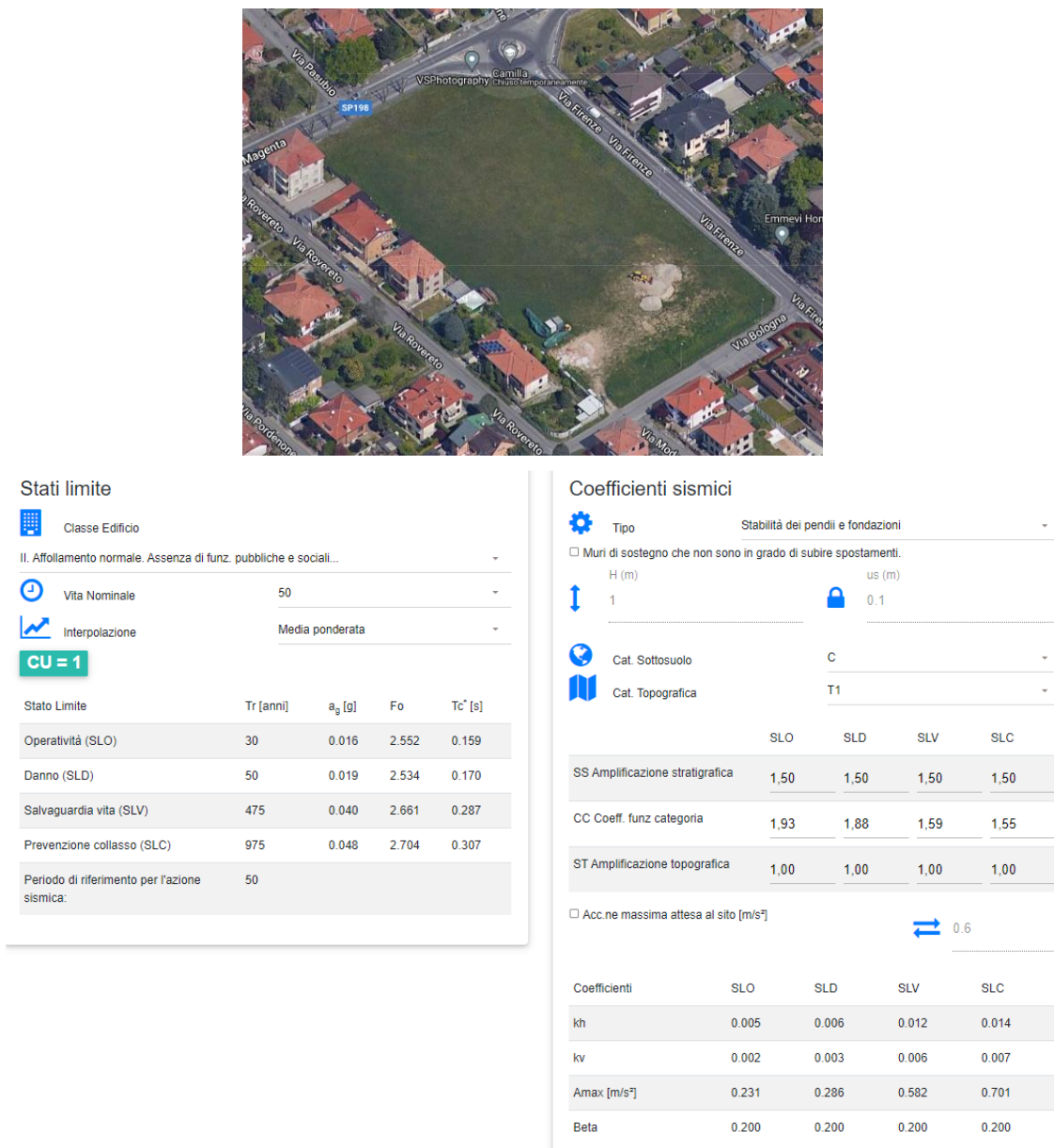


Figura 5: Calcolo coefficienti sismici



4. LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

Ai sensi della Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'attuale D.M. 17/01/2018, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione consistono in un aumento repentino delle sovrappressioni interstiziali all'interno di un volume di terreno sciolto e saturo. Questo aumento di pressione, generato dall'acqua circolante nei pori, ha come conseguenza una riduzione drastica della resistenza al taglio, portando il deposito ad assumere un comportamento meccanico simile a quello di un fluido.

Questo fenomeno può generarsi all'occorrenza di particolari condizioni ambientali, come ad esempio in presenza di terreni caratterizzati da una granulometria medio-fine (sabbiosi) e/o in presenza, entro primi 15m da p.c., della falda acquifera.

Nello specifico al paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 17.01.2018 è indicato che tale analisi può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- Accelerazione massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiore a $0,1g$ ($a < m/sec^2$);
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie e ghiaie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1(60)} > 30$;
- Elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie e ciottoli.

In particolare, nel caso in esame, come dimostrato nei successivi paragrafi, risultano verificate la prima e la seconda delle condizioni sopra esposte, pertanto non risulta necessario procedere alla verifica del coefficiente di sicurezza alla liquefazione come stabilito nel par. 7.11.3.4.3 delle N.T.C. 2018.



4.1 VALUTAZIONE ACCELERAZIONE MASSIMA

Il primo punto del paragrafo 7.11.3.4.2 richiede la verifica dell'accelerazione massima attesa al piano campagna $a(g)$. A tale scopo si è utilizzato l'app Geostru PS PRO della società GeoStru, la quale permette, mediante collocazione di un punto su mappa, di ricavare tutti i parametri sismici del sito d'indagine (vd. Figura 5)

Per il calcolo dell'accelerazione orizzontale massima attesa in superficie (a_{gmax}) risulta necessario applicare formula "7.11.5" proposta nelle N.T.C. vigenti che è uguale a:

$$a_{gmax} = S_s \times S_t \times a_g$$

dove:

- a_{gmax} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- S_s = amplificazione stratigrafica;
- S_t = amplificazione topografica;
- A_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Applicando la formula appena proposta ed i parametri sismici descritti nel precedente paragrafo, si ottiene per l'area in esame, considerando una categoria di sottosuolo "C", un'accelerazione orizzontale massima a piano campagna pari a 0,0582g ($a_{gh\ max}$) per lo stato limite di salvaguardia della vita (S.L.V.) e un tempo di ritorno di 475anni.

Il valore appena indicato risulta inferiore a 0,1g previsto dalla normativa vigente e pertanto tale punto del paragrafo 7.11.3.4.2 D.M. 17/01/2018 – N.T.C. risulta verificato.

