



Comune di
SOLFERINO
Provincia di Mantova

RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

Ai sensi del D.G.R. IX/2616 e D.M. 17.01.2018 "NTC"

OPERE DI AMPLIAMENTO PER ATTIVITA' TURISTICO RICETTIVA

COMMITTENTE : **SIG. GALEAZZI PAOLO**

Il relatore

Dott. Geol. Giuliano Donaera



Castiglione delle Stiviere, li 02/11/2018

Commessa	Data	Descrizione	Revisione	Redatta
PRJ.255.18	02/11/2018	Relazione geologica idrogeologica e sismica	11-2018	Dott. G. Donaera

Studio GEO Ambiente

Via Prede n. 16 ~ Castiglione delle Stiviere (Mn)
Telefono 0376.670334 ~ Fax 0376.670334
Partita I.V.A. : 02284190200

E info@studiogeoambiente.it
W www.studiogeoambiente.it
P gdonuera@epap.sicurezza postale.it

RELAZIONE GEOLOGICA IDROGEOLOGICA E SISMICA

ai sensi della DGR X/2616 e D.M. 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni"
 Contiene il piano delle indagini geognostiche ed il modello geotecnico di riferimento

OPERE DI AMPLIAMENTO PER ATTIVITA' TURISTICO RICETTIVA

COMMITTENTE: SIG. PAOLO GALEAZZI

PREMESSA	4
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
2. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA	6
2.1 VINCOLI	6
2.2 FATTIBILITÀ.....	6
2.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	7
3.1 GEOLOGIA DELL'AREA	7
3.2 UNITÀ LITOLOGICHE AFFIORANTI.....	8
3.3 GEOMORFOLOGIA E IDROLOGIA SUPERFICIALE.....	9
4. IDROGEOLOGIA	11
4.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	11
5. AZIONE SISMICA (MODELLO SISMICO DEL SITO)	13
5.1 PERICOLOSITÀ DI RIFERIMENTO PER IL TERRITORIO NAZIONALE E REGIONALE.....	13
5.2 INDAGINE SISMICA MASW.....	15
5.2.1 STRUMENTAZIONE.....	16
5.2.2 ELABORAZIONE	17
5.2.3 RISULTATI.....	18
5.3 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	19
6. AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL SITO – VERIFICA 1° - 2° LIVELLO	20
6.1 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE.....	21
6.2 AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL SITO – VERIFICA DI 2° LIVELLO	23
6.3 DETERMINAZIONE DEL PERIODO DI RIFERIMENTO DEL SITO.....	24
7. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI PROGETTO	26
8. INDAGINE GEOGNOSTICA	28
8.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SCPT (STANDARD CONE PENETRATION TEST).....	29
9. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	35
• MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	35
• MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	35
10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	37
11. TERRE E ROCCE DA SCAVO	38
12. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI PROGETTUALI	40

INDICE DELLE TAVOLE E ALLEGATI:

- TAV 1 - Corografia generale in scala 1:10.000;
- TAV 2 – Estratto di mappa catastale in scala 1:2.000;
- TAV 3 - Carta geologica in scala 1:10.000;
- TAV 4 – Ubicazione precedenti indagini geognostiche;

Allegati di indagine:

- ALL 1- Diagrammi prove penetrometriche dinamiche SCPT;
- ALL 2- Stratigrafie pozzi;

- **NORMATIVA DI SETTORE DI RIFERIMENTO**

- Eurocodice 8 (1998) - **Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5 : fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici (2003);**
- Eurocodice 7.1 (1997) - **Progettazione geotecnica – Parte I: regole generali UNI;**
- Eurocodice 7.3 (2002) - **Progettazione geotecnica – Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002);**
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - **Testo unico “Norme Tecniche per le Costruzioni”;**
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - **Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008. Circolare 2 Febbraio 2009 e succ. mod. ed integrazioni;**
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - **Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del**
- **DGR 11/07/2014 n. 2129 “Riclassificazione sismica dei comuni lombardi”;**
- Legge Regionale Lombardia 11.03.2005 n. 12 – **“Legge per il governo del territorio”;**
- Legge Regionale Lombardia n. 33/2015 **“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;**
- D.G.R. Lombardia n. x/2616 del 30/11/2011 **“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57 della L.R. 11.03.2005 n.12”;**
- D.G.R. Lombardia n. X/5001 del 30/03/2016 **“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3 comma 1 e 13 comma 1 della LR 33/2015)”;**
- Decreto 17/01/2018 **“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”** – Supplemento ordinario GU n. 42 del 20/02/2018;

- **BIBLIOGRAFIA**

- **PGT del Comune di SOLFERINO (MN)** e relative norme di attuazione.
- Pianificazione Regionale e Provinciale PTR e PTCP.
- Basi informative ambientali ERSAL;

- **ACQUE E SUOLO**

- D. Lgs. 152/2006 artt. 184bis - 184ter -185 – 186 “Testo unico ambiente o codice dell’ambiente”.
- Programma di tutela ed uso delle acque PTUA – DGR n. 2244 03/2006 e relative NTA;
- Piano di Gestione del rischio alluvioni del fiume Po PGRA gazzetta Ufficiale Rep. Italiana n. 30 06/02/2017;
- Criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica – RR n. 7 del 2017;

- **TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164. (17G00135) (GU n.183 del 7-8-2017)

- **WEB**

- Sistema informativo territoriale regionale (PGT Web – mosaico PGT – Foto aeree e storiche) –www.regione.lombardia.it;

PREMESSA

Per conto del sig. P. Galeazzi, committente delle opere in progetto, e con le indicazioni progettuali dello Studio Arch. L. Botturi, è stata redatta la presente relazione geologica idrogeologica e sismica, a corredo del progetto di "Opere per ampliamento di attività turistico ricettiva" di un fabbricato agricolo esistente sito in comune di Solferino (Mn) al limite con il territorio comunale di Castiglione delle Stiviere (Mn) frazione Grole.

Nel dettaglio il progetto prevede l'ampliamento di un insediamento agricolo esistente per la creazione di una struttura turistico ricettiva ad un piano fuori terra con materiali tradizionali che rispettano l'inserimento paesaggistico dell'area posta in ambiente collinare di elevato pregio.

La presente relazione, sintesi e compendio dei dati acquisiti durante il rilevamento geologico dell'area e le indagini geognostiche appositamente eseguite, è finalizzata alla definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del sito, con particolare riguardo alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche ed alle proprietà fisico meccaniche dei terreni coinvolti dalle opere in progetto, per la valutazione della fattibilità dell'intervento sulla base del modello geologico e geotecnico preliminare dell'area, necessario alla successiva progettazione esecutiva delle opere di fondazione e strutturali del fabbricato.

Per le notizie di carattere geologico generale è stato consultato il documento di pianificazione urbanistica comunale (PGT) nonché la documentazione geologica generale disponibile in letteratura, integrata da rilievi eseguiti in campagna, basati sull'osservazione delle forme del territorio e delle litologie superficiali, correlati al passato geologico dell'area.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza alla vigente normativa DM 17.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni" (Cap. 6 Progettazione geotecnica e Cap. 7 Progettazione per azioni sismiche).

Si precisa che il presente documento "Relazione geologica" (circ. 617/2009 – NTC par. C6.2.1) riporta le risultanze dello studio volto alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito di indagine mentre la relazione geotecnica contiene la definizione del modello geotecnico di riferimento per la progettazione e la verifica esecutiva delle opere.

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

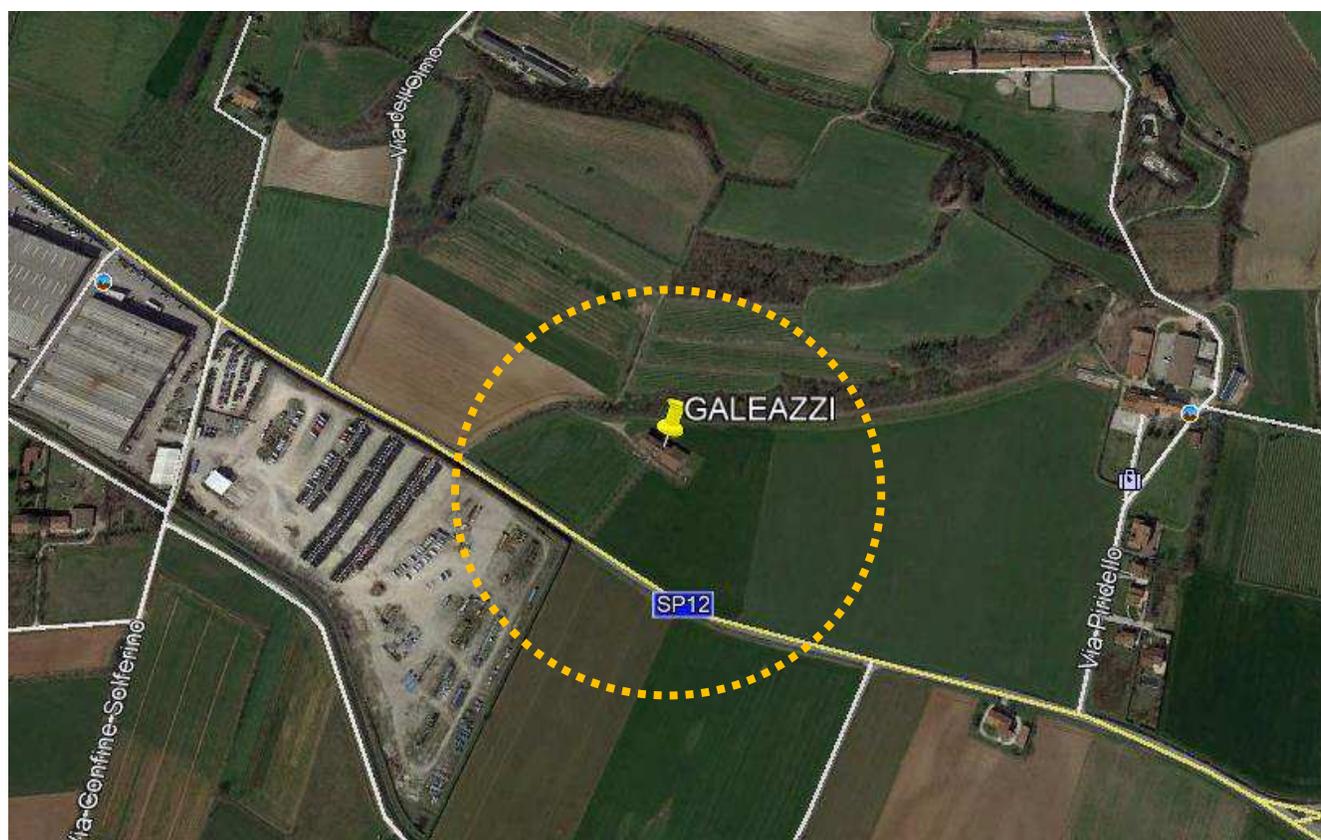
L'area in studio è ubicata in Loc. "Le Sorgive" del comune di Solferino (MN), con ingresso carraio e pedonale dalla SP 12 che collega Castiglione e Solferino in area periurbana a destinazione mista residenziale/artigianale con presenza anche di fabbricati a destinazione agricola.

La frazione posta al margine occidentale del comprensorio comunale, al confine con il comune di Castiglione delle Stiviere, si dispone alla base dei rilievi collinari del Monte delle Sortie appartenente al margine interno dell'apparato morenico gardesano.

Il lotto in questione è impostato ad una quota altimetrica di 109 m s.l.m, in corrispondenza dei depositi fluviali e fluvioglaciali Rissiani che sfumano con pendenza debolmente acclive a sud nella fascia pedecollinare, zona di transizione e raccordo tra l'alta pianura fluvioglaciale e le colline moreniche retrostanti.

Geograficamente l'area è rappresentata nella CTR RL (Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia) alla scala 1: 10.000 alla sezione D6e4-E6a4 con coordinate baricentriche dell'area (WGS 84): 45°22'05" latitudine N, 10°32'26" longitudine E; Catastalmente individuata al foglio 7 particelle n. 259-260 del CC di Solferino.

Dal punto di vista geologico l'area è rappresentata a scala regionale nel foglio n.48 "Peschiera del Garda" della CGI (Carta Geologica D'Italia) alla scala 1:100.000 ed in maggior dettaglio nella Carta Geolitologica alla scala 1: 10.000 (Tav 2) dello studio geologico a corredo del vigente PGT comunale.



2. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA

2.1 Vincoli

La fase di progettazione preliminare e di valutazione della fattibilità dell'intervento, ha previsto l'analisi delle limitazioni d'uso del territorio (vincoli) in particolare modo quelli descritti e presenti nella relazione geologica a corredo del vigente PGT comunale (Tav 05) e quelli relativi alla normativa sovraordinata (PTCP, Ambientale, Regionale e di Bacino).

Sulla base di detta analisi si afferma che sull'area in questione non sussistono vincoli e/o limitazioni d'uso del suolo in relazione alla consistenza delle opere in progetto.

2.2 Fattibilità

La carta della fattibilità per le azioni di piano allegata alla "Componente geologica, idrogeologica, e sismica del Piano di Governo del Territorio" del Comune di Solferino indica per l'area in questione una classe di fattibilità 3 (classe di fattibilità con consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni).

