

NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO ALLO STABILIMENTO SANPELLEGRINO S.P.A. IN COMUNE DI ZOGNO

PROVVEDIMENTO AUTORIZZATIVO SPORTELLO UNICO PER LE ATTIVITA' PRODUTTIVE (S.U.A.P.)

ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 07/09/2010 N. 160

Committente:

SANPELLEGRINO S.P.A

Località Ruspino
24016 - San Pellegrino Terme (BG)

Progettista:



Engineering and Technical Services

S.p.A.

Via A. Mazzi, 32 - 24018 Villa d'Almè - (BG)

T. +39 035/ 63 13 111 F. +39 035/ 54 50 66

info@etseng.it - www.etseng.it

Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:2008

Certificato numero: SQ00461 CSICERT

Titolo elaborato:

**STRUTTURE
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

Numero elaborato

010S

Scala: -

Data: 24/05/2018

Commessa: 0142-2017

Redatto	Verificato	Approvato D.T.	Descrizione	Data	Rev.
Azzoni	Locatelli	Parietti	EMISSIONE	24/05/2018	00

COMUNE DI ZOGNO
(Provincia di Bergamo)

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA PER LA
NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO ALLO STABILIMENTO
SAN PELLEGRINO IN COMUNE DI ZOGNO**

Committente: Società Sanpellegrino S.p.A.

Bergamo, Gennaio 2018



Dott. Augusto Azzoni

Dott. Augusto Azzoni, n.527 dell'Ordine dei Geologi della Lombardia
Via F. Nullo n.31, 24128 Bergamo - Tel. 035-231115, cell. 339-2262817

1. INTRODUZIONE

Per incarico della Società E.T.S. S.p.A. Engineering and Technical Services è stata effettuata un'indagine geologica e geotecnica su un'area della Società Sanpellegrino S.p.A. posta lungo il fondovalle del Fiume Brembo nel settore settentrionale del Comune di Zogno (località Madonna del Lavello), dove è prevista la costruzione di una nuova strada di accesso allo Stabilimento di Ruspino della stessa Società Sanpellegrino S.p.A.

L'area di progetto rientra completamente nella Classe 2i "Fattibilità con modeste limitazioni" nella "Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano" della "Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT" del Comune di Zogno. La stessa area è classificata nello Scenario di pericolosità sismica locale Z4a, corrispondente a "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi"; tale zona è soggetta a possibili amplificazioni sismiche di tipo litologico.

L'indagine, definita con il Progettista strutturale Ing. G. Locatelli di E.T.S. S.p.A., è consistita nell'esecuzione delle seguenti attività:

- ricerca bibliografica dei dati geologici ed idrogeologici riguardanti l'intera area in esame,
- accurato sopralluogo al sito d'intervento, finalizzato alla definizione delle sue caratteristiche geologiche geomorfologiche, e all'esame delle sue generali condizioni di stabilità e sicurezza,
- esecuzione di n.2 sondaggi geognostici spinti fino a 17 e 15m circa e di n.11 prove penetrometriche con penetrometro dinamico sia pesante DPHS che leggero, per la valutazione delle caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dei terreni interessati dall'intervento,
- esecuzione di n.3 misure HVSR per la caratterizzazione sismica del sito,
- analisi geotecnica in accordo alle NT 2008.

Lo studio si è inoltre avvalso di risultati di precedenti indagini geotecniche eseguite dallo scrivente in zona negli scorsi anni per conto della Provincia di Bergamo.

Le relazioni geologica e geotecnica sono state redatte in accordo alla DGR n.9/2616 del 30.11.2011 e al DM 14.01.08; l'indagine si è svolta nel periodo luglio-dicembre 2017.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in progetto prevede la costruzione di una nuova strada di connessione fra lo Stabilimento della Società Sanpellegrino S.p.A. di Ruspino (località Al Derò) e la nuova rotatoria che verrà realizzata lungo l'attuale Strada Provinciale, subito a valle del nuovo tracciato della Strada Statale ex 470 della Valle Brembana,.

La nuova strada si svilupperà per 370m dalla citata rotatoria fino al nuovo ponte sul Fiume Brembo posto all'altezza della località Al Derò, e sarà di categoria F1 (Strade locali di ambito extraurbano), con una corsia per senso di marcia di larghezza 3,50m, con banchine laterali di 1m e con larghezza totale della carreggiata pari a 9,00 m.

Essa avrà superficie complessiva pari a circa 3600mq e sarà sostenuta a valle da muri di altezza variabile da un minimo di 0,50m ad un massimo di 7,50m.

La rotatoria avrà raggio interno pari a 13m e raggio esterno pari a 22,50m, con banchina adatta alle manovre in curva dei mezzi articolati.

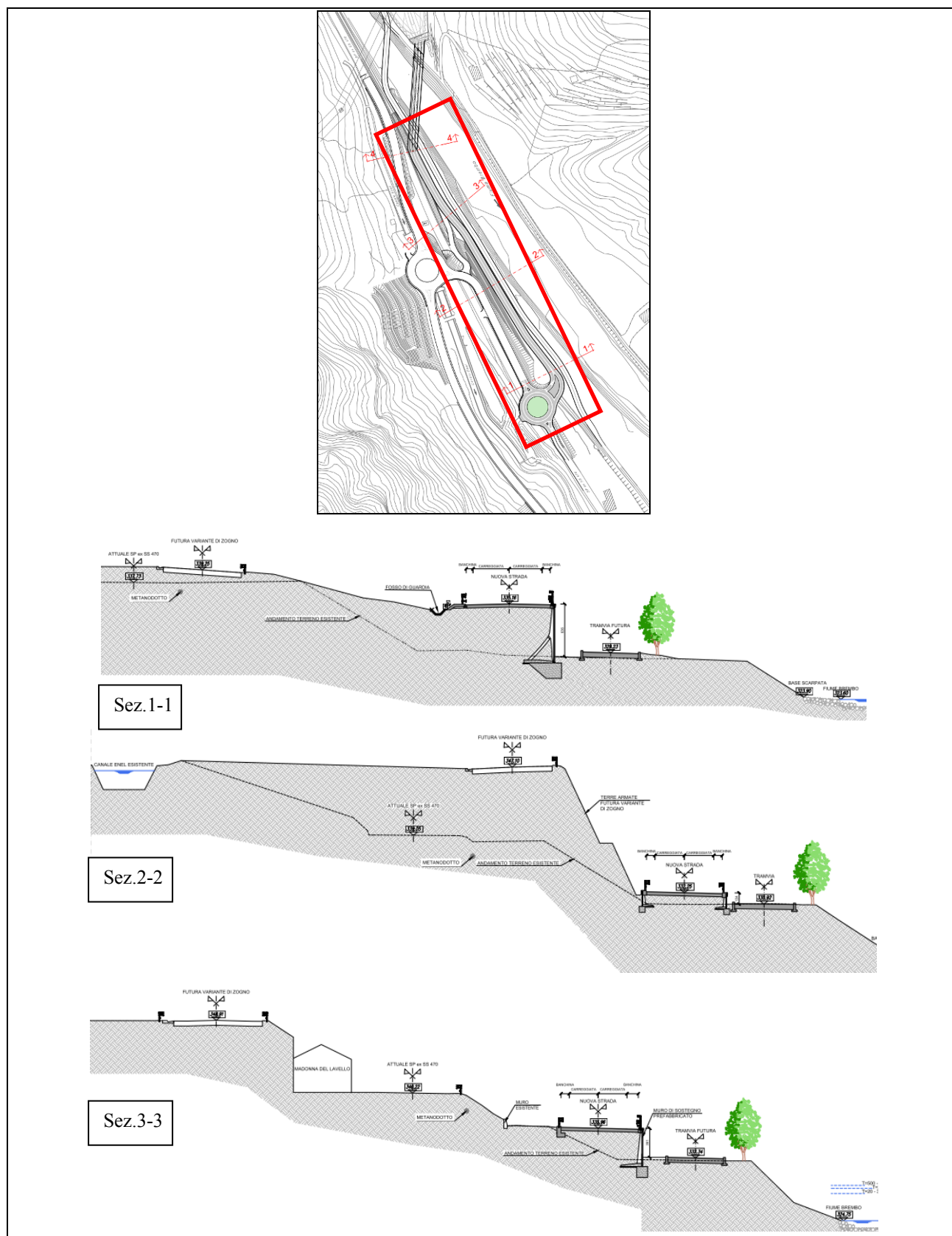


Fig.1 – Planimetria di progetto con tre sezioni indicative delle caratteristiche del nuovo intervento
 (da tavola "VAS Verifica Preliminare Scoping - VAS 302: Strada sezioni e profilo")

3. CARATTERIZZAZIONE GENERALE DEL SITO

3.1 Topografia

Il sito in esame è posto sulla sponda idrografica destra del Fiume Brembo, poco a nord della frazione Montegrappa di Zogno e del bivio per Ambria. In particolare la zona si colloca in fregio al fiume sul terrazzo alluvionale sottostante la Strada Provinciale, nel settore all'incirca compreso fra la Cappella della "Madonna del Lavello" a nord ed un vecchio edificio, indicato con la quota 335m, a sud. Tale ripiano, nell'area d'interesse, è per buona parte occupato sul lato di monte dal sedime della ex Ferrovia della Valle Brembana, e su quello di valle dal deposito di pietre lavorate della ditta Sonzogni.

La quota media del sito è di circa 330m s.l.m. (Fig.2).