4.2 PROFONDITÀ FALDA ACQUIFERA

Come descritto nel paragrafo 2.5 della presente relazione tecnica, la soggiacenza della falda freatica è stata registrata nell'ambito del P.G.T. a circa -28m dal piano campagna. In fase di indagine non è stata riscontrata la presenza della falda.

Pertanto, il punto 2 del paragrafo 7.11.3.4.2 delle N.T.C. 2018 risulta verificato.



5. VERIFICA FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

L'abitato di Canegrate si trova in Zona Sismica 4 e, come viene mostrato in Fig. 9, l'area in esame ricade nello scenario di pericolosità locale Z4a. Non essendo il progetto in esame un'edificio strategico e rilevante si può omettere l'analisi di 2° livello, come viene mostrato dalla seguente tabella:

	LIVELLI DI APPROFONDIMENTO E FASI DI APPLICAZIONE		
	1° livello Fase Pianificatoria	2° livello Fase Pianificatoria	3° livello Fase Progettuale
Zona Sismica 2 - 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	-Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale; -Nelle zone PSL Z1 e Z2
Zona Sismica 4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	-Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore di soglia comunale; -Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti

Tabella 6: Stralcio tabella Livelli di Approfondimento sismico – D.G.R. n.2616/2011



5.1 1° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO SISMICO

Secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 2616/2011 par. 1.4.3, il 1° livello di approfondimento, obbligatorio per tutti i comuni lombardi, prevede nell'ambito del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.), la redazione della Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL), che è la base di partenza per tutti i successivi livelli di approfondimento sismico.

Il 1° livello d'analisi consiste nel riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

La Tavola 6 "Pericolosità Sismica Locale" dello Studio Geologico comunale vigente, di cui stralcio viene mostrato nella successiva Fig. 9, fornisce le seguenti informazioni:

Scenari di pericolosità sismica locale "Z4a": Zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari.

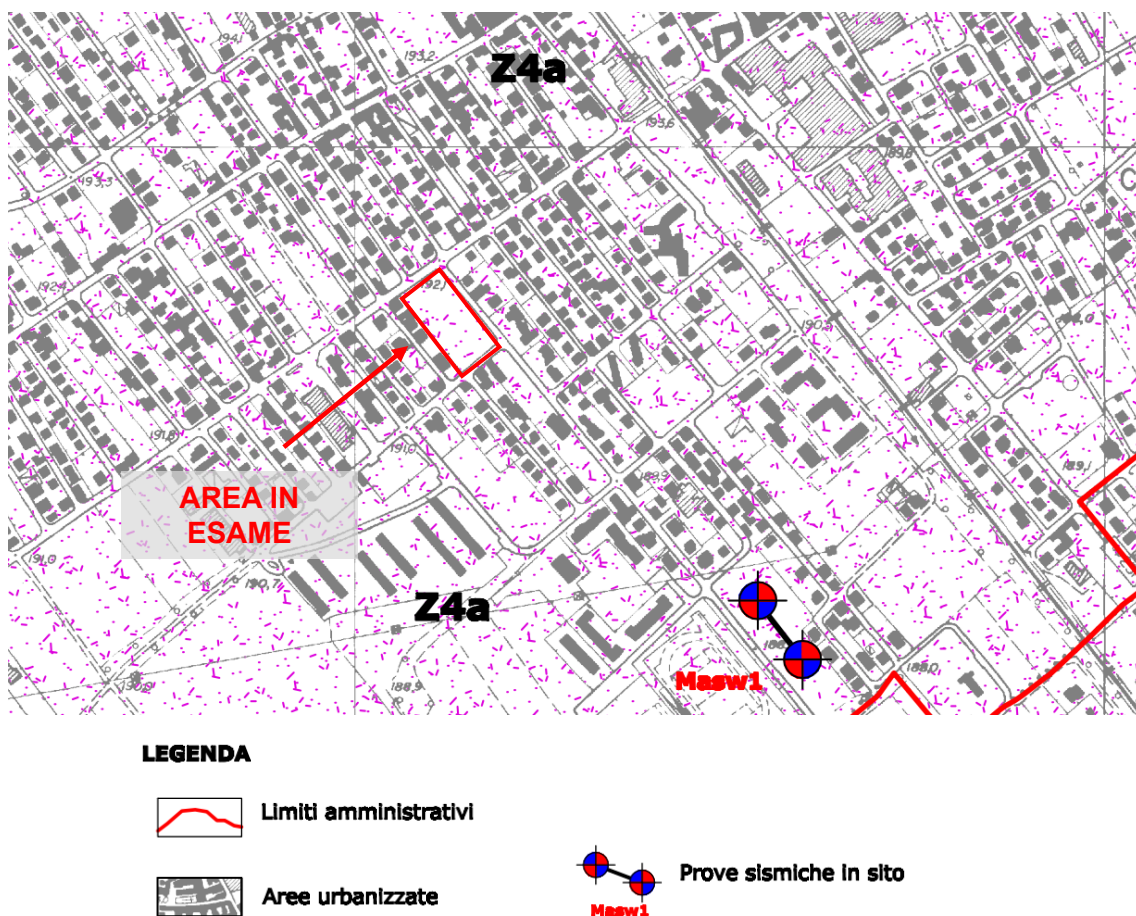


Figura 9: Stralcio Tavola 6 – Pericolosità Sismica Locale (P.S.L.) – P.G.T.



6. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO

La caratterizzazione dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, è stata definita sulla base di 6 prove penetrometriche dinamiche di tipo SCPT eseguite in data 11/05/2023 la cui ubicazione viene mostrata nella seguente Fig. 10.