Tale classe è caratteristica dell'unità geologica dei depositi fluvioglaciali che presentano generalmente discrete caratteristiche geotecniche dei depositi e che sono caratterizzati da elevata vulnerabilità idrogeologica connessa alla presenza superficiale di terreni permeabili.

Le NTA impongono per la classe di fattibilità 3, che in sede di redazione del progetto venga redatta specifica relazione geologica, idrogeologica e sismica basata su indagini in sito e misura della Vs30 per la determinazione della categoria di suolo di fondazione.

Con riferimento alla pericolosità sismica locale (Tav 4) l'area è inquadrata nello scenario Z4a "zone di pianura" con presenza di depositi alluvionali.

2.3 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità degli acquiferi ed in particolare modo del primo acquifero freatico, è in relazione alle caratteristiche litologiche e granulometriche dei primi strati di sottosuolo, direttamente connesse alla permeabilità degli stessi ed alla potenzialità con cui sostanze "contaminanti" possono raggiungere la risorsa idrica e in essa diffondersi.

Sulla base della cartografia del nuovo PGT del comune di Solferino, che riporta parte dei vincoli e delle zone classificate a vulnerabilità ambientale, per quanto riguarda la pericolosità idrogeologica l'area in oggetto ricade in una zona a **vulnerabilità elevata della falda**. L'area in esame è infatti caratterizzata da elevata permeabilità dei depositi superficiali che consentono percolazione moderata di qualsivoglia sostanza contaminante.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 Geologia dell'area

La geologia dell'area deriva da una serie di eventi morfogenetici e deposizionali che soprattutto nella fase del Quaternario continentale hanno contribuito alla creazione della morfologia attuale.

L'area è posta al piede di un modesto rilievo denominato Monte delle Sortie, appartenente alle colline moreniche del Garda, che contraddistinguono parte del territorio Comunale di Solferino delle Stiviere.

Tale cordone morenico definisce la sommità del crinale che collega le cime del Monte del Signore, Monte della Castellina e del Monte dei Fattori e continua ad Est con i rilievi di Solferino; esso presenta nell'area in esame una direzione NW-SE, affacciandosi alla piana fluvioglaciale che risulta depressa di circa 100 m.

Anche la fascia pedemontana ovvero la piana fluvioglaciale più prossima alle cerchie, è di età Rissiana.

Le litologie che costituiscono il sottosuolo sono di natura prevalentemente ghiaiosa con strato di alterazione superficiale argilloso rossastro che copre le sottostanti ghiaie bianche ed inalterate che rappresentano i prodotti litologici delle fasce di raccordo delle cerchie moreniche più esterne dell'anfiteatro del Garda.

L'estrema eterogeneità e compattezza delle litologie è osservabile in alcuni tagli artificiali del pendio che mostrano inclinazioni subverticali e frequenti inclusi di notevoli dimensioni da decimetriche a metriche e di natura poligenica; i depositi sono caratterizzati dall'assenza di una qualsiasi classazione e dalla presenza di una matrice limosa che ne determina un grado di coesione elevato. Localmente sono presenti zone cementate "crostoni" prodotte dall'azione percolante delle acque meteoriche che presentano però una scarsa continuità laterale. Dall'osservazione di sbancamenti artificiali è possibile osservare l'assenza di una qualsiasi classazione per i depositi in esame e la presenza di una matrice limosa che ne determina un grado di coesione elevato (apparente).

Dall'esame della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Foglio 48 – "Peschiera del Garda") e della litologica allegata al PGT vigente, l'area in esame è posta all'interno dei depositi di fluvioglaciali e fluviali Rissiani prevalentemente ghiaiosi con strato di alterazione superficiale in argille che si raccordano con le cerchie moreniche rissiane più esterne dell'anfiteatro del Garda.

Gli scaricatori fluvioglaciali, hanno infatti condotto alla formazione di un sistema di depositi ad allineamento preferenziale NW-SE, interessati da terrazzamenti ed aree depresse che nell'insieme presentano caratteristiche morfologiche complesse.

Si tratta di alluvioni ghiaioso-sabbiose, alterate per oltre un metro in argille intercalate da orizzonti limoso-argillosi discontinui che separano acquiferi sovrapposti di limitata estensione e di tipo semiconfinato caratterizzati da elevata permeabilità che culminano verso sud con emergenze naturali costituendo la linea dei fontanili.

3.2 Unità litologiche affioranti

In base alle osservazioni di superficie, alla ricostruzione degli eventi geologici del Quaternario ed alle correlazioni geomorfologiche, si distinguono le unità formazionali che seguono:

- **Depositi morenici:** il loro accumulo rappresentò l'ultimo atto di una serie complessa di avanzate e ritiri del fronte glaciale, che portarono alla costituzione dell'odierno apparato collinare; vi affiorano massi, blocchi, ciottoli, ghiaie e sabbie immersi in una matrice limoso argillosa avente funzione coesiva. I rilievi sono frequentemente ricoperti da un orizzonte pedogenizzato di colore giallo rossastro, la cui potenza varia in ragione dell'acclività e del rimodellamento antropico legato alle diffuse attività agricole.

La maggioranza del nucleo storico cittadino si snoda sulla zona collinare e sulle conoidi meridionali della zona pedecollinare. I suoli reperibili in corrispondenza dei depositi descritti sono da molto sottili a profondi, limitati dal substrato sabbioso-limoso, fortemente calcareo, con scheletro comune in superficie e frequente in profondità, a tessitura media o moderatamente grossolana, con drenaggio da buono a rapido.

- **Depositi Fluviali e fluvioglaciali prevalentemente ghiaiosi:** si tratta di terreni contemporanei ai precedenti; le azioni di erosione, trasporto e ri-deposizione operate dai torrenti fluvioglaciali nei confronti del materiale morenico, hanno portato all'alluvionamento degli alvei incisi interposti ai rilievi nonché della pianura antistante (Sandur) al fronte principale del ghiacciaio gardesano. I terreni in questione, a tessitura ghiaiosa ed in minor misura sabbiosa, sono costituiti da clasti arrotondati, talvolta cementati e superficialmente alterati a causa della formazione di un suolo agrario rubefatto e piuttosto potente. I materiali infra-morenici e di Alta Pianura sono riconducibili al Fluvioglaciale Riss I; essi sono erosi da evidenti scarpate alte alcuni metri databili al Fluvioglaciale Riss II.

Nella zona pedecollinare la potenza del banco ghiaioso supera i 40 m, decrescendo progressivamente a Sud fino a scomparire là dove affiorano i terreni cretosi di Media Pianura. I relativi suoli sono sottili o moderatamente profondi, limitati dal substrato a forte componente ghiaioso-sabbioso-ciottolosa, con scheletro da frequente ad abbondante, a tessitura media, non o scarsamente calcarei nella parte superiore, calcarei nel substrato e a drenaggio da buono a rapido; la falda è molto profonda.

3.3 Geomorfologia e idrologia superficiale

La morfologia del territorio in esame si riconduce in maniera diretta agli eventi quaternari pleistocenici; successivamente su di essi si è impostato un reticolo idrografico che è il principale fattore di rimodellamento del paesaggio, al quale sono connesse le attività di erosione e trasporto più significative.

Esso ha inciso in modo variabile i depositi glaciali e fluvioglaciali e le loro coperture di alterazione.

L'alternarsi di fasi glaciali ed interglaciali, l'erosione il trasporto di materiale, in seguito rimaneggiato dagli scaricatori fluvioglaciali e rideposto, costituiscono le componenti fondamentali dei processi che hanno contribuito al modellamento della superficie topografica attuale.

L'area esaminata è ubicata in una zona di piana alluvionale vera e propria, detta unità di alta pianura.

Il comune di Solferino ricade all'interno in parte nella fascia morenica Gardesana (settore Nord) ed in parte nell'alta pianura lombarda comprensiva anche della fascia pedecollinare. Le testimonianze più rilevanti sono identificabili nelle colline moreniche, residui testimoni della cerchia di età mindeliana. Le colline, come è già stato ricordato, sono i residui dei depositi morenici latero-frontali; in relazione alla loro genesi e alla azione erosiva differenziale degli scaricatori fluvioglaciali, mostrano un profilo topografico asimmetrico per cui abbiamo un grado di acclività verso la parte convessa del cordone morenico (interna) maggiore che in quella esterna, di solito a morfologia più dolce.

Dal punto di vista geomorfologico sono presenti i caratteri morfologici legati all'attività glaciale e fluvioglaciale quaternaria; in particolare la presenza di numerosi cordoni morenici di età Rissiana, deposti nel Pleistocene Superiore ed originatisi in seguito allo scioglimento dei ghiacciai quaternari del Garda e della Val d'Adige.

Tali depositi, detti "morene," sono costituiti da una mescolanza caotica di materiali differenti per genesi e provenienza, granulometricamente eterogenei, strappati a monte dall'azione erosiva del ghiacciaio e trasportati nonché deposti a valle durante le fasi di scioglimento e ritiro.

Si tratta di un insieme eterogeneo, e spesso fittamente lentiforme, di ghiaie, sabbie, limi e argille; le ghiaie talora debolmente cementate sono ricoperte da uno strato di alterazione argilloso di colore rossastro o rosso bruno, con rari ciottoli calcarei, dello spessore massimo di 1.00 – 1.20 m.

Dove la copertura è stata dilavata ed erosa dalle acque ruscellanti, affiora la morena ghiaiosa fresca, con inglobati massi erratici di varia natura. La complessità dei rapporti geometrici esistenti all'interno dei depositi morenici e le numerose inter digitazioni, rendono la rappresentazione geologica di difficile interpretazione.

I depositi morenici, che costituiscono l'ossatura dei rilievi collinari, sono formati da sedimenti aventi una gamma granulometrica che va dalle argille ai trovanti; generalmente i ciottoli presentano un buon grado di arrotondamento anche se non si nota alcuna classazione. Nella seconda glaciazione e più precisamente durante la fase anaglaciale rissiana, si vengono a formare i cordoni più interni che corrispondono alle attuali colline di Castiglione delle Siviere, Solferino e Cavriana; gli scaricatori fluvioglaciali conseguenti hanno interessato i terreni

vicini, prima mediante un apporto sedimentario e, in seguito, con un aumento notevole di energia, erodendo il cordone morenico mindeliano preesistente lasciando solo colline come testimoni, isolate ed allineate; quelle attuali fra Montichiari e Carpenedolo, mentre i sedimenti andavano a costruire la pianura più a Nord I numerosi "scaricatori fluvioglaciali", che percorrendo le cerchie moreniche, hanno generato terrazzi morfologici sospesi sul fondovalle pluviale-fluviale wurmiano, terminano allo sbocco delle valli infra moreniche principali con conoidi a ventaglio di materiali sciolti, generalmente incise e marcate da tracce diffuse di corsi d'acqua a canali intrecciati (Braided).

Verso Sud il fluvioglaciale rissiano sfuma ed è dilavato dal pluviale würmiano: intervallo di tempo caratterizzato da clima più umido dell'attuale, con abbondanti precipitazioni; tipico di regioni a più bassa latitudine rispetto a quelle interessate dalle glaciazioni.

Morfologicamente l'area di intervento interessa una piana glaciale; il lotto in questione attualmente rappresenta il profilo naturale del terreno.

L'idrografia superficiale è assente in quanto la zona non è più oggetto di coltivazioni o destinazione agricola già da vario tempo e comunque si inserisce in area collinare caratterizzata da coltivazioni locali tipiche non estensive (ulivo). I depositi superficiali, di natura argillosa, sono soggetti a fenomeni geomorfologici legati all'azione delle acque non incanalate, soprattutto all'interno degli impluvi piuttosto incisi, dove subiscono fenomeni di erosione accelerata e diffusa, ruscellamento e fenomeni gravitativi lenti.

4. IDROGEOLOGIA

4.1 Inquadramento idrogeologico

Il territorio mantovano fa parte dell'area padana, un grande bacino subsidente che durante il Pliocene e parte del Pleistocene corrispondeva ad un golfo occupato dalle acque marine, soggetto a continui avanzamenti ed arretramenti della linea di costa. Questo grande bacino viene interpretato, alla luce dei dati attualmente disponibili, come una fossa inserita nella geosinclinale alpina e subsidente durante il sollevamento delle catene montuose circostanti. La base di questo acquifero principale è costituita, in corrispondenza del margine alpino da formazioni sedimentarie carbonatiche prevalentemente mesozoiche. Il pacco di depositi saturo d'acqua è suddiviso in molti strati, per cui inferiormente ad una falda libera o freatica esistono una o più falde in pressione sottostanti. In particolare nel settore settentrionale del territorio mantovano (zona morenica e pedecollinare) il passaggio tra la falda libera e le falde confinate/semiconfinate della media alta pianura è caratterizzato da un allineamento abbastanza continuo di fontanili (o risorgive).

Il sistema acquifero morenico che si estende a nord fino al lago di Garda è che da esso è alimentato giova inoltre di ulteriori apporti provenienti dagli acquiferi al contorno (sistema Chiese-Oglio), da afflussi profondi e da infiltrazioni di acque irrigue e meteoriche. Lo schema della circolazione idrica sotterranea della porzione morenica è stato ricostruito analizzando congiuntamente le stratigrafie di pozzi limitrofi e i vari elementi geologici che concorrono a definire l'assetto idrogeologico (litologia superficiale e profonda, geomorfologia, piezometria e chimismo). L'area si compone di almeno tre unità idrogeologiche che sfumano una in successione all'altra:

- unità delle colline moreniche
- unità pedecollinare
- unità dell'alta pianura.

