



**COMMITTENTE**  
**ARTECH INOX**  
Via Giorgio n. 1  
25038 Rovato (BS)

**PROGETTO**  
Installazione cabina elettrica prefabbricata presso  
l'insediamento di via San Giorgio n. 1 a Rovato (BS)  
Foglio 18 mappale 236 comune H598

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

**D.M. 14/01/2008 – DGR 2616/2011**

Marzo 2018



---

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

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

Il sottoscritto dichiara che la presente copia per immagine su supporto informatico (art. 1 comma 1, lettera i ter, del D.Lgs. 07.03.2005, è conforme al documento analogico originale.

Il Dirigente Area Tecnica  
Arch. Giovanni De Simone

## INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	UBICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO.....	3
3.	ANALISI DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE .....	4
4.	ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....	8
5.	APP 2 – APPROFONDIMENTO IDROGEOLOGICO .....	10
6.	PERICOLOSITA' SISMICA .....	13
6.1.	SISMOTETTONICA .....	13
6.2.	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	14
6.3.	PARAMETRI SISMICI E STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO.....	15
6.4.	ULTERIORI IDAGINI DISPONIBILI.....	17
6.5.	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE E TOPOGRAFICA.....	18
6.6.	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE.....	19
7.	INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA .....	20
7.1.	MODELLO GEOTECNICO .....	21
7.2.	CALCOLI GEOTECNICI AGLI STATI LIMITE.....	23
7.2.1.	Dati geometri e azioni sulle fondazioni .....	23
7.2.2.	Stati Limite Ultimi (SLU).....	23
7.2.3.	Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	24

## 1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata eseguita dallo scrivente su incarico della ditta ARTECH INOX a supporto del progetto di realizzazione di una cabina elettrica prefabbricata presso l'insediamento di via San Giorgio n. 1 a Rovato (BS), sul sito individuato catastalmente al mappale 236 Foglio 18 CC H598.

L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta utilizzando le informazioni rilevate durante i sopralluoghi effettuati ed integrate con le informazioni desunte dallo studio geologico comunale redatto a supporto del PGT, ed ai dati disponibili in letteratura.

Il presente studio è stato condotto ai sensi del cap. 6 "Progettazione geotecnica" delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) dove si legge che la caratterizzazione e modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio (par. 6.2.1 NTC 2008).

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

## 2. UBICAZIONE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO

Nella figura seguente si riporta un estratto di ortofoto con evidenziata l'area interessata dall'intervento in progetto.

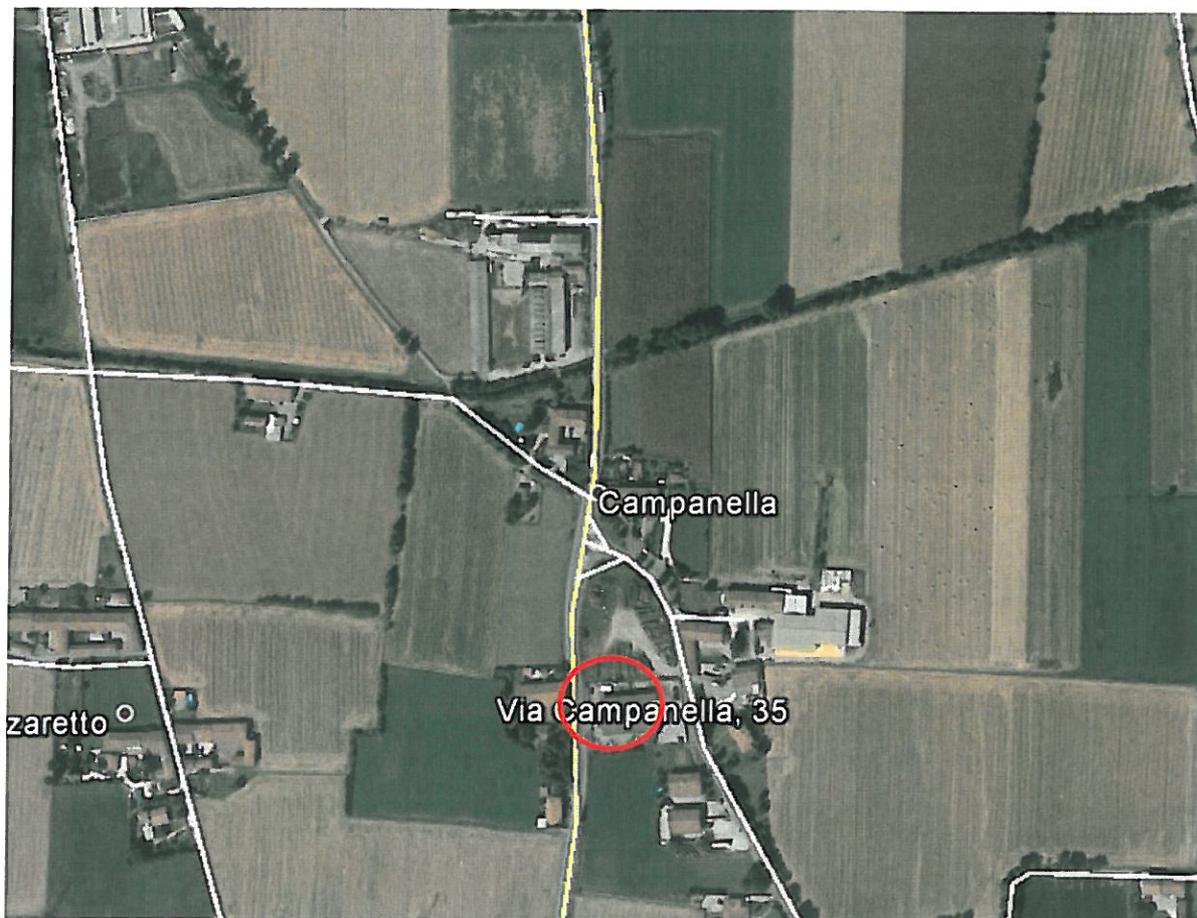


Figura 1: Ubicazione del sito su foto aerea (non in scala)

### 3. ANALISI DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

Nel presente capitolo si procede all'analisi delle elementi di sintesi, dei vincoli di natura geologica ed idrogeologica e della fattibilità dell'area, definiti nello studio geologico comunale vigente redatto dallo studio Geologia e Ambiente.

Dall'osservazione della carta dei vincoli risulta che il sito non è compreso nelle:

- Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.
- Perimetrazioni PAI (fasce fluviali del fiume Oglio).
- Aree soggette a vincoli di polizia idraulica.

Nella carta di sintesi non sono evidenziate criticità di natura geologico tecnica gravanti sul sito in esame. Viene invece segnalata l'elevata vulnerabilità della falda.

Il sito ricade in classe di fattibilità geologica 2 – Fattibilità con modeste limitazioni.

Di seguito si riporta un estratto delle NdA dello studio geologico per la classe di appartenenza.

#### CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

**2 - Area pianeggianti nelle quali le caratteristiche geotecniche dei terreni sono generalmente buone; il grado di vulnerabilità delle acque sotterranee è comunque medio-alto.**

Non si evidenziano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso.

In caso di insediamenti produttivi assoggettati alla disciplina di cui all'art. 3 del Regolamento regionale 24 marzo 2006 n.4 (per quanto concerne lo smaltimento delle acque di prima pioggia) la relazione geologica e geotecnica, da realizzare ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, verificherà anche la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e, se necessario, darà apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi

Figura 2: estratto NdA studio geologico comunale.

Nelle figure seguenti si riportano gli estratti dello studio geologico comunale relativi a:

- Carta dei vincoli.
- Carta di sintesi.
- Carta della fattibilità geologica.

