



– **GEOLÓGIA TECNICA** Dr. Geol. Francesco **SERRA** –

Via Dante Alighieri, 6 – 26027 Rivolta d'Adda (CR)

Tel. : 0363.79065; e-mail : geologia@serrageo.it

CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190

ONE ITALY srl

2ª VARIANTE

AL PIANO ATTUATIVO “LORETO-AMBITO A”

IN PARZIALE VARIANTE AL PGT VIGENTE

**Modifiche opere di urbanizzazione interne al comparto
e realizzazione di nuovo accesso carraio dalla SP 206 in aree extracomparto**

(Sannazzaro dè Burgondi via Loreto- via De Gasperi)

Relazione geologica di fattibilità

***In approfondimento/integrazione ai sensi dei criteri attuativi vigenti di cui all'art.57 della L.R. 12/2005, in
particolare DGR 26 aprile 2022 n. XI/6314***

Commessa 2544.VAR

maggio 2025



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

INDICE

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	9
3.1 ASPETTI IDROLOGICI.....	9
3.2 ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	9
3.3 ASPETTI RELATIVI AL RISCHIO DI ESONDAZIONE ED AI PIANI DELL'AUTORITÀ DI BACINO (PRGA E PAI).....	13
4. INDAGINI ESEGUITE	16
5. ASPETTI SISMICI	19
5.1 ZONA PERICOLOSITÀ SISMICA.....	19
5.2 MODELLO SISMICO MONODIMENSIONALE, PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E CATEGORIA DI SUOLO	25
5.3 ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO E CATEGORIA DI SUOLO	28
5.4 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	31
5.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	32
6 MODELLO GEOLOGICO	33
6.1 ANALISI STRATIGRAFICA E SEZIONI GEOLOGICHE	33
6.2 MODELLO GEOLOGICO E DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA..	33
7 CONGRUITA' FRA LA VARIANTE DI PIANO E LA CLASSE DI FATTIBILITÀ VIGENTE	35

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La presente relazione è redatta per verificare la congruità della variante parziale al PGT vigente in relazione alla componente geologica del Piano di Governo del Territorio Vigente ed alla Pianificazione di bacino (PRGA e PAI) di un intervento di trasformazione commerciale (sub ambito "A") di un'area attualmente agricola ubicata nel settore nord occidentale del comune di Sannazzaro de' Burgondi (PV).

L'ambito interessato dal Piano Attuativo Vigente è costituito da un lotto di terreno di forma trapezoidale, perimetrato in lato sud ed ovest da un sistema infrastrutturale che prevede uno svincolo rotatorio di interconnessione tra due importanti rami del sistema viario urbano ed extraurbano: a sud Strada comunale denominata viale Loreto; ad ovest Strada Provinciale SP. 206 denominata via De Gasperi. Attualmente il Piano Attuativo convenzionato prevede l'accessibilità al comparto commerciale esclusivamente in lato sud su viale Loreto, in quanto la sua estensione in lato ovest non avrebbe consentito di mantenere le distanze minime dallo svincolo rotatorio per permettere un accesso anche dalla SP 206. Considerata l'importanza di garantire al comparto commerciale tale accesso, la società proponente si è dunque attivata con la proposta progettuale di un nuovo accesso carraio dalla SP 206 (via De Gasperi) in sola entrata, con manovra di svolta a destra per cui è necessaria una variante parziale della destinazione dell'area interessata

La relazione è redatta ai sensi della normativa regionale relativa ai criteri attuativi di cui all'art. 57 della L.R. 12/2005 ed in particolare quanto previsto nella DGR IX/2616/2011 e nella DGR 2129/2014 e DGR 26 aprile 2022 n. XI/6314 per approfondire la congruità della variante: Il presente studio parziale di apprendimento ed eventuale integrazione ai criteri della componente geologica fa riferimento alla relazione geologica di fattibilità redatta dallo scrivente (relazione geologica commessa 2456 del 18 giugno 2023) con indagini geognostiche a cui si rimanda.

Nei capitoli seguenti si valuteranno tutti gli elementi geologici geomorfologici, idrogeologici, sismici, e l'impatto della variante sugli stessi, le indagini geognostiche disponibili e si procederà alla caratterizzazione tecnica dei terreni in funzione delle interazioni terreno-strutture, fornendo il modello geologico del sito ed il modello sismo-stratigrafico per la verifica della fattibilità della proposta di variante in riferimento alla



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

Revisione

componete geologica del PGT ed alla pianificazione di bacino vigenti. fornendo le necessarie indicazioni di competenza per le successive fasi progettuali.

Per l'ubicazione si veda la corografia mostrata in figura 1, tratta dalla Carta Regionale Tecnica in scala 1:10.000 (aggiornamento 1994) e lo stralcio da *Google Maps* (figura 2)

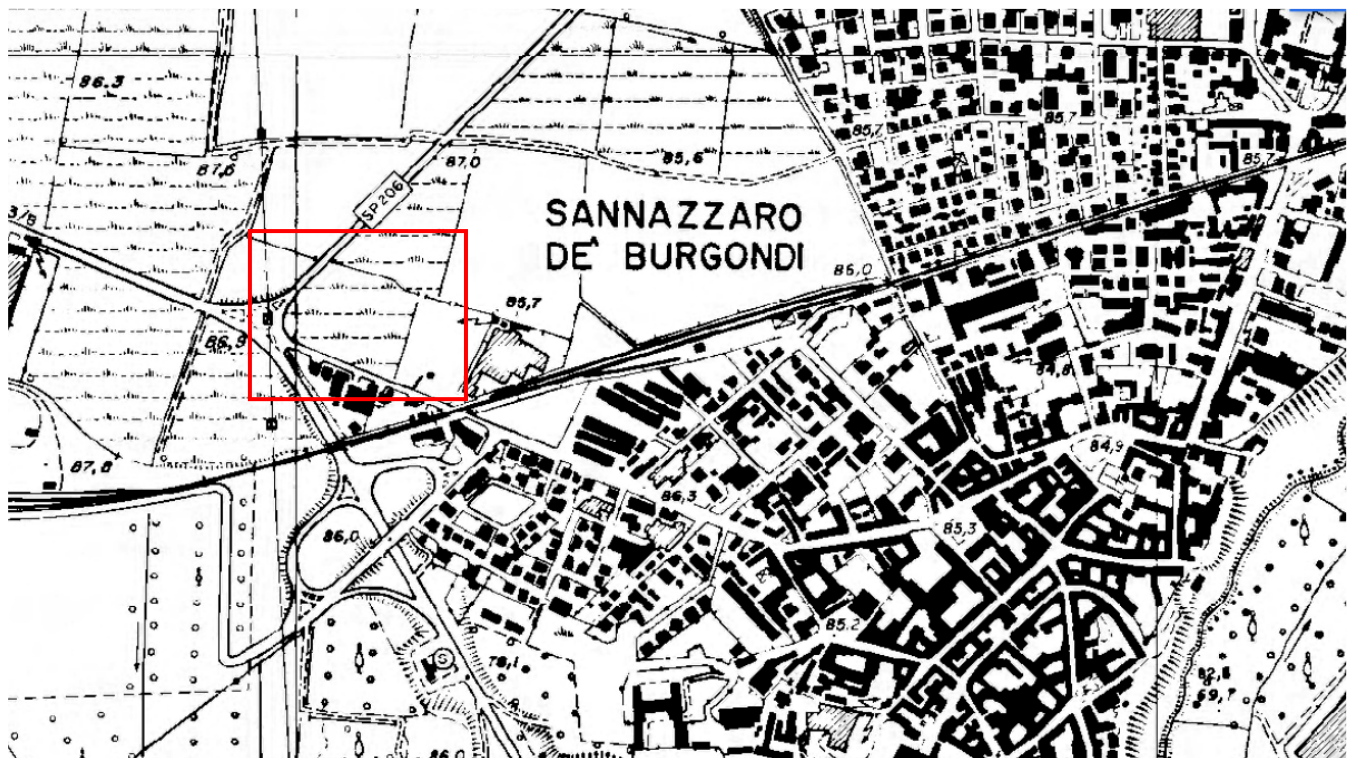


Figura 1: Corografia con ubicazione dell'area in esame
(stralcio della *Carta Regionale Tecnica* in scala 1:10.000, aggiornamento 1994).



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente



Figura 2: Stralcio da *google earth* con la posizione dell'area di intervento e della variante

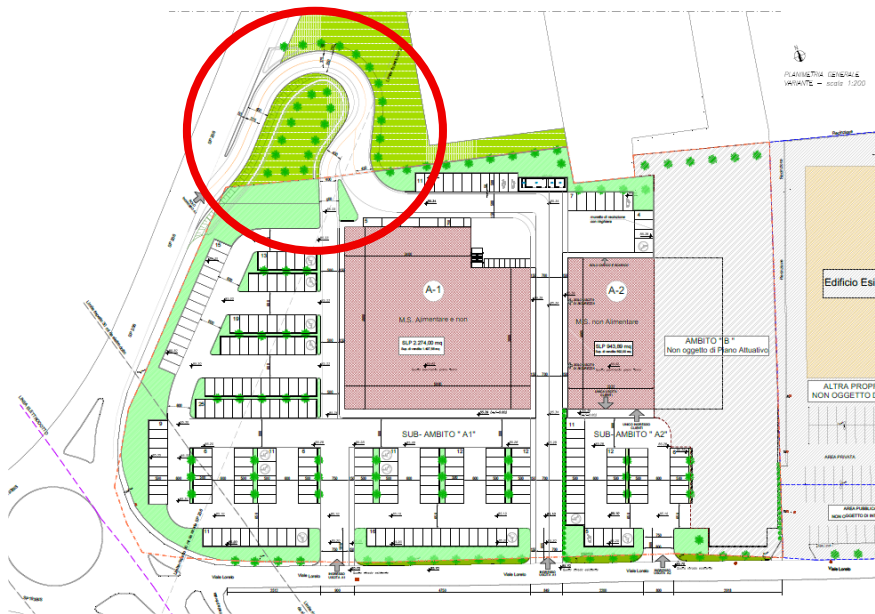



Figura 3: ubicazione indicativa della proposta di variante in oggetto rispetto all'ambito

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Sannazzaro de' Burgondi, come buona parte della bassa pianura Lombarda è costituita da alluvioni di diversa età.

L'apporto alluvionale più consistente si è avuto durante tutto il Quaternario, quando ampie calotte glaciali hanno in più fasi occupato le vallate alpine spingendosi fino alle zone pedemontane. Le acque di fusione glaciale drenate da torrenti e fiumi hanno apportato alle pianure significativi quantitativi di sedimenti. Larga parte della pianura lombarda è costituita infatti per le prime decine di metri da depositi fluviali e fluvioglaciali, principalmente depositatisi nell'ultima grande glaciazione (glaciazione wurmiana). I depositi fluvioglaciali in questione sono tanto estesi da essere indicati in letteratura come "*Livello fondamentale della pianura*".

A tali sedimenti si associano i depositi legati all'azione fluviale dei principali corsi d'acqua e dei loro precursori (paleo – fiumi), nello specifico caso il vicino fiume Po.

I corsi d'acqua mostrano una tendenza nel tempo a variare il proprio corso (divagazione dell'alveo) alternando fasi di deposizione e di erosione dei depositi. Il risultato di tale complessa serie di eventi è riscontrabile nella serie di terrazzi morfologici presenti nelle adiacenze dei corsi d'acqua, costituiti da depositi fluviali di diversa età.

L'area oggetto dell'intervento è caratterizzata dalla presenza di livelli prevalentemente talora limosi , con suolo ben sviluppato di colore bruno, appartenenti ai depositi fluviali e fluvioglaciali del Wurm fl^W (si veda a riguardo la figura successiva , tratta dalla carta geologica classica).

In linea di massima al di sotto del primo livello di coltivo sono presenti livelli sabbiosi, debolmente alterati ed ocracei nel primo metro, passanti a livelli francamente sabbiosi; subordinati livelli più limosi in profondità .

Da un punto di vista morfologico, i pochi elementi di rilievo sono legati alle modificazioni antropiche (soprattutto con le attività agricole e con i riporti argillosi legati all'utilizzo come risaia del sito). Tali elementi morfologici sono relazionati alla presenza di depositi di diversa età e sono spesso obliterati dall'azione dell'uomo.