Nell'unità delle colline moreniche, causa la caoticità ed eterogeneità dei depositi legata alla dinamica deposizionale, non si rinvengono negli strati superficiali (fino a 60/80 m circa) vere e proprie falde idriche a carattere permanente, ma solamente falde sospese poco estese di modesto spessore il cui livello piezometrico è fortemente influenzato dal locale regime pluviometrico e dagli apporti irrigui.

In profondità sono invece presenti acquiferi più estesi, con spessori notevoli caratterizzati da una ricca circolazione idrica probabilmente in funzione di una comunicazione diretta con il bacino benacense posto a monte. Nel settore pedecollinare, che funge da raccordo tra l'unità morenica e quella di alta pianura, la litologia dei depositi superficiali, dovuta essenzialmente al trasporto ad opera degli scaricatori fluvioglaciali, è di natura ciottolosa-ghiaiosa-sabbiosa e conferisce agli stessi elevata permeabilità.

La fascia pedecollinare si configura quindi come l'area di principale ricarica degli acquiferi da parte degli apporti pluviometrici, fluviali ed in particolare delle acque di irrigazione, le quali essendo a carattere stagionale, determinano fluttuazioni del livello piezometrico dell'ordine anche di qualche metro.

In profondità, il sottosuolo si configura come un acquifero monostrato compartimentato con livelli in pressione; la presenza di orizzonti semipermeabili permette lo scambio idrico tra livelli sovrapposti.

Per quanto concerne l'alimentazione ed il drenaggio degli acquiferi, data la massiccia presenza di terreni permeabili, tale zona è definita di ricarica delle falde che avviene soprattutto grazie alle ingenti infiltrazioni di acque superficiali (irrigazione, piogge efficaci, dispersione dei corsi d'acqua).

I depositi appartengono alle alluvioni fluvioglaciali e ai depositi di conoide che si dipartono in corrispondenza dello sbocco a valle degli antichi scaricatori fluvioglaciali. Tali depositi ricoprono le morene di età rissiana che costituiscono l'ossatura dei rilievi collinari del territorio in esame.

I terreni costituenti i depositi morenici sono caratterizzati da una composizione granulometrica assai eterogenea di natura prevalentemente incoerente, immersi in una matrice limoso argillosa molto consistente.

Le numerose pubblicazioni bibliografiche, trattanti la geologia e l'idrogeologia della zona, unite alle stratigrafie di pozzi perforati negli anni precedenti, forniscono indicazioni preziose riguardo le caratteristiche litologiche superficiali e profonde.

Nei pozzi presi in esame si rileva la presenza di più acquiferi sovrapposti, isolati da livelli argillosi interposti, anche se la presenza di zone di eteropia di facies rende labili i limiti tra i diversi acquiferi alla grande scala.

Come già ricordato l'insieme dei terreni permeabili descritti è caratterizzato da un tipo di permeabilità interstiziale; le diverse falde contenute all'interno degli acquiferi possono essere considerate alla piccola scala come isolate. I dati a nostra disposizione ci permettono di effettuare alcune osservazioni.

Innanzitutto per quanto concerne l'alimentazione ed il drenaggio degli acquiferi: data la massiccia presenza di terreni permeabili, hanno luogo ingenti infiltrazioni di acque superficiali (irrigazione, piogge efficaci).

Si può quindi affermare che si tratta di terreni dotati di permeabilità da elevata a molto elevata con coefficienti di permeabilità con valori orientativi che per depositi con granulometria ghiaioso-sabbiosa, variano tra 10⁻³ m/sec e 10⁻⁴ m/sec. Non è noto il livello statico della falda superficiale in quanto non raggiunto e misurato durante la campagna di indagini, anche se si stima essere di poco sotto il piano campagna (3 m) e lo spessore di insaturo talvolta è caratterizzato da circolazione idrica localizzata che dà luogo a piccole e falde sospese a carattere temporaneo. Il livello piezometrico, nel corso dell'anno, è comunque soggetto ad oscillazioni in positivo ed in negativo rispetto alla misura rilevata. Le motivazioni sono molteplici e legate a fattori sia di carattere antropico (attività di emungimento dei pozzi, pratiche di irrigazione delle colture nei periodi tardo primaverili ed estivi, etc.), sia di indole naturale (ricarica delle falde in seguito alle precipitazioni in seguito a periodi più o meno piovosi, fenomeni di evapotraspirazione più o meno intensi, etc.).

5. AZIONE SISMICA (Modello sismico del sito)

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla "**Pericolosità Sismica di base**", che rappresenta in senso probabilistico, lo scuotimento atteso in un dato sito, in un dato intervallo di tempo (finestra temporale).

La Pericolosità Sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (field free) su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A), con prefissate probabilità di eccedenza P_{v_r} , nel periodo di riferimento V_r .

Le forme spettrali, sono definite per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{v_r} , a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

5.1 Pericolosità di riferimento per il territorio nazionale e regionale

- Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 che emana i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Ordinanza del P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 che emana i "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)".

L'emanazione di successive ordinanze (Ordinanza di protezione civile n° 3379 del 05/11/2004, Ordinanza del P.C.M. n° 3431 del 03/05/2005, Ordinanza del P.C.M. n° 3452 del 01/08/2005, legge n. 31/08 del 28/02/2008), hanno preceduto la definitiva obbligatorietà all'applicazione del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche sulle costruzioni" (cap 3.2 Azione sismica) per la valutazione della "pericolosità sismica di base" del sito interessato da nuove opere di costruzione.

- D.G.R. della Regione Lombardia, n. 7/14964 del 7/11/2003 "Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Il D.G.R. della Regione Lombardia, n. 11/2616 del 30/11/2011: aggiornamento dei "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio".
- **D.G.R. n. 2129 del 11.07.2014, "Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni" in attuazione della Legge 112/1998, della legge regionale 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), del D.P.R. 380/2001 e di specifiche O.P.C.M., tra cui la n. 3274/2003, recepita dalla D.G.R. 7 novembre 2003, n.14964, in vigore dal prossimo 14/10/2014;**

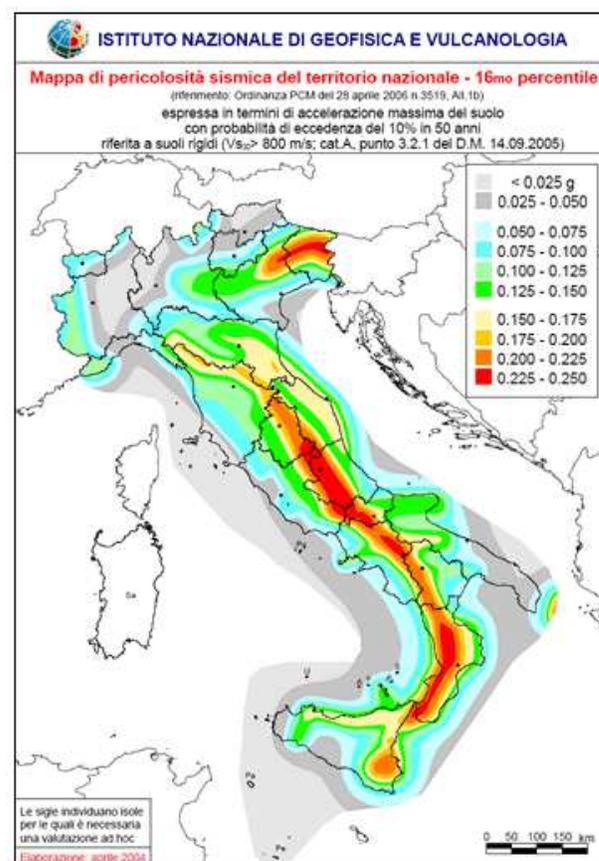
- **Legge Regionale n. 33/2015, “Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;**
- **D.G.R. n. x/5001 del 30/03/2016 “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (art. 3 comma 1 e art 13 comma 1 della LR 33/2015)**

La norma nazionale prevede di definire l’accelerazione sismica al suolo, sulla base di una mappatura del territorio italiano a cura dell’INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), riportante le accelerazioni massime attese al suolo.

La porzione di territorio in cui ricade l’area in studio è definita a medio alta sismicità.

ovvero: **Il comune di Solferino è classificato in zona sismica 2**

Si riporta la tabella che individua ciascuna zona secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.



Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

5.2 Indagine sismica Masw

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento. Il metodo MASW frutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

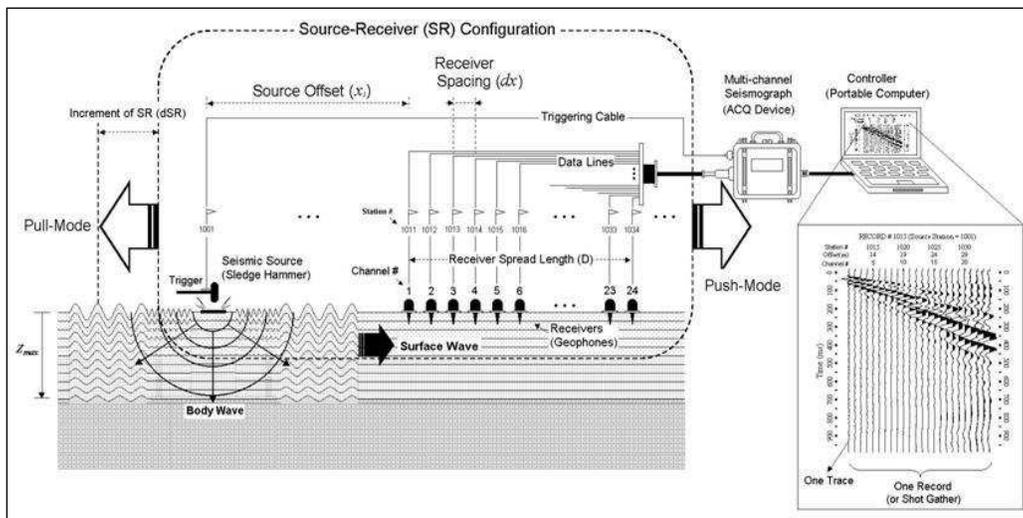
Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore. Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri. La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing. Il sito di indagine è collocato in un contesto urbanizzato, privo di particolari fonti di rumore antropico in grado di interferire in modo significativo con il segnale sismico.

5.2.1 Strumentazione

Il sistema di acquisizione è costituito da un sismografo multicanale ECHO 24/2010 Ambrogeo, munito di contenitore in ABS a tenuta stagna da campo, conversione A/D a 24 bit, tempo di campionamento da 32 microsec a 960 millisecc su 24+1 canali e lunghezza registrazione estesa fino a 1600 campioni. I geofoni verticali utilizzati, Oyo Geospace, hanno una frequenza propria di 4,5 Hz e sono collegati al sismografo tramite cavi elettrici schermati. Per visualizzazione, gestione e registrazione dei segnali è utilizzato un laptop dotato di software proprietario.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare sul canale n. 25 l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione dei filtraggi per le frequenze indesiderate;
- visualizzazione accelerogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma di ulteriori accelerogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione;
- Sistema di energizzazione è composto da una mazza battente manovrata a mano (mazza da 8 kg - mod SIS-020-000), agente a percussione su una piastra quadrata di alluminio (dimensioni 20x20x5 cm).



5.2.2 Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (Winmasw 4.3 – Eliosoft) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il record sismico nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda" e il "muting". Inoltre, se necessario, tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata anche tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

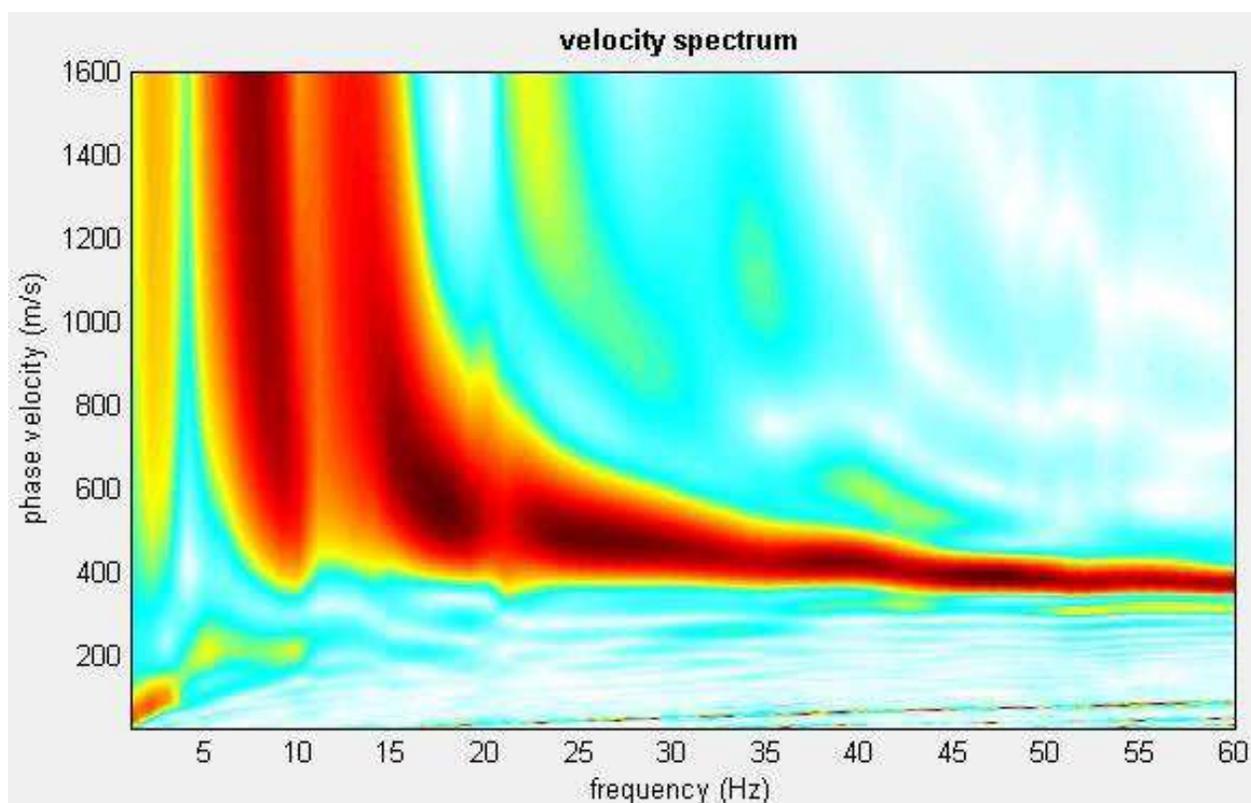
Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti di calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri di velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli strati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite iterazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione informazioni aggiuntive, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è possibile impostare un modello geologico/geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito. In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa. Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul diverso comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

5.2.3 Risultati

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{seq} per la sezione indagata. Il substrato di riferimento (bedrock sismico) è stato stimato a profondità di 37 m da p.c.