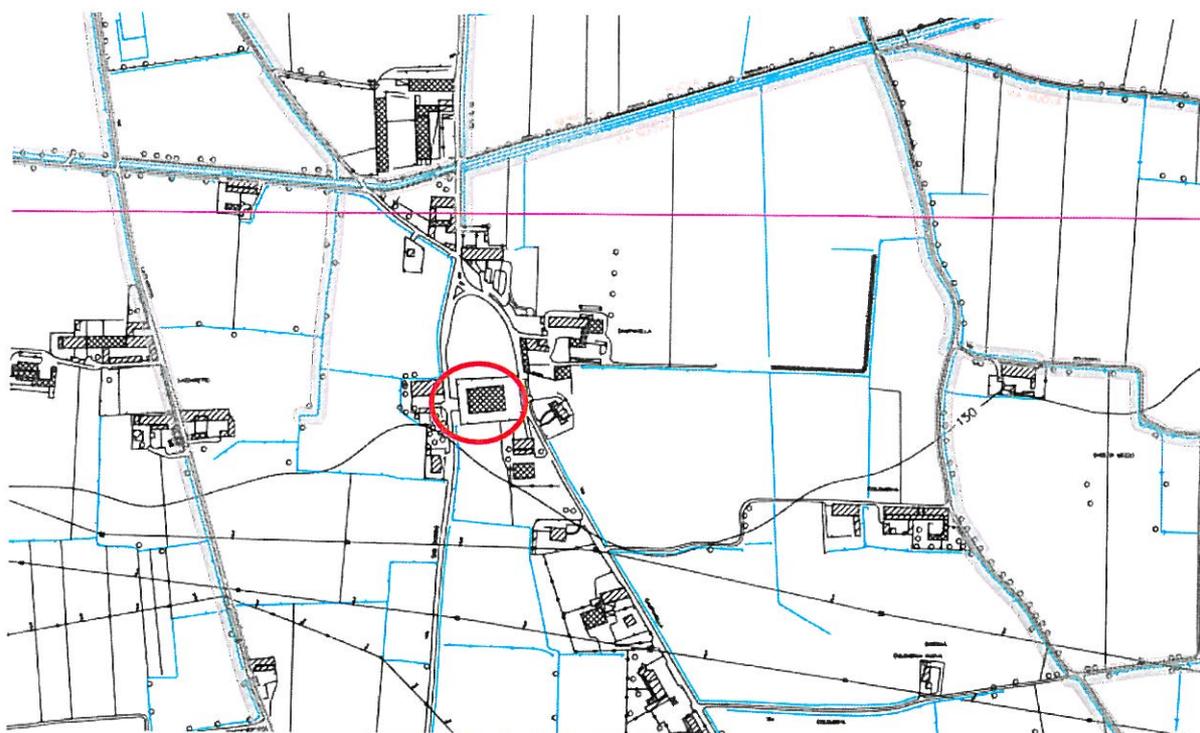
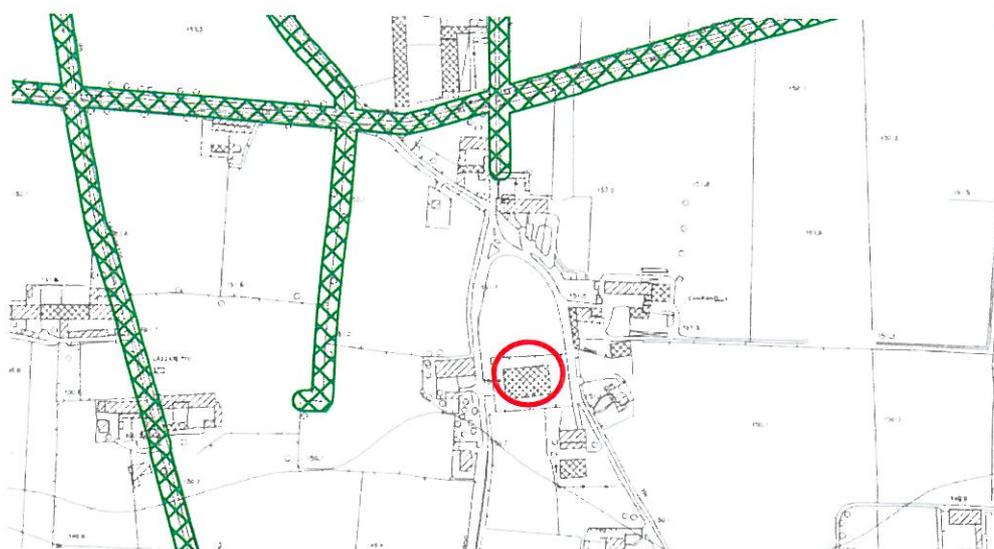


Figura 3: Estratto Carta del reticolo idrico comunale

**VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA**

 Fascia di rispetto del Reticolo Idrico Minore di competenza comunale.

 Fascia di rispetto del Reticolo Idrico Minore di competenza consortile

**AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE**

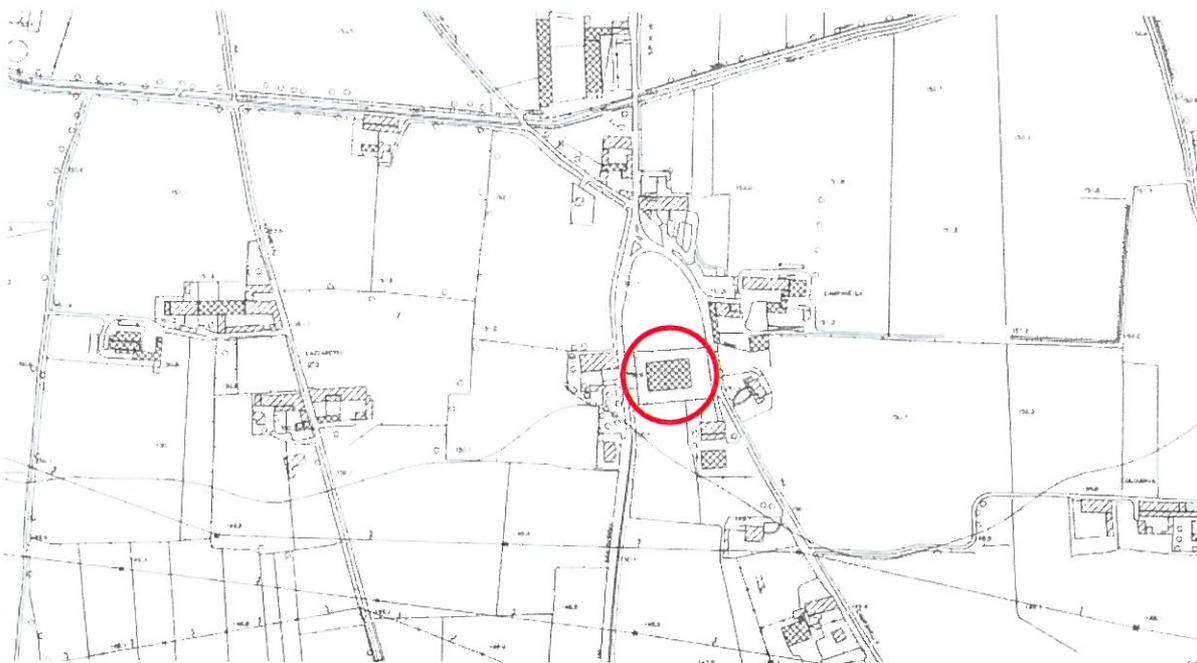
 Zona di tutela assoluta

 Zona di rispetto

**GEOSITO (art. 22 dell'articolo di Piano del Piano Paesaggistico Regionale)**

 Monte Orfano - Geosito di valore geologico-stratigrafico di interesse nazionale (All. 14 alla D.G.R. 28 maggio 2006, n. 87374)

Figura 4: Estratto Tavola 4 – Carta dei vincoli dello studio geologico comunale



#### AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

 Versanti con pendenze generalmente maggiori del 35% (20°) potenzialmente soggetti a fenomeni di dissesto idrogeologico.

#### AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

-  Area a vulnerabilità alta per le acque della prima falda
-  Area sottoposta a procedimento ai sensi del Titolo V del D. lgs. 152/06
-  Discarica per rifiuti non pericolosi.
-  Ambito Territoriale Estrattivo ATEg09.

#### AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

 Area allagata in occasione di eventi meteorici eccezionali con modesti valori di velocità e altezze d'acqua.