Le carte topografiche di riferimento sono:

- Carta aerofotogrammetrica del Comune di Zogno,
- la Carta Tecnica Regionale della Lombardia a scala 1: 10.000, sezioni C4b5;
- la Carta d'Italia I.G.M. a scala 1:25.000, Foglio n.33, Quadrante III, Orientamento N.E., Zogno.

3.2 Geomorfologia

L'area in esame è situata lungo la parte inferiore del versante destro della Valle Brembana, nel tratto dove la valle si presenta stretta e marcatamente incisa fra ripidi pendii, poco a monte della confluenza del Torrente Ambria con il principale Fiume Brembo. In particolare la stessa è posta nel fondovalle del Fiume, sul terrazzo alluvionale inferiore del corso d'acqua, il quale è sopraelevato di pochi metri rispetto all'attuale alveo.

Il terrazzo è formato essenzialmente dai depositi alluvionali recenti del Fiume Brembo, sui quali poggiano sia falde detritiche di versante sia, in corrispondenza dell'impluvio posto subito a sud della "Madonna del Lavello", l'antico conoide torrentizio di tale corso d'acqua.

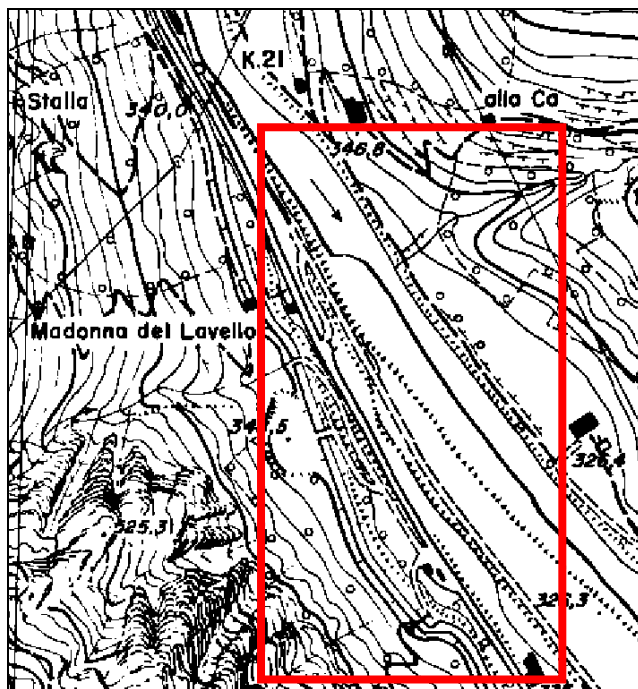


Fig.2 – Ubicazione del sito su Carta Tecnica Regionale (mappa estratta e modificata dall'originaria carta a scala 1: 10.000).

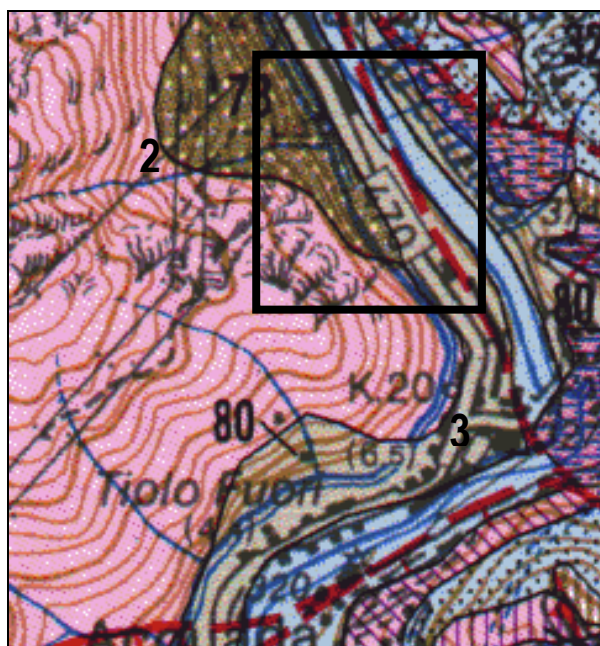
3.3 Geologia

L'area di interesse è caratterizzata dalla presenza di ghiaie e massi di origine alluvionale recenti e attuali del Fiume Brembo, e di ghiaie e ciottoli di natura calcarea e di varia pezzatura, talora inglobanti anche massi di maggiori dimensioni, relative a falde detritiche del versante e ad accumuli torrentizi. I depositi citati coprono con spessori mediamente variabili da 15 a 20m il substrato roccioso marnoso argillitico.

Nel dettaglio, in accordo alla “*Carta Geologica della Provincia di Bergamo*” (Fig.3) e alla Carta geologica della “*Componente geologica, idrogeologica e sismica*” comunale di Zogno le unità presenti in zona sono:

- I depositi superficiali. Questi sono dati da
 - ciottoli, ghiaia e massi angolari di natura calcareo-dolomitica con subordinata matrice sabbiosa, riferibili a falde di versante e ad accumuli di conoide torrentizia, e
 - ciottoli, ghiaia e massi arrotondati poligenici con matrice limoso-sabbiosa bruna, relativi ad antichi depositi alluvionali.

I primi devono la propria origine al degrado dei pendii soprastanti e appartengono all'unità quaternaria di “Spino al Brembo”, facente parte del cosiddetto “Complesso di Culmine”, gli altri all'azione di deposito del Fiume Brembo ed appartengono all'unità quaternaria detta “Complesso del Brembo”.



Legenda




- | | |
|---|--|
|  | COMPLESSO DEL BREMBO (80)
Depositi glaciali, fluvioglaciali alluvionali e di versante. Superficie limite superiore: morfologie ben conservate, profili di alterazione inferiori a 1,6 m, scarsa alterazione dei clasti e della matrice, colore tra 7.5YR e 10YR, copertura loessica assente. Comprensivo di: Unità dei Piani di Bobbio, Unità di Ornica, Unità di Mezzoldo, Unità di Bàresi, Unità della Cima di Menna, Unità dei Tre Pizzi, Unità di Val Mezzeno, Unità di Zogno, Unità di Treviglio. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE</i> |
|  | COMPLESSO DEL CULMINE (73)
Conglomerati costituiti da depositi di versante. Cementazione buona. Morfologie in erosione. Taluni corpi presentano morfologie carsiche. Comprensivo di: Unità di Olmo, Unità di Piazza Brembana, Unità di Corna delle Coste, Unità della Valle del Drago, Unità di Coste Pagliari, Unità della Corna Torella, Unità di Cornalita, Unità di Costa d'Olda, Unità di Spino al Brembo, Unità di Grasso, Unità di Valborgo. <i>PLEISTOCENE MEDIO ?</i> |
|  | ARGILLITE DI RIVA DI SOLTÒ (32)
Alternanze cicliche di spessore fino a decametrico di argilliti nere, marne e calcari marnosi grigio scuri con sottili intercalazioni bioclastiche (tempestiti a lamellibranchi, gasteropodi). Alla base sono prevalenti le argilliti e le marne argillose nere con subordinate intercalazioni di calcari micritici, con paraconglomerati e slumping. <i>NORICO SUPERIORE</i> |

Fig.3 - Geologia dell'area d'interesse (da “Carta geologica della Provincia di Bergamo”).

- La Formazione delle “Argilliti di Riva di Solto”. L’unità, di età Triassica media e superiore, è costituita essenzialmente da due litozone: quella inferiore è caratterizzata da argilliti e argilliti marnose nere fogliettate, organizzate in livelli di spessore plurimetrico, quella superiore da un’alternanza ciclica di orizzonti argilloso-marnosi e calcarei, ben stratificati, nei quali l’incremento della frazione carbonatica avviene gradualmente verso la sommità di ogni ciclo. Tali rocce non affiorano in sito, ma sono localmente presenti nel fondovalle (presso il ponte di Ambria e alla base delle pareti calcareo-dolomitiche di Acquada) e sono state individuate dai sondaggi geognostici. Le argilliti, come in genere tutti i litotipi ad elevata componente argillosa, si presentano alquanto rilasciate ed alterate in superficie quando esposte per lungo tempo agli agenti atmosferici e alla circolazione idrica, più salde e compatte in corrispondenza di scavi e tagli freschi.
- La “Formazione delle Argilliti di Riva di Solto”, nella zona a Nord di Zogno è in contatto tettonico con la “Dolomia Principale”, contatto garantito da un importante piano di sovrascorrimento che nella cartografia è indicato come “presunto” e posizionato nel fondovalle. Osservazioni effettuate nel corso dei lavori lungo il tratto all’aperto a nord della Galleria Monte di Zogno hanno permesso di confermare l’esistenza di tale piano, e di definire per lo stesso una posizione altimetricamente più elevata rispetto a quanto riportato nella cartografia ufficiale, come suggerito dal riconoscimento di affioramenti di argilliti lungo il nuovo tracciato stradale nel settore a monte del Ponte di Ambria.

3.4 Idrogeologia

In merito all’assetto idrologico, l’elemento principale della zona è il Fiume Brembo, corso d’acqua facente parte del Reticolo Idrico Principale della Provincia di Bergamo.