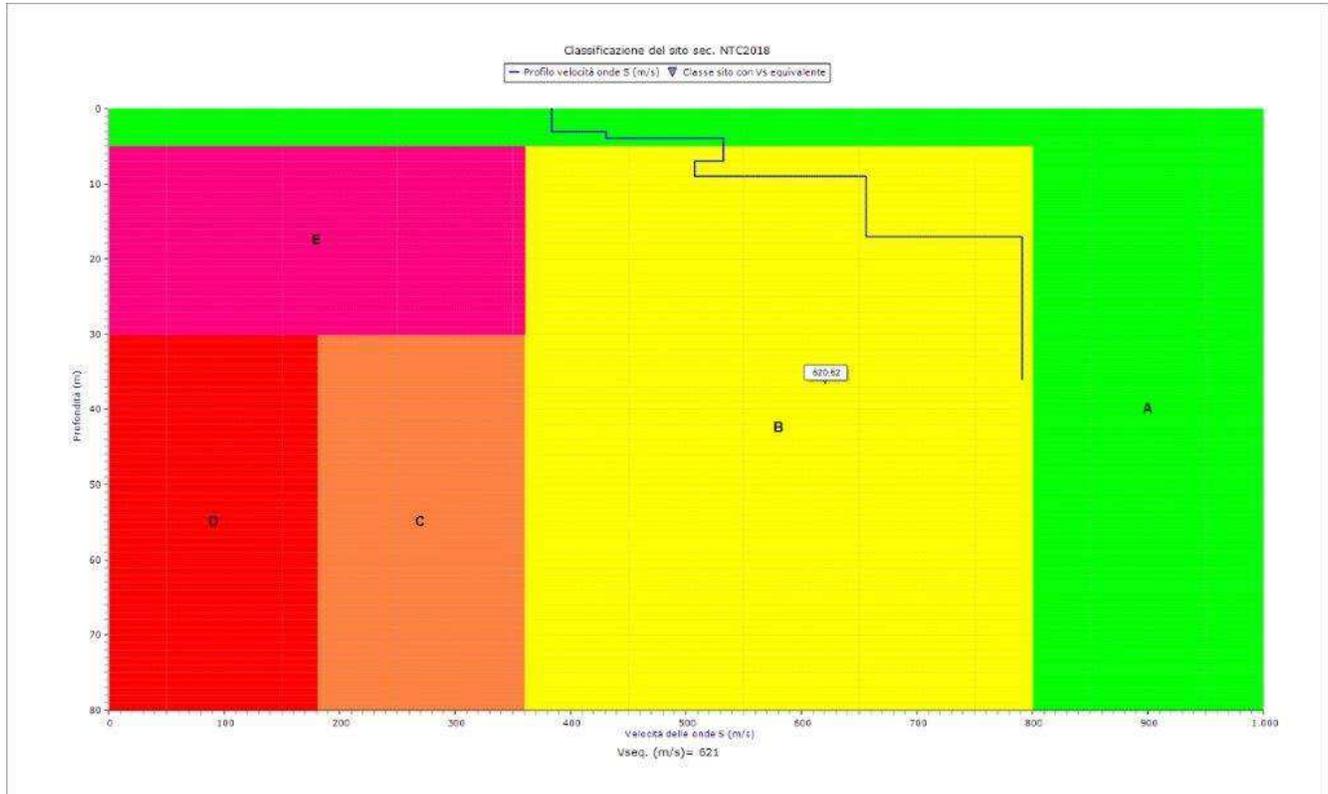
Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-2,9	2,9	384
-4,3	1,4	431
-6,9	2,6	532
-9,4	2,5	507
-16,9	7,5	656
-36,0	19,1	791

5.3 Determinazione della categoria di suolo di fondazione

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

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse.



Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

D.M. 17/01/2018	Profondità del bedrock sismico	$V_{S,eq}$ (m/s)	Categoria di sottosuolo	Valore di V_{seq} calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 $V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$ Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II
Calcolo a partire dal ripiano di esecuzione MASW (p.c.)	-37 m	621	B	

Si sottolinea come la Categoria di Sottosuolo di Progetto, stimata alternativamente in base a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, deve essere definita dal Geologo o dal progettista anche in funzione dei dati progettuali.

6. AMPLIFICAZIONE SISMICA DEL SITO – Verifica 1° - 2° livello

Il valore di V_{seq} , è riferito ai primi 30 m a partire dalla base delle fondazioni poste a circa -0.90 m da p.c..

V_s 30 EQUIVALENTE = 621 m/sec.

Secondo normativa (DM 17.01.2018) **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:**

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	Descrizione da D.M. 17.01.2018 – Tabella 3.2.II
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

- Determinazione dell'amplificazione stratigrafica:**

CATEGORIA di SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

- Determinazione dell'amplificazione topografica:**

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 $i > 30^\circ$

6.1 Definizione dell'azione sismica di base

Con l'entrata in vigore del DM 17.01.2018 NTC 18, la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio "sito dipendente". Il territorio nazionale è stato suddiviso in punti, denominati "nodi", a ciascuno dei quali è stato assegnato un valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente a un periodo di ritorno di 475 anni).

Sulla base delle disposizioni previste nelle NTC 18, si definiscono per l'opera in progetto i seguenti parametri sismici: **OPERE DI AMPLIAMENTO PER ATTIVITA' TURISTICO RICETTIVA**

- ❖ COMUNE di: **SOLFERINO**
- ❖ Zona sismica : **2**
- ❖ V_{s30} : **621 m/sec**
- ❖ Categoria suolo di fondazione: **B**
- ❖ Categoria topografica : **T1** Coefficiente topografico : **St=1,00**
- ❖ Vita nominale: **$V_N \leq 50$** anni ;

Numero di anni nel quale la struttura, soggetta alla manutenzione ordinaria, deve essere usata allo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva;	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di dimensioni contenute o importanza normale;	≤ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica;	≤ 100

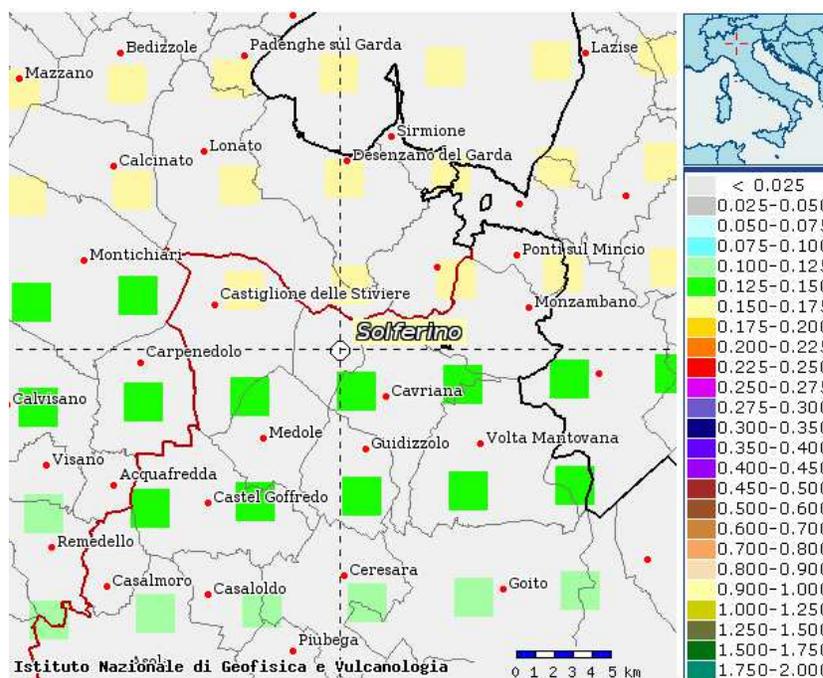
- **Classe d'uso:** = **II** ; (rif. par. 2.4.2. NTC 18)

il valore del coefficiente d'uso C_u è definito al variare della classe d'uso secondo la tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,70	1,0	1,5	2,0

I valori utilizzati per la definizione dell'azione sismica, sono puntualmente definiti da un reticolo di riferimento (griglia di 10751 punti) sulla base delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di studio.

Di seguito viene riportata la mappa di pericolosità sismica del progetto DPC INGV S1 utilizzata per la definizione dei valori di a_g , F_0 e T_c^0 :



Estratto mappa interattiva della pericolosità sismica
(prob. 10% in 50 anni, 50° percentile)

- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $PV_r = 50$; pari a $V_R = V_N \cdot C_U$

Coordinate Geografiche della località in esame (WGS84)

Latitudine:	45.3680
Longitudine:	10.5411

Utilizzando il software automatico di calcolo Geostru PS Advanced, della Geostru® Software, introducendo i dati di input sopra riportati, si ottengono in forma tabellare i seguenti parametri e coefficienti sismici, riferiti ai diversi stati limite da considerare:

PARAMETRI SISMICI					
STATO LIMITE	Prob. superam. (%)	Tr (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^0 (sec)
Operatività (SLO)	81	30	0.038	2.589	0.221
Danno (SLD)	63	50	0.052	2.478	0.251
Salvaguardia Vita (SLV)	10	475	0.148	2.442	0.276
Prev. Collasso (SLC)	5	975	0.193	2.471	0.278

6.2 Amplificazione sismica del sito – VERIFICA DI 2° LIVELLO

La verifica dell'eventuale amplificazione sismica è stata condotta applicando le metodologie geologico-geofisiche indicate dalla Regione Lombardia nella DGR 30 Novembre 2011 n° 9/2616 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11/03/2005 n. 12".

Il parametro calcolato per ciascun Comune da Regione Lombardia è riportato in una banca dati e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione del sito.

Per il Comune di SOLFERINO la Regione Lombardia ha assegnato i valori di amplificazione per le diverse categorie di sottosuolo, sotto riportati, in funzione di due intervalli di periodi, di cui quello tra 0,1 e 0,5 secondi corrisponde indicativamente a fabbricati di altezza inferiore ai 5 piani.

INTERVALLO (secondi)	CATEGORIA SOTTOSUOLO			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2.0
0.5 – 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

1° LIVELLO

Applicando il primo livello d'approfondimento si ricava che l'area in esame è soggetta a possibili amplificazioni per effetti litologici in quanto ricadente nello scenario denominato Z4a:

Zona PSL Z4a - Zona di pianura alluvionale con presenza di depositi granulari o coesivi, suscettibili di amplificazione litologica. E' richiesto il secondo livello di approfondimento

2° LIVELLO VERIFICA CON I CRITERI DI REGIONE LOMBARDIA

Ricadendo in scenario Z4A la normativa della Regione Lombardia prevede la verifica di 2° livello che si esplica nella verifica del fattore di amplificazione sismica. Il primo passaggio da compiere è quello di controllare la compatibilità dei dati ricavati con l'indagine sismica realizzata nel sito di intervento. In particolare va verificato che la curva delle velocità, ricavata dalle indagini, ricada nel campo di validità delle schede tipo della Regione Lombardia relative ad alcune tipologie di suolo.

A questo punto, scelta la scheda di riferimento e verificato che la curva delle velocità ricade nel campo di validità, si deve accertare che il valore di amplificazione in sito non superi a quello definito da R.L. Nel caso in esame si è adottata la *scheda dei terreni di litologia sabbiosa* che consente di mantenere all'interno del campo di validità l'andamento delle velocità con la profondità come si vede nel grafico di seguito riportato, in cui la curva delle velocità (V_s) non oltrepassa il confine del campo di validità.