La zona indagata, così come in generale tutta l'area caratterizzata geologicamente dai depositi wurmiani, presenta quote medie intorno ai 87 m s.l.m (figura 1), leggermente ribassata rispetto alle strade contermini.



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

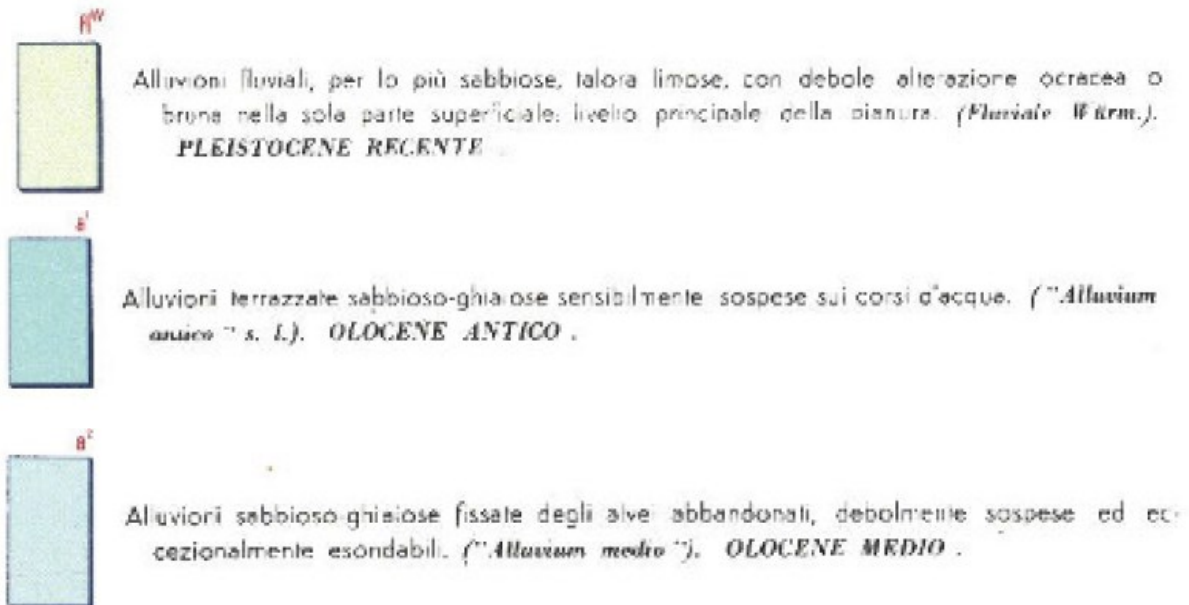
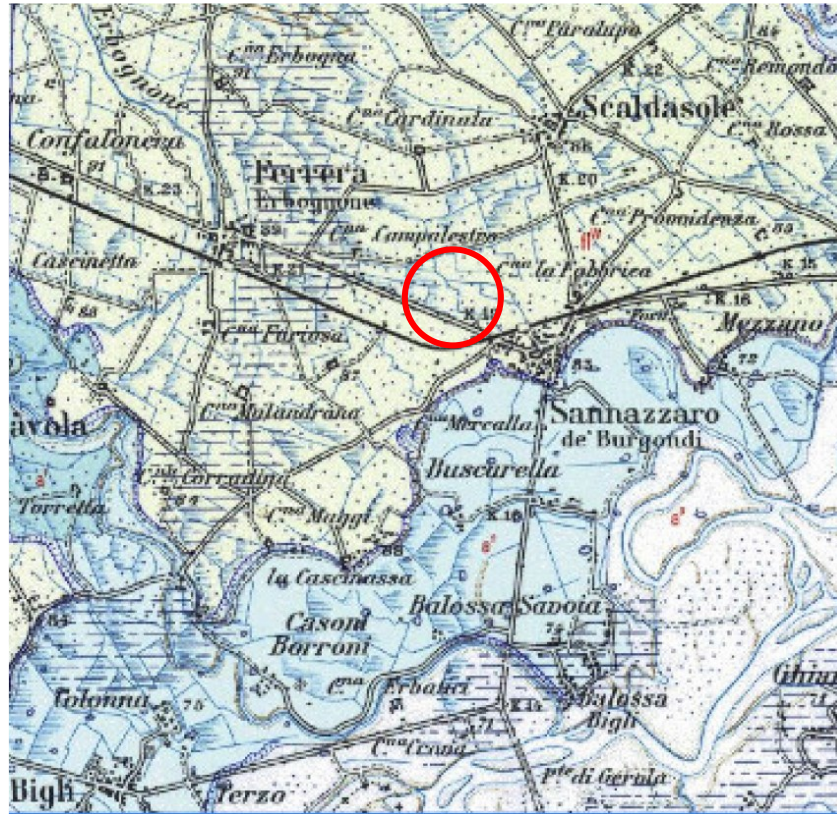


Figura 4: Stralci della Carta Geologica d'Italia 1.100.000 - Foglio 58-Mortara



Dr. Geol. Francesco Serra

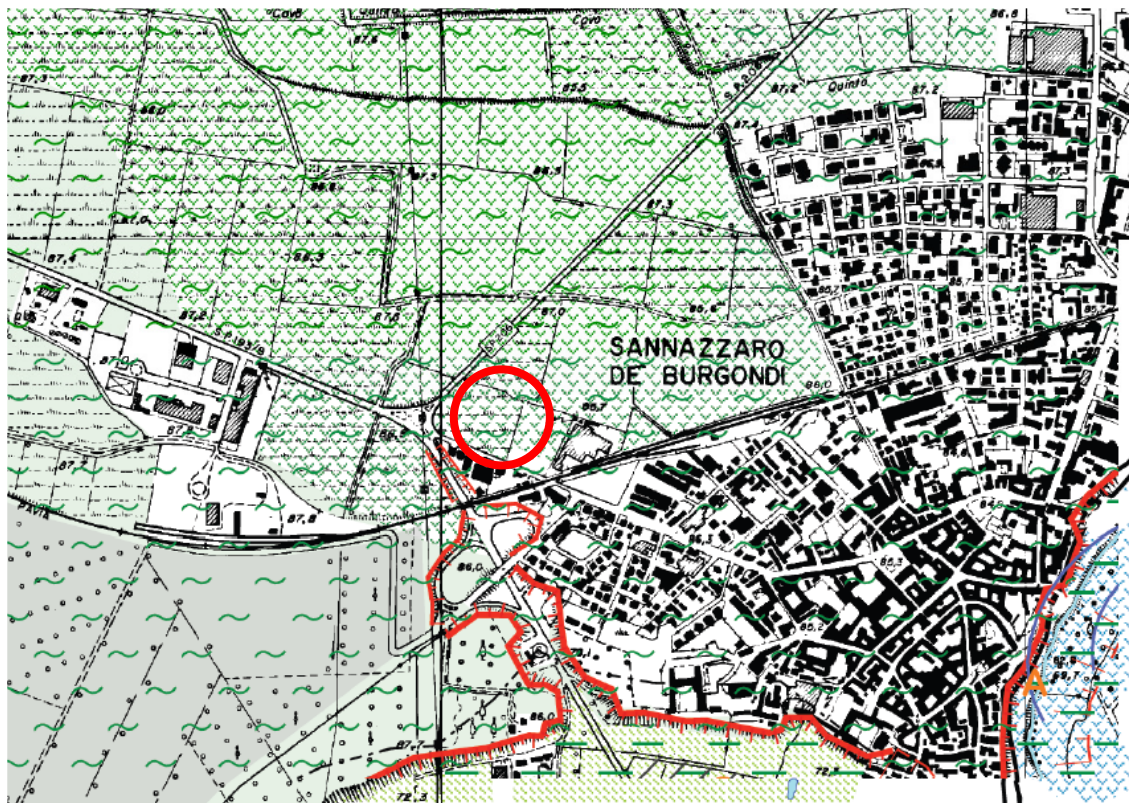
ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

Revisione

Per un maggior dettaglio si riporta lo stralcio della carta geologica geomorfologica e pedologica (figura 5) realizzata nell'ambito dello studio geologico a supporto del PGT del comune di Sannazzaro de' Burgondi (Dr. Maccabruni) che conferma l'attribuzione del sito al Livello Fondamentale della Pianura e non fa rilevare processi geomorfologici significativi per il sito in oggetto. Si segnalano in superficie limi da sabbiosi ad argillosi passanti a sabbie in profondità.







-  **DEPOSITI FLUVIALI RIFERIBILI ALL"ALLUVIUM ATTUALE"**
Terreni costituenti il ripiano alluvionale più recente, da sabbiosi a limosi nella porzione superficiale, con permeabilità da buona a bassa e drenaggio buono.
-  **DEPOSITI FLUVIALI RIFERIBILI ALL"ALLUVIUM MEDIO"**
Terreni costituenti il ripiano sul quale si sviluppano i centri abitati, da sabbioso limosi a limo argillosi nella porzione superficiale, con permeabilità da bassa a molto bassa e drenaggio lento.
-  **DEPOSITI FLUVIALI RIFERIBILI AL "FLUVIALE WURM"**
Terreni costituenti il "livello principale della pianura", da sabbioso limosi a limo argillosi nella porzione superficiale, sabbiosi in profondità, con permeabilità da moderata a bassa e drenaggio da buono a lento.

Figura 5: Stralcio della Carta Geologica , Geomorfologica e Pedologica tratta dallo studio Geologico a supporto del vigente PGT

(studio a cura di Dr. Geol. Alberto Maccabruni, Studio Geol/drotecnico Padano, 2016).

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
		C. Documento	2544_VAR
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		Revisione	

3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 *Aspetti idrologici*

Dal punto di vista idrologico non esistono elementi di particolare interesse per il sito in oggetto.

3.2 *Aspetti idrogeologici*

La struttura idrogeologica di questo settore della Pianura Padana, nelle sue linee fondamentali è ben conosciuta; esiste infatti una ricca documentazione bibliografica di studi e ricerche condotte sia da enti pubblici che privati che hanno permesso di ricostruire con un buon dettaglio la struttura idrogeologica del sottosuolo e a cui si è attinto e fatto riferimento per la redazione della presente relazione.

Nel passato la ricostruzione della struttura idrogeologica ha avuto come principale finalità quella di individuare la geometria e la litologia di quei corpi sedimentari in grado di ospitare degli acquiferi sfruttabili a scopo idropotabile, che rientrano nella terminologia classica di "acquifero tradizionale"; tale acquifero è stato sottoposto nel tempo ad un intenso sfruttamento ed è stato caratterizzato da un progressivo degrado qualitativo. Ciò ha spinto all'utilizzo di falde sempre più profonde, in grado di avere un livello qualitativo soddisfacente per le esigenze idropotabili, portando parallelamente ad acquisire sempre maggiori conoscenze della struttura profonda del sottosuolo e dei rapporti di interconnessione tra i vari acquiferi presenti.

Utilizzando un modello idrogeologico molto generale, gli acquiferi possono essere distinti nel seguente modo:

- 1 - acquifero superficiale, costituito prevalentemente da sabbie più o meno ghiaiose con intercalazioni argilloso-limose prevalenti;
- 2 - acquifero intermedio, costituito da depositi fluvioglaciali più antichi, nei quali prevalgono i limi, con acquiferi sabbiosi che interessano uno spessore fino a quasi duecento metri di profondità;
- 3 - acquifero profondo, costituito prevalentemente da livelli (spessore decametrico) di limi ed argille di colore grigio, talvolta giallastro, con intercalate rare sabbie e ghiaietto (Villafranchiano)

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
		C. Documento	2544_VAR
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		Revisione	

Idrogeologicamente, per quanto riguarda la prima falda si ha una direzione da nord ovest verso sud est, in direzione del fiume Po, con una soggiacenza che nell'area è mediamente intorno ai 9 metri; nelle prove effettuate (maggio 2024, con falda mediamente elevata a causa delle precipitazioni dei mesi scorsi)) la soggiacenza della falda è stata incontrata a 9,8 metri dal piano campagna attuale, confermando il dato riportato nella figura seguente tratta dallo studio geologico a supporto del PGT vigente citato.