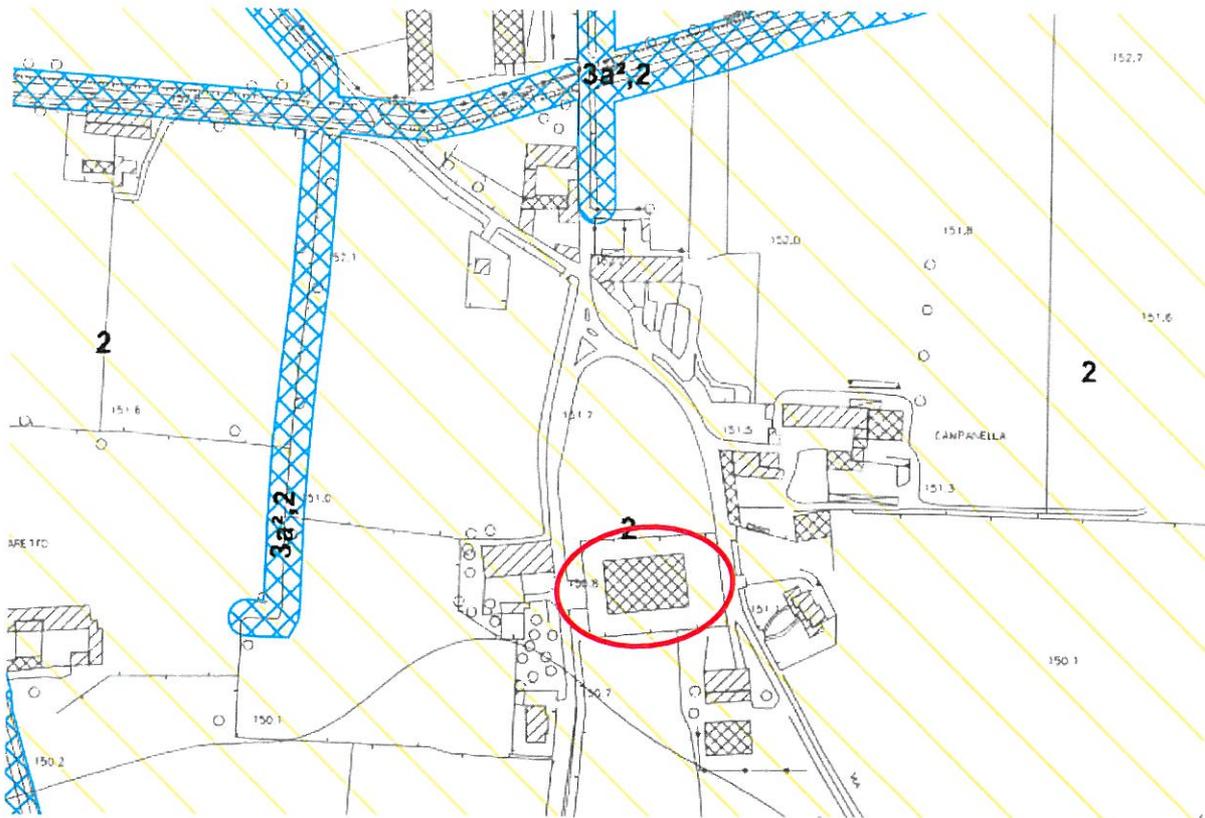
#### AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

 Area generalmente caratterizzata da terreni con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti.

#### AREE DI INTERESSE GEOMORFOLOGICO-PAESAGGISTICO

 Monte Orfano - Geosito di interesse geologico-stratigrafico di livello nazionale (ai sensi dell'art. 22 del Piano Paesaggistico Regionale approvato con d.g.r. 16 gennaio 2008 n. 8/6447)

Figura 5: Estratto Carta di sintesi dello studio geologico comunale



### CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

**2** 2 - Aree pianeggianti nelle quali le caratteristiche geotecniche dei terreni sono generalmente buone, il grado di vulnerabilità delle acque sotterranee è comunque medio-alto

**ATE g09** Ambito Territoriale Estrattivo g09

### Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

- Zona di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile
- Zona di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile

### Sismicità del territorio

Scenari per i quali è prevista l'applicazione diretta del terzo livello di approfondimento per la quantificazione dei fenomeni di instabilità, dei cedimenti e di amplificazione topografica (D.G.R. 28-05-2008 n. 8/7374 - All. 5, § 2.3.2.).

- Z2 - Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti

Scenari per i quali risulta un  $F_a$  minore del valore di soglia al cui interno è prevista l'utilizzo dello spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo individuata (D.G.R. 28-05-2008 n. 8/7374 - All. 5, § 2.2.2.).

- Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi fluviali granulari e/o coesivi
- Z4b - Zona pedemontana di falda di deirto, conoide alluvionale
- Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

Figura 6: Estratto– Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano dello studio geologico comunale

#### 4. ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali collegati con le cerchie moreniche più elevate e le cerchie interne; localmente morenico terrazzato. Si tratta di depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi localmente cementati e con presenza di massi.

Di seguito si riporta una breve descrizione di tali depositi, tratta dallo studio geologico comunale.

*“I depositi fluvioglaciali sono costituiti prevalentemente da ghiaia con sabbia e ciottoli che provengono dallo smantellamento delle cerchie moreniche più elevate o più interne (quindi più recenti) ad opera dei corsi d'acqua di scioglimento dei ghiacciai. Presentano una struttura a grosse lenti caratterizzate da differente granulometria e localmente contengono lenti sabbioso-limose o argillose.*

*In profondità, già a partire da 15 metri dal p.c., sono presenti livelli conglomeratici che intorno a 30 m passano a conglomerati compatti o fessurati, con intercalazioni di lenti prevalentemente ghiaiose e più raramente argillose e limoso-argillose. In prossimità delle pendici sud-orientali del M. Orfano, i depositi fluvioglaciali sono ricoperti da orizzonti limoso-argillosi potenti fino ad alcuni metri, caratterizzati da parametri geotecnici da scadenti a mediocri.”*

Generalmente tali depositi sono caratterizzati da buone caratteristiche geotecniche.

Dal punto di vista geomorfologico il sito si trova all'interno del Livello Fondamentale della Pianura. La morfologia del L.F.P. è legata al rimaneggiamento del materiale glaciale accumulatosi a valle del Sebino nel periodo post-wurmiano e quindi ha un andamento topografico generale da NW verso SE. La quota del piano campagna è 151 mslm.

Lo studio geologico comunale e i dati emersi in sede di sopralluogo non evidenziano la presenza di fenomeni morfogenetici attivi che possano interagire negativamente con le opere in progetto.

Dal punto di vista idrografico si segnala la presenza di una fitta rete di canali irrigui facenti capo alla Seriola Nuova che scorre circa 250 m a nord.



## 5. APP 2 – APPROFONDIMENTO IDROGEOLOGICO

La struttura e le caratteristiche idrogeologiche sono state ricostruite mediante l'analisi delle stratigrafie dei pozzi esistenti nella zona, dei dati dello studio geologico comunale e delle pubblicazioni della Regione Lombardia (La geologia degli acquiferi padani e Acque sotterranee in Lombardia, gestione sostenibile di una risorsa strategica).

Le caratteristiche geologiche del sottosuolo, caratterizzate da notevoli variazioni laterali e verticali in funzione dei diversi eventi deposizionali e/o erosivi verificatisi nel Quaternario, condizionano anche le caratteristiche idrogeologiche del territorio comunale.

La serie idrogeologica che caratterizza il territorio a scala regionale è riportata nella tabella seguente.

Sottounità	Unità idrogeologica		Caratteri idrogeologici	Spessore		
				Alta pianura	Bassa pianura	
Alluvioni fluvioglaciale recente	e	Acquifero superficiale e primo acquifero	Falde libere di elevata trasmissività nella parte alta della pianura	In media 40 m	Circa 10 m	
Fluvioglaciale antico "Diluvium medio"	o	Acquifero tradizionale		Falde semiconfinate nell'alta pianura, confinata nella media e bassa pianura, trasmissività media	In media 80 m	In media 120 m
Fluvioglaciale antico "Diluvium medio"	o		Secondo acquifero			
Ceppo						
Acquifero sotto il ceppo						
Villafranchiano		Acquifero profondo o terzo acquifero	Falde confinate, trasmissività scarsa	Circa 150m		

Tabella 1: schema delle unità idrogeologiche della pianura (da: Acque sotterranee in Lombardia)

Nella parte settentrionale della pianura il primo e secondo acquifero sono praticamente in contatto senza che esistano elementi di disconnessione idraulica (litozone limoso argillose) significativi. Nel complesso si può quindi parlare di un unico complesso acquifero "monostrato". Spostandosi verso sud si osserva un incremento nella potenza delle litozone "impermeabili" che comportano una separazione dell'acquifero "monostrato" in un acquifero più superficiale "freatico" ed in un secondo acquifero più profondo (con presenza di falde in pressione). I carichi piezometrici fra la prima e la seconda falda si differenziano gradualmente dalla media alla bassa pianura, dove gli interscambi fra i due acquiferi diventano via via meno significativi.

In sintesi si parla di tre acquiferi principali definiti come: primo acquifero o "superficiale", secondo acquifero e terzo acquifero o "acquifero profondo". Il primo ed il secondo acquifero formano quello che viene normalmente identificato come "acquifero tradizionale".

Il primo acquifero ospita falde libere e semiconfinate. Le litologie dominanti sono rappresentate da depositi ghiaioso sabbiosi con modeste intercalazioni limoso argillose idrogeologicamente poco significative. Il secondo acquifero aumenta di spessore verso sud (a scapito del primo acquifero che si riduce a poche decine di metri di spessore). È caratterizzato dall'alternanza fra depositi ghiaioso sabbiosi (sede di falde confinate a discreta produttività) e litozone argilloso-limose.

Il terzo acquifero è un tipico sistema multistrato essendo costituito da banchi argillosi di spessore considerevole ai quali si intercalano lenti e orizzonti ghiaioso sabbiosi sede di falde confinate caratterizzate generalmente da una bassa produttività (depositi Villafranchiani).