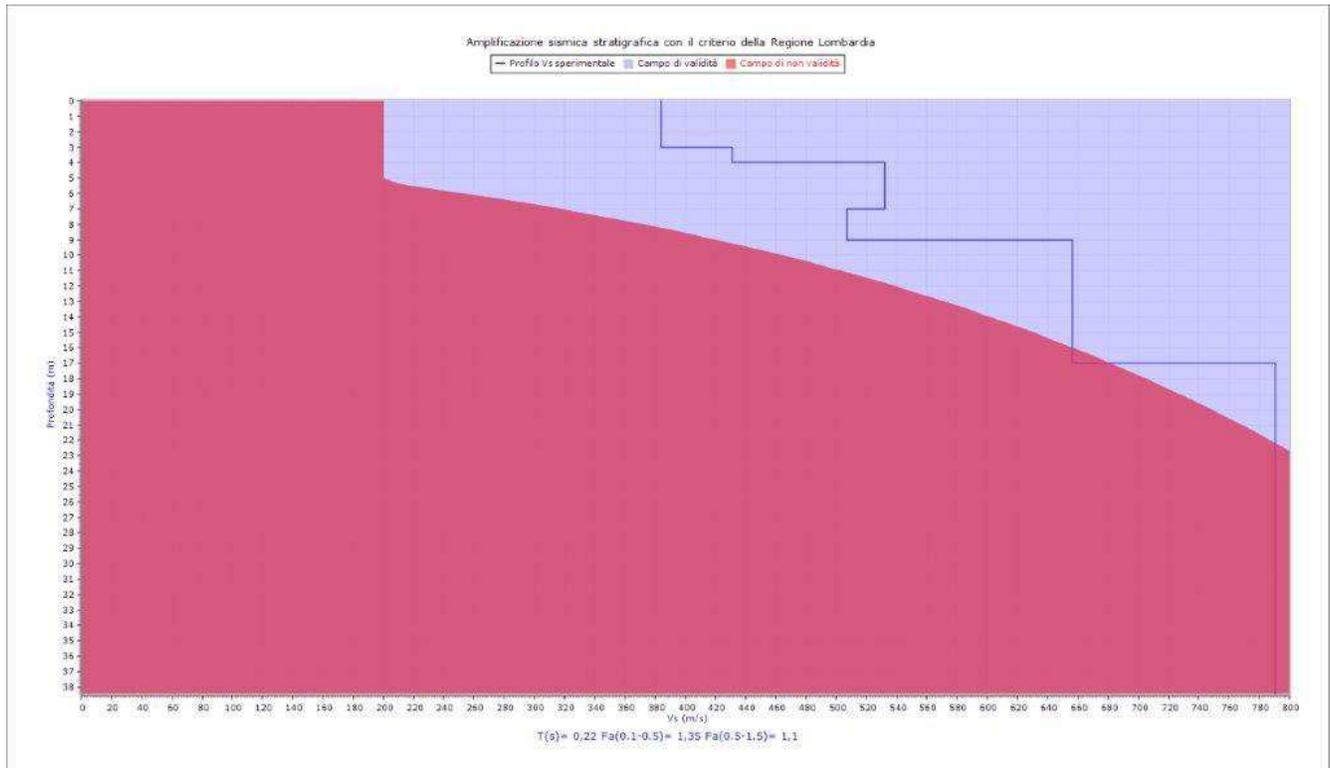
Di seguito è riportato il grafico dell'andamento delle velocità sismiche confrontate con la curva caratteristica della litologia sabbiosa.

6.3 Determinazione del periodo di riferimento del sito

La determinazione del periodo di riferimento del sito si ottiene applicando la seguente relazione:

$$T(s) = \frac{4 \times \sum_{i=1,N} h_i}{\frac{\sum_{i=1,N} h_i \times V_{Si}}{\sum_{i=1,N} h_i}}$$

Dove h_i è lo spessore in metri dello strato i -esimo, V_{Si} è la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo e N è il numero di strati.



L'applicazione della relazione implica conoscere l'andamento delle Vs con la profondità sino a raggiungimento di velocità ≥ 800 m/s. Nel caso in esame non è stato individuato il bedrock sismico entro i primi 30 m da p.c., che è stato stimato alla profondità di circa 37.00 m da p.c..

Utilizzando la curva 3 per la litologia GHIAIOSA Si ricava quanto segue:

- Periodo proprio di sito $T = 0,22s$
- Fattore di amplificazione ricavato dalla scheda litologia sabbiosa per **periodo 0,1-0,5 s: $F_a = 1,35$** (soglia comunale categoria B = 1,4+0,1)
- Fattore di amplificazione ricavato dalla scheda litologia sabbiosa per **periodo 0,5-1,5 s: $F_a = 1,10$** (soglia comunale categoria B = 1,7+0,1)

Tenendo conto di un valore di variabilità di +0,1 del valore della soglia comunale, come previsto da normativa regionale, il valore di Fa caratteristico del sito di studio non risulta superare il valore comunale previsto da Regione Lombardia per la categoria di suolo B, pertanto **la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e può quindi essere applicato lo spettro della categoria di sottosuolo B.**

Il rispetto dei vari stati limite viene considerato conseguito dalle NTC:

- Nei confronti di tutti gli Stati Limite Ultimi (SLU) quando siano soddisfatte le verifiche al solo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).
- Nei confronti di tutti gli Stati Limite di Esercizio (SLE) quando siano soddisfatte le verifiche al solo Stato Limite di Danno (SLD).

7. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI PROGETTO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (azione sismica di base su sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

❖ Categoria sottosuolo del sito **Condizione di verifica $F_{ac} < F_{as}$** :

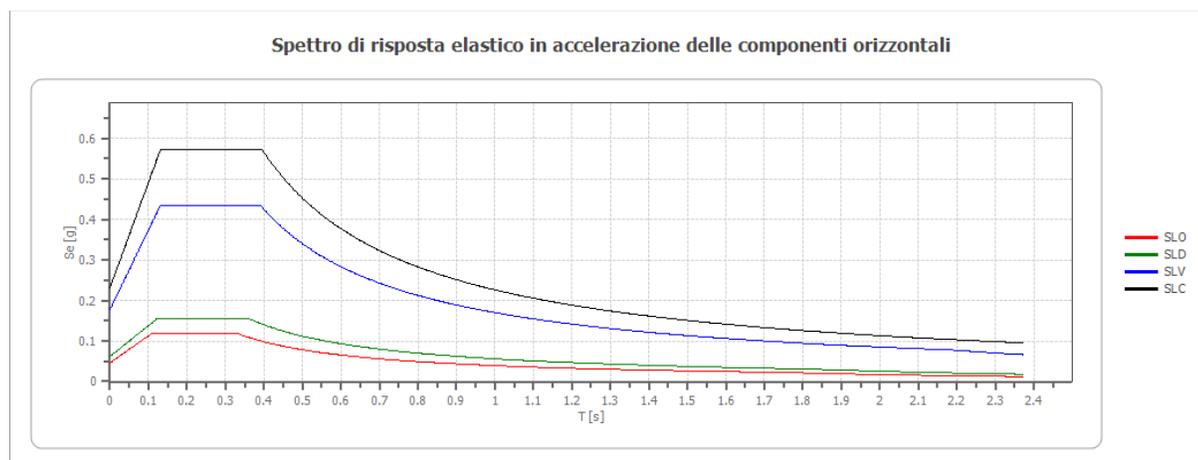
B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

❖ Categoria topografica del sito:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

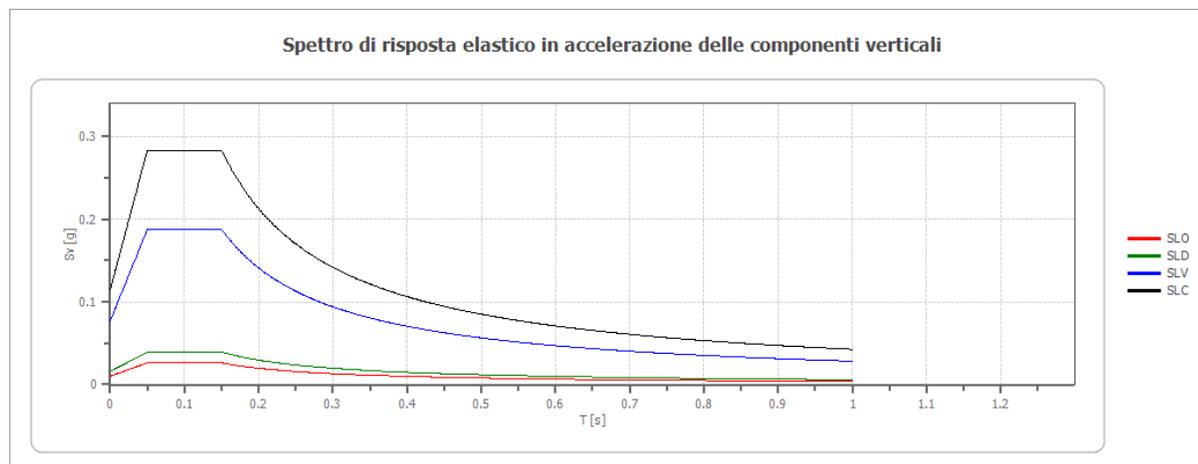
COEFFICIENTI SISMICI STABILITA' DI PENDII E FONDAZIONI				
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.009	0.012	0.043	0.056
kv	0.005	0.006	0.021	0.028
Amax [m/s ²]	0.451	0.609	1.742	2.274
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.038	2.589	0.221	1.200	1.490	1.000	1.200	1.000	0.110	0.329	1.753	0.046	0.119
SLD	1.0	0.052	2.478	0.251	1.200	1.450	1.000	1.200	1.000	0.121	0.364	1.807	0.062	0.154
SLV	1.0	0.148	2.442	0.276	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.131	0.392	2.192	0.178	0.434
SLC	1.0	0.193	2.471	0.278	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.132	0.395	2.373	0.232	0.573

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.038	2.589	0.221	1	1.490	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.010	0.026
SLD	1.0	0.052	2.478	0.251	1	1.450	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.016	0.039
SLV	1.0	0.148	2.442	0.276	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.077	0.188
SLC	1.0	0.193	2.471	0.278	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.115	0.283

8. INDAGINE GEOGNOSTICA

Le indagini geognostiche, hanno lo scopo di fornire i dati e le informazioni necessarie per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ad un livello adeguato alle necessità del progetto.

Con l'obiettivo di caratterizzare il sottosuolo sia da un punto di vista litostratigrafico che geotecnico, si riportano le risultanze e le caratteristiche delle indagini eseguite: n. 4 prove penetrometriche dinamiche SCPT integrate da una sismica di superficie di tipo Masw per la determinazione delle Vs30 e la categoria di suolo:

Nel complesso le indagini disponibili sono:

- N. 4 prove penetrometriche dinamiche tipo SCPT di profondità massima 2.10 m da quota p.c. per raggiungimento del valore di rifiuto alla punta;
- N. 1 prova sismica Masw;

In relazione al volume significativo dei depositi direttamente influenzati dalla costruzione delle opere in progetto e alla natura dei terreni ed ai requisiti funzionali delle opere stesse, si riassumono le profondità massime investigate con le indagini in sito:

PROVA	DATA ESECUZIONE	PROFONDITA'
SCPT 1	30/11/2018	1.80 m
SCPT 2	30/11/2018	1.50 m
SCPT 3	30/11/2018	2.10 m
SCPT 4	30/11/2018	1.50 m

Le prove ha consentito di delineare con chiarezza l'andamento in profondità della litostratigrafia dei depositi che verranno interessati dalle opere in progetto.

Tutte le verticali di prova non hanno intercettato il livello statico della falda.

8.1 Prove penetrometriche dinamiche SCPT (Standard Cone Penetration Test)

L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche è costituita da un penetrometro cingolato marca Pagani TG 63/200 statico dinamico.

Le caratteristiche costruttive e prestazionali sono le seguenti:

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	72,5	Kg
Altezza di caduta libera	0,75	m
Peso sistema di battuta	6 Kg	
Diametro punta conica	50,46	mm
Area di base punta	20	cm ²
Lunghezza delle aste	1 m	
Peso aste a metro	7 Kg/m	
Profondità giunzione prima asta	0,80	m
Avanzamento punta	0,30	m
Numero colpi per punta	N(30)	
Coeff. Correlazione	1,15	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

- **CORRELAZIONE CON N_{spt}**

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);
- e = infissione media per colpo (δ/ N);
- M = peso massa battente (altezza caduta H);
- P = peso totale aste e sistema battuta.

- **METODOLOGIA DI ELABORAZIONE**

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

- **VALUTAZIONI STATISTICHE**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Medio Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media minima Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

- Massimo Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- Minimo Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- Media + s Media + scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.
- Media - s Media - scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

La buona diffusione di questo tipo di prove e la sua standardizzazione consentono di ottenere una significativa caratterizzazione dei terreni attraversati, nonché un'attendibile identificazione dei principali parametri geotecnici, mediante l'utilizzo delle principali correlazioni presenti in bibliografia. I dati desunti dall'indagine di cui sopra sono stati integrati dalle conoscenze acquisite dallo scrivente nella zona, attraverso precedenti indagini.