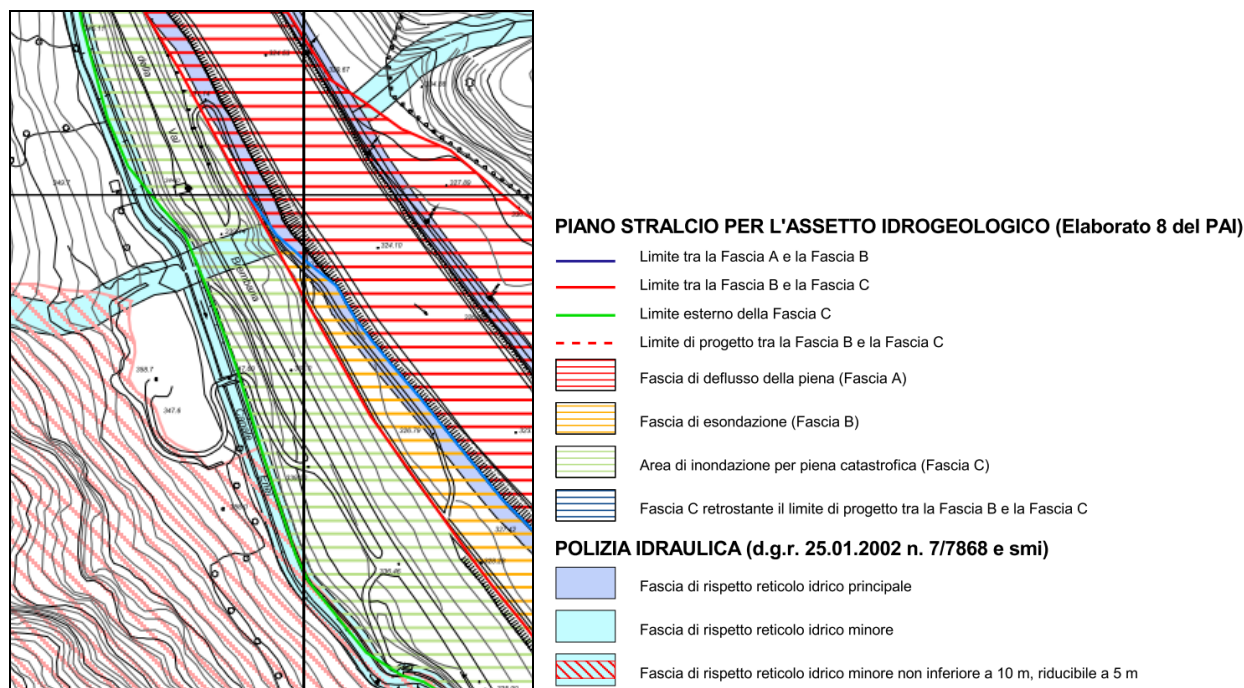


Fig.4 – Estratto dalla Carta dei Vincoli dell’area d’interesse (da “Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio” di Zogno”).

Oltre al fiume, in zona è presente il rio che scende dal monte detto “Il Pizzo” e che corre subito a sud della Cappella della “Madonna del Lavello”. Tale rio, che fa parte del Reticolo Idrico Minore del Comune di Zogno, in effetti è asciutto per gran parte dell’anno ed è sede di circolazione idrica solo in periodi di forte piovosità.

La zona in esame, posta in fregio all’alveo del Fiume Brembo a quota di pochi metri superiore, è completamente inclusa nella fascia Fluviale B, quella cioè soggetta a Piena di Progetto caratterizzata da tempo ritorno di 200 anni (L. n.183 del 18/05/1989). La stessa zona, relativamente alla sua porzione più settentrionale, ricade nella Fascia di rispetto di 10m del fiume e, per un tratto di circa 20m, in quella del corso d’acqua minore proveniente da Il Pizzo; entrambe le aree sono soggette ai Vincoli di Polizia Idraulica legati a R.D. n.523 del 25/07/1904 e alle successive integrazioni (Fig.4).

In merito all’idrogeologia, l’area d’interesse è caratterizzata dalla presenza per lo più di materiali granulari di elevata permeabilità. La falda idrica, in relazione con il livello del fiume, è posta alla profondità di circa 5-7m rispetto al piano della ex Ferrovia.

3.5 Condizioni di stabilità dell’area

L’area presenta nel complesso discrete caratteristiche di sicurezza e stabilità, come testimoniano l’assenza di particolari fenomeni sia deformativi, che di subsidenza e di tipo erosivo.

La stessa tuttavia, per la vicinanza al fiume e per il modesto dislivello esistente (circa 4-5m), è potenzialmente soggetta ad inondazioni, come chiaramente evidenziato dallo Studio PAI che colloca la stessa in Fascia fluviale B (zona soggetta a Piena di Progetto caratterizzata da tempo ritorno di 200 anni).

In merito alle condizioni di stabilità dei versanti a monte della Strada Provinciale, si ricorda che questi possono dare luogo a crolli anche di notevole entità, quali quelli di cui vi sono evidenze nei depositi presenti alla base dei pendii, ma si vogliono segnalare i seguenti elementi che giocano a favore di sicurezza: la notevole distanza della nuova strada da tali versanti e la presenza di diverse aree pianeggianti (strade, canale Enel, piazzali vari) che costituiscono un ostacolo alla propagazione di cadute di materiali (Fig.5).

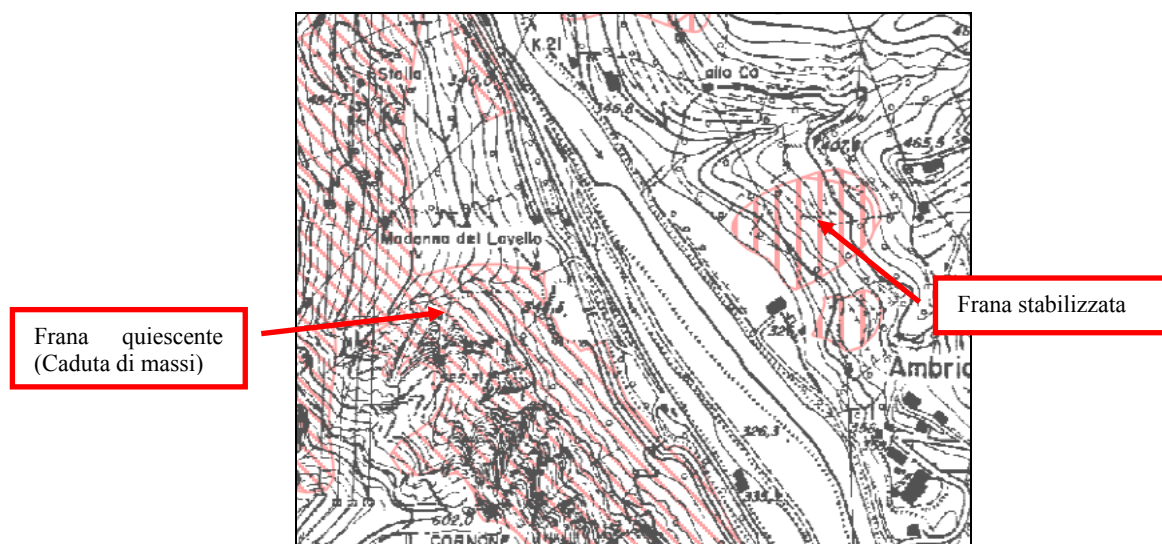


Fig.5 – Estratto dalla “Carta del Dissesto con legenda uniformata P.A.I.” della “Componente geologica, idrogeologica e simica” del PGT del Comune di Zogno.

La carta "Classi di fattibilità geologica per le Azioni di Piano" della *"Componente geologica, idrogeologica e sismica"* del Piano di Governo del Territorio, classifica la zona in Classe 3 "Fattibilità con consistenti limitazioni" (colore azzurro) e Classe 4 "Fattibilità con gravi limitazioni" (colore magenta), a causa del rischio idraulico.

La scarpata e la soprastante Strada Provinciale, inserite dal P.A.I. in Fascia C, sono state invece poste in Classe 2.

La nuova strada, in accordi ai dati progettuali, dovrebbe per lo più porsi a quota superiore a quella che segna il limite fra le Fasce B e C del P.A.I. (Fig.6).