Ai nostri fini si può considerare la falda con soggiacenza sempre superiore ad almeno 8 metri dal piano campagna attuale e quindi non interagenti con le fondazioni e gli edifici in progetto.

Da sottolineare come ulteriori elementi di caratterizzazione idrogeologica:

- lo strato areato, fino al livello della falda è eminentemente sabbioso ed ha buone caratteristiche di permeabilità e di smaltimento delle acque meteoriche
- a valle del sito è presente il pozzo idropotabile di via Loreto, di cui si riporta in allegato la stratigrafia
- l'area è compresa nella fascia di rispetto di questo pozzo stabilita con criterio geometrico (fascia dei 200 metri, si veda figura 7), anche se, viste le caratteristiche del pozzo (con primo filtro a 94 metri e la presenza di livelli non permeabili al di sopra per più di una ventina di metri complessivi) si ritiene che si possa presumere la possibilità di ridurre la fascia di rispetto con un criterio idrogeologico fino ai 10 metri della fascia di tutela assoluta, secondo le modalità previste dalla normativa vigente in materia (RR 6/2006 e smi)
- il sito è compreso nel perimetro di rispetto monitorato per fini ambientali in funzione della pericolosità relativa alla Raffineria ENI posta poco più a sud ovest.



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

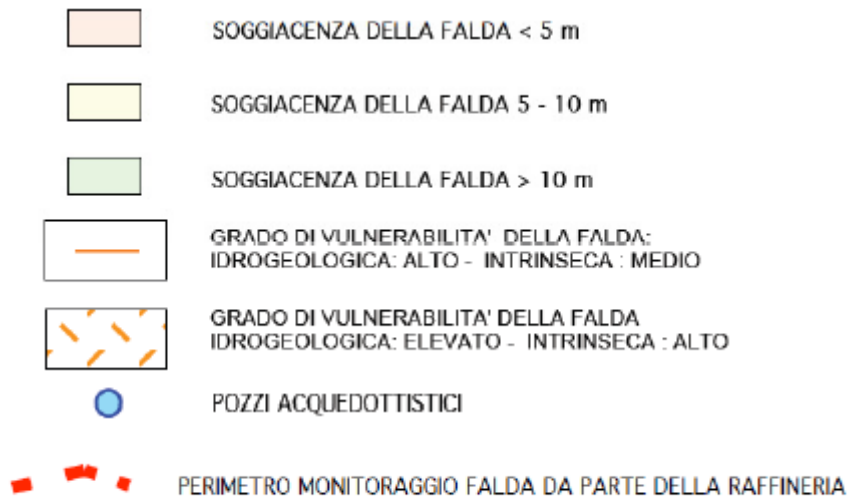
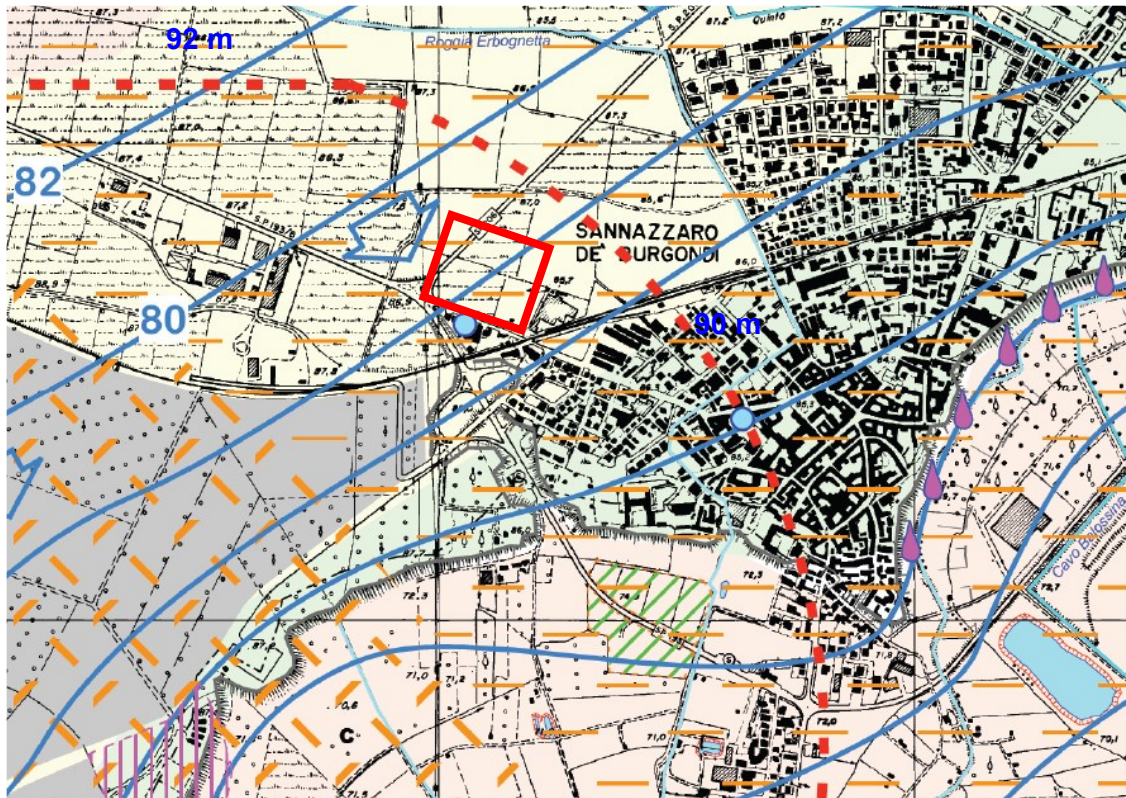


Figura 6: Stralcio "Tavola 2 carta di inquadramento idrogeologico" allegata al PGT di Sannazzaro de' Burgondi ; quota media del sito in esame circa 87,0 m slm

(tratta dallo studio a cura di Dr. Geol. Alberto Maccabruni, Studio Geol/drotecnico Padano, 2016).

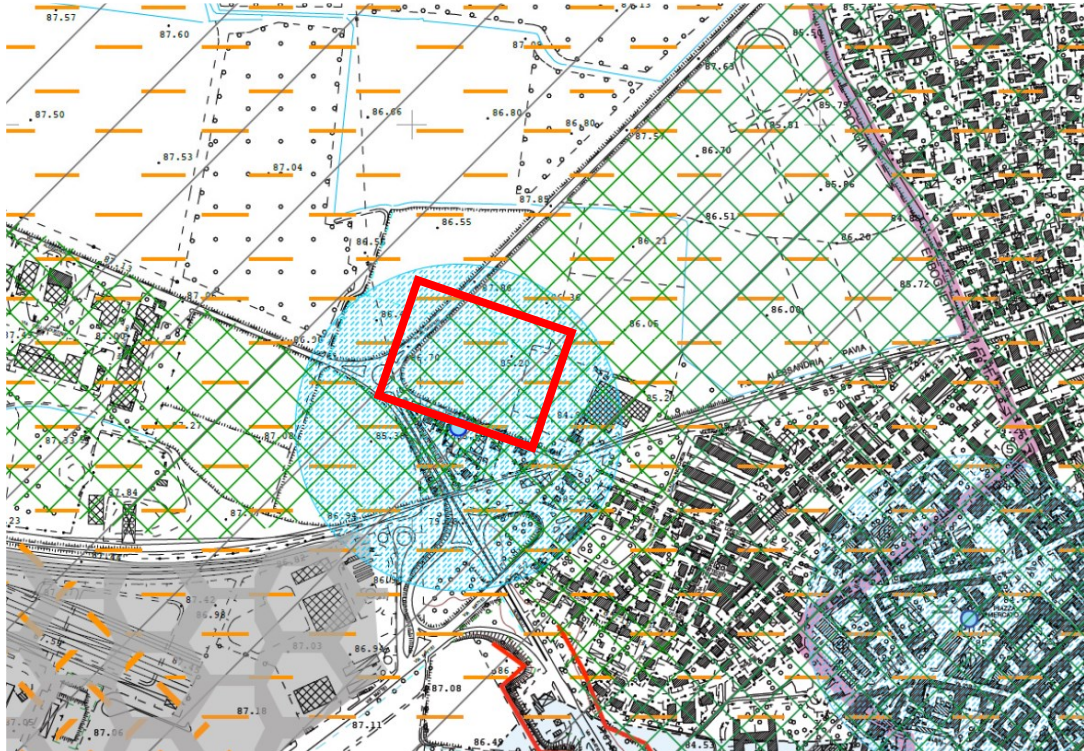


Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente












-  Grado di vulnerabilità idrogeologica: alto - Grado di vulnerabilità intrinseca: medio
-  Grado di vulnerabilità idrogeologica: elevato - Grado di vulnerabilità intrinseca: alto
-  Ambiti Territoriali Estrattivi individuati dal Piano Cave Provinciale (ATE g05, g06, g07)
-  Fascia di rispetto di m 10 dei corsi d'acqua, a partire dal ciglio superiore della scarpata lungo le rive e dal piede esterno degli argini, in assenza del Piano del reticolo idrico approvato
-  Pozzi acquedottistici: area di tutela assoluta (D. Lgs. 152/2006, art. 94)
-  Fascia di rispetto dei pozzi acquedottistici (D. Lgs. 152/2006, art. 94)
-  Alvei abbandonati del F. Po, localmente particolarmente ribassati rispetto al piano campagna
-  Area occupata dalla raffineria ENI spa. Si tratta di uno stabilimento a rischio di incidente rilevante sottoposto a normative nazionali.

Figura 7: Stralcio "Tavola 4A carta dei vincoli" allegata al PGT di Sannazzaro de' Burgondi (tratta dallo studio a cura di Dr. Geol. Alberto Maccabruni, Studio Geol/drotecnico Padano, agg. 2017).

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	


3.3 **Aspetti relativi al rischio di esondazione ed ai piani dell'autorità di Bacino (PRGA e PAI)**

Un aspetto importante da valutare dal punto di vista delle dinamica geomorfologica in qualsiasi intervento pianificatorio e per la verifica di congruità della variante in oggetto è l'osservazione delle aree vincolate per problematiche idrogeologiche, in particolare in riferimento ai Piani dell'Autorità di bacino (fiume PO) costituiti dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

Le cartografie aggiornate sono recuperabili nel geoportale della Regione Lombardia (<https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>) , mentre ulteriori approfondimenti sono disponibili sul sito dell'Autorità di bacino (<https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>)

In Lombardia, dopo l'approvazione del PAI, e sulla base delle disposizioni dettate a suo tempo con la d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365 (poi aggiornata e integrata con successive delibere, fino a giungere alle vigenti d.g.r. 2616/2011, d.g.r. 6738/2017 e 6314/2022), è iniziata la fase di attuazione del PAI in campo urbanistico alla scala locale che ha prodotto un completamento, approfondimento e arricchimento dell'Elaborato 2 del PAI; lo stesso percorso, nonché l'attuazione di interventi di mitigazione/riduzione del rischio, ha portato alla modifica di numerose aree a rischio idrogeologico molto elevato dell'Allegato 4.1 all'Elaborato 2. Infine, per quanto riguarda le fasce fluviali, sono state introdotte nel tempo modifiche a livello d'asta alle fasce fluviali che hanno riguardato il Fiume Lambro, il Fiume Oglio sopralacuale, il Torrente Seveso, il Torrente Cherio, il Fiume Secchia e il Fiume Oglio sottolacuale, i Torrenti Molgora, Trobbie e Rio Vallone, Il Fiume Adda sopralacuale e modifiche locali legate al completamento di interventi di difesa (art. 28 N.d.A. del PAI) hanno riguardato limitati casi (Torrente Rile in Comune di Gallarate, Fiume Adda sopralacuale in comune di Dubino, Fiume Serio in comune di Ghisalba, fiume Adda sottolacuale in comune di Lodi e di Rivolta d'Adda, Torrente Arno in Comune di Albizzate).