CARATTERISTICHE PENETROMETRO DINAMICO			
TIPO	SIGLA	PESO DEL MAGLIO (Kg)	ER (rendimento)
SUPERPESANTE	DPSH	M = 63,5	78%

TIPO	W (Kg)	H (cm)	Ø punta (mm)	Ø aste (mm)	α punta (°)	P.Standard (cm)
Penetrometro dinamico "superpesante " tipo EMILIA TG-63/100	63,5	75	51	34	90	20

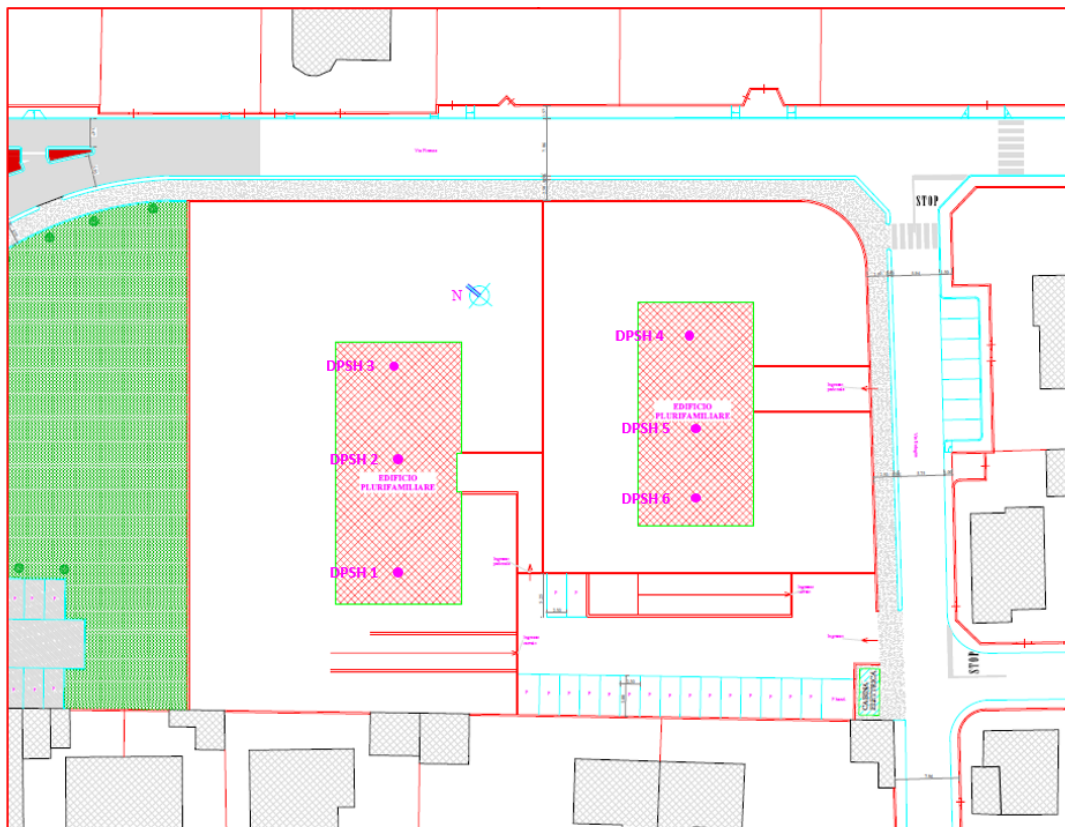


Figura 10: Ubicazione Prove DPSH



Le 6 prove penetrometriche sono state distribuite in modo da determinare l'andamento medio degli strati di sottosuolo nell'area in esame.

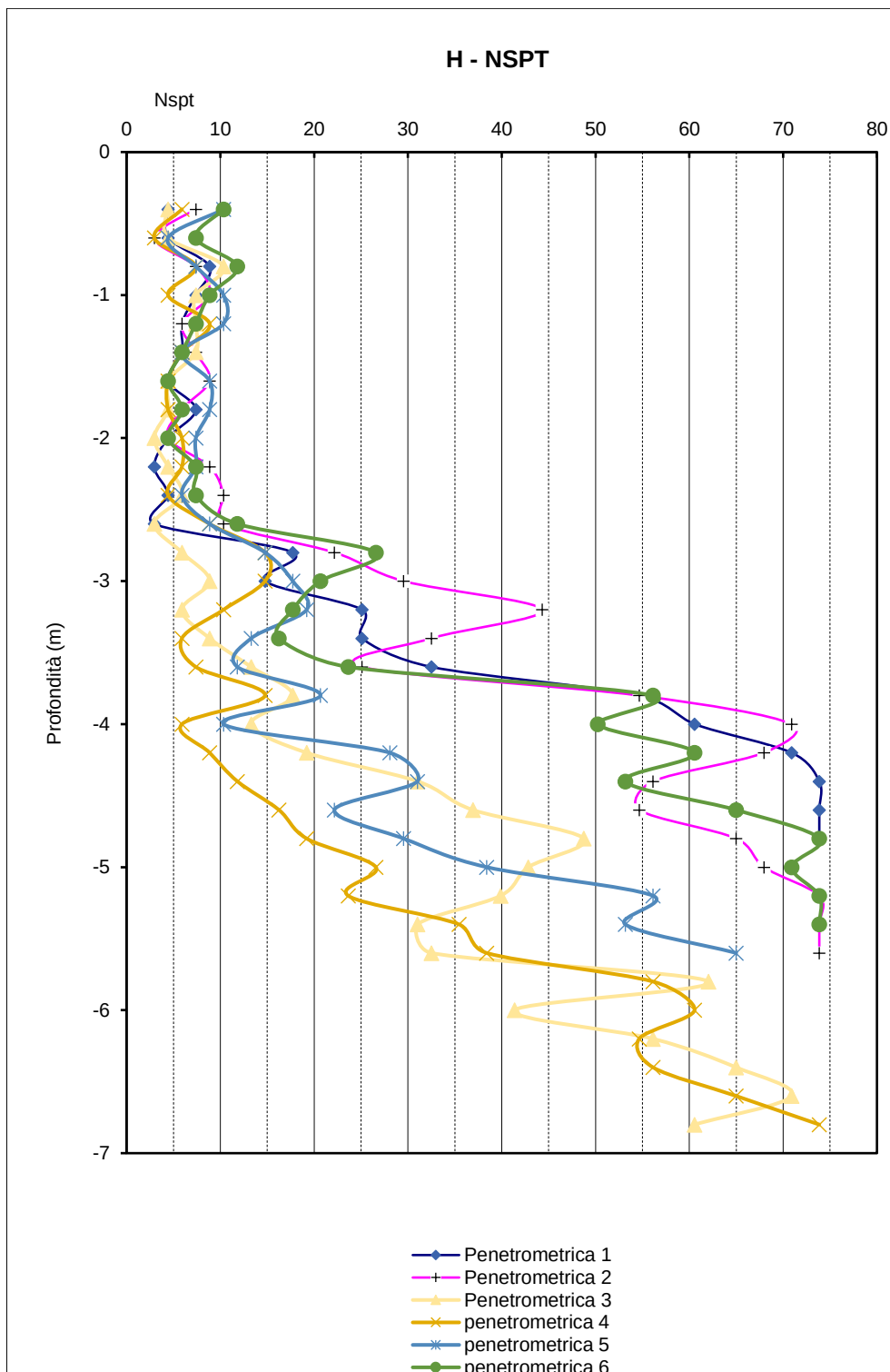


Tabella 7: Valori NSPT/profondità



Dunque sono stati calcolati i valori medi dei colpi alla punta per ogni singolo strato al fine di ricavare univoci parametri degli strati.