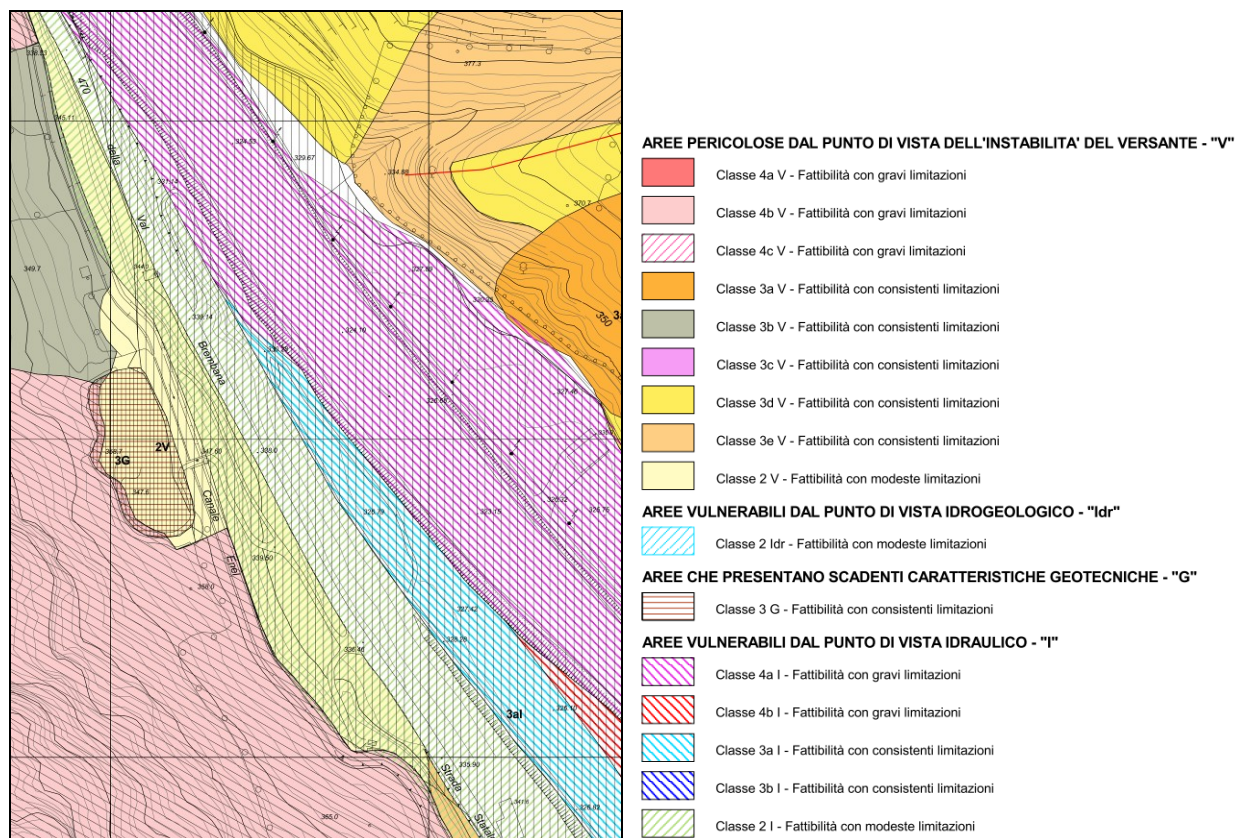


Fig.6 – Estratto dalla Carta di Fattibilità geologica per le Azioni di Piano dell'area d'interesse (da *"Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio"* di Zogno).

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il sito in esame è stato oggetto di un'indagine geognostica, finalizzata alla ricostruzione della stratigrafia e alla definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dal nuovo intervento.

Essa è stata realizzata con l'esecuzione delle seguenti attività:

- n.2 sondaggi geognostici a rotazione in buona parte a distruzione di nucleo (per la difficoltà a procedere nei materiali alluvionali) e in brevi tratti a recupero di materiale, spinti fino alla profondità di 17 e 15m,
- n.11 prove penetrometriche dinamiche, di cui n.9 con penetrometro pesante sul ripiano sede della ex ferrovia e n.2 con penetrometro leggero sul pendio prativo compreso fra la Strada provinciale e il ripiano.

L'ubicazione dei punti d'indagine è riportata in Fig.7.

Le informazioni raccolte con tali indagini sono state integrate con quelle emerse dall'indagine sismica svolta nel corso del presente studio, e con quelle di precedenti campagne d'indagine eseguite dalla Provincia di Bergamo nel 2014 e dal sottoscritto nel 2016, consistite nell'esecuzione di n.3 sondaggi geognostici e nello scavo di alcune trincee esplorative.

4.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi hanno messo in evidenza una situazione stratigrafica sostanzialmente simile in entrambi i punti d'indagine e nel complesso congruente con quella riscontrata nel corso delle citate precedenti indagini.

In sintesi si è visto che, sotto ad un primo strato di circa 1-2m dato da terreni di riporto di natura ghiaiosa (probabile sottofondo della ex Ferrovia), sono presenti materiali detritici (ghiaie e ciottoli di natura prevalentemente calcareo-dolomitica) alternati a materiali alluvionali (ghiaie e massi poligenici di forma arrotondata) fino alla profondità di circa 9m, quindi terreni esclusivamente alluvionali fino alla profondità di circa 12-14m, dove si ha il contatto con il substrato roccioso dato da argilliti e marne di colore grigio scuro, riferibili probabilmente alla Formazione delle "Argilliti di Riva di Solto".

I sondaggi hanno mostrato la presenza di falda idrica a profondità di circa 7-7,3m, differenza di quota legata anche alla modesta differenza di quota dei boccafori.

Le stratigrafie e la documentazione fotografica relativa sia ai due sondaggi effettuati nel corso delle presenti indagini, sia al sondaggio effettuato nel 2014 all'incirca in posizione intermedia fra gli altri due, sono presentati in Appendice n.1.

4.2 Prove penetrometriche

Per completare la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dell'area e per verificare l'effettiva omogeneità del terreno su tutto il tratto d'interesse, oltre ai citati sondaggi sono state effettuate n.11 prove penetrometriche dinamiche. Di queste, nove prove sono state condotte lungo il piano della ex Ferrovia e nell'adiacente area a deposito mediante penetrometro dinamico pesante "Penni 63", tipo DPSH – ISSMFE, avente le seguenti caratteristiche:

- | | |
|--------------------------------|--------|
| - peso del maglio: | 63,5kg |
| - altezza di caduta: | 75cm |
| - lunghezza delle aste: | 1,0 m |
| - diametro delle aste: | 32mm |
| - diametro della punta conica: | 50,5mm |
| - penetrazione standard: | 20cm. |

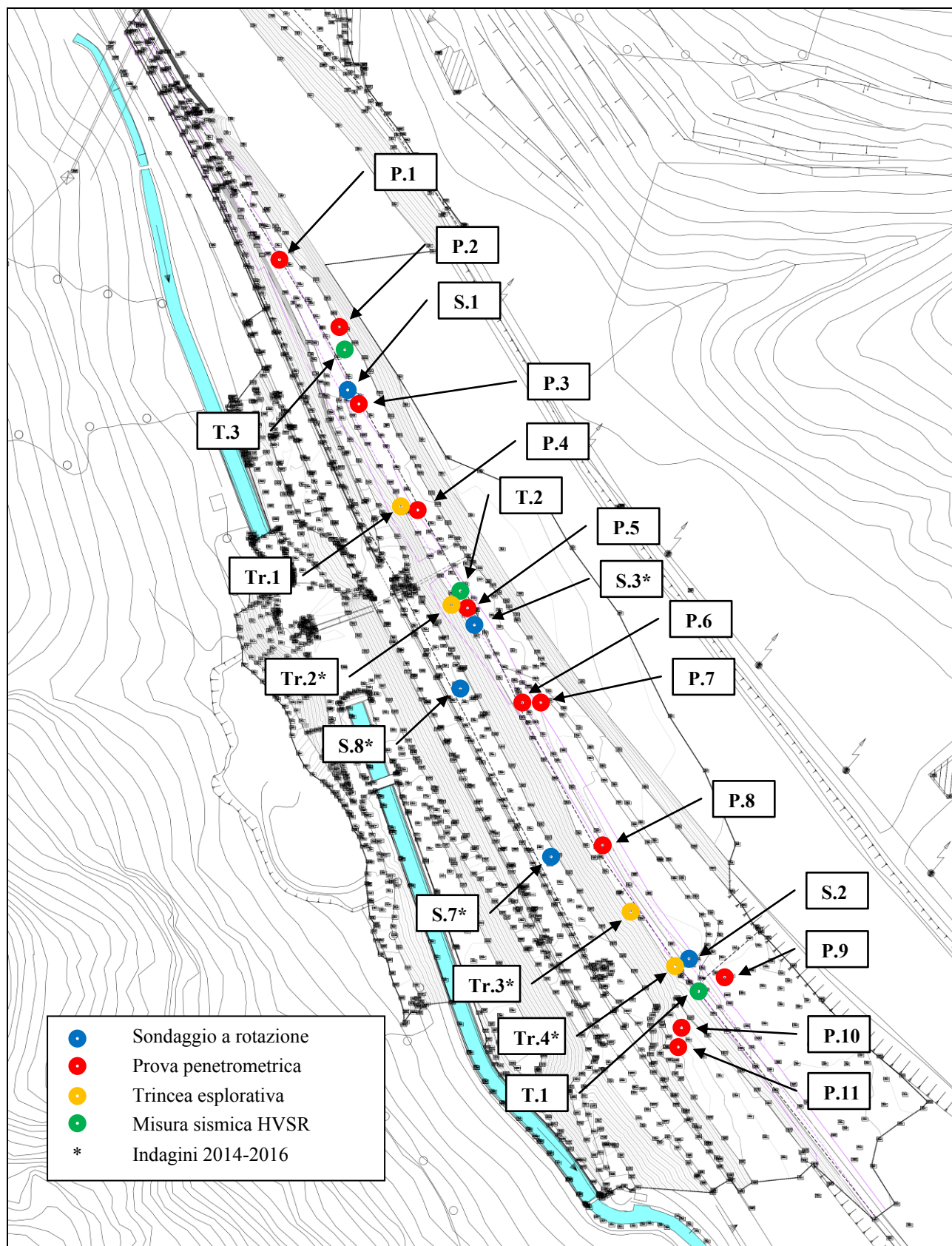


Fig.7 – Ubicazione approssimativa delle indagini geognostiche sul rilievo planaltimetrico dell'area.

Due prove sono invece state eseguite sul pendio compreso fra l'attuale Strada Provinciale e la ex Ferrovia, utilizzando, date le difficoltà di accesso, un penetrometro dinamico leggero "Sunda DL 30", avente le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 30 kg
- altezza di caduta: 20 cm
- lunghezza delle aste: 1,0 m
- diametro della punta conica: 35,7 mm
- penetrazione standard: 10 cm.