Dal punto di vista idrogeologico la falda idrica principale scorre in senso N→S con gradiente molto basso, da 2 a 1 per mille e piezometria locale a circa 114-115 mslm, ovvero soggiacenza circa 30 m di profondità dal piano campagna.

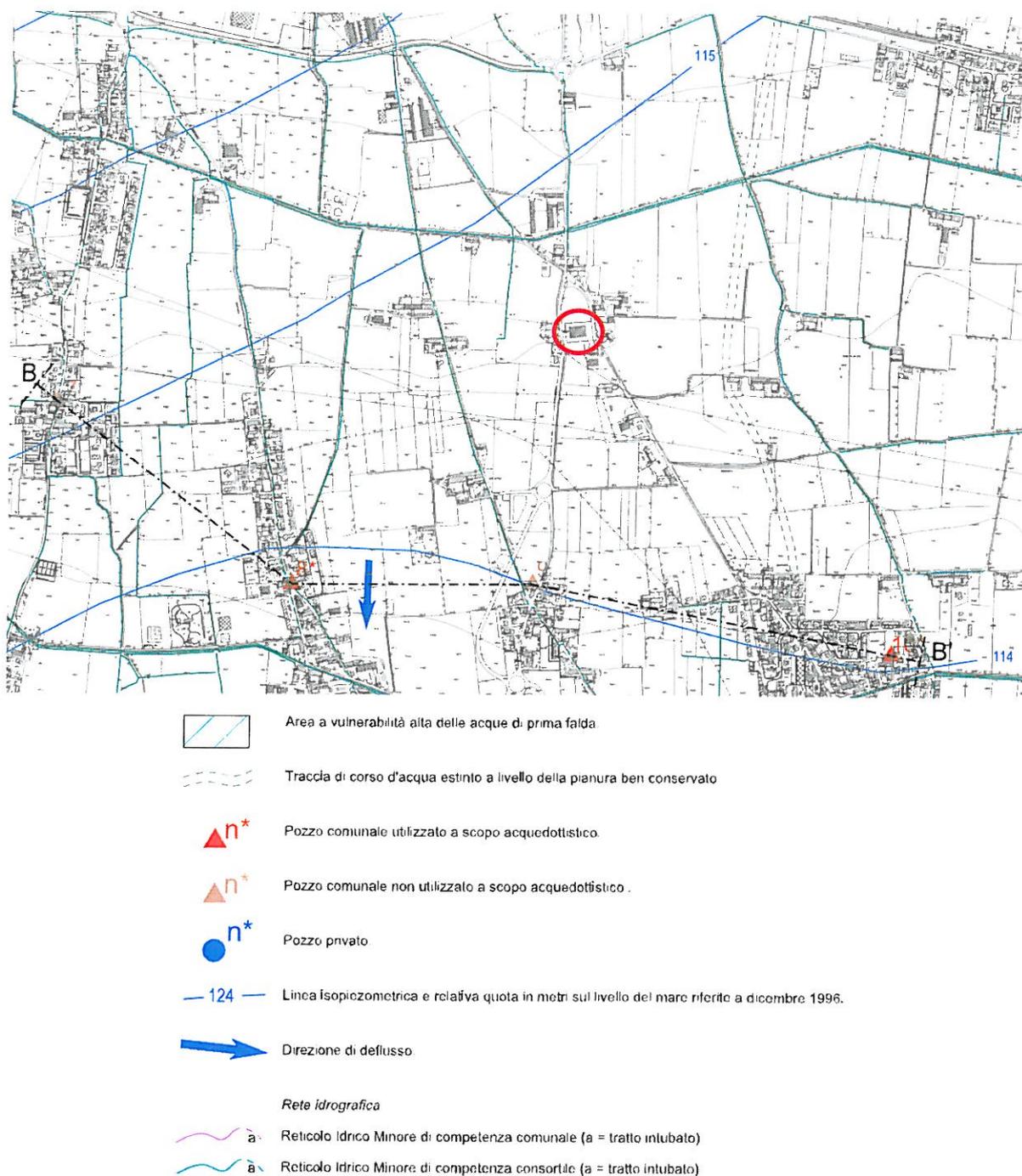


Figura 8: Carta idrogeologica (estratto studio geologico comunale)

Per la ricostruzione delle caratteristiche litostratigrafiche profonde si fa riferimento alle stratigrafie dei pozzi posti nelle vicinanze e dei seguito riportate.

Di seguito si riporta la stratigrafia del pozzo Duomo

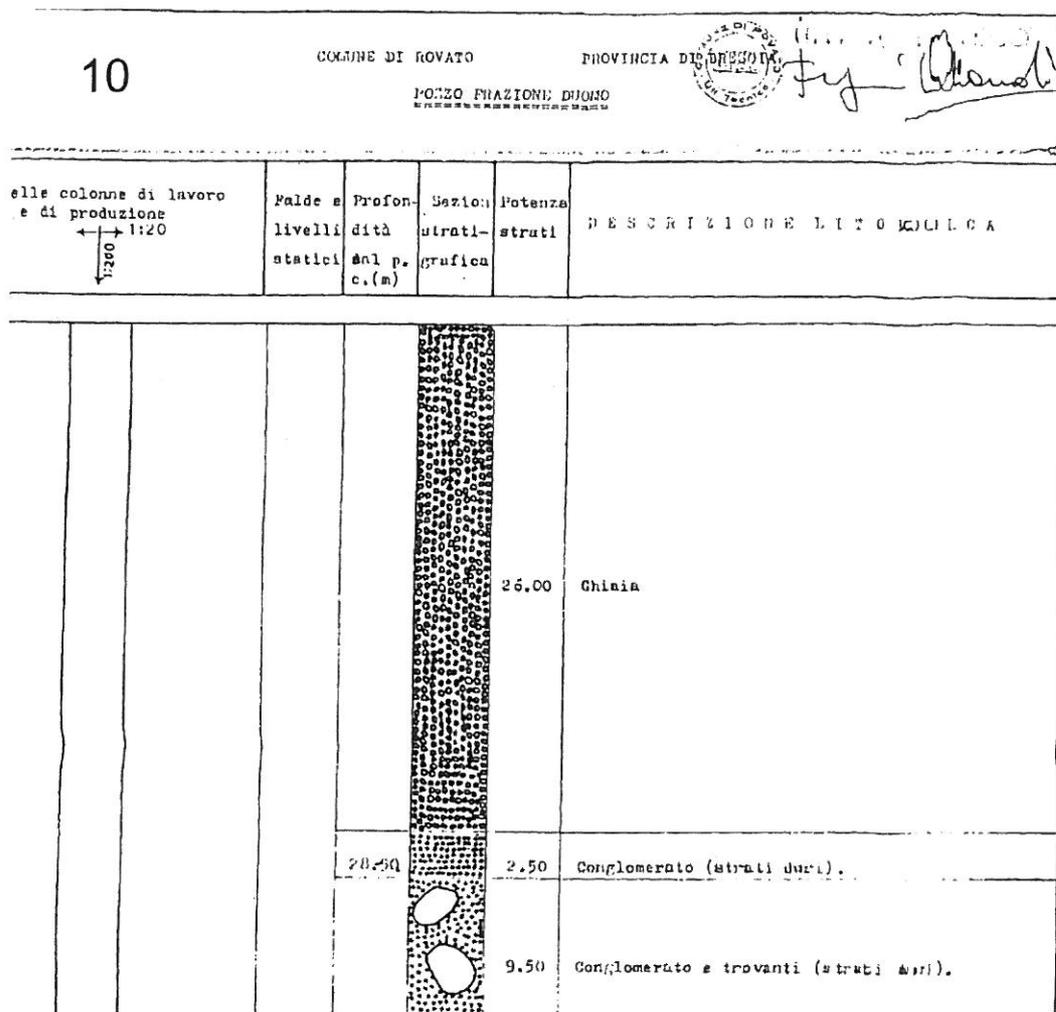


Figura 9 Estratto stratigrafia pozzo Duomo – si riportano solo i primi 30 m. Ghiaia e sabbia fino a 26 m

In merito alla vulnerabilità idrogeologica del sito si ricorda comunque il rispetto di quanto previsto dalla normativa vigente in materia di smaltimento delle acque ed in particolare:

- Regolamenti regionali n. 2 – 3 - 4 del 24 Marzo 2006 e smi;
- Dgr n. 8/2318 del 5 Aprile 2006.
- Deliberazione CITAI n. 04.02.1977.
- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

## 6. PERICOLOSITA' SISMICA

### 6.1. SISMOTETTONICA

Nel presente paragrafo si evidenzia quanto riportato dal DISS (database of Individual Seismogenic Sources) elaborato dall'Istituto Nazionale Geofisica che fornisce informazioni sulla faglie attive in Italia. Il database evidenzia che il sito in studio si colloca sulla sorgente sismo genetica denominata "ITCS010: Western S-Alps internal thrust.