La resistenza alla punta (ND), è stata successivamente normalizzata per ottenere i valori NSPT, secondo la correlazione proposta da LaCroix & Horn 1973, basata sul rendimento energetico del sistema di infissione:

$$N_{SPT} = \left(\frac{W \times H}{6,2 \times D^2 \times L} \right) \times N_D$$

dove:

W [kg] = peso del maglio;

H [cm] = altezza di caduta;

D [m] = diametro del cono di infissione;

L [cm] = penetrazione standard;

N_D [-] = risultati delle prove.

Dall'interpretazione delle prove geotecniche svolte in sito (Vd. Tabulati allegati), è stato possibile identificare una variazione della stratigrafia associata alle prove 1-2-6 ed alle prove 3-4-5. I parametri geotecnici e la stratigrafia di seguito riportata fanno riferimento alla media individuata nelle prove 3-4-5, ritenuta la più cautelativa ai fini dell'indagine:

- **Livello A**, tale livello presenta una scarsa resistenza penetrometrica dinamica con una media di 5 colpi/piede e NSPT medio pari a 7, indicativo della presenza di terreni scarsamente addensati mediamente caratteristiche geotecniche da scarse a discrete. Questo livello si attesta mediamente da p.c. fino a circa -2,80m da p.c..
- **Livello B**, tale livello presenta una crescente resistenza penetrometrica dinamica seppur scarsa con una media di 11 colpi/piede e NSPT medio pari a 15, indicativo della presenza di terreni allo stato mediamente addensato aventi discrete caratteristiche geotecniche. Questo livello si attesta mediamente da -2,80m fino a circa -3,60m da p.c..
- **Livello C**, posto inferiormente al Livello B presenta una buona resistenza penetrometrica dinamica con una media di 38 colpi/piede e NSPT medio uguale a 50, indicativi della presenza di terreni allo stato ben addensato aventi buone caratteristiche geotecniche. Questo livello si attesta mediamente da -3,60m a fine prova.

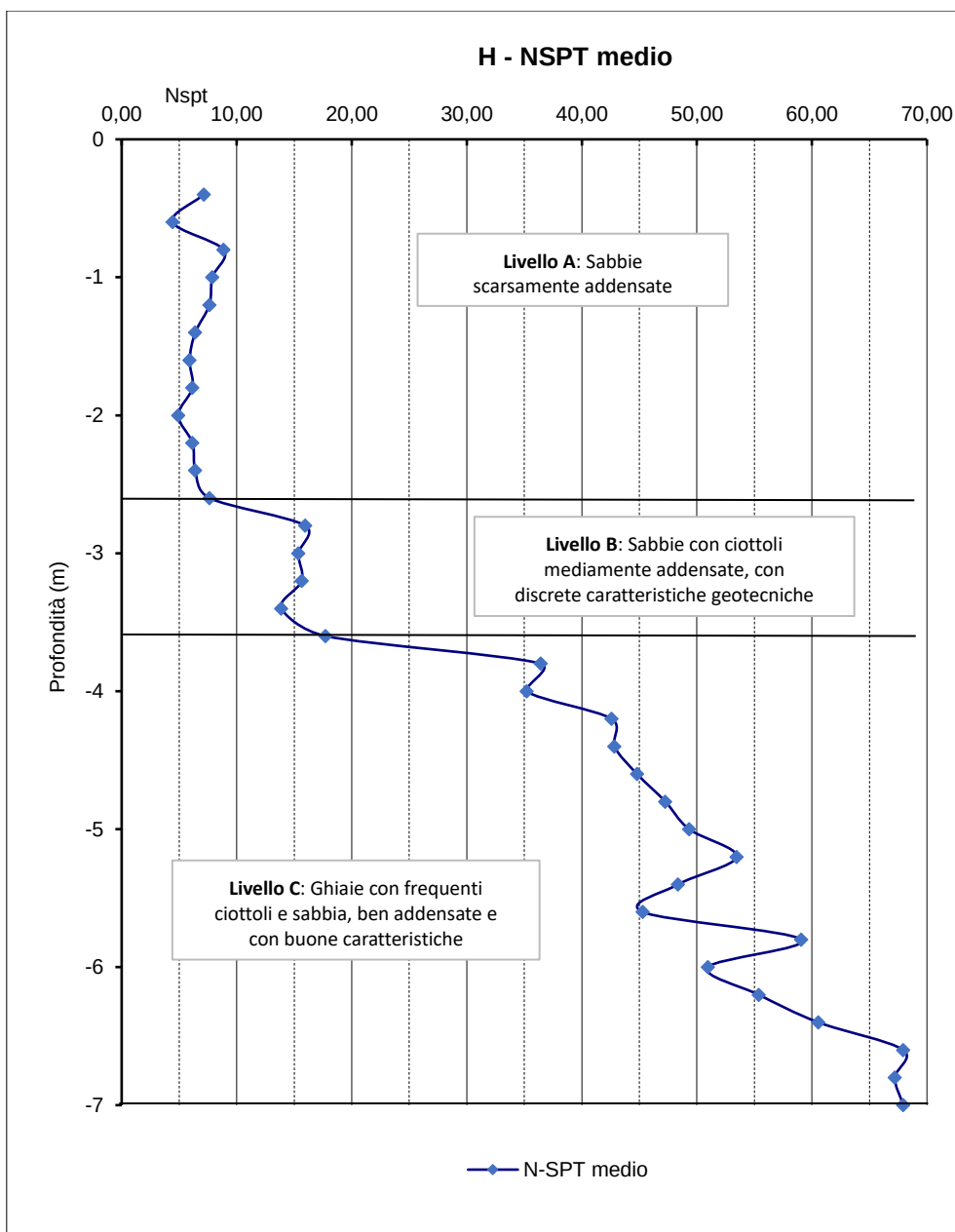


Tabella 9 – Valori NSPT medio/profondità

La definizione del modello geotecnico è stata effettuata mediante l'elaborazione dei dati raccolti dalle prove ricavando un modello del sottosuolo.

La definizione degli angoli di attrito a partire dai valori di Nspt è stata svolta mediante una media “elastica” ottenuta dalle correlazioni empiriche di De Mello '71, Peak-Hanson e Thornburn e Meyerhof '65.

Dal valore medio delle Nspt si è potuto risalire al modulo elastico del terreno mediante le correlazioni proposte da Schultze & Menzenbach, Webb, D'Appolonia,



Bowles, O'Neill & Huang, AASHTO e Terzaghi. Cautelativamente il valore di coesione C' è posto uguale a 0.