Le prove penetrometriche sono state spinte sempre sino al rifiuto all'avanzamento della strumentazione, dovuta alla presenza di livelli di elevata resistenza. In dettaglio le prove hanno raggiunto le seguenti profondità:

Prova	Profondità prova
Prova 1	0,8m
Prova 2	0,6m
Prova 3	2,2m
Prova 4	1,8m
Prova 5	0,6m
Prova 6	2,6m
Prova 7	0,6m
Prova 8	2,8m
Prova 9	1,8m
Prova 10	0,5m
Prova 11	0,7m .

Le prove hanno sostanzialmente confermato per l'intera area la situazione rilevata puntualmente dai tre sondaggi geognostici e dall'esame delle trincee esplorative eseguite nel 2016, con la presenza in superficie di terreni detritici di riporto variamente compatti, passanti a debole profondità a materiali più resistenti, contenenti anche frammenti grossolani che hanno impedito l'avanzamento della punta penetrometrica.

In nessuna prova è stata osservata presenza di acqua o di umidità sulle aste.

I risultati delle prove sono presentati nell'Appendice n.2, mentre nella Fig.8 vengono mostrate due tabelle riassuntive con il diagramma dei "colpi/avanzamento" di tutte le prove eseguite in zona. Si evidenzia come tale diagramma abbia valore solo indicativo, dal momento che tutte le prove sono state diagrammate con boccaforo alla stessa quota, mentre in effetti sono state eseguite a quote leggermente differenti.

Le prove hanno consentito di effettuare una definizione di massima dell'assetto stratigrafico dell'area ed una valutazione dei parametri di resistenza ("Angolo d'Attrito" e "Coesione non drenata") del terreno, tramite correlazione empirica con il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta del penetrometro.

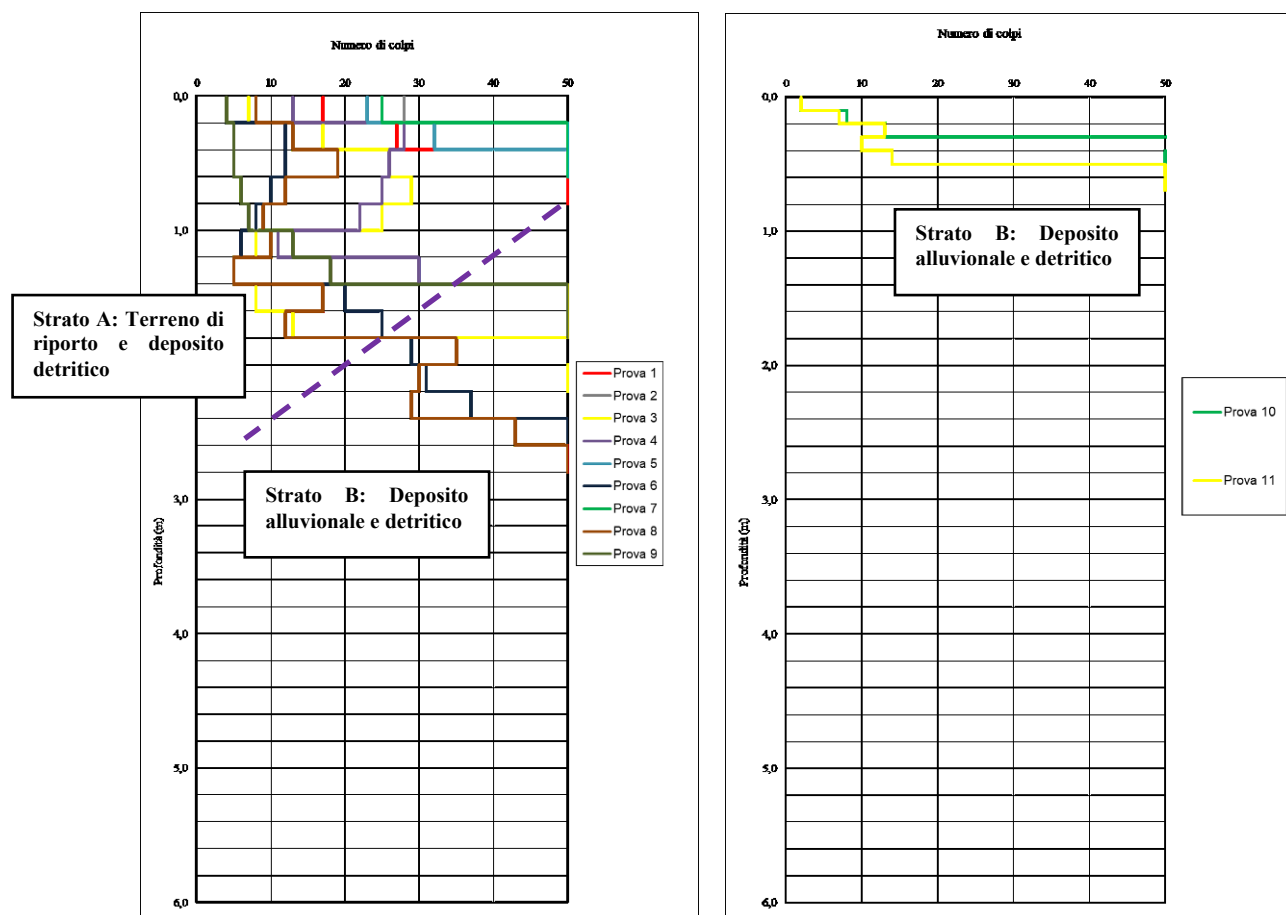


Fig.8 – Tabelle di sintesi con i risultati delle prove penetrometriche ed una ricostruzione di massima dell'assetto stratigrafico dell'area.

4.3 Trincee esplorative

Le trincee esplorative scavate nel 2016 al piede della scarpata stradale lungo il piano della Ex Ferrovia avevano mostrato una situazione sostanzialmente omogenea in tutta l'area d'interesse, con terreni di riporto e depositi di versante fino all'incirca alla quota della base della scarpata, e depositi alluvionali sotto al piano ferroviario.

In particolare si era visto quanto segue:

- la parte alta della trincee (circa 2m sopra al piano della Ex Ferrovia) è sempre data da terreni di riporto di natura ghiaioso-argillosa spessi alcuni decimetri;
- sotto al riporto, fino a circa 30cm sotto al piano della Ex Ferrovia sono presenti depositi di versante, dati da ghiaia e ciottoli con matrice sabbiosa, carbonatici, spigolosi, per lo più sciolti ma a tratti anche con una modesta cementazione;
- sotto ai terreni citati, in due trincee è stato osservato un livello spesso alcuni decimetri formato da sabbia limosa ben addensata, materiale chiaramente di origine alluvionale, al di sotto al quale si sono poi riconosciuti i depositi alluvionali grossolani, dati da massi e ciottoli con matrice ghiaioso-sabbiosa; tali materiali apparivano privi di coesione, ma molto addensati e compatti, e difficili da scavare;
- in nessuna trincea è stata osservata circolazione idrica.

Dalle trincee erano stati prelevati alcuni campioni di materiale medio-fine (dimensioni granulometriche fino a quelle di ghiaia e ciottoli, cioè passanti al vaglio 20cm), per verificarne la composizione granulometrica. Data tale selezione,

dove i terreni effettivamente presenti in sito erano di composizione molto grossolana (campioni 1B e 4), i campioni sono da ritenersi rappresentativi non del deposito nel suo insieme, ma solo della frazione più fine.

Nella seguente tabella si presentano i risultati delle analisi granulometriche eseguite sulla frazione del deposito passante a vaglio 20cm.

Campione	% GHIAIA e CIOTTOLI (> 2 mm)	% SABBIA (da 2 mm a 0,063 mm)	% LIMO e ARGILLA (<0,063 mm, da stima grafica)	Classificazione AGI
1A	70%	22%	8%	Ghiaia sabbiosa debolmente limoso-argillosa
1B	68%	20%	12%	Ghiaia sabbiosa limoso-argillosa
2	87%	11%	2%	Ghiaia sabbiosa con tracce di limo e argilla
3	82%	15%	3%	Ghiaia sabbiosa con tracce di limo e argilla
4	80%	9%	11%	Ghiaia limoso-argillosa debolmente sabbiosa

Nota: le percentuali dei componenti sono arrotondate all'unità

Tabella 1 - Risultati sintetici della analisi granulometriche sui campioni provenienti dalle trincee esplorative eseguite nel 2016 lungo la Ex Ferrovia (Classificazione secondo AGI).

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E IDROGEOLOGICA DEL SITO

I dati raccolti durante l'indagine geologica, uniti alle informazioni di bibliografia, hanno permesso di definire i caratteri salienti dell'assetto geotecnico ed idrogeologico dell'area d'interesse, dato che comunque dovrà essere puntualmente verificato in corso d'opera.

5.1 Modello geotecnico del terreno

Le indagini geotecniche e le osservazioni di campagna hanno mostrato una situazione stratigrafica rappresentata essenzialmente da tre strati, sopra al substrato roccioso marnoso-argillitico: uno superiore costituito da terreni di riporto dati da ghiaie e ciottoli con matrice sabbioso-limosa, uno intermedio formato da prevalenti terreni ghiaioso-ciottolosi di origine alluvionale con subordinati depositi ghiaioso-sabbiosi di versante e torrentizi, ed uno profondo dato da ghiaie e ciottoli e massi di origine alluvionale.