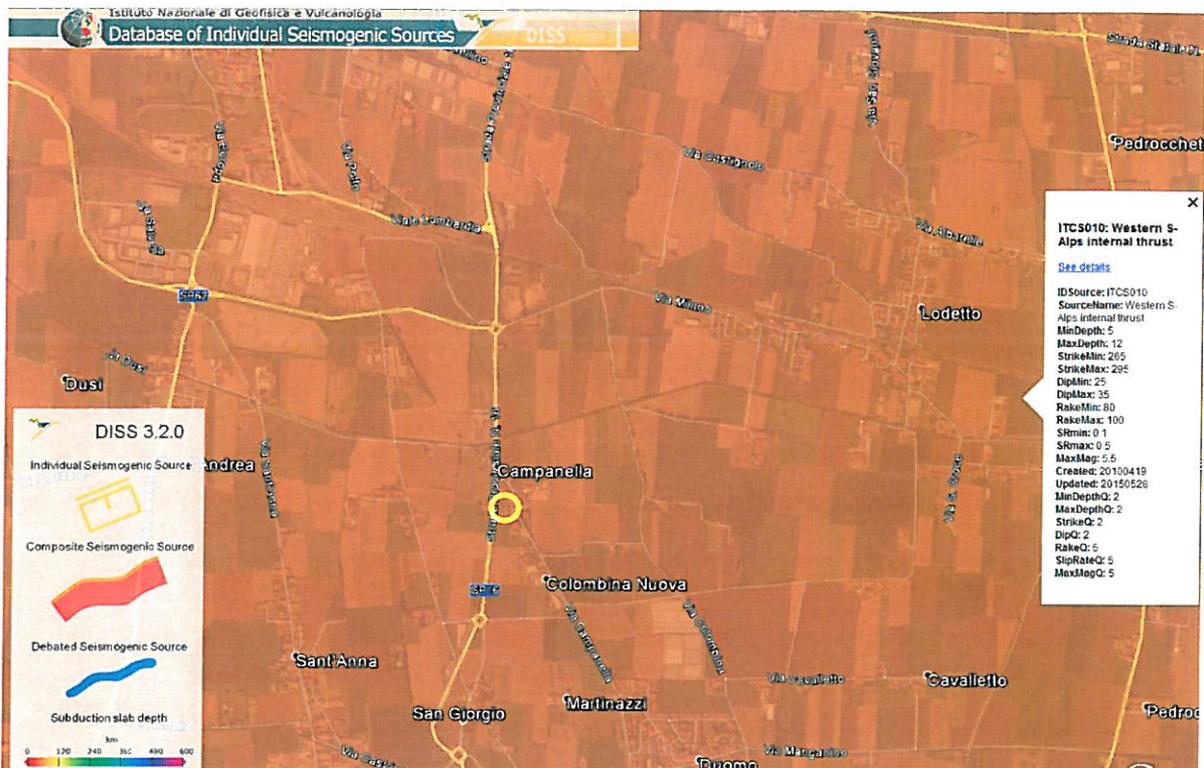


Figura 10- Estratto DISS – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Nella figura seguente si riportano in dettaglio le caratteristiche della zona sismo genetica precedentemente citata tratta dal DISS.

GENERAL INFORMATION		PARAMETRIC INFORMATION			
DISS-ID	ITCS010	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Name	Western S-Alps internal thrust	Min depth [km]	5 0	OD	Based on geological data from various authors
Compiler(s)	Burrato P (1)	Max depth [km]	12 0	OD	Based on geological data from various authors
Contributor(s)	Burrato P (1)	Strike [deg] min... max	265 295	OD	Based on geological data from various authors
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sismologia e Tettonofisica - Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy	Dip [deg] min... max	25 35	OD	Based on geological data from various authors
Created	19-Apr-2010	Rake [deg] min... max	80 100	EJ	Inferred from geological data
Updated	28-May-2015	Slip Rate [mm/y] min... max	0 1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints
Display map ...		Max Magnitude [Mw]	5 5	EJ	Assigned on the basis of conservative criteria
Related sources					

Figura 11- Estratto DISS – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

## 6.2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Con la DGR n. X/2129 del 14 Luglio 2014 la Regione Lombardia ha classificato il comune in esame in zona sismica 3. Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione ( $a_g$  max) previsti dalla DGR X/2129/2014 per il comune in esame.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	$a_g$ Max
03017166	BS	ROVATO	3	0,141025

Figura 12- Estratto DGR . X/2129/2014

Con l'entrata in vigore del DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, tramite l'allegato B al DM) vengono fornite tabelle con i parametri che definiscono l'azione sismica relativamente ad un reticolo di riferimento da cui è possibile derivare i valori per ogni punto indagato.

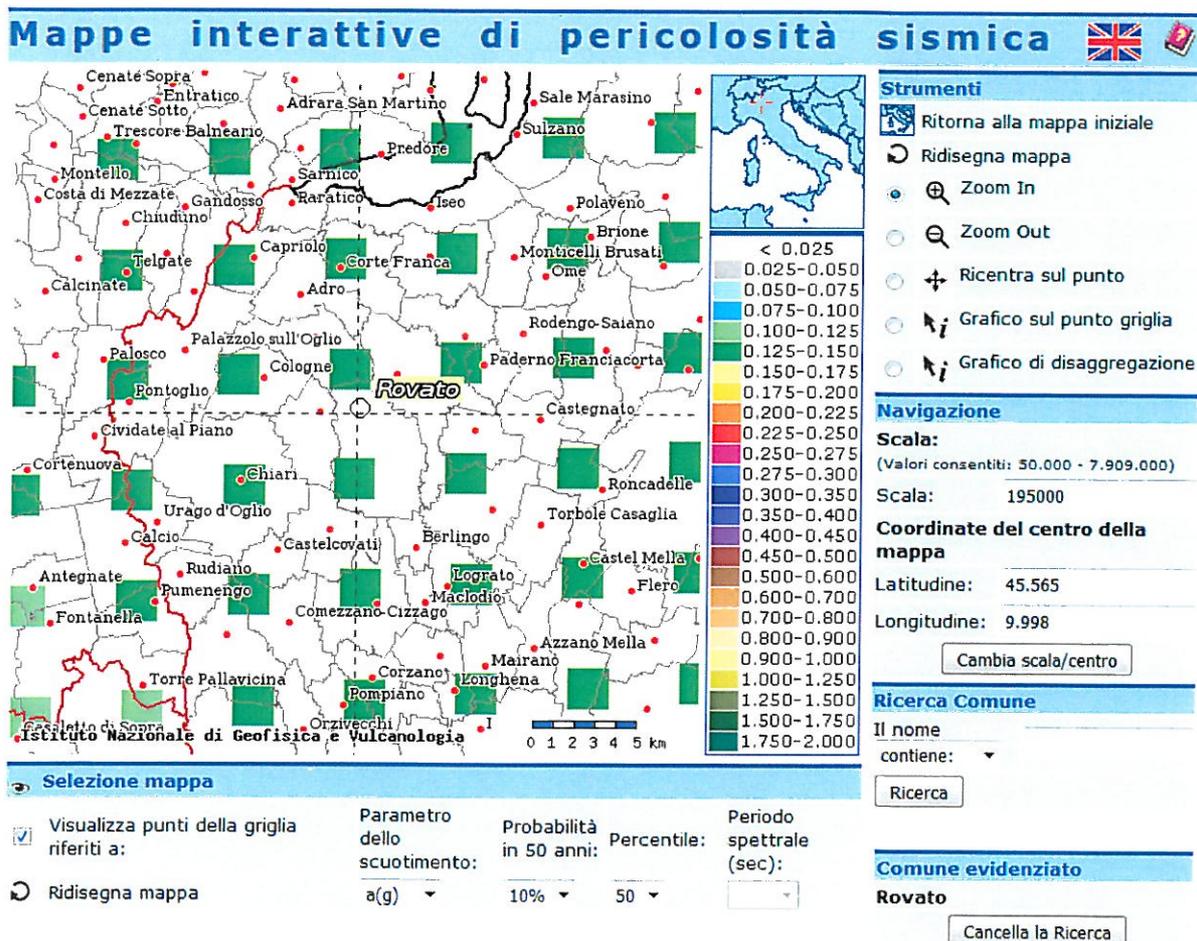
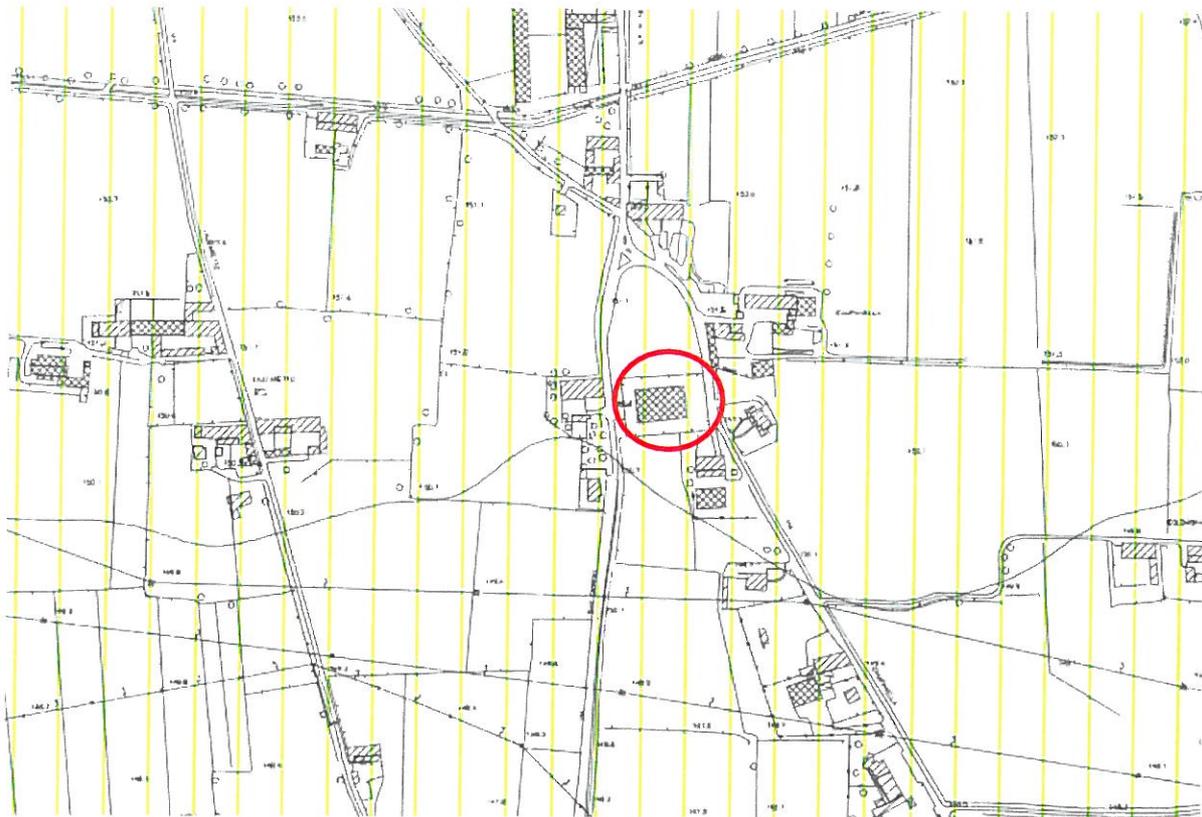