Nel geoportale regionale è riportata la **versione vigente** delle mappe della pericolosità (aree allagabili) e del rischio del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA). Le mappe vengono aggiornate secondo le procedure definite nella Direttiva 2007/60/CE (art. 14), nel D. Lgs. 49/2010 (art. 12) e dall'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po con Deliberazione di Comitato Istituzionale n. 4 del 17 dicembre 2015 (art. 9), aggiornata con la

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

Deliberazione di Comitato Istituzionale n. 5 del 7 dicembre 2016 (art. 10). La mappa mostra gli aggiornamenti in corso agli elaborati del PAI (Elaborato 8 - Tavole di delimitazione delle fasce fluviali ed Elaborato 2 - Atlante delle aree in dissesto idraulico e idrogeologico) e del PGRA (Mappe delle aree allagabili) nell'ambito dei progetti di variante adottati dall'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po.

Nel portale sono inoltre riportate le proposte di variante in corso di approvazione, fino al marzo 2025 in un'apposita cartografia che riporta anche il PAI ed il PRGA vigenti.

Dall'osservazione di queste cartografie si evince l'area è lontana e non interessata dagli scenari di pericolosità e di rischio relativi al PAI (Piano Assetto Idrogeologico) ed al PGRA (Piano Gestione del Rischio di Alluvioni del bacino del Po)

Regione Lombardia **Viewer Geografico - Geoportale**



Figura 8: stralcio dal geoportale Regione Lombardia con fasce del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e fasce PRGA (Piano di gestione del Rischio Alluvioni) vigenti, compreso di varianti in corso di approvazione



Dr. Geol. Francesco Serra


ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente



Figura 9: particolare foto precedente rispetto all'area oggetto di variante parziale

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

4. INDAGINI ESEGUITE

Considerato lo stato dei luoghi, le future esigenze progettuali e le indicazioni delle normative, si sono eseguite nella fase di studio in oggetto le seguenti indagini geognostiche, utili anche alla fine di verificare il contesto litostratigrafico e la valutazione della classe di fattibilità :

- Esecuzione di n. 3 prove penetrometriche statiche a punta elettrica CPTU rappresentative delle diverse porzioni dell'area (CPTU 1, spinta fino a 19,3 metri, CPTU 2 e CPTU 3 spinte fino a 10 m da p.c.))
- Esecuzione integrativa di sei prove penetrometriche statiche a punta meccanica a completamento delle informazioni recedenti (CPT 1÷6) spinte alla profondità di 8 metri dal piano campagna
- Esecuzione di undici trincee esplorative (**T1÷T11**) eseguite con escavatore meccanico e spinte fino a circa due metri dal piano campagna per una valutazione diretta delle caratteristiche litostratigrafiche dei primi livelli di terreno eseguite congiuntamente all'indagine Ambientale Preliminare realizzata dalla Tauw
- Realizzazione di due prove infiltrometriche in pozzetto per la valutazione della permeabilità del terreno, eseguite a due quote diverse, rappresentative delle diverse litostratigrafie (prova K1 da -1 ,0 m e prova K2 da -2 ,0 m)
- Raccolta delle indagini contenute nello studio geologico a supporto del PGT vigente già citato con particolare riferimento alla prova sismica MASW effettuata nell'area e la conseguente analisi di secondo livello eseguita sistemi delle normative regionali
- Raccolta ed utilizzo delle stratigrafie più significative disponibili dell'ambito (pozzi idrici, indagini pregresse in aree contigue con pozzetti, sondaggi geognostici), disponibile nelle banche date del comune e Regione Lombardia: (www.cartografia.servizirl.it).

Nella due figure successive si riportano rispettivamente l'ubicazione delle penetrometrie e dei pozzetti esplorativi effettuati; si rimanda agli allegati della relazione geologica di fattibilità 2456 del 18 giugno 2023 citata in premessa per tutta la relativa documentazione.

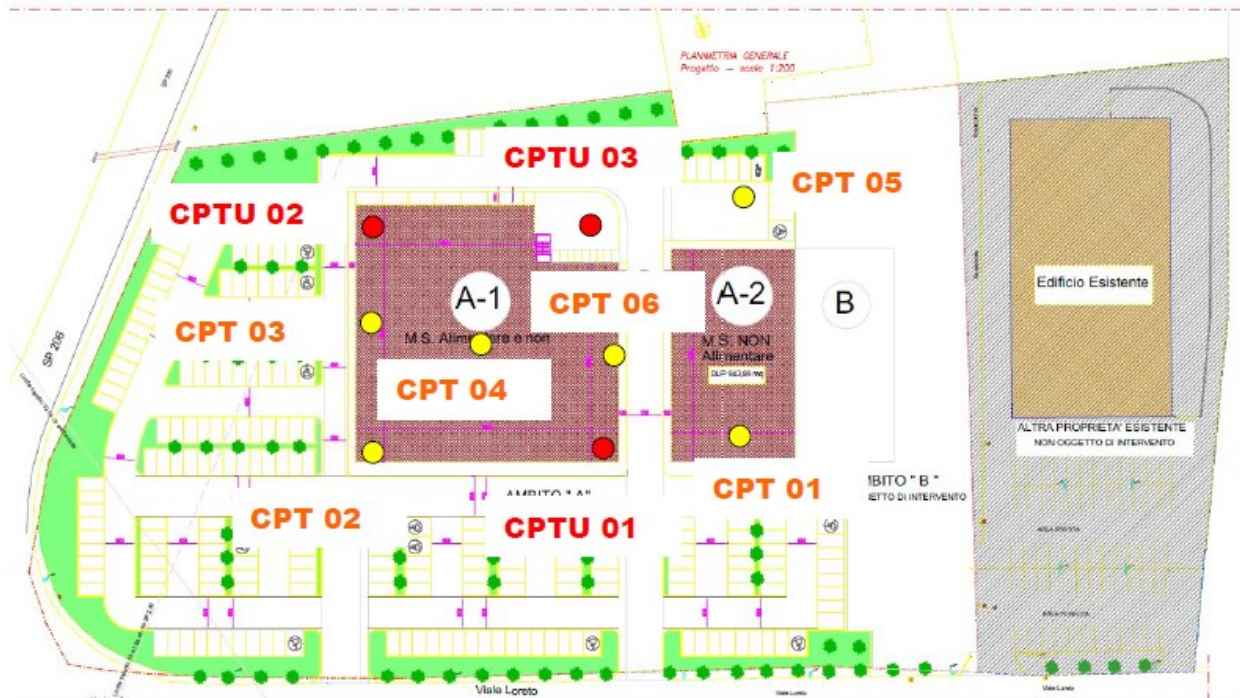


Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente



Ubicazione indicativa penetrometrie statiche CPT (●)

Ubicazione indicativa penetrometrie statiche elettriche con piezocono CPTU (●)

Ubicazione pozzetti per prove infiltrometriche K (●)

Figura 10: Ubicazione penetrometrie eseguite (maggio 2024) e area prove infiltrometriche



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

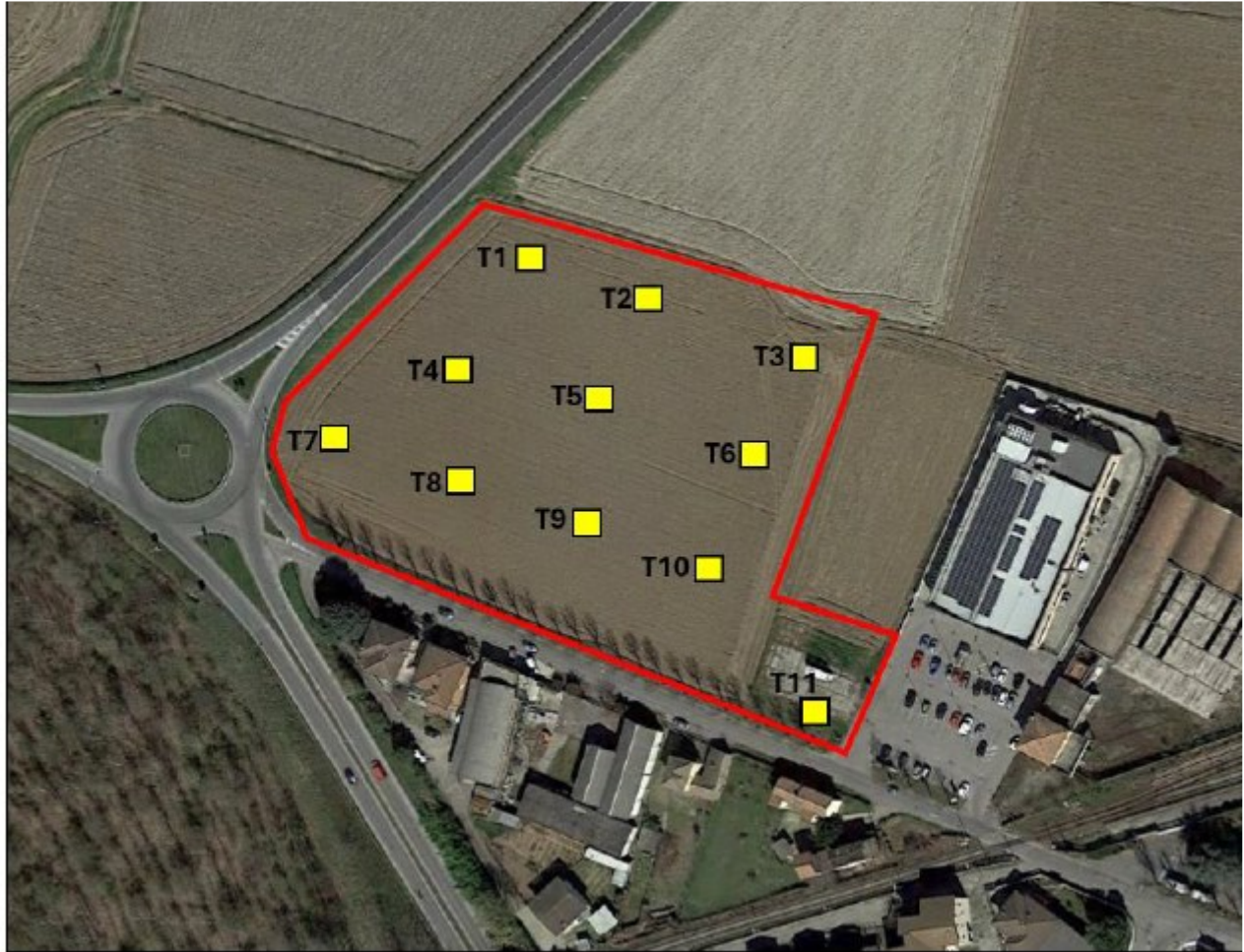



Figura 11 : Ubicazione pozzetti esplorativi TAUW per indagini ambientali di riferimento (maggio 2024)

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

5. ASPETTI SISMICI

L'emanazione dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 ha determinato la classificazione sismica del territorio nazionale attraverso la definizione di 4 zone sismiche.