Strato A: Ghiaie e ciottoli con matrice sabbioso-limosa ("Terreni di riporto")

Il materiale è dato da ghiaie e ciottoli di varia natura con frammisti laterizi e con variabile quantità di matrice limoso sabbiosa, posati sia per la costruzione del piano della ex Ferrovia, sia per locali sistemazioni ed ampliamenti dei piazzali esistenti. I terreni si presentano generalmente addensati e moderatamente umidi.

Il materiale è caratterizzato da resistenza da discreta a buona, come testimoniato dal valore di N_{DPSH} mediamente compreso 10 e 25. Lo spessore osservato è di circa 1m.

A tale materiale possono essere riferiti i seguenti parametri di resistenza e di permeabilità:

Peso di Volume: 18-19kN/mc

Angolo d'attrito interno: 27-30° fino a 35° nelle zone più ghiaiose

Coesione drenata (c'): 0-5kPa

Modulo elastico (E): 7-15MPa

Permeabilità media: $1 \cdot 10^{-2}$ - 10^{-4} m/s.

Strato B: Ghiaia, ciottoli e massi con sabbia (“Deposito alluvionale e deposito detritico di versante e torrentizio”)

Il materiale è caratterizzato da

- un livello superficiale formato da ghiaie con ciottoli di natura carbonatica con matrice sabbiosa talora molto abbondante e con una modesta cementazione, corrispondenti a falde detritiche di versante (livello di spessore di circa 1-2m osservato nelle trincee esplorative del settore centro settentrionale dell'area),
- un livello profondo dato da prevalenti depositi alluvionali, costituiti da ghiaie, ciottoli e massi poligenici, arrotondati con matrice sabbiosa, con subordinate intercalazioni dei depositi di versante sopra descritti (questi sono apparsi contenere a volte anche con massi di grandi dimensioni).

Si ritiene possibile che localmente, in corrispondenza dello sbocco nel fiume dell'impluvio proveniente dal Pizzo, siano presenti anche depositi di conoide torrentizia (ghiaie e massi con matrice sabbioso-limosa)

Il terreno si presenta asciutto fino al livello della falda (circa 7m da p.c.); esso è ben addensato ed è caratterizzato in genere da buona resistenza (nei primi metri dal piano campagna le prove penetrometriche hanno fornito valori di N_{DPSH} mediamente pari a $15 \div 30$).

A tale materiale possono essere riferiti i seguenti parametri di resistenza e di permeabilità:

<i>Peso di Volume:</i>	19-20kN/mc
<i>Angolo d'attrito interno:</i>	34-38°
<i>Coesione drenata (c'):</i>	0-5kPa
<i>Modulo elastico (E):</i>	25-35MPa (sono possibili disomogeneità)
<i>Permeabilità media:</i>	$1 \cdot 10^{-1} - 10^{-3}$ m/s.

Strato C: Ghiaie, ciottoli e massi con matrice sabbiosa (“Deposito alluvionale”)

Il materiale, come osservato nelle trincee esplorative, è dato da ghiaie, ciottoli e massi di natura poligenica, arrotondati con subordinata matrice sabbiosa, la cui origine è legata a depositi recenti del Fiume Brembo.

Il terreno si presenta asciutto, ben addensato e con una certa embricatura dei ciottoli. Lo stesso mostra buona resistenza, come si è ben visto nel corso dello scavo di alcune trincee.

Il livello ha spessore variabile e la sua base è stata riconosciuta mediamente intorno a 12-14m dal piano della ex Ferrovia.

A tale materiale possono essere riferiti i seguenti parametri di resistenza e di permeabilità:

<i>Peso di Volume:</i>	20-22kN/mc
<i>Angolo d'attrito interno:</i>	38-42°
<i>Coesione drenata (c'):</i>	0kPa
<i>Modulo elastico (E):</i>	30-40MPa
<i>Permeabilità media:</i>	$1 \cdot 10^{-1} - 10^{-2}$ m/s.

Strato D: Argilliti e marne (Substrato roccioso)

Lo strato è dato da argilliti e marne di colore grigio nerastro in strati da centimetrici a decimetrici, appartenenti alla formazione triassica delle “Argilliti di Riva di Solto”. In accordo a quanto osservato in alcuni sondaggi, l'unità sembra presentare uno strato superficiale più alterato e fratturato spesso fino a circa 1-2m, ed uno profondo formato da materiali rocciosi di migliore qualità. La giacitura della stratificazione, per quanto è stato possibile osservare nei sondaggi eseguiti in passato, appare nel complesso suborizzontale o debolmente inclinata.

La roccia presenta un orizzonte superficiale più fratturato ed alterato spesso circa 1-3m. Al livello superiore si possono riferire i seguenti valori: Peso di Volume: 24-25kN/mc, Angolo d'attrito: 26-29°, Coesione: 20-40kPa, Modulo elastico: 20-50MPa. All'orizzonte profondo argillitico più sano, possono invece essere riferiti i seguenti parametri fisici e di resistenza: Peso di Volume: 26kN/mc, Angolo d'attrito di circa 28-31°, Coesione efficace di circa 70-150kPa, Modulo elastico: >500MPa.

5.2 Idrogeologia

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, nel corso del presente studio si è osservata presenza di falda idrica all'incirca alla profondità di 7-7,5m dal piano campagna, quota all'incirca corrispondente con quella del vicino Fiume Brembo. Non si è invece riconosciuta circolazione idrica nei depositi posti a monte, se non quella ancora in relazione con il livello del fiume.

Per quanto detto e in considerazione della posizione del sito, si ritiene quindi che l'area sia caratterizzata dalla presenza di falda idrica e che questa abbia quota variabile da un minimo quale quello osservato (le prove sono state eseguite in un periodo siccitoso con il fiume quasi in secca) fino ad un massimo anche di alcuni metri più alto, in dipendenza dall'altezza del livello del fiume e da eventuali afflussi idrici dai versanti a monte. La circolazione dovrebbe avvenire principalmente nei depositi alluvionali più profondi ed essere sostenuta dal substrato roccioso marnoso-argillitico.

I terreni alluvionali possono essere definiti ad alta permeabilità, quelli detritici intermedi a permeabilità medio-alta ed il substrato roccioso a bassa permeabilità nelle zone più compatte e media permeabilità in quelle più fratturate ed alterate.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

6.1 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica del territorio nazionale, in accordo a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, viene valutata grazie al recente lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che fornisce il valore massimo della PGA (Massima accelerazione al suolo) su roccia nella zona di interesse.

Ricordando che le coordinate ED50 del sito di interesse sono: latitudine: 45,813204, longitudine: 9,676647, il valore massimo della PGA, corrispondente ad una probabilità del 10% in 50 anni è di 0,075 – 0,100, come illustrato nella seguente Fig.9. Con il medesimo lavoro INGV, nella sezione riferita alla disaggregazione del valore di $a(g)$, è possibile anche valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. In particolare, grazie alla disaggregazione bidimensionale (Magnitudo M e Distanza R) si può definire il contributo di diverse sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M , e quindi individuare il cosiddetto “terremoto di scenario o di riferimento”. Da tale analisi, considerando un evento con probabilità del 10% in 50 anni, risulta che la magnitudo attesa è circa $M = 4.79$ con distanza epicentrale circa 18,2km.

Si ricorda infine che in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 “*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 territorio comunale di Zogno ricadeva nella “Zona 4”, ovvero zona a sismicità bassa. In base alla Dgr n.10/2129 del 11.07.2014 “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*” e successive modifiche, a partire dal 2016 il territorio comunale è stato riclassificato nella “Zona 3”, ovvero zona a sismicità medio-bassa.

6.2 Categorie di sottosuolo e topografiche

Una volta definita la pericolosità sismica di base, per la valutazione delle condizioni sismiche del sito è necessario tener conto delle condizioni litologiche e morfologiche locali, che influiscono in modo determinante sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie.

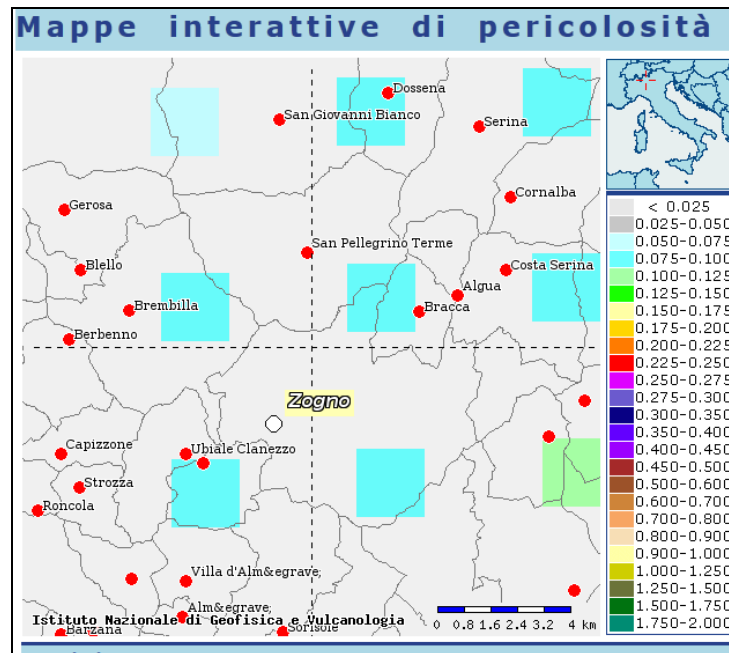


Fig.9 – Diagramma con il valore di PGA per l'area in esame (da sito INGV).