Figura 13- Estratto Mappa interattiva di pericolosità sismica dal sito web INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

### 6.3. PARAMETRI SISMICI E STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO

Nella Carta geotecnica e di pericolosità sismica locale l'area in esame è inserita nello scenario Z4a "Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari.



#### SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

##### Cedimenti e/o liquefazioni

Z2 - Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati).

##### Amplificazione topografica

Z3h - Zona di cresta rocciosa.

##### Amplificazione litologica

Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

Z4b - Zona pedemontana di falda di detrito.

Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi.

##### Comportamenti differenziali

Z5 - Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

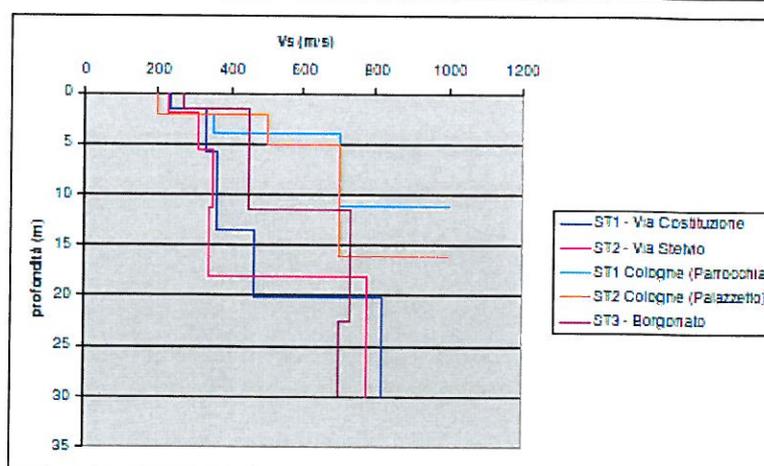
Sezione per analisi dell'amplificazione morfologica

ST1: Stendimento indagine sismica.

Figura 14- Estratto Carta della pericolosità sismica

Lo scenario Z4a, nell'ambito degli approfondimenti di II° livello eseguiti nello studio geologico comunale, è stato indagato tramite le indagini sismiche ST1 via Costituzione, ST2 via Stelvio e ST2 via Cologne. Di seguito si riporta un estratto dei risultati delle indagini, rimandando allo studio geologico comunale per ulteriori approfondimenti.

Area campione per indagine geofisica	Scenario di pericolosità sismica locale
ST1 – Via Costituzione	Z4a - Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi
ST2 – Via Stelvio	
ST2 - Cologne	Z4b - Zona pedemontana di falda di detrito
ST1 - Cologne	
	Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi



#### ST1 – Via Costituzione

In base ai valori delle onde di taglio ( $V_s$ ) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ( $V_{s30} = 450$  m/s).

#### ST2 – Via Stelvio

In base ai valori delle onde di taglio ( $V_s$ ) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo E "Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento" ( $V_{s18} = 324$  m/s).

#### ST2 – Cologne (Palazzetto)

In base ai valori delle onde di taglio ( $V_s$ ) ricavati, ai terreni ricompresi nell'area di studio è possibile assegnare una categoria di sottosuolo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti" ( $V_{s30} = 505$  m/s).

La procedura semiquantitativa di 2° livello evidenzia che per il territorio di Rovato la possibile amplificazione sismica risulta contenuta e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa (D.M. 14 gennaio 2008) risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica.

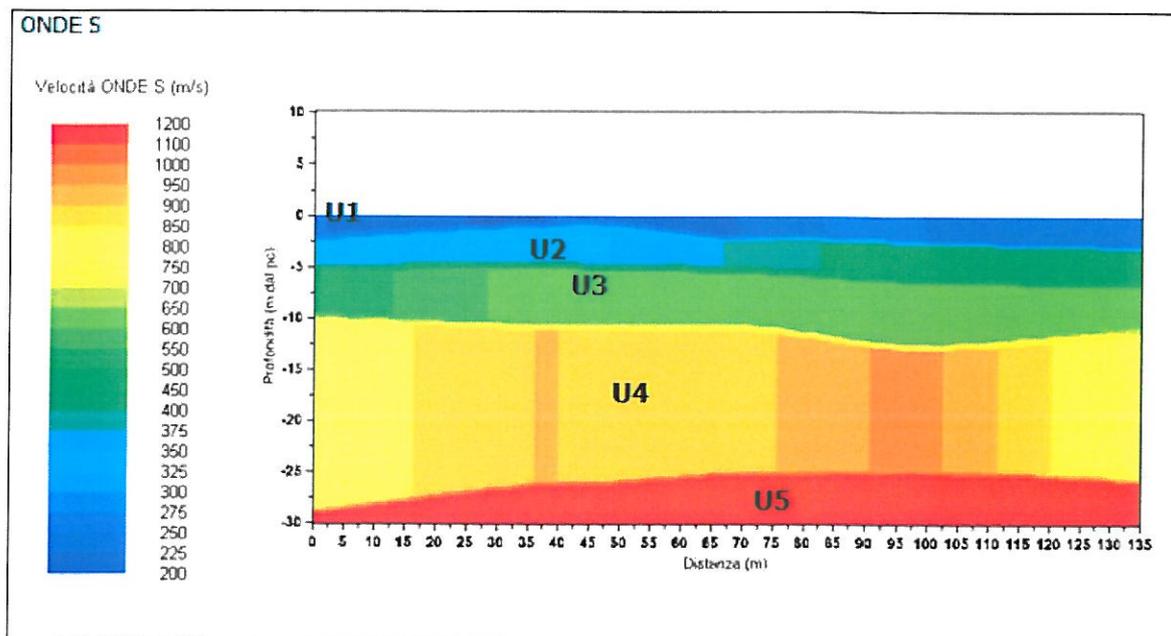
Figura 15: Estratto approfondimento sismico II° livello – Studio geologico comunale

L'approfondimento eseguito nello studio geologico comunale ha evidenziato la situazione di  $FAC < FAS$ , pertanto gli spettri previsti dalla normativa vigente, sono sufficienti a tenere in considerazione le amplificazioni sito specifiche.