Ne consegue, sulla base di quanto esposto nelle sezioni precedenti, che i parametri geotecnici dei primi strati di sottosuolo analizzati sono i seguenti:

Livello	Spessore	Base Strato	Peso di Volume	Angolo d'Attrito	Coesione non drenata	Modulo di Young	Nspt medio
	(m)	(m da p.c.)	(kN/mc)	(°)	(kN/mq)	(kg/cm ^q)	-
Livello A	2,8	2,8	18,5	28	0	82	7
Livello B	0,8	3,6	20,0	31	0	183	15
Livello C	∞	∞	22,0	38	0	375	50



7. CONCLUSIONI

Sulla base dell'analisi del sito, è stato possibile constatare che l'area in oggetto ricade all'interno di una zona in cui non sono state riscontrate particolari criticità all'edificazione di strutture di tipo residenziale di medie dimensioni.

Il progetto in esame prevede la costruzione di due palazzine costituite da n. 4 piani fuori terra e n. 1 piano interrato che ospiterà le cantine e i box. Le fondazioni verranno quindi impostate nel Livello B in quanto il Livello A verrà completamente sbancato.

Inoltre, al fine di garantire un corretto svolgimento dell'intervento e per evitare l'insorgenza di problematiche locali che possano arrecare danni o imprevisti, si raccomanda di seguire i seguenti accorgimenti:

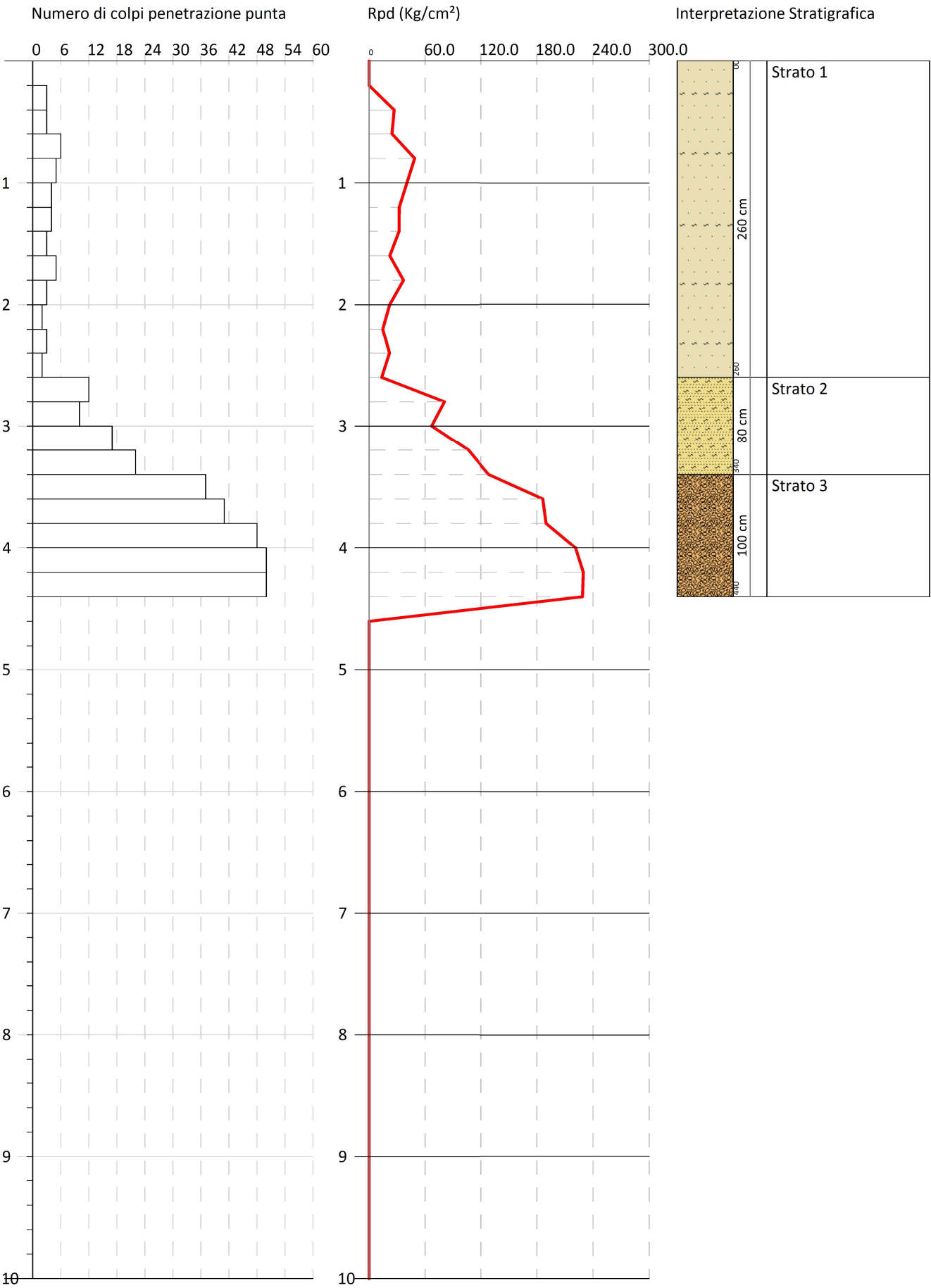
- Durante le fasi di scavo, dovrà essere prevista la regimazione delle acque di ruscellamento piovane in modo da evitare un loro incanalamento verso l'interno dello scavo destinato ad ospitare le fondazioni in progetto;
- Gli scarichi derivanti dalla regimazione delle acque meteoriche non devono provocare fenomeni di erosione del suolo;
- Curare la preparazione del piano delle fondazioni mediante compattazione del livello granulare superficiale al fine di incrementare le capacità meccaniche dei primi decimetri di sottosuolo;
- Qualora si riscontrassero materiali o lenti di materiali fini durante la fase di scavo sarà necessario approfondire lo scavo.