Relativamente alle condizioni litologiche, i tre rilievi di microtremore a stazione singola (misure HVSR) eseguiti in sito mediante tromografo hanno permesso di rilevare quanto segue (Fig.10):

- Ricordando che la prova T1 è stata eseguita nel prato e le altre due sul sedime della ex Ferrovia, si vede che nelle ultime due manca o è fortemente ridotto il picco ad alta frequenza riconducibile al contatto tra eluvio e depositi fluviali sottostanti, fatto doto all'asportazione dello strato eluviale;
- tra i 7 e i 20 Hz le registrazioni si assomigliano notevolmente con una sovrapposizione pressochè perfetta dei picchi a bassa frequenza (9 Hz) che sembrano indicare che il passaggio al substrato roccioso avvenga per tutte le prove all'incirca alla medesima quota della prova T1;
- anche i picchi intermedi compresi tra le frequenze di 12-15 Hz pur presentando altezze diverse sembrano indicare la presenza di discontinuità sismiche minori all'interno dei depositi alluvionali, con progressivo incremento delle Vs con la profondità come avviene nella prova T1. Sostanzialmente sembra di trovarsi quindi di fronte ad un assetto stratigrafico abbastanza uniforme lateralmente.

L'elaborazione della prova T1 ha permesso di attribuire al terreno in esame un valore di Vs30 pari a 392m/s (442m/s partendo dal previsto piano di fondazione, posto a -2,5m) (Fig.11).

Sulla base di tale dato, in accordo alla classificazione delle categorie di sottosuolo di fondazione riportate nel Testo Unico "Norme tecniche per le costruzioni", il terreno può essere considerato nella Categoria di sottosuolo B ("Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi fra 360 e 800m/s (ovvero NSPT > 50, Cu > 250kPa)").

Per quanto riguarda la categoria topografica, la zona è classificabile nella Categoria T1 (pendii con inclinazione superiore a 15° ma di altezza inferiore a 30m), categoria per cui il parametro St (amplificazione topografica) è 1.

I risultati dell'indagine geofisica in forma estesa sono riportati nell'Appendice n.4.

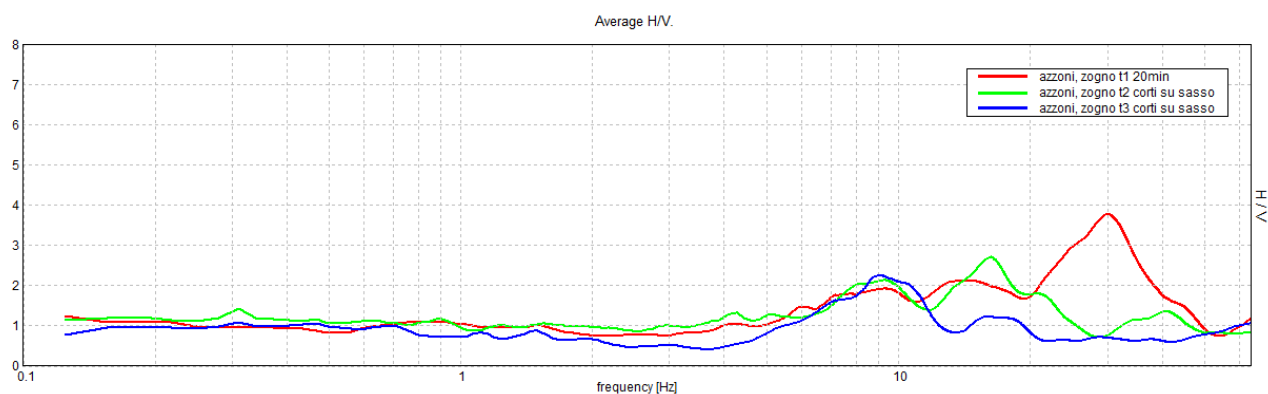


Fig.10 – Grafici H/V-Frequenza relativi alle tre misure sismiche HVSR eseguite in sito.

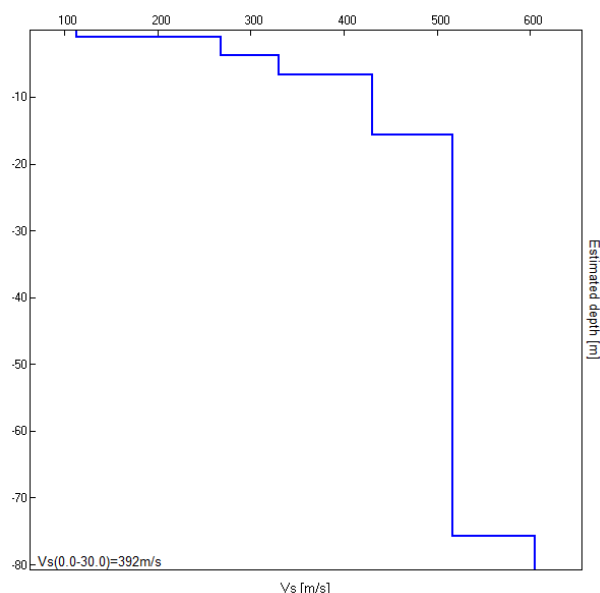


Fig.11 – Grafico riportante i valori di Vs30 in funzione della profondità.

6.3 Analisi di amplificazione sismica locale

Lo studio sismico di 1° livello della “*Componente geologica idrogeologica e sismica del PGT*” pone la zona d'interesse nello Scenario di pericolosità sismica locale Z4a “*Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi*”, zona soggetta a possibili amplificazioni di tipo litologico e geometrico. Il Comune di Zogno non dispone dello studio sismico di 2° livello.

Sulla scorta dei risultati della prova HVSR è stata effettuata un'analisi di 2° livello per la valutazione del Fattore di amplificazione puntuale della zona. Tale analisi, condotta usando la “*Scheda litologica sabbiosa*” ha permesso di rilevare, con un periodo T di sito pari a 0,277 (valore calcolato per profondità di 30m sotto al piano di fondazione), per l'intervallo 0,1-0,5s un valore di Fa di 1,45, valore inferiore al FA di soglia comunale per i terreni di categoria B (Fa soglia per cat.B: 1,4+0,1, per cat.C: 1,9+0,1, secondo le indicazioni di Regione Lombardia). La valutazione effettuata indica che il coefficiente di sottosuolo calcolato nell'azione sismica, per l'intervallo 0,1-0,5s, secondo la Normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008, tabelle 3.3.II e 3.3.V) è adeguato e sufficiente per la verifica dei sistemi geotecnici, fondazionali e strutturali.

7. ANALISI DELLA RESISTENZA GEOTECNICA DI PROGETTO

Sulla scorta delle osservazioni effettuate, è stata eseguita un'analisi della Resistenza geotecnica di progetto, in condizioni sia di assenza che di presenza di sisma, in accordo al Metodo degli Stati Limite (Ultimo e di Esercizio), come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14 gennaio 2008.

7.1 Analisi della Capacità portante

La determinazione della Capacità portante di progetto del terreno consiste nella verifica del sistema terreno-fondazioni nei confronti dello Stato Limite Ultimo e di Esercizio, in condizioni sia di assenza che di presenza di sisma, in accordo al Metodo degli Stati Limite, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14 gennaio 2008. Per tale metodo, si ricorda, deve essere rispettata la seguente condizione: $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto delle azioni e R_d è valore di progetto delle resistenze del sistema.

Le verifiche di tipo geotecnico devono essere effettuate seguendo almeno uno dei due approcci:

- Approccio 1: combinazione 1 STR: (A1+M1+R1) , combinazione 2 GEO: (A2+M2+R2)
- Approccio 2: combinazione unica A1+M1+R3.

E' stato utilizzato l'Approccio 1; delle due combinazioni, in generale la prima è più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda risulta più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