#### 6.4. ULETRIORI IDAGINI DISPONIBILI

Oltre alle indagini eseguite per lo studio geologico comunale sono è consultata la seguente documentazione.

Indagine sismica PII via Poffe – Rovato, è disponibile un'indagine sismica arifrazione eseguita a supporto del PII via Poffe dallo studio Ecosphera Srl nel 2007.



L'indagine ha evidenziato valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 ms – categoria di suolo B.

Indagine Masw presso la scuola elementare della Pedrocca di Cazzago SM eseguita dallo studio Ecosphera Srl, in un contesto geologico- sismico confrontabile con quello in esame.

L'analisi sismica con la tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) permette, attraverso la registrazione della modalità di propagazione delle onde di superficie nel sottosuolo, di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio Sh.

La Vs30 è stata calcolata utilizzando i dati ottenuti dalle indagini sopra esposte secondo quanto indicato nella normativa vigente ottenendo un valore di 477 m/s che permette di attribuire al sito la categoria B.

Le indagini confermano la Categoria B analogamente a tutte le indagini riportate nello studio geologico, ad esclusione della ST2 via Stelvio (la quale viene ritenuta quindi poco attendibile).

## 6.5. Categoria di suolo di fondazione e topografica

Sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti ai fini progettuali sarà da utilizzare la **Categoria B**.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s. essenzialmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m. posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Figura 16: Estratto categorie di sottosuolo DM 14/01/2008

La categoria topografica definita in base al D.M. 14/01/08 è **T1** (vedi tabella seguente) cui corrisponde un valore di coefficiente di amplificazione topografica massima  $S_T$  pari a 1,0.

### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

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

Tabella 3.2.VI – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

Figura 17: Estratto tabelle DM 14/01/2008.

via campanella n° 35		[+] Coordinate WGS84 (*)	
Comune NOVARO Cap		Latitudine 45.541135 Longitudine 10.012722	
Provincia [Cerca]		[+] Coordinate ED50 (*)	
WGS84 (*)		Latitudine 45.542060 Longitudine 10.012755	
Latitudine		Classe del edificio	
Longitudine		11. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...	
Scale - Selezione -		[Cerca]	
[Cerca]		Vita normale	
[Cerca]		[Opere provvisorie <= 10. Opere ordinarie >= 50. Grandi opere >= 1000] 50	
[Cerca]		Media ponderata	
[Cerca]		[Calcola]	
[Cerca]		Stato Limite	
[Cerca]		Tr [anni] P <sub>0</sub> [a] Fo Tc [s]	
[Cerca]		Operatività (SLO) 30 0,039 2,445 0,211	
[Cerca]		Danno (SLD) 50 0,059 2,385 0,232	
[Cerca]		Salvaguardia vita (SLV) 475 0,129 2,452 0,275	
[Cerca]		Prevenzione collasso (SLC) 975 0,179 2,468 0,288	
[Cerca]		Periodo di riferimento per l'azione sismica 50	
[Cerca]		CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI	
[Cerca]		Muri di sostegno <input type="radio"/> Paratie <input type="radio"/>	
[Cerca]		Stabilità dei pendii e fondazioni <input checked="" type="radio"/>	
[Cerca]		Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti <input type="checkbox"/>	
[Cerca]		h (m) 1	
[Cerca]		Ls (m) 0,1	
[Cerca]		Categoria sottosuolo B	
[Cerca]		Categoria topografica T1	
[Cerca]		SLO SLD SLV SLC	
[Cerca]		Sa + Amplificazione stratigrafica 1,20 1,20 1,20 1,20	
[Cerca]		Cc + Coeff. funz. categoria 1,50 1,47 1,42 1,41	
[Cerca]		St + Amplificazione topografica 1,00 1,00 1,00 1,00	
[Cerca]		Azione massima attesa al sito [m/s²] 0,6	
[Cerca]		Coefficienti SLO SLD SLV SLC	
[Cerca]		kh 0,009 0,013 0,040 0,052	
[Cerca]		kv 0,005 0,006 0,020 0,026	
[Cerca]		Amax [m/s²] 0,459 0,620 1,039 2,106	
[Cerca]		Eletta 0,200 0,200 0,240 0,240	

Figura 18- Parametri sismici (da geostru)

## 6.6. Verifica alla liquefazione dei terreni in condizioni sismiche

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze (v. par. 7.11.3.4.2 del DM 14.01.08):

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Nel caso in esame la verifica a liquefazione viene omessa in quanto i terreni indagati non comprendono strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte (v. par. 7.11.3.4.2 del DM 14.01.08) ma risultano granulometricamente eterogenei. La falda principale si colloca ad oltre 15 m dal pc.

## 7. INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA

Per la ricostruzione del modello geologico geotecnico del sito d'intervento si utilizzano i dati in possesso dello scrivente relativi a cantieri nelle vicinanze del sito, in un contesto geologico similare.

Si rimanda pertanto alla fase di esecuzione dei lavori la conferma del modello geologico descritto successivamente. Il sottoscritto resta a disposizione ad effettuare un sopralluogo all'atto dell'esecuzione degli scavi.

Cantiere via Don Gilberti – Rovato (Dott. Geol. Marco Carraro)

Stratigrafia Trincea

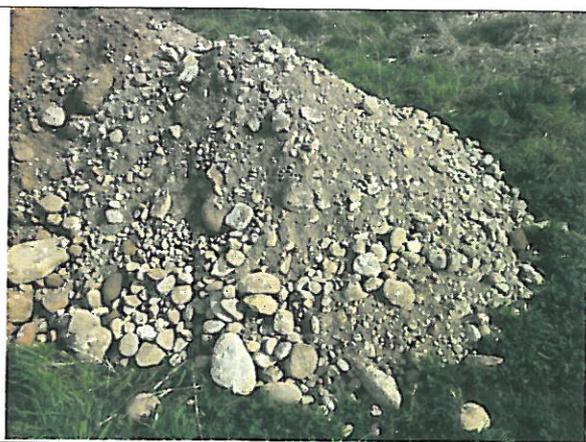
0,00-1,20m terreno vegetale passante a regolite limoso argillosa marrone compatta con ciottoli

1,20-2,30m Ghiaie sabbiose debolmente cementate con ciottoli arrotondati poligenici

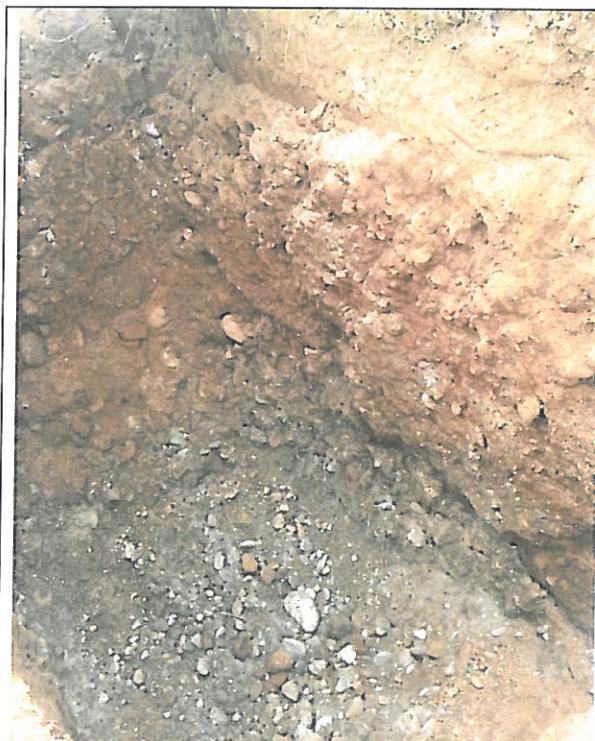
Di seguito si riporta il report fotografico.



Visione d'insieme



Particolare strato 2



Fondo scavo e Pareti sud ed ovest



Fondo scavo e pareti sud e est

## 7.1. MODELLO GEOTECNICO

Di seguito si procede alla ricostruzione del modello geologico-geotecnico del sottosuolo nell'area oggetto d'intervento. Si rimanda alla fase di posa delle fondazione la verifica dei reali spessori dell'orizzonte vegetale/ pavimentazione sull'intero lotto d'intervento. Tale orizzonte NON si ritiene idoneo alla posa delle fondazioni.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Tali valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei dati acquisiti nella indagine precedentemente esposta valutando i metodi di correlazione geotecnica esistenti.

I valori di progetto dei parametri geotecnici si ottengono dai valori caratteristici tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_M$ .