Questa classificazione è stata definita ed integrata dalla vigente D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 (figura seguente). Secondo questa classificazione il comune di Sannazzaro de' Burgondi, appartiene **alla zona sismica 3;** in particolare la **Delibera citata definisce per Sannazzaro il valore di accelerazione massima pari a 0,067871.**

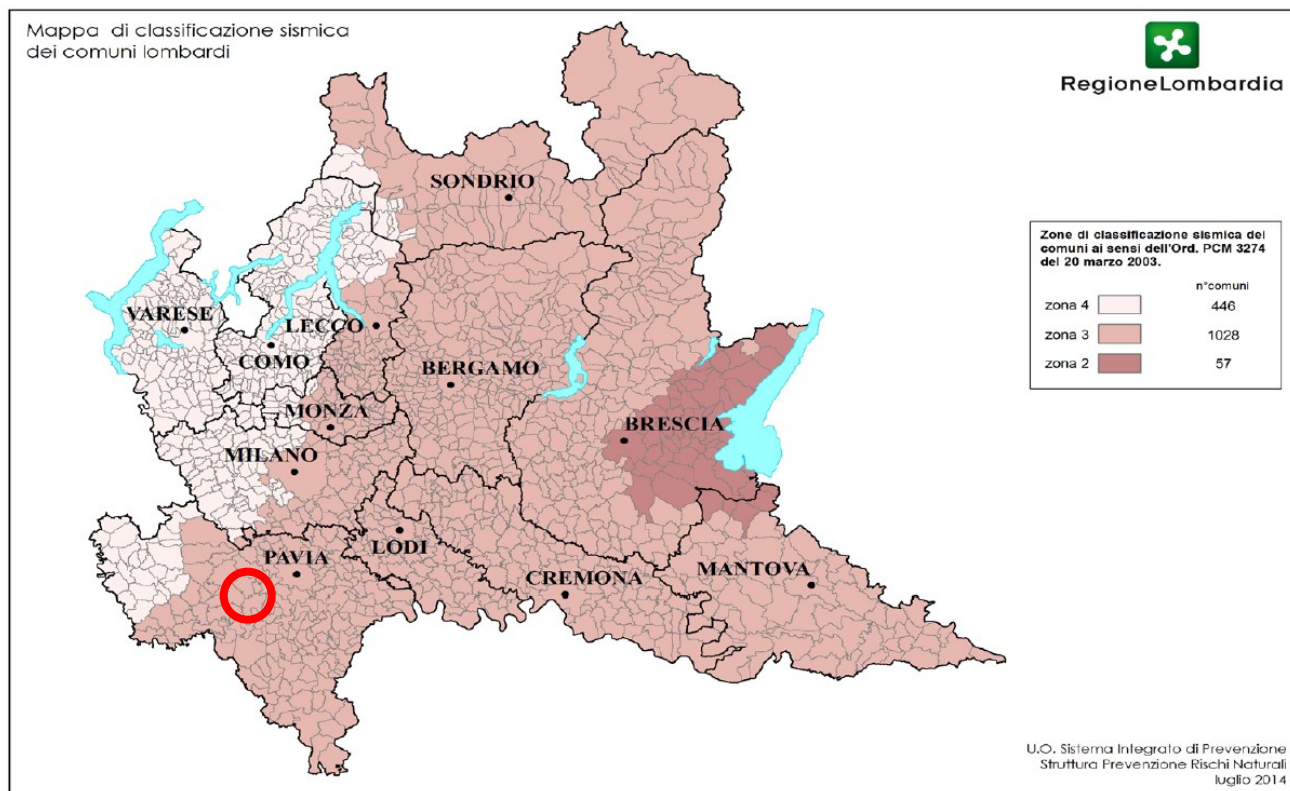



Figura 12: classificazione sismica dei comuni della Lombardia

(D.G.R. n.X/2129, 11 luglio 2014).

5.1 Zona pericolosità sismica

Il punto di partenza per la valutazione della pericolosità sismica sitospecifica sono le mappe prodotte dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia); la mappa della figura seguente, centrata sul nostro sito, rappresenta il modello di pericolosità sismica con i valori di scuotimento

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

PGA (*Peak Ground Acceleration*), espressa in termini di g (accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido di classe A ($V_{s30} > 800$ m/s).

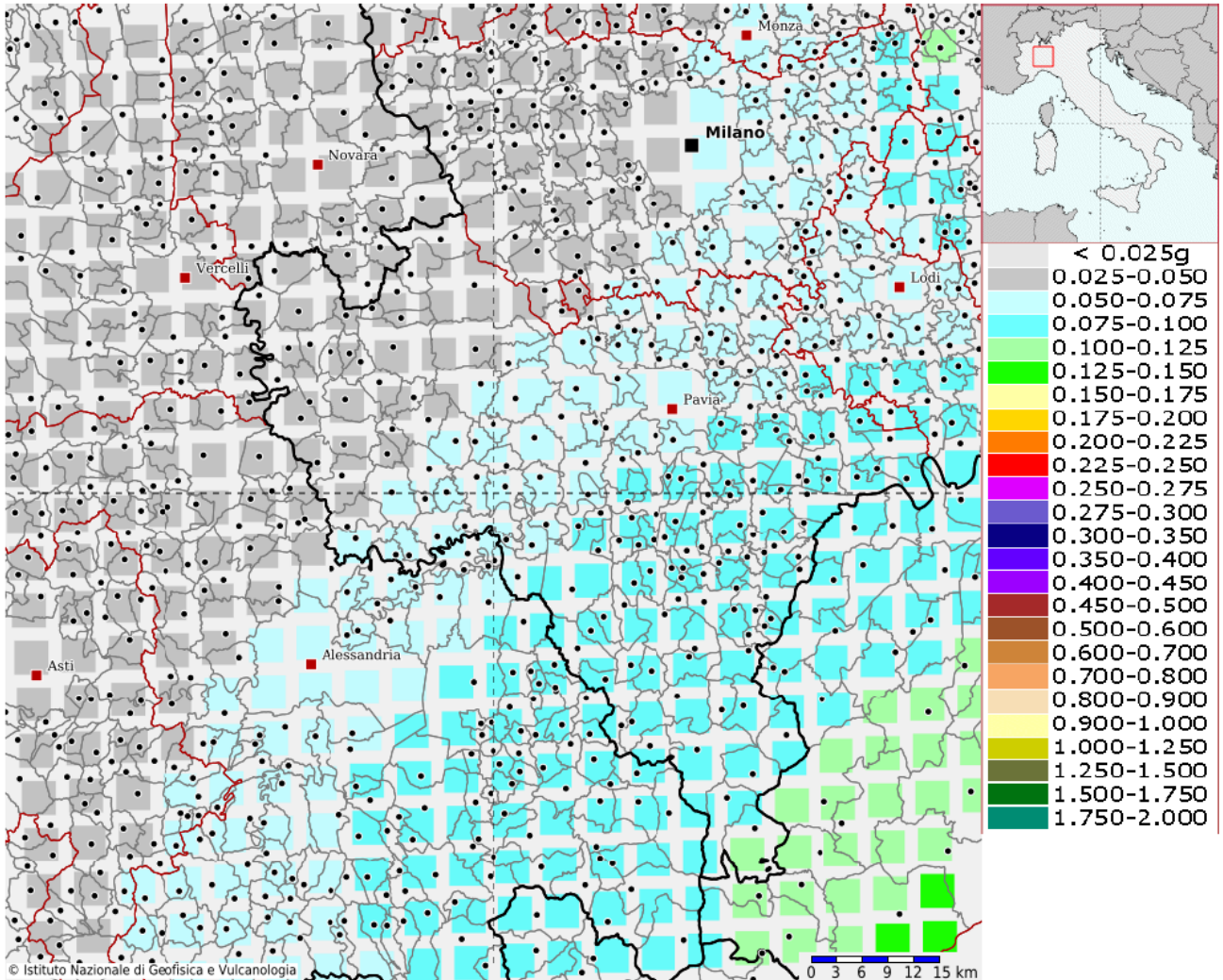


Figura 13 : mappa di pericolosità sismica centrata sul sito in oggetto

Di seguito si riportano le curve di pericolosità intesa come l'insieme dei valori di scuotimento (sempre riferito alle PGA), per diverse frequenze annuali in un rapporto inversamente proporzionale fra eccedenza e periodo di ritorno. Vengono riportati nel grafico e nella tabella collegata i valori di PGA al 16°, 50° e 84° percentile.

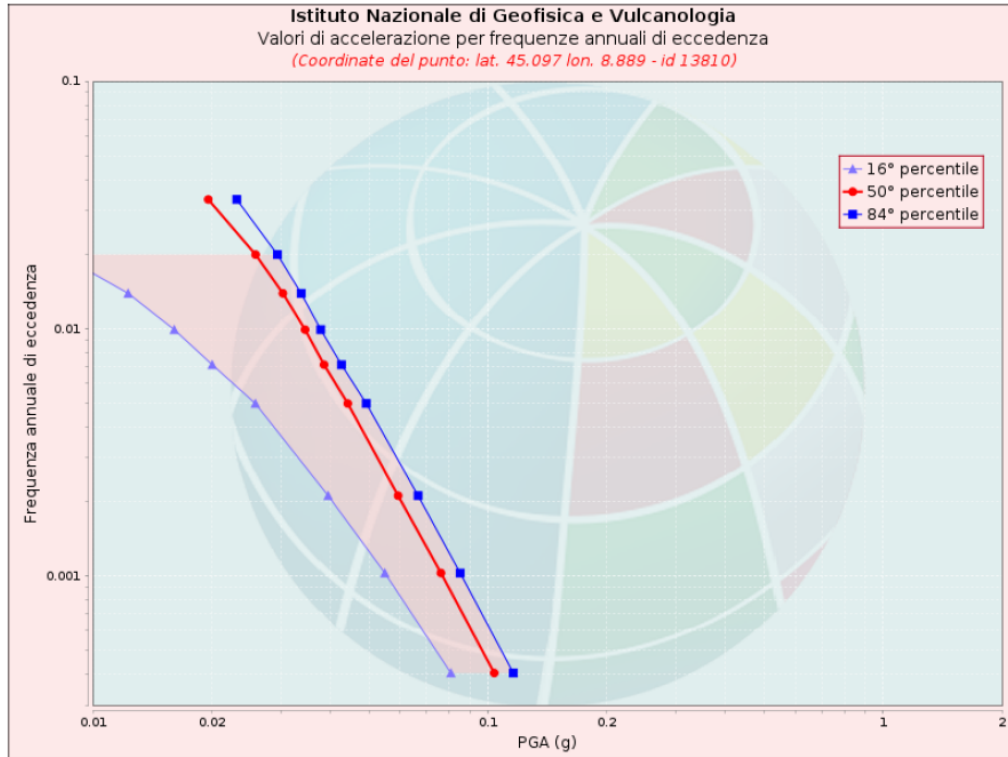


Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente



Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.081	0.104	0.116
0.0010	0.055	0.076	0.085
0.0021	0.039	0.059	0.067
0.0050	0.026	0.044	0.049
0.0071	0.020	0.039	0.043
0.0099	0.016	0.034	0.038
0.0139	0.012	0.030	0.034
0.0199	0.008	0.026	0.029
0.0332	0.000	0.020	0.023

Figura 14 : diversi valori di scuotimento delle PGA nel sito (grafico e tabella)

Nella successiva figura si riportano gli spettri a pericolosità uniforme riferiti al 50° percentile fra i zero ed i due secondi a secondo delle diverse probabilità di eccedenza in 50 anni (da 2% a 81%)

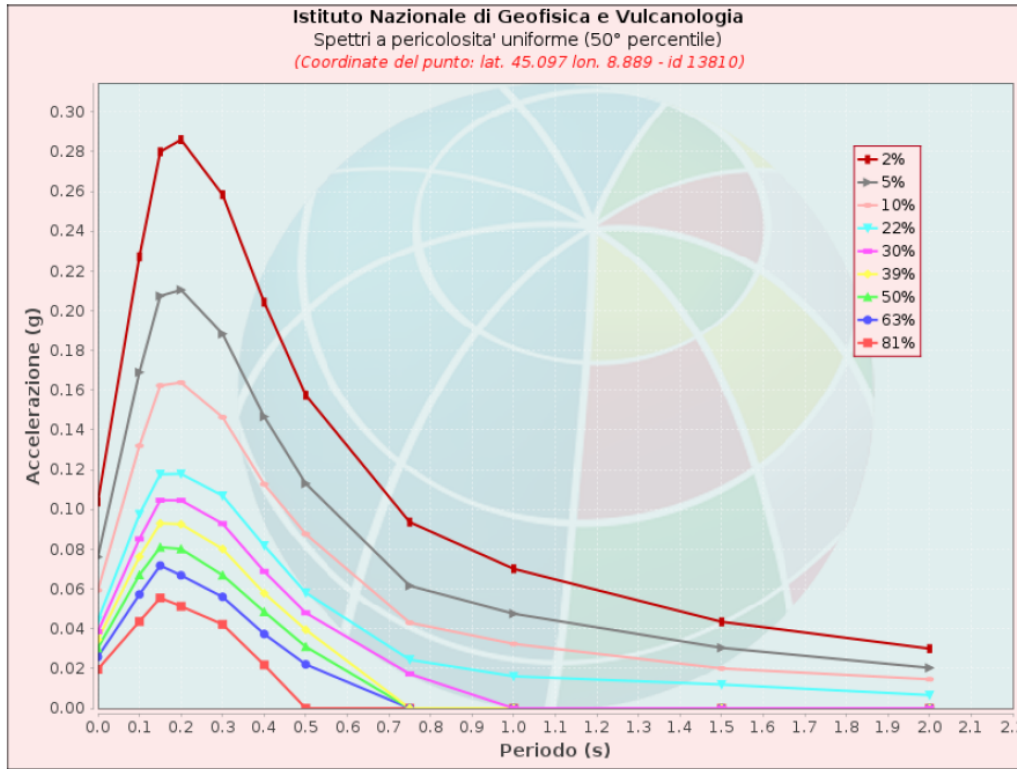


Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	


Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.104	0.227	0.280	0.286	0.258	0.204	0.158	0.094	0.070	0.044	0.030
5%	0.076	0.169	0.207	0.210	0.188	0.147	0.113	0.062	0.048	0.030	0.020
10%	0.059	0.132	0.162	0.164	0.146	0.113	0.088	0.043	0.032	0.020	0.015
22%	0.044	0.098	0.118	0.118	0.107	0.082	0.058	0.024	0.016	0.012	0.007
30%	0.039	0.085	0.105	0.105	0.093	0.069	0.048	0.017	0.000	0.000	0.000
39%	0.034	0.076	0.093	0.093	0.080	0.058	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	0.030	0.067	0.081	0.080	0.067	0.049	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
63%	0.026	0.057	0.072	0.067	0.056	0.037	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.020	0.044	0.055	0.051	0.042	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 15 : spettri a pericolosità uniforme per 50° percentile (grafico e tabella)

A completamento di questa analisi statistica relativa al sito viene fornita da INGV un grafico di disaggregazione ed una tabella che fornisce la coppia di valori fra valore di Magnitudo e

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

distanza epicentrale dal sito in esame, molto utile come elemento informativo per la scelta del terremoto di progetto.