PROVA ...SPT 1

Strumento utilizzato...SPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 30/10/2018

Profondità prova 1.80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0.30	1	0	0.853	6.55	7.68
0.60	2	0	0.847	13.02	15.37
0.90	3	0	0.842	17.93	21.31
1.20	16	0	0.786	89.36	113.65
1.50	48	0	0.631	215.20	340.95
1.80	100	0	0.626	444.88	710.30

PROVA ...SPT 2

Strumento utilizzato...SPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 30/10/2018

Profondità prova 1.50 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0.30	5	0	0.853	32.76	38.42
0.60	17	0	0.797	104.12	130.64
0.90	27	0	0.742	142.21	191.78
1.20	43	0	0.636	194.34	305.43
1.50	100	0	0.631	448.34	710.30

PROVA ...SPT 3

Strumento utilizzato...SPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 30/10/2018

Profondità prova 2.10 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0.30	9	0	0.853	58.97	69.16
0.60	10	0	0.847	65.09	76.85
0.90	17	0	0.792	95.58	120.75
1.20	22	0	0.736	115.05	156.27
1.50	33	0	0.681	159.67	234.40
1.80	31	0	0.676	148.92	220.19
2.10	100	0	0.622	410.49	660.33

PROVA ...SPT 4

Strumento utilizzato...SPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 30/10/2018

Profondità prova 1.50 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0.30	3	0	0.853	19.66	23.05
0.60	9	0	0.847	58.58	69.16
0.90	28	0	0.742	147.48	198.89
1.20	45	0	0.636	203.37	319.64
1.50	100	0	0.631	448.34	710.30



9. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I dati seguenti sono stati desunti da INDAGINI GEOGNOSTICHE debitamente interpretati ed elaborati alla luce della normativa nazionale e sulla base di precedenti esperienze professionali; si ritiene che i risultati dell'indagine, siano sufficientemente rappresentativi delle caratteristiche litologico - geotecniche del terreno indagato, il quale risulta caratterizzato da una stratigrafia media del sottosuolo come descritto nel seguito:

- **Modello geologico di riferimento**

Al di sotto di uno strato di suolo agricolo e copertura eluvio colluviale (prova s_{cpt} 1 ai piedi del monte) dello spessore massimo di 0,90 m circa, sono presenti depositi alluvionali ghiaiosi addensati di ghiaie e sabbie.

La superficie di falda non è stata intercettata durante le indagini geognostiche ma dalla bibliografia essa si pone a profondità oltre 3.00 m da p.c. ed è tale da non interferire con le opere in progetto.

Il modello geologico del sito si basa sulle risultanze dell'indagine geognostica e sismica.

Prof. Strato (m)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con N _{spt}	NSPT	Descrizione
0.3	Coesivo	40	1.8	1.88	0.07	1.15	5.75	limo debolmente argilloso
1.2	Incoerente	5	2.16	2.06	0.15	1.15	33.35	sabbia e ghiaia

- **Modello geotecnico di riferimento**

Sulla base delle resistenze e dell'andamento delle verticali penetrometriche possono essere distinti i seguenti strati da piano campagna:

UNITA' GEOTECNICA A da 0.00 a 0.40/0.90 m da p.c. Caratteristiche geotecniche mediocri

ELUVIO COLLUVIO - LIMI ARGILLOSI

Al di sotto della coltre di suolo di copertura dello spessore di circa 30 cm, identifichiamo la prima unità litologica costituita da depositi ELUVIO COLLUVIALI con maggior spessore alla base del monte (0.90 m) e via via diminuendo sino a 0.40 m. I depositi in questione possiedono mediocri caratteristiche geotecniche e valori di N_{spt} medi di 5 c/p; Ad essi si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 1.90$
Coesione non drenata C_u (kg/cm ^q)	$C_u = 1.00$
Classificazione AGI	Poco o mod. consistente
Modulo di Young (kg/cm ^q)	$Y = 100$
Modulo Edometrico (kg/cm ^q)	$E = 50$
Modulo di Poisson (kg/cm ^q)	-

UNITA' GEOTECNICA B da 0.90 a 2.10 m da p.c. Caratteristiche geotecniche buone

DEPOSITI ALLUVIONALI - GHIAIA E SABBIA CON CIOTTOLI ADDENSATA

La seconda unità litologica è costituita da depositi fluvioglaciali di ghiaia e sabbie con ghiaietto in matrice limosa ben addensati. Non raramente si rinvencono ciottoli e talora blocchi di varia natura immersi in una matrice sabbioso- limosa; valori di N_{spt} medi maggiori di 35-40 colpi; Ad essi si possono assegnare i seguenti parametri geotecnici medi:

Peso di volume naturale (t/mc)	$\gamma = 2.00$
Angolo di resistenza al taglio (°gradi)	$\phi = 34.6^\circ$
Coesione non drenata C_u (kg/cmq)	$C_u = 0$
Densità relativa (%)	$D_r = 60-70\%$
Classificazione AGI	Addensato
Modulo di Young (kg/cmq)	$Y=350$
Modulo Edometrico (kg/cmq)	$E = 120$
Modulo di Poisson (kg/cmq)	$P = 0,30$

10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il DM 14.01.2008 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2008, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 **è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza dei seguenti casi:**

- eventi sismici di magnitudo inferiore a 5 ($M < 5$);
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a 0.1g ($a < 1 \text{ m/secq}$);
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;
- elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie;

Ne deriva che i fattori che governano il fenomeno della liquefazione possono essere intimamente legati a:

- lo stato di addensamento;
- la granulometria;
- la storia delle sollecitazioni sismiche;
- le condizioni di drenaggio;
- l'età del deposito;
- il grado di sovraconsolidazione.

Per tale ragione si può ragionevolmente affermare che il sito non è suscettibile di liquefazione perché sussistono la seguente condizione di esclusione fra cui:

- **depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;**
- **elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie;**

11. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti si fa riferimento alla normativa vigente, DPR 13 Giugno 2017 n. 120, che segue quanto già previsto dall'art.8 del DL 133/2014.

Secondo la definizione di rifiuto di cui all'art. 183 comma 1, lettera a) del DLgs 152/2006 (testo unico ambiente) e s.m.i., le terre e rocce provenienti dalle operazioni di scavo devono considerarsi tali laddove il soggetto che ha in carico l'opera "si disfa", ha "intenzione di disfarsi" o "è obbligato a disfarsi" delle stesse. In particolare alla luce dell'elenco dei rifiuti di cui alla Decisione UE 955/2014 come richiamata nell'allegato D della parte IV del DLgs 152/2006, queste appartengono alla famiglia 17 che comprende i rifiuti derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione, contraddistinti con i seguenti codici CER:

- 17 05 03* terre e rocce contenenti sostanze pericolose
- 17 05 03 terre e rocce diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03*

Pertanto indipendentemente dal fatto che le T&R siano o meno "pericolose" queste rientrano per definizione nel campo di applicazione della disciplina dei rifiuti. Esse vanno di conseguenza gestite secondo quanto previsto dalla parte IV del DLgs 152/2006 con riferimento alle modalità operative del Deposito temporaneo ed avviate a recupero **R** o a smaltimento **D** in accordo con la normativa vigente.

Esistono però determinate condizioni alle quali le T&R possono essere gestite in deroga alla normativa in materia di rifiuti, fermo restando il principio di rispetto e tutela della salute umana e dell'ambiente naturale.

Le condizioni di esclusione dalla normativa rifiuti possono essere le seguenti due:

- Per riutilizzo "in situ" del materiale non contaminato; (Art. 185 del DLgs 152/2006)
- Per gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto; (art. 184 -bis del DLgs 152/2006)

Nel primo caso, ai sensi del comma 1 dell'art.185 del DLgs 152/2006, non sono da considerare rifiuti:

- Il suolo non contaminato ed altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di costruzione, ove sia certo che il materiale sarà riutilizzato ai fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato scavato;

L'assenza di contaminazione deve essere verificata con riferimento alle concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui al titolo V parte IV del DLgs 152/2006.

Nel secondo caso, per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, si fa riferimento all'art.184-bis del DLgs 152/2006, che richiede il soddisfacimento di quattro condizioni (art. 4 DPR):

- I materiali sono generati durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- E' certa il loro utilizzo per reinterri, riempimenti, recuperi ambientali o in processi produttivi in sostituzione dei materiali da cava;

- I materiali di scavo sono idonei a essere utilizzati direttamente senza ulteriori trattamenti diversi dalla normale pratica industriale;
- I materiali di scavo soddisfano i requisiti di qualità ambientale riguardanti la protezione della salute umana e dell'ambiente;

La sussistenza dei requisiti sopra descritti viene attestata attraverso la predisposizione e la trasmissione agli enti di controllo preposti (Arpa e Comune) della documentazione PDU (Piano di utilizzo per cantieri di grandi dimensioni) o Dichiarazione di utilizzo (per cantieri di piccole dimensioni) e in ogni caso della dichiarazione di avvenuto utilizzo al termine della attività di gestione.

Per quanto riguarda le specifiche definizione dei siti e dei soggetti coinvolti si rimanda al testo completo del DPR. Relativamente al cantiere in oggetto, trattandosi di materiali originati dall'attività di scavo di terreni naturali per la formazione delle fondazioni e dei vani interrati, si può agevolmente ricomprendere l'opera entro i cantieri di piccole dimensioni (con produzione di volumi di terre <6000 mc);

Su detti materiali che soddisfano i succitati requisiti di origine, riutilizzo preliminarmente alla gestione degli stessi (sia internamente che esternamente al sito) dovranno essere verificati i requisiti di qualità ambientale con riferimento alle modalità di campionamento ed alle analisi chimico fisiche verificando il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito di produzione e destinazione.

Il rispetto dei requisiti ambientali verrà eseguito mediante pozzetti, trincee o sondaggi in numero adeguato in relazione alla superficie dell'area, con prelievo di campioni di terreno alle profondità significative conformemente alle profondità di progetto degli scavi. Il set analitico dei parametri da ricercare è in relazione all'ubicazione del sito ed alla sua storia pregressa (soprattutto se industriale) con un minimo di sostanze come definito nell'allegato 4 al DPR.

Al termine della gestione delle terre e rocce da scavo e comunque entro la data di gestione comunicata o entro un anno se prorogata dovrà essere inviata la Dichiarazione di avvenuto utilizzo DAU debitamente compilata e firmata dal produttore e/o proponente l'opera a conclusione del procedimento.

Le terre oggetto di scavo saranno gestite sulla base della normativa vigente in funzione del loro riutilizzo c/o il sito di produzione o in altro sito e tale attività sarà oggetto della stesura in fase progettuale definitiva di adeguata documentazione, che individuerà il produttore (impresa affidataria degli scavi), la quantità dei volumi destinati a riutilizzo, i siti di destino e la classificazione del materiale dal punto di vista merceologico e chimico/fisico, nonché espletterà le prescritte pratiche autorizzative c/o gli enti preposti al rilascio delle autorizzazioni (Comune).

12. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI PROGETTUALI

I terreni interessati dal rapporto d'interazione con le nuove strutture (ampliamento) sono costituiti da depositi alluvionali fluvioglaciali di età Rissiana addensati.

I dati provenienti da indagini geognostiche hanno permesso di valutare le caratteristiche geologico-geotecniche dell'area e dei terreni dove è previsto il nuovo intervento edificatorio, fino ad una profondità massima di 2.10 m da p.c. attuale, ma sulla base di precedenti esperienze nell'area in questione si ritiene che detti depositi siano presenti sino ad almeno 10 m di profondità.

Sulla base delle considerazioni e dei calcoli geotecnici svolti nei paragrafi precedenti si traggono le seguenti conclusioni:

- I depositi oggetto di sedime delle fondazioni sono di natura fluvioglaciale addensati e l'area si presenta omogenea per litologia fino alla profondità investigata; le indagini disponibili si sono arrestate per rifiuto ad una profondità massima di 2.10 m da p.c.. Dal punto di vista geotecnico, le prove penetrometriche distribuite sulla superficie del lotto in oggetto, hanno evidenziato una buona omogeneità dei depositi indagati.
- La circolazione idrica è scarsa o assente nelle formazioni che costituiscono il sottosuolo. All'atto dell'indagine non è stata rilevata la presenza di acqua di falda nei fori di prova; si precisa comunque che il versante a monte è interessato da debole circolazione idrica dovuta in prevalenza alle acque meteoriche di infiltrazione superficiale a carattere di "falda pensile" di modesta portata ed andamento stagionale in diretta correlazione con le precipitazioni.
- La zona in oggetto è caratterizzata da morfologia pianeggiante e risulta esente da fenomeni geomorfologici in rapida evoluzione che pregiudichino la stabilità dei luoghi.

Stante ciò si può ragionevolmente ammettere che, se le condizioni dei depositi durante i lavori confermano i dati rilevati in fase d'indagine, la costruzione e le varie fasi di realizzazione (sbancamento, elevazione) non presentano problematiche tali da compromettere la buona riuscita dell'opera in progetto.