Il modello geotecnico che caratterizza il volume significativo interessato dall'interazione con le opere e che scaturisce dalle prove effettuate può riassumersi come segue:

### CORPO GEOLOGICO 1 – terreno vegetale- pavimentazione + eluvio alterato (0,00-0,50/ 1,00m) (\*)

- Angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_k$ ) = 26°
- Peso di volume: 16 kN/m<sup>3</sup>
- Modulo di deformazione di picco ( $E_{yk}$ )= 4 MPa.
- Comportamento geotecnico: incoerente

### CORPO GEOLOGICO 2 – Depositi alluvionali sabbioso ghiaiosi con ciottoli – strato portante (oltre 0,50/ 1,00m)

- Angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_k$ ): 34°
- Peso di volume: 18 kN/m<sup>3</sup>
- Modulo di deformazione di picco ( $E_{yk}$ )= 20 MPa
- Comportamento geotecnico: incoerente
- 

(\*) spessori da verificarsi in fase d'esecuzione dei lavori.

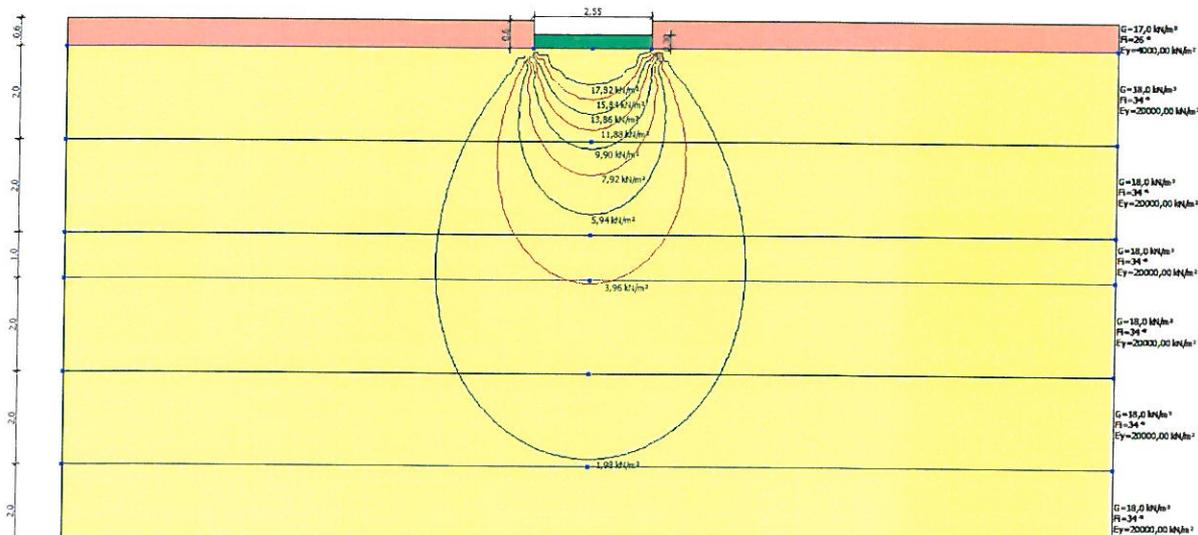


Figura 19 Modello geologico-geotecnico

Trattandosi di indagini di tipo puntuale si premette che il sottoscritto resta disponibile per la verifica all'atto dell'esecuzione degli scavi (con la D.L. e l'impresa esecutrice dei lavori) che le condizioni del sottosuolo descritte nella presente indagine siano proprie di tutta l'area interessata dalla nuova edificazione. Eventuali

diffomità da quanto riportato nella presente indagine che venissero rilevate in fase di esecuzione lavori, andranno comunicate immediatamente allo scrivente.

## 7.2. CALCOLI GEOTECNICI AGLI STATI LIMITE

### 7.2.1. Dati geometri e azioni sulle fondazioni

A titolo esemplificativo si riportano alcuni calcoli geotecnici effettuati considerando le seguenti condizioni e le seguenti geometrie delle fondazioni:

- Criterio progettuale: Approccio 2 (NTC2008).
- Fondazioni: platea 2,55 x 11,25 mq.
- Profondità di posa fondazioni considerata nei calcoli (nello strato portante): 0,6 m.
- Incastro laterale nel terreno = profondità piano di posa.
- Carichi agenti sul terreno verticali e centrati ed uniformemente distribuiti.
- Categoria di sottosuolo: B.
- Categoria topografica: T1 con  $St= 1,0$ .

### 7.2.2. Stati Limite Ultimi (SLU)

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

$$Ed \leq Rd$$

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

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

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

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

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

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

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m <sup>2</sup> )	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m <sup>2</sup> )	Tensione [Ed] (kN/m <sup>2</sup> )	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m <sup>3</sup> )
A1+M1+R3								
	HANSEN (1970)	946,69	411,61	0,00	--	--	* Rottura generale; lr=344,022; lcrit=204,673	37867,70
Sisma								
*	HANSEN (1970)	549,58	238,95	0,00	--	--	* Rottura generale; lr=344,022; lcrit=204,673	21983,29

Figura 20 Riepilogo Calcoli

(\*) Nei calcoli relativi alla combinazione sismica è stata tenuta in conto l'accelerazione nel sottosuolo (effetto cinematico) e nella fondazione (effetto inerziale) indotta dal sisma attraverso l'utilizzo dei coefficienti sismici  $K_{hk}$  e  $K_{hi}$ ; il primo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito ed il secondo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione (NTC2008). Sono stati considerati i seguenti dati: fattore di struttura  $q= 1,5$ ; Periodo di vibrazione della struttura  $T= 0,171$  s (stima automatica tramite software geostru- struttura in calcestruzzo armato di altezza 3 m).

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

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

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

$$Ed \leq Cd$$

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

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

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

Fondazione	SLU Combinazione delle azioni	Pressione	Cedimento assoluto calcolato - cm (Schmertman)	Coefficiente di sottofondo Ks (Kg/cmc) Pressione/cedimento
Platea	Combinazione frequente di esercizio (SLE)	30 KPa	0,2	1,5

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

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

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

Palazzolo S/O, 20 Marzo 2018

Dott. Geol. Massimo Marella o.g.l. 1178



 Regione Lombardia	<b>MODULO 9</b>
<b>DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PUNTO 6.2.1 DELLE N.T.C. DM 14/01/08 e/o DALLA D.G.R. IX 2616/2011</b>	
<p>Il sottoscritto <u>MARELLA MASSIMO</u>.....          iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione <u>LOMBARDIA</u>..... n. AP. <u>1178</u>..... incaricato in          data <u>03/2018</u> da <u>ARTECH INOX</u>.....          per conto di .....          di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento .....  <u>POSIZIONAMENTO CABINA ELETTRICA</u>.....          .....          .....          eseguito in Comune di <u>ROVATO</u>..... Località .....          Via <u>SAN GIORGIO</u>..... n° <u>1</u>..... CAP <u>25038</u>.....          Comune Catastale <u>H598</u>..... Foglio n. <u>18</u>..... Mappale o Particella <u>236</u>.....</p>	
<p>consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),</p>	
<b>DICHIARA</b>	
<p>A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:</p> <p><input type="checkbox"/> D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)</p> <p><input type="checkbox"/> D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione</p> <p>B. che, ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono:</p> <p>1. <i>SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.1</i></p> <p><input type="checkbox"/> Z1 Instabilità dei versanti      <input type="checkbox"/> Z2a Cedimenti      <input type="checkbox"/> Z2b Liquefazione</p> <p><input type="checkbox"/> Z3 Amplificazione topografica      <input checked="" type="checkbox"/> Z4 Amplificazione Stratigrafica</p> <p><input type="checkbox"/> Z5 Comportamenti differenziali      <input type="checkbox"/> Nessuno scenario</p>	

**1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2**

- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)\*
- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)\*
- Analisi di secondo livello non effettuata

\* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

**2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1**

- 1 senza particolari limitazioni
- 2 con modeste limitazioni
- 3 con consistenti limitazioni
- 4 con gravi limitazioni

**2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2**

- a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- b) Vulnerabilità idrogeologica
- c) Vulnerabilità idraulica
- d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- nessuna particolare limitazione

**DICHIARA INOLTRE**

- C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di ROVATO.....
- D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:
- Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
  - Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
  - Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
  - Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
  - Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
  - Nessun particolare approfondimento
- E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:
- indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo .....  
.....
  - indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo TRINCEA ESPLORATIVA.....  
.....

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

analisi di risposta sismica locale

procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione :

A       B       C       D       E

mediante la seguente tipologia d'indagine DA STUDIO GEOLOGICO COMUNALE .....

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

analisi di risposta sismica locale

procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:

T1       T2       T3       T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala .CTR.....

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione

verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia .....

.....

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio

previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto

previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:

non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente

sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

**ASSEVERA**

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data 20/03/2018.....

IL GEOLOGO

\_\_\_\_\_

(timbro e firma)