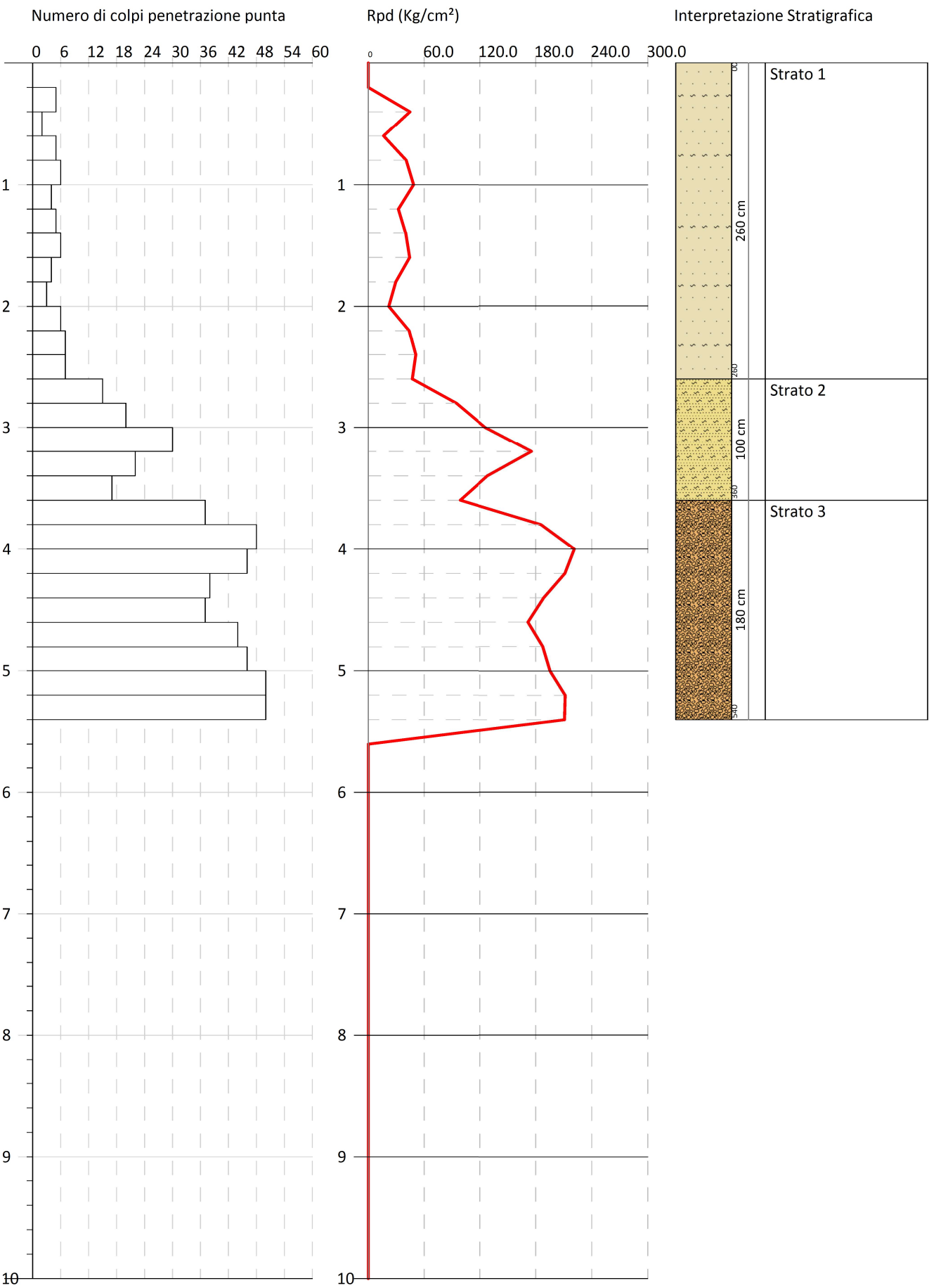
Per quanto riguarda i materiali provenienti dallo scavo, sarà necessario gestirli secondo quanto previsto dal DPR 120/2017 recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo.