- Il comune di Solferino è attualmente classificato in zona sismica 2; L'area in oggetto ricade nello scenario di microzonazione sismica individuato come Z4a " Zone di piana alluvionale".
- Sulla base dell'indagine sismica eseguita il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{seq}) nei terreni interessati dall'intervento in oggetto è pari a 621 m/sec, pertanto la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B : Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

- L'applicazione del secondo livello di approfondimento, indipendentemente dal periodo, individua un Fa inferiore al valore di soglia regionale (Fa normativa pari a 1.40 +/- 0.1), quindi la verifica di secondo livello ha evidenziato che la normativa è in grado di tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litostratigrafica.
- Il DM 17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4) e precedente Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione. Detta valutazione è stata eseguita con metodi semiempirici di cui **al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC** che escludono per il sito in questione il fenomeno della liquefazione in quanto:
 - **depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;**
 - **elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie;**
- Date le caratteristiche geotecniche dei terreni naturali in posto (terreni granulari ghiaiosi con buone caratteristiche geotecniche) è possibile eseguire fondazioni superficiali con l'accortezza di appoggiare il piano di fondazione entro l'unità geotecnica B posta a profondità maggiori di 0.50/0.90 m da p.c.,
Le fondazioni dovranno essere impostate in corrispondenza del terreno in posto ed in nessun caso su materiale riportato o rimaneggiato.
- Le fasi di sbancamento e successiva realizzazione delle fondazioni e delle strutture in elevazione dovranno procedere senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile per evitare dilavamenti superficiali della superficie di scavo. Il perimetro del cantiere, nelle varie fasi di scavo, dovrà essere opportunamente recintato e sarà cura del direttore dei lavori di evitare di disporre carichi statici o transitare in corrispondenza del ciglio della scarpata di scavo.
- Per quanto attiene alle acque meteoriche provenienti dai tetti e pluviali esse dovranno essere opportunamente intercettate ed incanalate con deflusso a valle verso opportuni recettori in conformità a quanto previsto dalla vigente normativa sull'invarianza idraulica (RR n./2017).

In fase esecutiva, dato il carattere puntuale dei dati forniti dalle prove penetrometriche, sarà comunque opportuno verificare la rispondenza delle condizioni locali con le caratteristiche litologiche ed idrogeologiche indicate nella presente relazione.

Dalle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti e dall'esame delle condizioni geomorfologiche, geologiche dell'area e dei depositi indagati con indagine in sito, si può dedurre che le caratteristiche dell'area in oggetto appaiono compatibili con la destinazione d'uso prevista, adottando le prescrizioni sin qui esposte.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del DM 17.01.2018 e contempla i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica ivi prescritti, costituendo documento idoneo per il rilascio della concessione edilizia sulla base del progetto di costruzione ad esso allegato.

A disposizione per ulteriori approfondimenti e chiarimenti, si coglie l'occasione per porgere cordiali saluti

Il Geologo

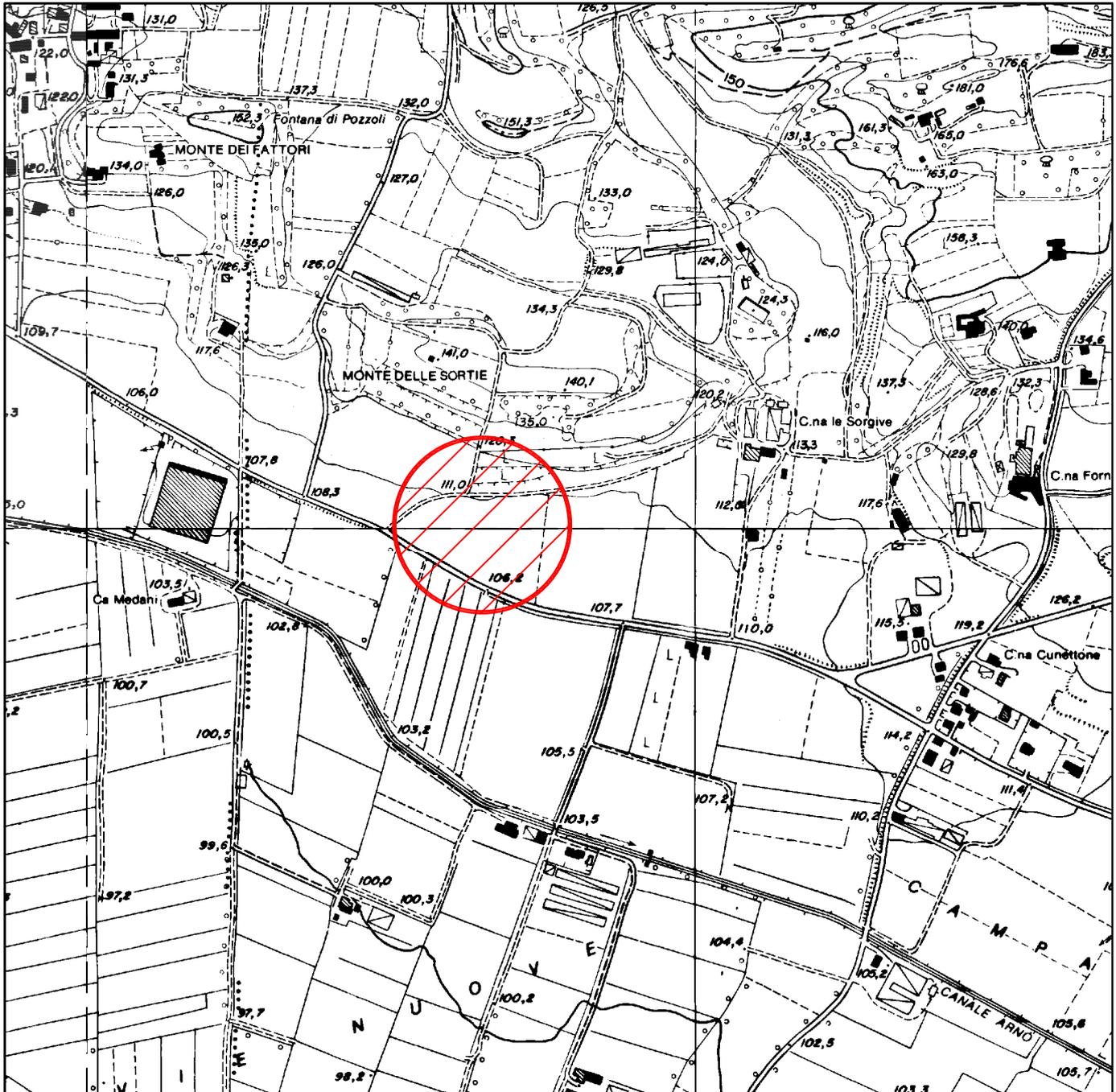
Dott. Geol. Giuliano Donaera



The image shows a circular professional stamp of the Ordine dei Geologi della Lombardia. The stamp contains the text: "Dr. Geologo GIULIANO DONAERA n. 1150". Below the stamp is a handwritten signature in black ink.

ALLEGATI

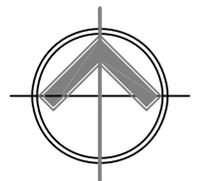
TITOLO ELABORATO	COROGRAFIA GENERALE	DATA NOVEMBRE 2018	SCALA 1:10.000	APP GDO
COMMITTENTE	SIG. PAOLO GALEAZZI	N. PRJ.25.518		
LAVORO	AMPLIAMENTO DI STRUTTURA TURISTICO RICETTIVA	TAVOLA		
CANTIERE	SOLFERINO (MN)	1		



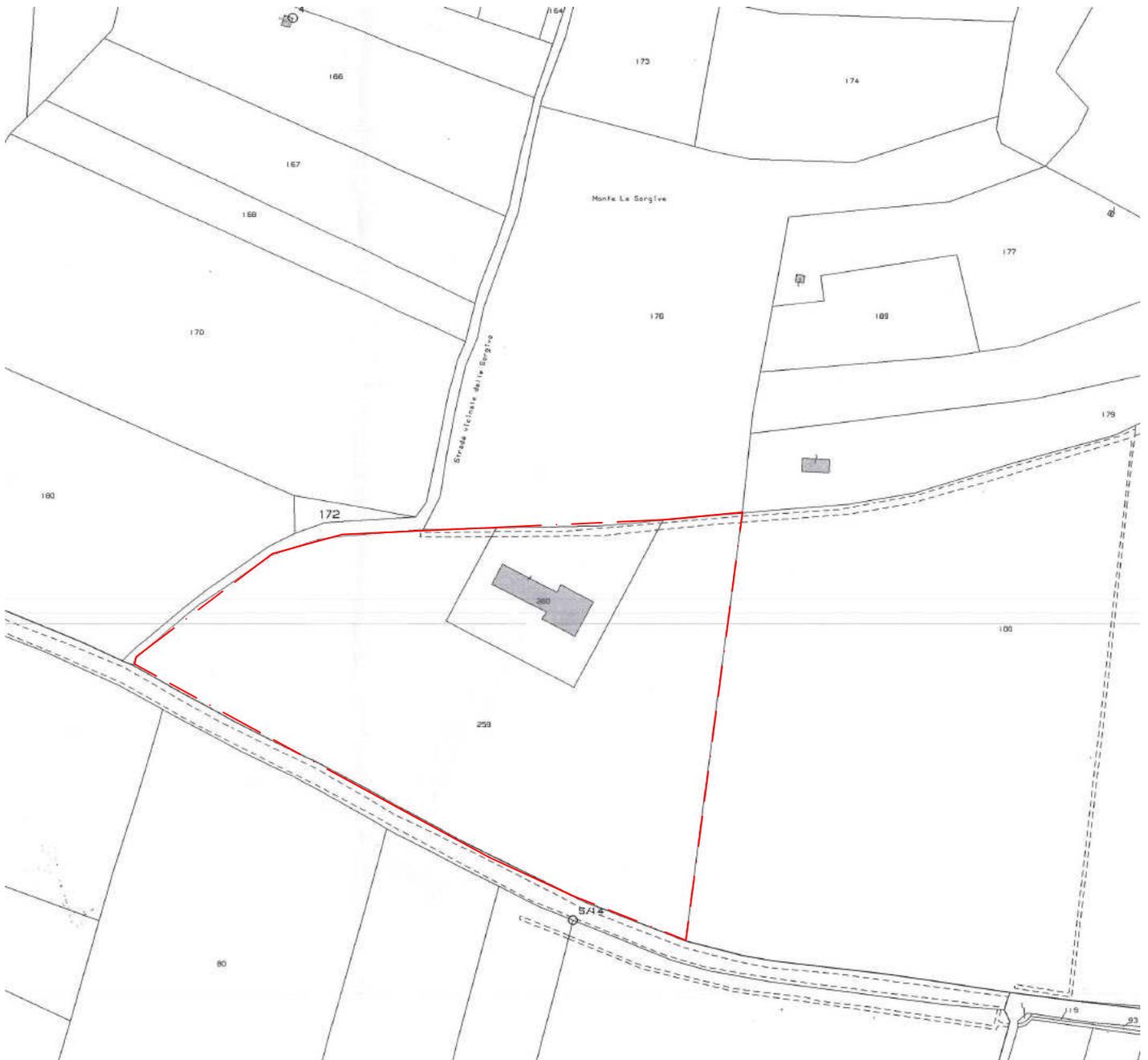
Base cartografica Carta Tecnica Regionale CTR R.L. Sezione E6e4-E6a5 scala 1:10.000

LEGENDA SIMBOLI


AREA DI STUDIO



TITOLO ELABORATO	ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE	DATA NOVEMBRE 2018	SCALA 1:2.000	APP GDO
COMMITTENTE	SIG. PAOLO GALEAZZI	N. [P.R.J.2.5.5.1.8]		
LAVORO	AMPLIAMENTO DI STRUTTURA TURISTICO RICETTIVA	TAVOLA		
CANTIERE	SOLFERINO (MN)	2		

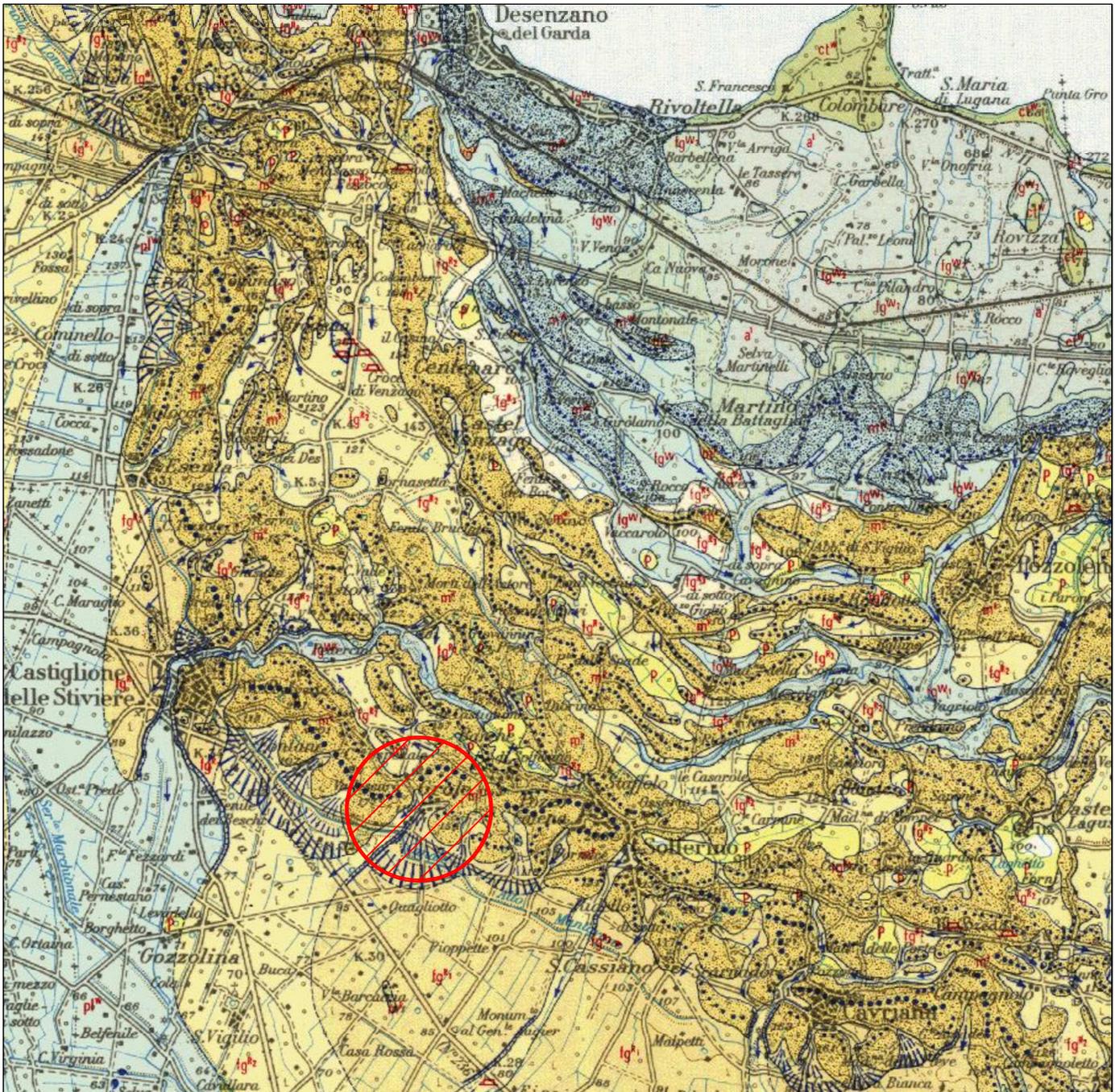


Estratto di mappa catastale Foglio n. 7 particella n. 259-260 comune censuario di SOLFERINO in scala 1: 2.000