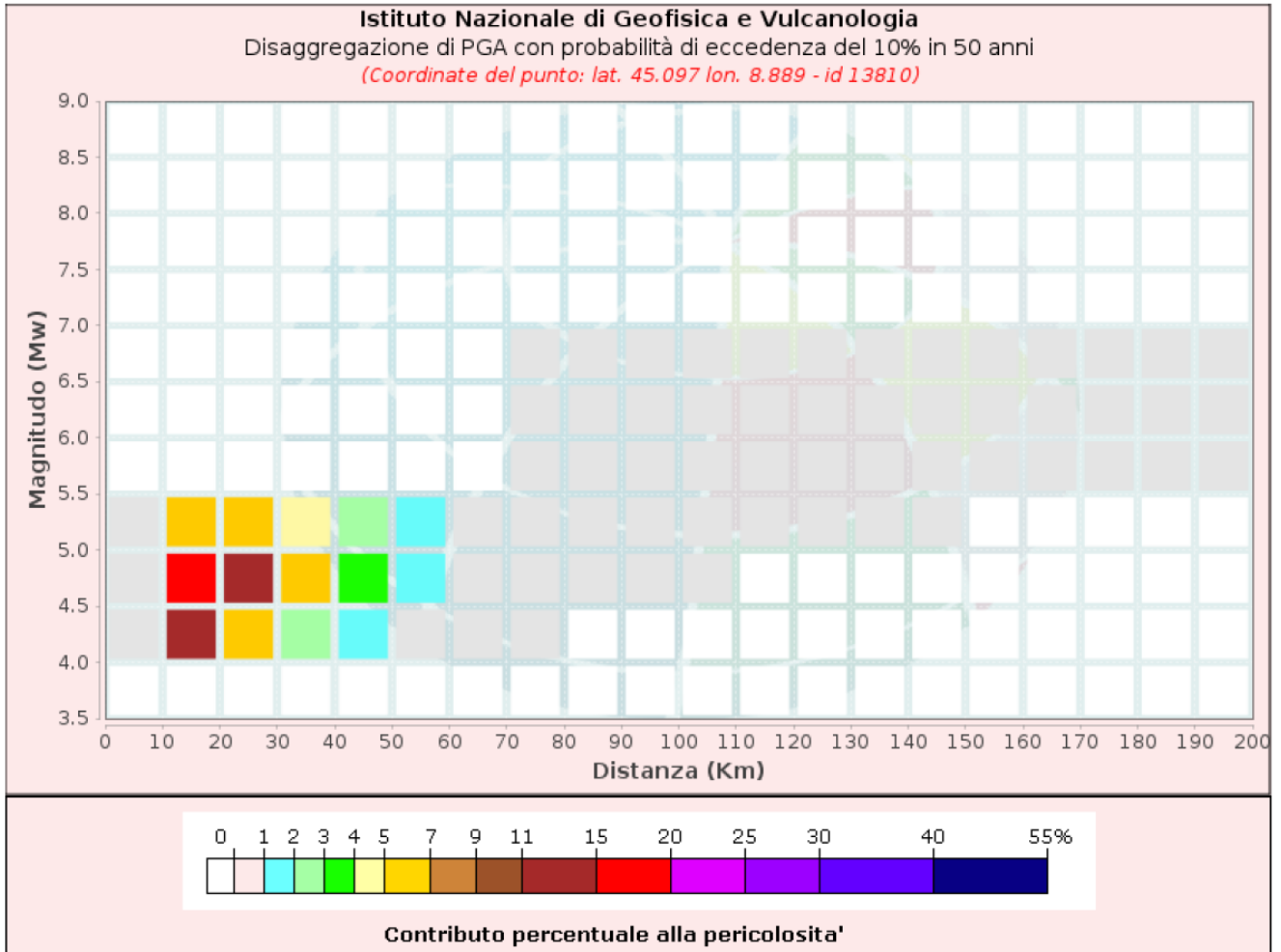


Figura 16: contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale dal sito in oggetto (grafico di disaggregazione)



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.7790	0.9940	0.3200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	1.1000	16.7000	6.7400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	5.9100	12.9000	6.9500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	2.9300	6.7000	4.6500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	1.0200	3.0500	2.6600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.2000	1.1800	1.3500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0017	0.3120	0.5960	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0072	0.3530	0.7590	0.3490	0.0812	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.2320	0.9970	0.9650	0.4180	0.0762	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0563	0.5640	0.6980	0.2990	0.0577	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0053	0.2610	0.4650	0.2570	0.0513	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.1130	0.3420	0.2870	0.0496	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0593	0.3300	0.3940	0.0449	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0247	0.3310	0.4460	0.0405	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0056	0.3210	0.4870	0.0350	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2350	0.4620	0.0299	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1370	0.3850	0.0240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0566	0.2230	0.0182	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0094	0.0532	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0028	0.0298	0.0093	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.89 ; distanza = 35.2 ; epsilon = 1.22

Tabella 1 : tabella relativa ai valori della figura precedente

Da cui si evince che il valore medio di Magnitudo è inferiore a pari a 4,89; se però, come consigliato da diversi autori (Aiello, 2012) consideriamo, con un criterio molto conservativo, tutti i dati disaggregati otteniamo per distanza 0÷50 Km (si veda riquadro rosso in tabella precedente) :

- M 4,0-4,5 = 22,73%
- M 4,5-5.0 = 40,34 %
- M 5,0-5,5 = 21,32%

Per una percentuale complessiva pari a 84,4 % che suggerirebbe di utilizzare come magnitudo massima un valore molto conservativo di Mw= 6.0

A completamento si riportano i parametri sito specifici dei valori dei coefficienti sismici per la categoria di suolo C e dei parametri a_g , F_0 e T^*c per classe nominale IV (funzioni pubbliche e d uffici strategici) .

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

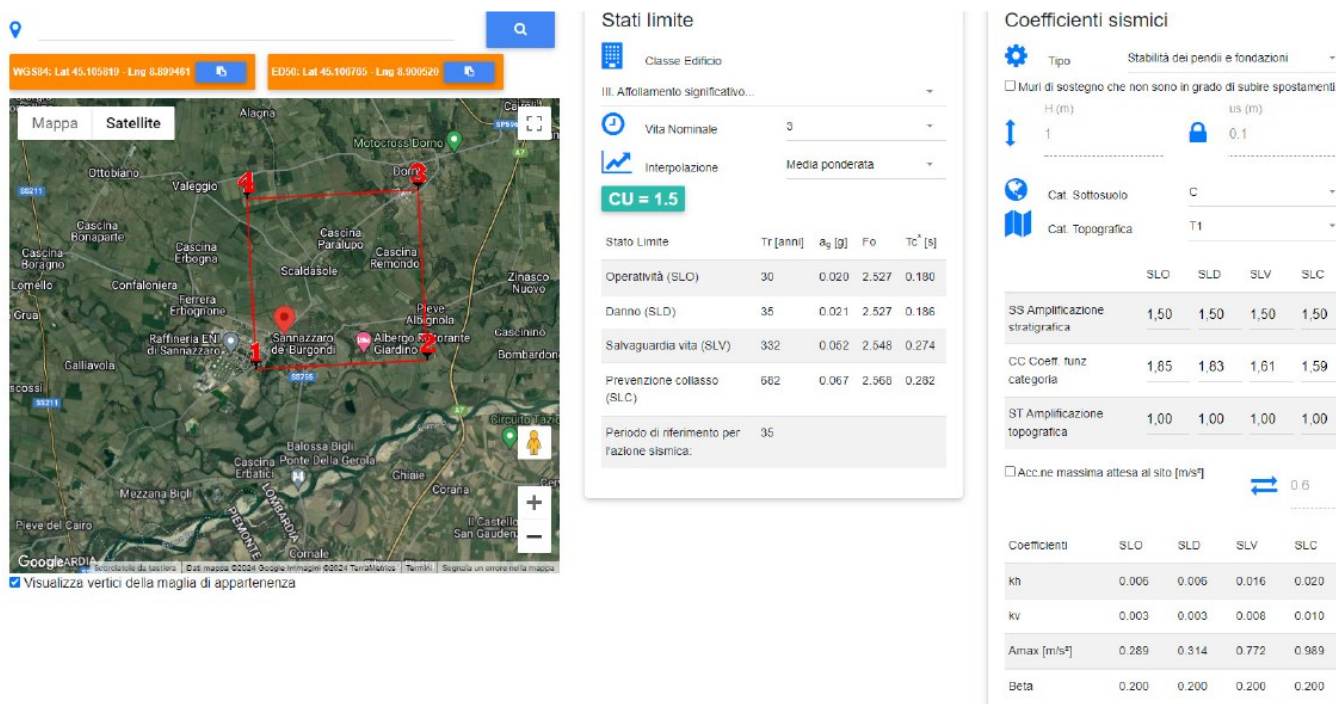



Figura 17 : i parametri sito specifici dei valori dei coefficienti sismici per la categoria di suolo C e dei parametri a_g , Fo e T*c per classe nominale II (da sito *Geostru: gestione dei parametri sismici*)

5.2 Modello sismico monodimensionale, pericolosità sismica locale e categoria di suolo

Sulla base della normativa vigente e dello studio geologico allegato alla variante di PGT vigente si rileva che l'area in oggetto è interessata dall'amplificazione litologica relativa ai depositi alluvionali di pianura granulari e/o coesivi, appartenenti alla classe Z4a.

L'analisi di secondo livello consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi per l'area in oggetto e si concretizza con la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (FA).

La valutazione del fattore FA, tenuto conto delle caratteristiche dell'area in esame (zona sub-pianeggiante), viene condotta per uno scenario suscettibile di amplificazione di tipo litologico o stratigrafico, ovvero viene "quantificato" l'effetto delle condizioni litostratigrafiche locali in grado di modificare l'intensità delle onde sismiche generate da un terremoto.

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

La procedura prevede il confronto del valore di FA caratteristico dell'area rispetto al valore di FA caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita: tale valore, detto "di soglia", è contenuto in un apposito elenco redatto dalla Regione Lombardia.

Nei capitoli successivi e nella determinazione dei valori di FA si è fatto riferimento a quanto contenuto ed indicato nell'Allegato 5 della D.G.R. n. 9/2616 del 30.11.2011.

Nel caso presente si è fatto riferimento all' "Approfondimento sismico di secondo livello" redatto dal dr. Geol. Alberto Maccabruni (febbraio 2017) di cui si prende atto e nell'ambito del quale si è eseguita una delle 5 prove MASW eseguite, in particolare la numero L1.