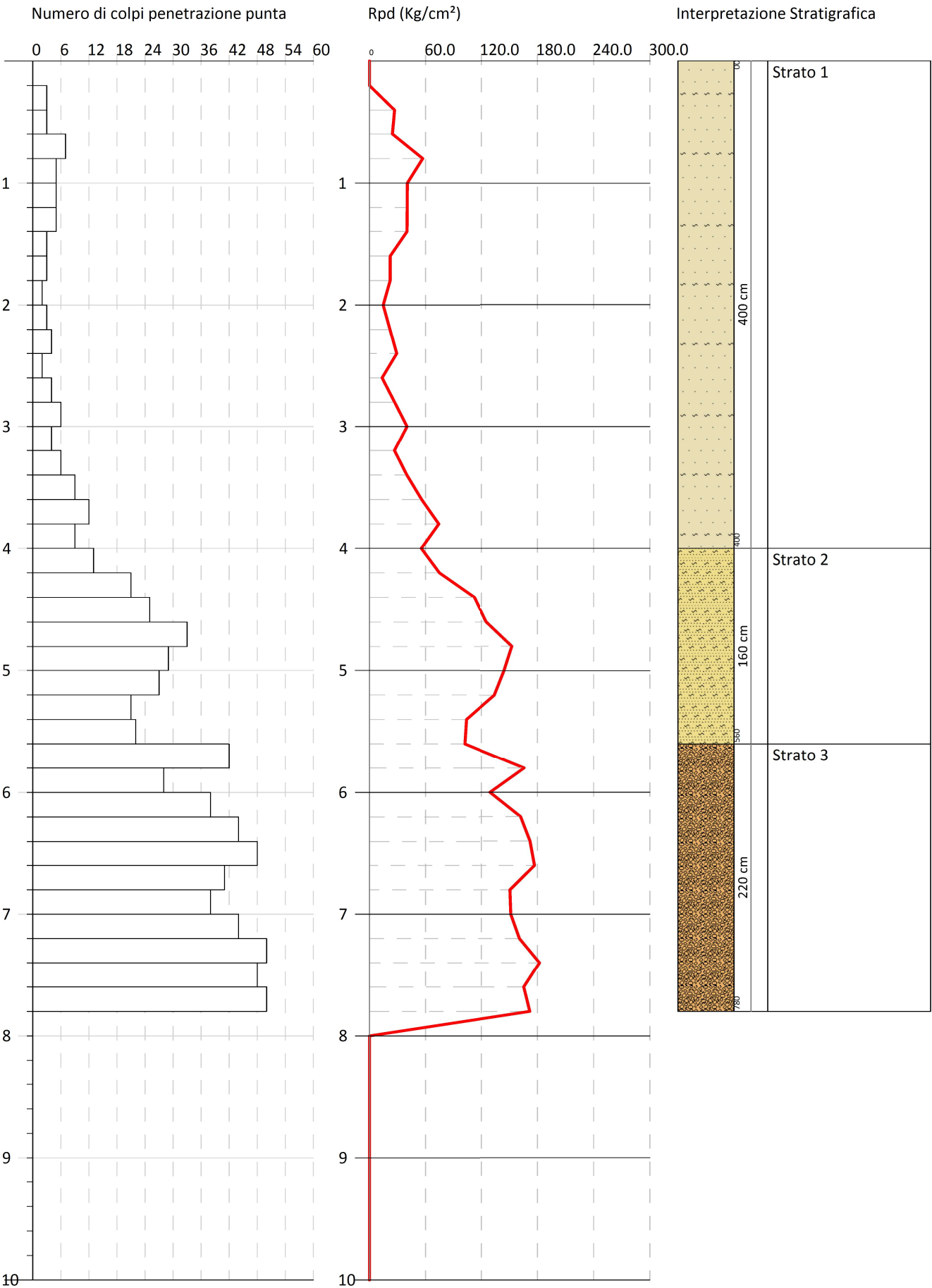
Milano, 30/06/2023

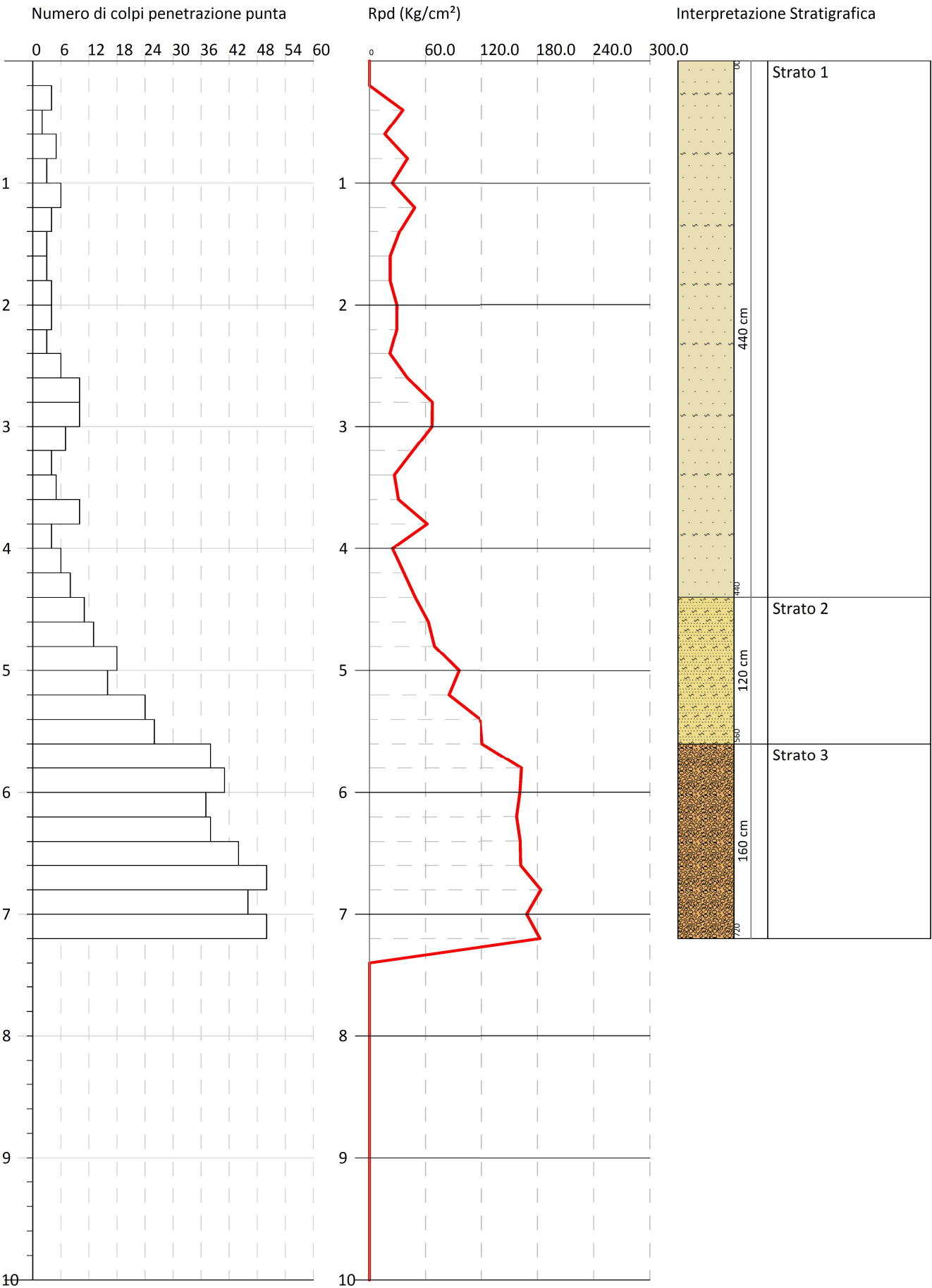


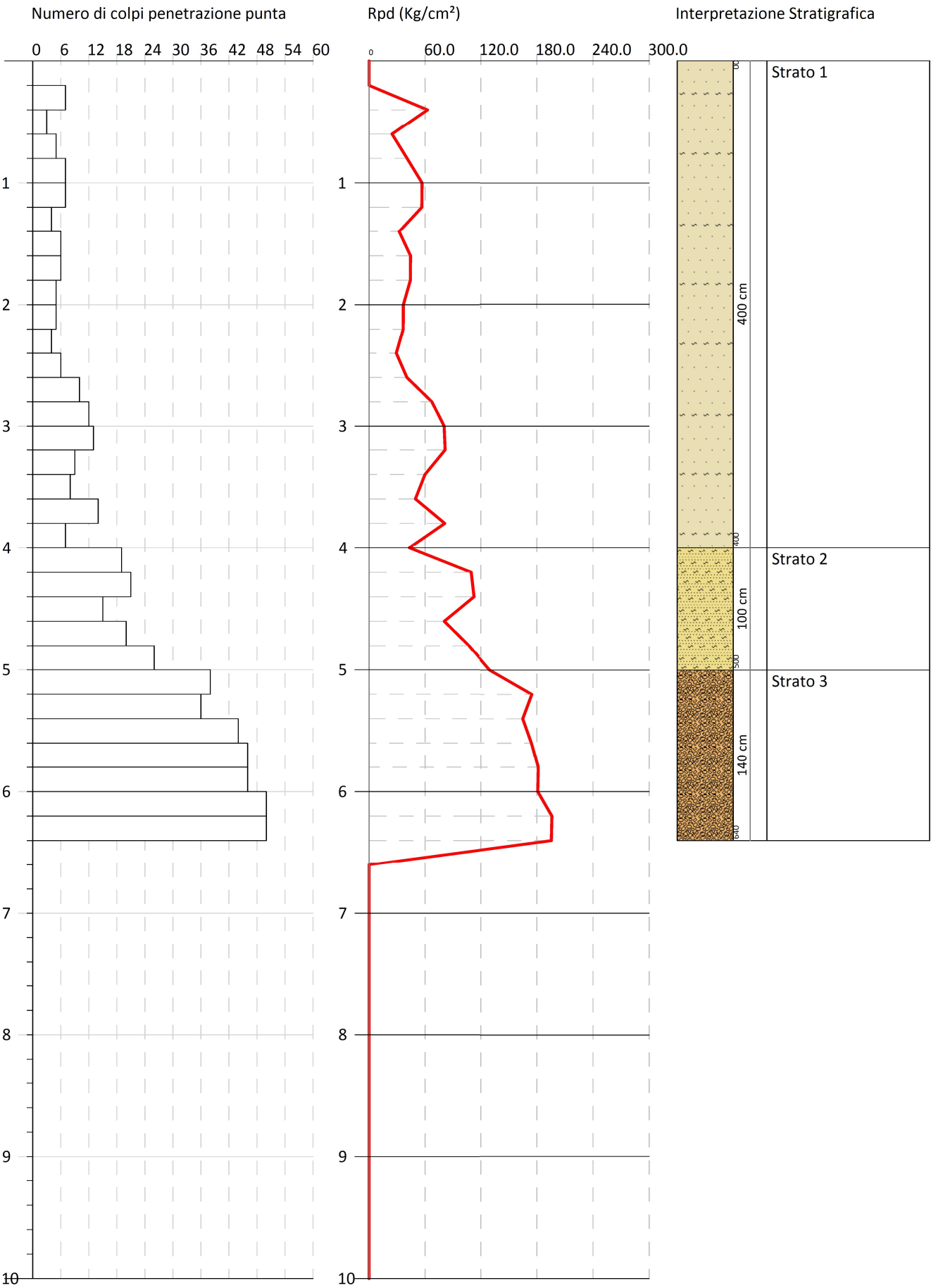
ALLEGATO A
Tabulati Prove Penetrometriche

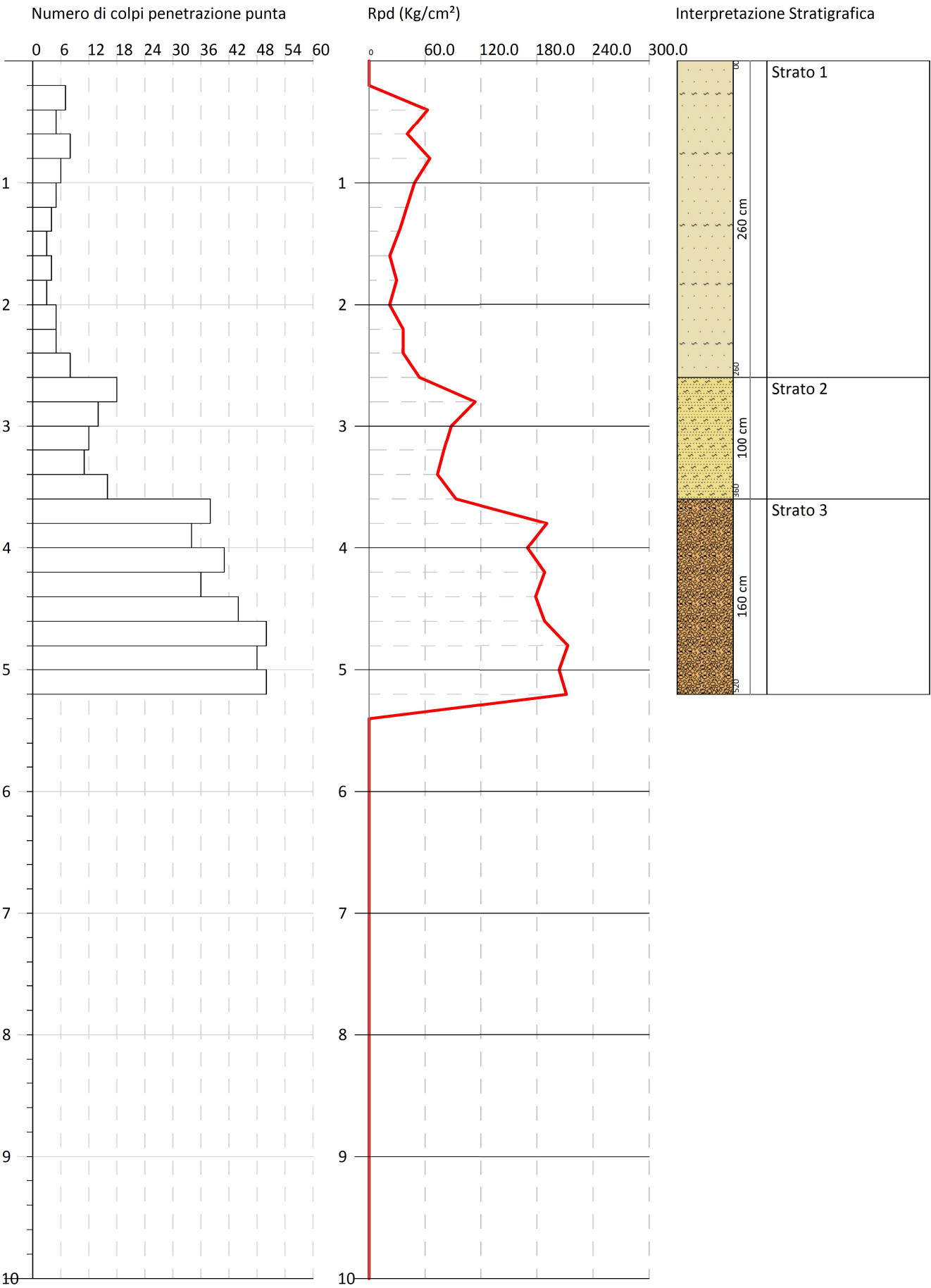














ALLEGATO B
Documentazione Fotografica



Foto 1: Esecuzione Prova Penetrometrica n.1



Foto 2: Esecuzione Prova Penetrometrica n.2



Foto 3: Esecuzione Prova Penetrometrica n.3



Foto 4: Esecuzione Prova Penetrometrica n.4



Foto 5: Esecuzione Prova Penetrometrica n.5



Foto 6: Esecuzione Prova Penetrometrica n.6