LEGENDA SIMBOLI

 LIMITE AREA DI STUDIO


TITOLO ELABORATO	CARTA LITOLOGICA - GEOMORFOLOGICA	DATA NOVEMBRE 2018	SCALA 1:10.000	APP GDO
COMMITTENTE	SIG. PAOLO GALEAZZI	N. P.R.J.2.5.5.1.8		
LAVORO	AMPLIAMENTO DI STRUTTURA TURISTICO RICETTIVA	TAVOLA		
CANTIERE	SOLFERINO (MN)	3		



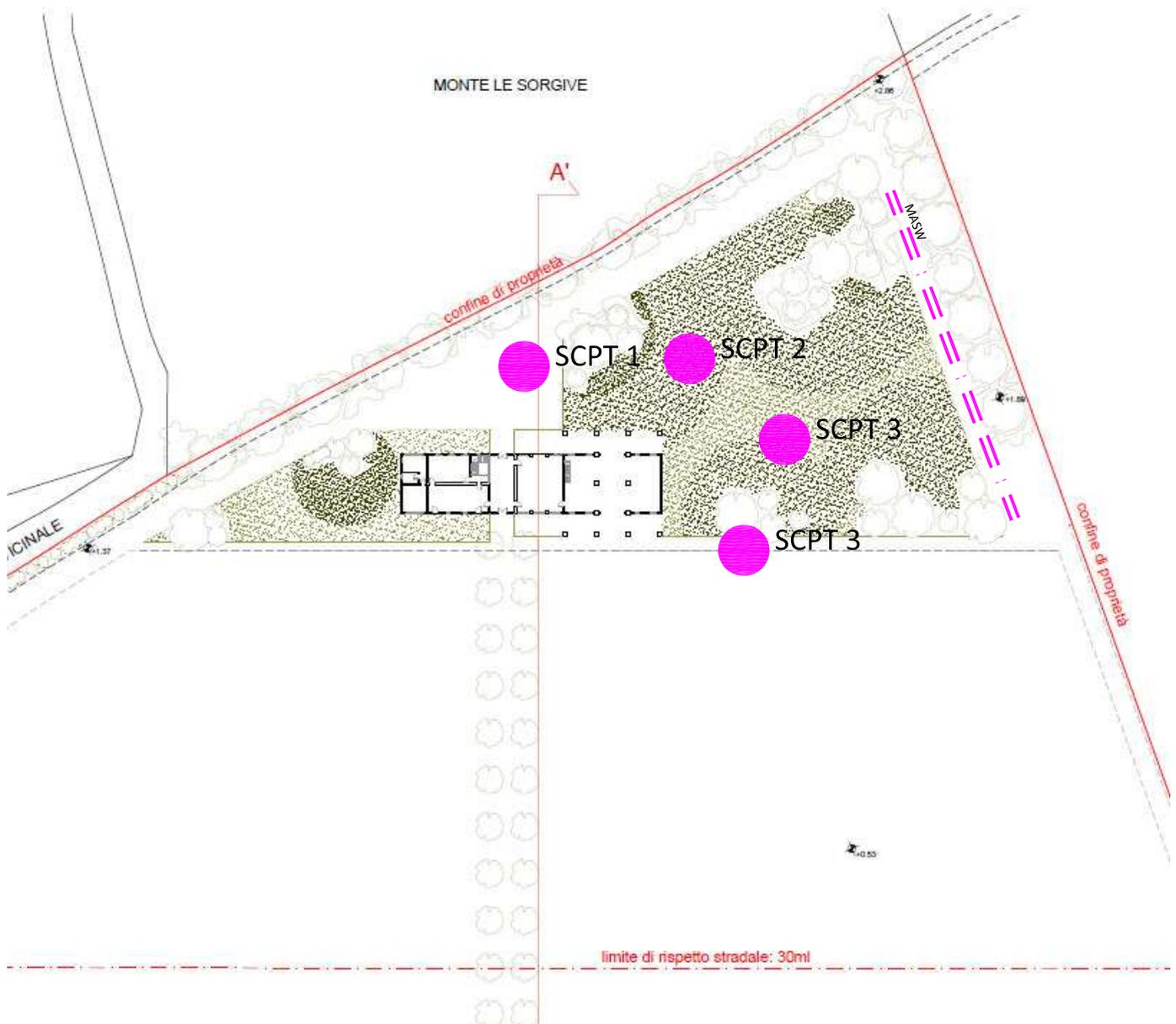
Stralcio da carta geologica d'Italia Foglio 48 " Peschiera d/G" in scala 1: 100.000

LEGENDA SIMBOLI


AREA DI STUDIO


 Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, prevalentemente ghiaiose, alterate per oltre un metro in argille rossastre. Terrazze e sospese di 40 e più metri, si raccordano con le cerchie moreniche risiane più esterne dell'anfiteatro del Garda e di quello atesino di Rivoli Veronese. **RISS ANTICO.**


TITOLO ELABORATO	UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	DATA NOVEMBRE 2018	SCALA FS	APP GDO
COMMITTENTE	SIG. PAOLO GALEAZZI	N. [P.R.J.2.5.5.1.8]		
LAVORO	AMPLIAMENTO DI STRUTTURA TURISTICO RICETTIVA	TAVOLA		
CANTIERE	SOLFERINO (MN)	4		



Planimetria di progetto

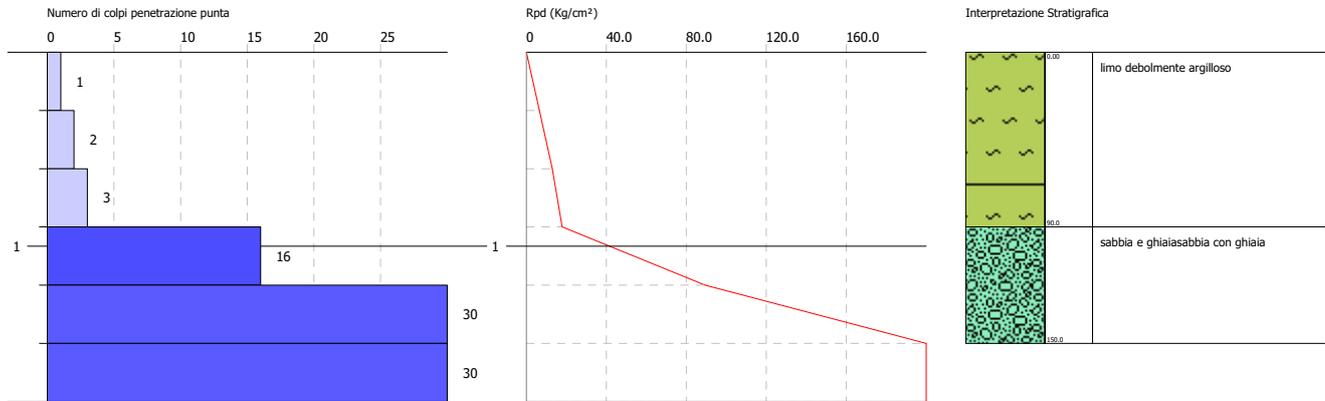
LEGENDA SIMBOLI

 SCPT	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT	 CPT	PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT	 S	CAMPIONAMENTO TERRENI TRS
 HVSR	TROMOGRAFIA DIGITALE	 MASW	SISMICA MASW	 P	POZZO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 1
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SIG. P. GALEAZZI
Descrizione: OPERE DI AMPLIAMENTO PER ATTIVITA' TURISTICO RICETTIVA
Località: Solferino (Mn)

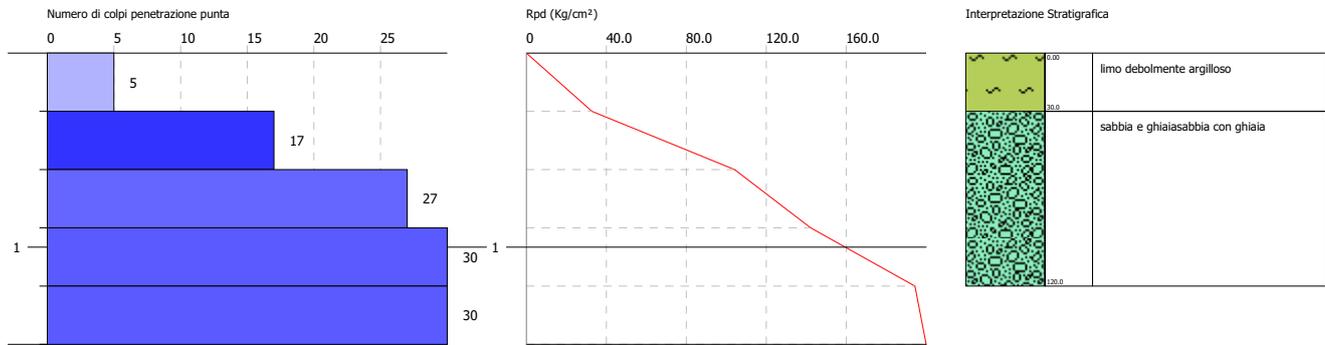
Data: 30/10/2018



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 2
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SIG. P. GALEAZZI
 Descrizione: OPERE DI AMPLIAMENTO PER ATTIVITA' TURISTICO RICETTIVA
 Località: Solferino (Mn)

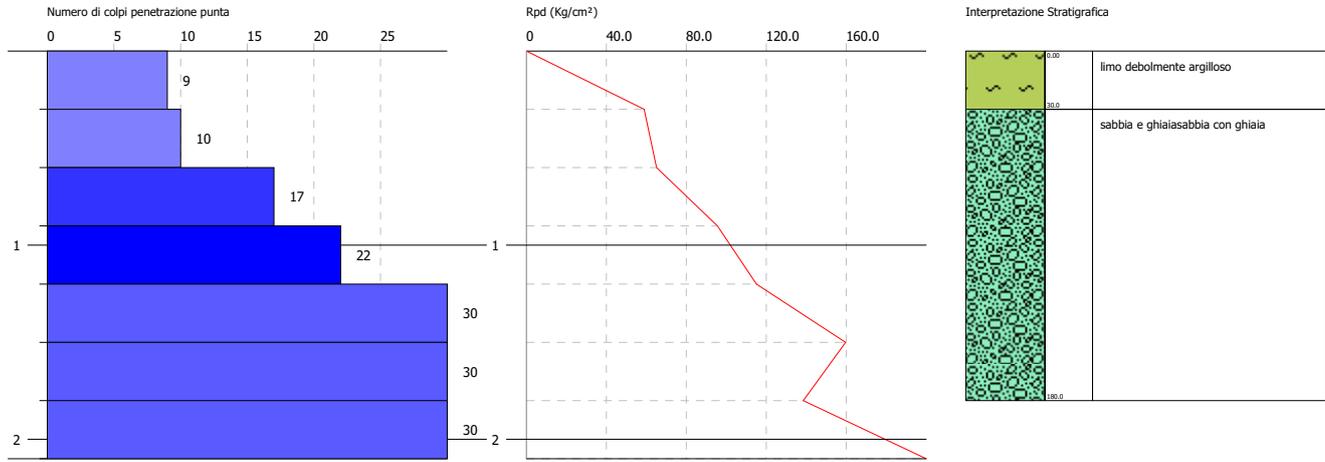
Data: 30/10/2018



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 3
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SIG. P. GALEAZZI
 Descrizione: OPERE DI AMPLIAMENTO PER ATTIVITA' TURISTICO RICETTIVA
 Località: Solferino (Mn)

Data: 30/10/2018



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SCPT 4
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: SIG. P. GALEAZZI
Descrizione: OPERE DI AMPLIAMENTO PER ATTIVITA' TURISTICO RICETTIVA
Località: Solferino (Mn)

Data: 30/10/2018