La prova Masw, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde di taglio S con la profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Di seguito si riporta il modello di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ricostruito a partire dal profilo MASW L1 citato :

Spessore	Profondità	Vs (m/sec)
1,2	0,0-1,2	147
1,5	1,2-2,7	181
2,6	2,7-5,3	218
2,6	5,3-7,9	230
3,3	7,9-11,2	249
5,3	11,2-16,5	237
5,6	16,5-22,1	281
7,9	22,1-30,0	319

Tabella2: modello sismico monodimensionale di riferimento (op. cit.)

A partire dal profilo Vs-profondità ricostruito per l'area in esame (figura seguente) è possibile calcolare la categoria di sottosuolo, a partire dal valore delle $V_{s,eq30}$, a secondo del piano di partenza preso a riferimento.

Si fa presente che nel nostro caso si fa riferimento inizialmente al piano campagna nel punto dove è stata eseguita la prova.



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

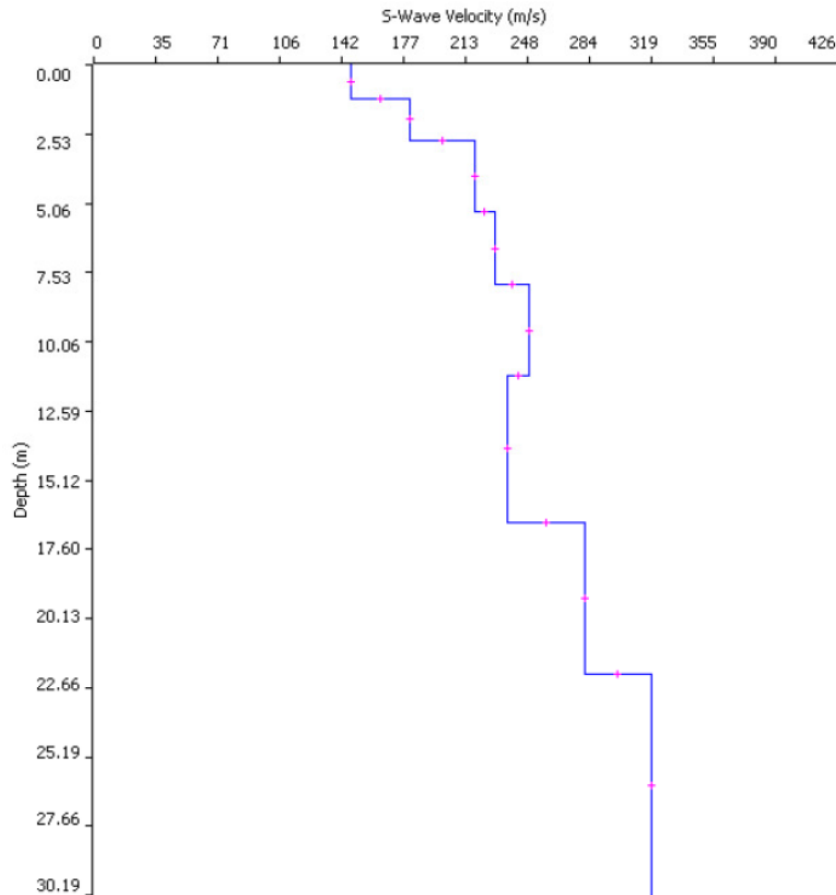


Figura 18: grafico velocità onde S (m/s) / profondità (m) (op. cit.)

Per il calcolo delle $V_{s,eq30}$ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 17.01.2018 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

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

dove H_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, (in m/s) per un totale di N ; H è la profondità in m del substrato simico ($V_s \geq 800$ m/s), pari a 30 metri se la sua profondità è superiore a questa.

Utilizzando la formula sopra riportata si può stimare la categoria di suolo, secondo quanto definito dalle NTC 2018 (tabella seguente) alla profondità fondazionale richiesta.

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

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

Tabella 3: secondo il capitolo 3.2.2 del DM. 17.01.2018 (NTC), tabella 3.2.II

Di seguito si riporta il valore riferiti a tre quote di riferimento

Quota (m)	$V_{(s,eq)} 30$ (m/s)	Categoria di Suolo
p.c.	250	C

Tabella 4: categoria di suolo (dalla MASW di riferimento)

Si evince che i valori medi di V_{s30} sono tipici per la categoria di suolo.

5.3 Analisi sismica di secondo livello e categoria di suolo

Come espressamente previsto nell'allegato 5 alla DGR 2616/2011 quando, come nel caso in esame, il sito in oggetto presenta uno scenario di pericolosità sismica locale (PSL) vanno previste verifiche e modellazioni con un'analisi di II° livello ed eventualmente III° livello.

Il secondo livello è applicabile nel nostro caso in quanto :

- sono assenti fenomeni 2D legati alla risonanza del bacino
- sono assenti inversioni di velocità significative
- i contrasti di impedenza sismica sono <3
- i valori di V_{sh} sono > 250 m/s



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

Per l'analisi vengono utilizzati i dati della prova MASW; pertanto, come già detto, il **livello di attendibilità**, derivante da indagini sismiche dirette, è da considerarsi **alto** ai sensi della tabella 2 dell'allegato 5 alla DGR IX/2616 del 2011.

Individuazione della scheda di valutazione

Sulla base della natura litostratigrafica dei terreni indagati e, soprattutto, dell'andamento delle Vs con la profondità ricostruito per il sito in esame, si è utilizzata la scheda litologica di riferimento più pertinente fra quelle proposte nell'allegato 5 della DGR citata, che è risultata essere quella denominata come "sabbiosa"

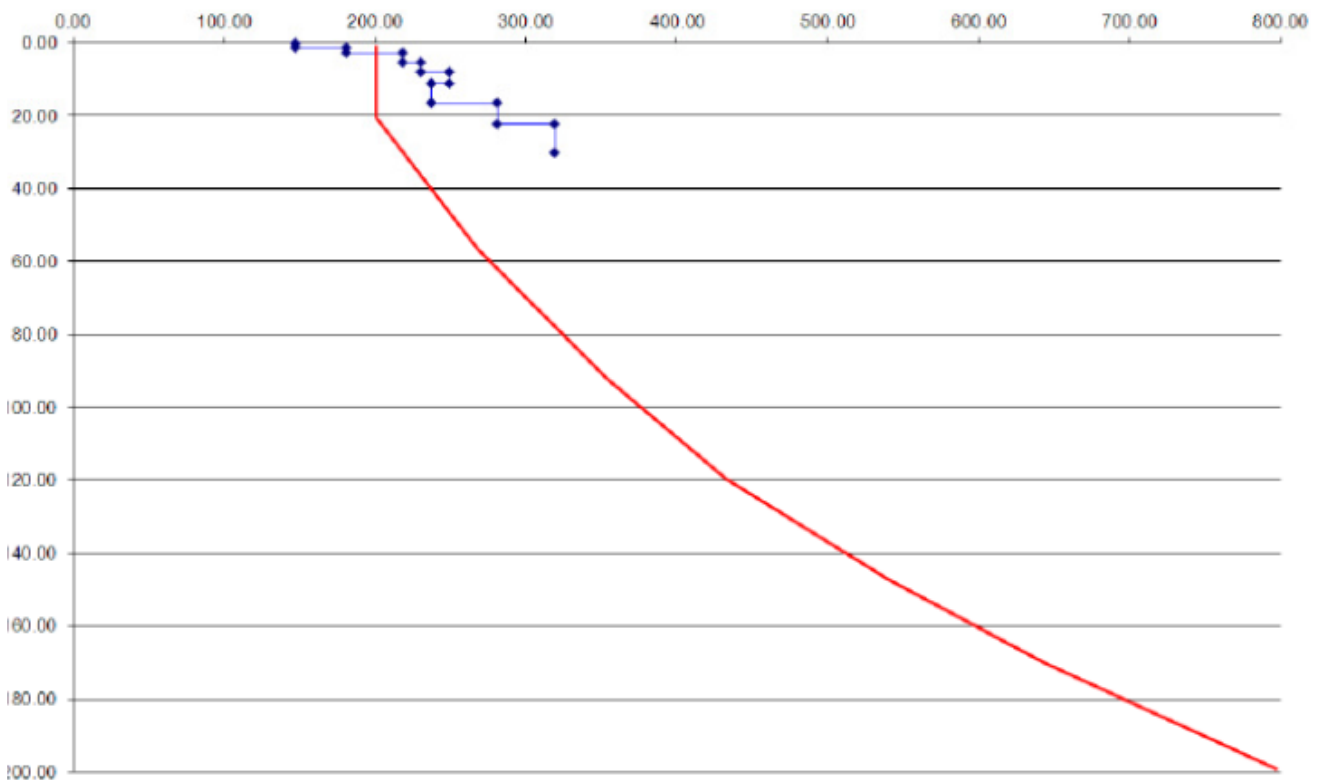


Figura 19: campo di validità litologia sabbiosa per la Vs misurata nella MASW L1 (op. cit.)

Di seguito si riporta la scheda "litologia sabbiosa" in oggetto.



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

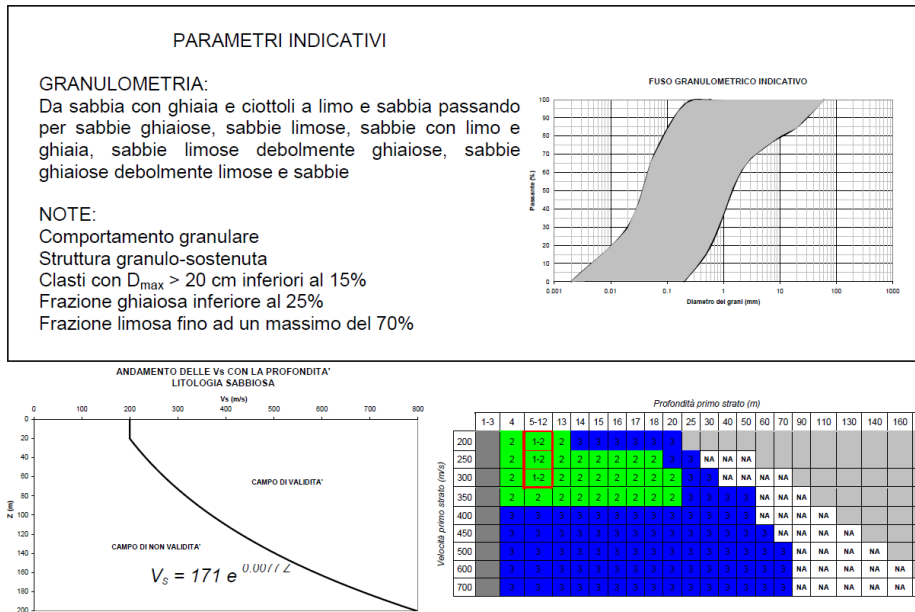


Figura 20: scheda litologia sabbiosa, prima parte (all. 5 DGR IX/2616 del 2011)


Dall'analisi effettuata, per valori dei periodi di ritorno T delle strutture compresi fra 0.1s÷0.5s si sono ottenuti fattori di soglia $F_a \approx 1,0$, mentre per valori dei periodi di ritorno T delle strutture compresi fra 0.5s÷1.5s si sono ottenuti fattori di soglia $F_a \approx 1,8$

Per cui, essendo la soglia per il suolo C fissata, per il comune di Sannazzaro de' Burgondi in 1.9 per edifici bassi e pari a 2,4 per edifici alti, si ottiene che

Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)

per cui si prescrive :

- **di adottare qualsiasi sia la quota di base delle fondazioni la categoria di suolo C nelle valutazioni progettuali delle strutture per gli edifici in esame per qualsiasi periodo proprio T**

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

5.4 Verifica alla liquefazione

Le NTC attualmente in vigore propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni; in particolare la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze :

- a) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,1 g
- b) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna
- c) depositi costituiti da sabbie pulite con $NSPT_{(60)} > 30$ o $q_{c1N} > 180$
- d) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figure riportate in normativa (prevalenza componente sabbiosa e limosa)

Per una valutazione del potenziale di liquefazione le prove penetrometriche statiche a punta elettrica con piezocono sono sicuramente quelle che forniscono i più affidabili risultati in assoluto, fra le prove di campagna.

Nel nostro caso si sono analizzate con diverse ipotesi di calcolo i valori ottenuti dalla prova CPTU 1 utilizzando il software specifico **Liquef.exe** (autori A. Marcellini, J. Facciorusso, D. Gerosa, 2017) ; questo programma consente di effettuare il calcolo del potenziale di liquefazione e degli indici di severità di liquefazione a partire dai risultati di una prova CPTU o CPT, utilizzando il metodo di Robertson 2009 (*ROB09 – Robertson, P.K. 2009. Performance based earthquake design using the CPT Proceeding, IS- Tokio 2009, June 2009, Tokio, Jaan, pp.23-20*).

Nelle simulazioni si sono utilizzati un valore di magnitudo di riferimento pari a 6,0 M_{max} , con una profondità indicativa della falda pari a 8,0 metri ed un'accelerazione massima a_{max} non inferiore a 0,1 ; sono valori che si considerano adeguatamente conservativi e congrui rispetto al sito ed all'opera in oggetto

Rimandando alla relazione geologica R3 citata in premessa (2456/ 2023) a disposizione negli archivi societari, si possono in sintesi trarre le seguenti conclusioni :


- Per la CPTU esaminata risulta verificata sostanzialmente come a POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE NULLO, con un indice IL massimo calcolato pari a zero
- L'indice di probabilità di liquefazione con una profondità critica di 10 m. è trascurabile (0,001 % massimo)

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>			

Da tutte queste considerazioni si ritiene l'area in oggetto come non liquefacibile in particolare per l'elevato addensamento dei terreni in zona satura.

5.5 Categoria topografica

Come si evince facilmente dall'areofotogrammetrico comunale (in scala 1:5.000) l'area in oggetto è pianeggiante e quindi, ai sensi della tabella 3.2.III del capitolo 3.2.2 delle NTC2018 corrispondente alla categoria topografica T1 (con coefficiente topografico $S_T = 1,0$).

 Dr. Geol. Francesco Serra	ONE ITALY srl Sub ambito "A" di trasformazione commerciale via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)	Data	Maggio 2025
		N. Commessa	2544
<i>Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente</i>		C. Documento	2544_VAR
		Revisione	

6 MODELLO GEOLOGICO

6.1 Analisi stratigrafica e sezioni geologiche

I risultati delle indagini disponibili confermano sostanzialmente la successione stratigrafica tipica di questo settore del sottosuolo di Sannazzaro de' Burgondi, come si evince anche dalla stratigrafia del pozzo pubblico idropotabile di via Loreto ubicato poco a sud del sito (si veda stratigrafia in allegato)

Al di sotto di un primo livello con spessori decimetrici di suolo agrario a prevalente componente argilloso e limitate aree con riporti, il terreno naturale è sostanzialmente costituito da sabbie con subordinate intercalazioni più limose e o argillose; in particolare è evidente un primo livello sabbioso con spessore di circa un metro che presenta una certa alterazione e di colore nocciola ocraceo a cui seguono sabbie nocciola biancastre; alcuni livelli limoso sabbiosi e/o limoso sabbiosi sono segnalati intorno ai 5+6 metri e con una maggior frequenza fra i 10 ed i 15 metri di profondità, in un contesto comunque prevalentemente incoerente e sabbioso

La falda, trovata nelle prove eseguite nel maggio del corrente anno, in un periodo ad elevata piovosità, ad una profondità di circa 9,8 metri può oscillare mediamente fino ad un minimo di otto metri dal piano campagna attuale, valore da assumere come falda di progetto.

6.2 Modello geologico e di prima caratterizzazione geotecnica

Dai risultati sin qui ottenuti è possibile schematizzare un modello geologico e di prima caratterizzazione geotecnica dell'area in oggetto, base di partenza per le considerazioni successive che andranno sviluppate in fase progettuale. Nella seguente tabella verrà descritto uno schema del modello individuato a partire dalle indagini effettuate, che conferma il quadro di riferimento dello studio geologico a supporto del PGT vigente.

La descrizione litologico - tecnica è stata effettuata secondo le norme di classificazione della Associazione Geotecnica Italiana A.G.I., 1977.

Pertanto il modello geologico e sismostratigrafico di riferimento (può essere così schematizzato nelle seguenti unità.

Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Dr [%]	ϕ'	Cu kPa	Mod. E [MPa]	Profondità da p.c. [m]	Litologia	Note
R	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.0/0.5	Terreni agrari argillosi	In alcuni punti T1, T3 e T11, riporti con macerie puntuali e spessore ordine di uno/due metri, da rimuovere
A	18.5	40-60	32-36°	0	10-20	0,5÷1,0	Sabbie fini limose di colore nocciola giallastro/ocraceo	comportamento incoerente (permeabilità $1 \cdot 10^{-3}$ m/s)
B	18	40-60	34-36°	0 (200)	20-60	1,0÷4,5	Sabbie fini e medie prevalenti colore nocciola chiaro	comportamento incoerente (permeabilità $6 \cdot 10^{-3}$ m/s)
C	18.5	20-50	30-32°	(200-500)	20-40 →100	4,5÷20,0	Sabbie prevalenti con intercalazioni limoso sabbiose e/o limoso argillose subordinate, più frequenti intorno ai 5 – 6 ed intorno ai 10-15 m	comportamento prevalentemente incoerente, livelli coesivi subordinati e trascurabili

NB : Falda di progetto – 8,0 m da p.c. attuale

Tabella 5: modello geologico tecnico preliminare di riferimento

7 CONGRUITA' FRA LA VARIANTE DI PIANO E LA CLASSE DI FATTIBILITÀ VIGENTE

Il sito in oggetto è stato inserito dallo studio geologico vigente **in classe di fattibilità 2'**, aree pianeggianti con "fattibilità con modeste limitazioni" (figura seguente); queste limitazioni sono da collegarsi sostanzialmente alla vulnerabilità della falda e dall'utilizzo agronomico del sito (ex risaie) con le conseguenti problematiche.

Sulla base degli approfondimenti eseguiti e visto l'intervento in progetto da cui discende la richiesta di variante parziale al PGT si ritiene, alla luce dei criteri attuativi alla LR 12/2005 articolo 57, di confermare la classe di fattibilità alle azioni di piano vigente senza modifiche dei vincoli vigenti (classe di fattibilità 2b)

A questo proposito si riportano le prescrizioni definite nelle norme contenute nella relazione geologica redatta a supporto del PGT vigente e citata (aggiornamento 2017), da cui non si evincono particolari criticità dal punto di vista geologico in senso lato per l'utilizzo dei mappali in oggetto per i fini dichiarati:

2. CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

CLASSE 2a - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI. Nessuna specifica controindicazione di carattere geologico tecnico alla urbanizzazione, salvo il rispetto delle disposizioni del D. Min. Infrastrutture 14/01/2008.

E' richiesta la realizzazione di approfondimenti di carattere geologico tecnico e idrogeologico finalizzati alla verifica della stabilità dei suoli ed al razionale drenaggio delle acque piovane e di scarico, al fine di evitare effetti negativi sulle acque superficiali/sotterranee e sulle aree limitrofe.

CLASSE 2b - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI. Sussistono le stesse prescrizioni previste per la "Classe 2a". Su queste aree è vietato lo spandimento dei fanghi di depurazione per utilizzo agronomico, in quanto classificate "non adatte" nella "Base informativa Pedologica" della Regione Lombardia.

Va segnalato, come riportato nella tavola 4 carta dei vincoli allegata allo studio geologico a supporto del PGT vigente (si veda figura 7 precedente) che i terreni in esame sono



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

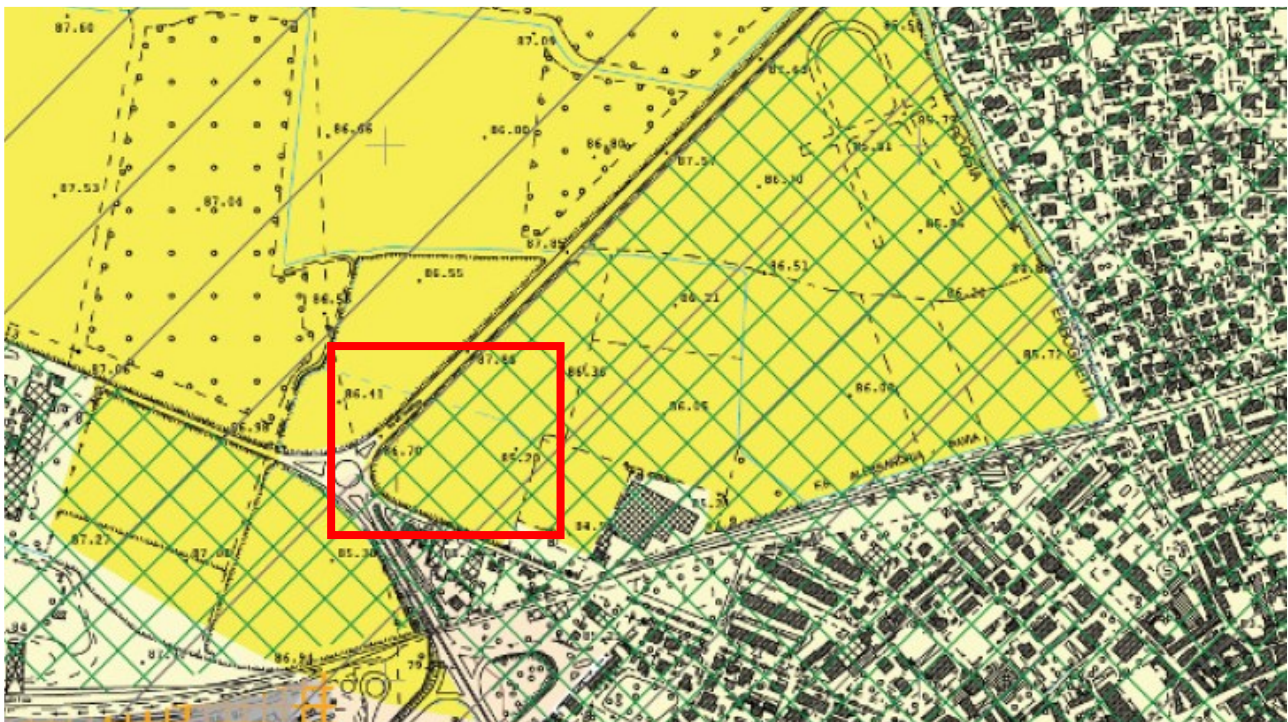
Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente

Revisione

interessati dalla fascia di rispetto del pozzo idropotabile di via Loreto che è stata indicata con metodo geometrico del limite dei 200 metri.

Sulla base di quanto finora constatato nei capitoli precedenti si conferma la fattibilità del progetto in oggetto e della variante al PGT in riferimento alle condizioni geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche, geotecniche, sismiche e dei vincoli relativi alla pianificazione di bacino (PAI e PRGA) del sito.



2a

CLASSE 2a - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI. Nessuna specifica controindicazione di carattere geologico tecnico alla urbanizzazione, salvo il rispetto delle disposizioni del D. Min. Infrastrutture 14/01/2008. E' richiesta la realizzazione di approfondimenti di carattere geologico tecnico e idrogeologico finalizzati alla verifica della stabilità dei suoli ed al razionale drenaggio delle acque piovane e di scarico, al fine di evitare effetti negativi sulle acque superficiali/sotterranee e sulle aree limitrofe.

2b

CLASSE 2b - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI. Sussistono le stesse prescrizioni previste per la "Classe 2a". Su queste aree è vietato lo spandimento dei fanghi di depurazione per utilizzo agronomico, in quanto classificate "non adatte" nella "Base informativa Pedologica" della Regione Lombardia.

Figura 21: stralcio carta della fattibilità geologica a supporto del PGT vigente di cui si
CONFERMA LA CLASSIFICAZIONE
(stralcio da Tavola 5a "Carta della fattibilità geologica", agg. 2017, op. cit.)



Dr. Geol. Francesco Serra

ONE ITALY srl
Sub ambito "A" di trasformazione commerciale
via Loreto, Sannazzaro de' Burgondi (PV)

Data	Maggio 2025
N. Commessa	2544
C. Documento	2544_VAR
Revisione	

Relazione geologica di fattibilità R3 per variante parziale al PGT Vigente