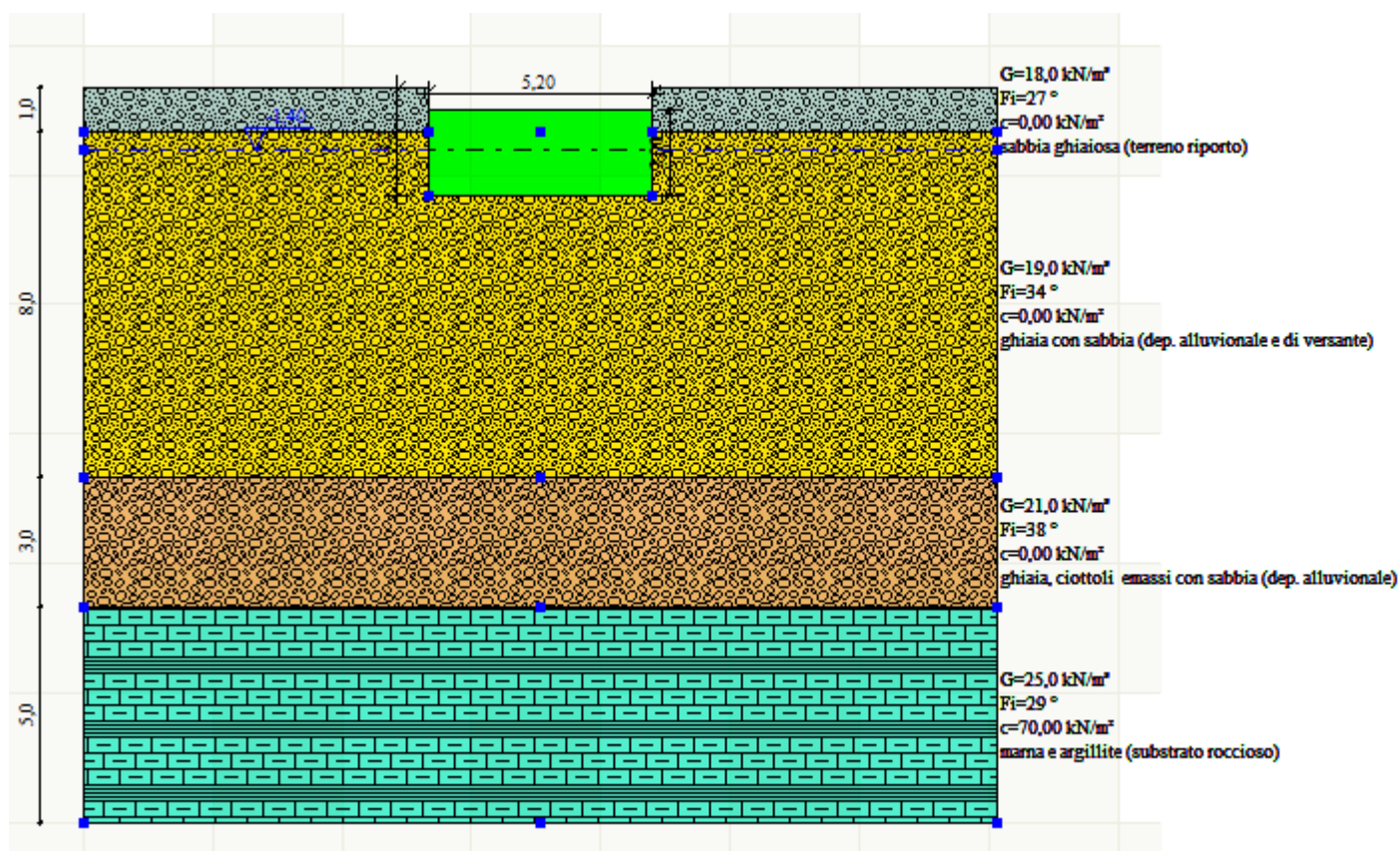


Fig.12 – Modello geotecnico del terreno utilizzato per le analisi (la fondazione è posta a -2,5m dal piano campagna e la falda a -1,4m da p.c.).

L'analisi della Capacità portante del terreno è stata effettuata con il programma di calcolo "Loadcap" di Geostru S.r.l., utilizzando i metodi comunemente usati di Meyerhof, Vesic e Brinch-Hansen (metodo di riferimento) per fondazioni su terra e di Terzaghi e Zienkiewicz per quelle su roccia. La correzione per il sisma è stata effettuata con il metodo previsto dalla NTC 2008.

Per l'analisi si è considerata una fondazione lineare lunga 50m, alta circa 2m e larga circa 5,2m, posata alla profondità di circa 2,6m sotto il piano campagna e con reinterro laterale cautelativamente pari all'altezza della fondazione (di fatto si tratta della situazione descritta dalla sez.4-4 della tavola "VAS Verifica Preliminare Scoping - VAS 302: Strada sezioni e profilo"). Non disponendo ancora di dati precisi in merito, si è considerata a titolo indicativo una tensione agli SLU pari a 450kPa, ed una agli SLE pari a 300kPa. Vista poi l'elevata permeabilità dei terreni presenti, si è ipotizzata la falda alla quota che il fiume potrebbe raggiungere nei casi di piena con tempo di ritorno sia bicentenario che cinque centenario (si veda Relazione Idraulica E.T.S. S.p.A.).

I calcoli geotecnici sono stati effettuati limitandosi alla verifica della resistenza di progetto in termini di SLU e SLE (capacità portante), lasciando alla fase di progettazione strutturale le altre verifiche previste dalla normativa per le opere di sostegno.

In considerazione della natura dei terreni presenti, i calcoli sono stati eseguiti solo in condizioni drenate.

7.1.1 Dati generali

Normativa	NTC 2008
Zona	Zogno, Madonna Lavello
Larghezza fondazione	5,2m
Lunghezza fondazione	50,0m
Profondità piano di posa	2,5m
Altezza di incastro	2m
Profondità falda	1,4 e 0,6m da p.c.

7.1.2 Sisma

Accelerazione massima (ag/g)	0,105
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	1
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0,357
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0,0189
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,26	2,46	0,2
S.L.D.	50,0	0,33	2,51	0,21
S.L.V.	475,0	0,86	2,49	0,28
S.L.C.	975,0	1,14	2,47	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,312	0,18	0,0057	0,0029
S.L.D.	0,396	0,18	0,0073	0,0036
S.L.V.	1,032	0,18	0,0189	0,0095
S.L.C.	1,368	0,24	0,0335	0,0167

Stratigrafia terreno

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
1,0	18,0	19,0	27,0	0,0	0,0	7000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	sabbia ghiaiosa (terreno riporto)
8,0	19,0	20,0	34,0	0,0	0,0	30000,0	0,0	0,3	0,0	0,0	ghiaia con sabbia (dep. alluvionale e di versante)
3,0	21,0	22,0	38,0	0,0	0,0	40000,0	0,0	0,3	0,0	0,0	ghiaia, ciottoli e massi con sabbia (dep. alluvionale)
5,0	25,0	26,0	29,0	70,0	0,0	80000,0	0,0	0,25	0,0	0,0	marna e argillite (substrato roccioso)

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R1	450,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	A2+M2+R2	450,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	Sisma	450,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
4	S.L.E.	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
5	S.L.D.	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	1	1
2	No	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
4	No	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1

7.2 Risultati per fondazione lineare posata a -2,4m su terreno ghiaioso

7.2.1 Capacità portante

I risultati delle analisi svolte sono riportati in Tab.2, i dettagli completi di tali analisi sono nell'Appendice n.4.

Dalla tabella si rileva che il Carico limite minimo verificato in condizioni drenate, calcolato con il metodo di Meyerhof, si ha per l'analisi relativa alla combinazione A2+M2+R2 con sisma: esso ha valore pari a 817kPa, con Resistenza di progetto pari a 454kPa (Costante di sottofondo di Winkler: 32.700kN/m³).

Gli altri metodi hanno fornito valori superiori, con Resistenza di progetto superiori a 500kPa.

Nell'ipotesi di falda a quota pari a quella massima che il fiume può raggiungere per evento con tempo di ritorno cinquecentenario, si è calcolato un valore minimo di Carico limite pari a 697kPa con Resistenza di progetto pari a 387kPa; nel caso invece di falda posta alla quota osservata durante le indagini (all'incirca a -7m da p.c.), il valore minimo di Carico limite e di 1.270kPa con Resistenza di progetto pari a circa 700kPa.

Condizioni drenate					
Combinazione A1+M1+R1					
	Carico limite (kPa)	Resistenza di progetto (kPa)	Carico di progetto (kPa)	Fattore di sicurezza	Condizione di verifica [Ed<Rd]
Meyerof 1963	1858,82	1858,82	450	4,13	Verificata
Vesic 1975	2029,64	2029,64	450	4,51	Verificata
Brinch Hansen 1970	1960,63	1960,63	450	4,36	Verificata
Combinazione A2+M2+R2					
	Carico limite (kPa)	Resistenza di progetto (kPa)	Carico di progetto (kPa)	Fattore di sicurezza	Condizione di verifica [Ed<Rd]
Meyerof 1963	823,13	457,29	450	1,83	Verificata
Vesic 1975	960,59	533,66	450	2,13	Verificata
Brinch Hansen 1970	906,74	503,75	450	2,01	Verificata
Sisma					
	Carico limite (kPa)	Resistenza di progetto (kPa)	Carico di progetto (kPa)	Fattore di sicurezza	Condizione di verifica [Ed<Rd]
Meyerof 1963	817,56	454,2	450	1,82	Verificata
Vesic 1975	953,47	529,71	450	2,12	Verificata
Brinch Hansen 1970	900,44	500,24	450	2	Verificata

Tab.3 – Risultati delle analisi di capacità portante in condizioni drenate per fondazione posta a -2,5m da p.c. su terreno ghiaioso, con falda posta a -1,4 dal piano campagna (situazione di piena T200).

7.2.2 *Stima dei cedimenti*

Si riporta di seguito una valutazione di massima dei possibili cedimenti della nuova struttura, formulata sulla base di una stima cautelativa dei parametri di deformabilità del terreno, che andrà necessariamente verificata in corso d'opera.

Si è considerata la tensione di esercizio di 300kPa e si è fatto riferimento a fondazioni su trave rovescia posata alla profondità di 2,5m rispetto all'attuale piano campagna su terreni di natura ghiaiosa.

Cedimenti elastici

Per il calcolo dei cedimenti immediati (di tipo elastico) si sono quindi utilizzati i seguenti dati:

- Pressione normale di progetto: 300kN/mq,
- Spessore dello strato 11m,
- Profondità substrato roccioso: 13m,
- Modulo Elastico: 25.000kPa,
- Coefficiente di Poisson 0,3.

Con le tensioni esposte, il cedimento massimo calcolato è di circa 50mm al centro della fondazione, e circa 15mm sul lato della stessa.

7.3 **Verifica a liquefazione**

Le caratteristiche idrogeologiche (assenza di falda permanente) e geotecniche (terreni dati da ghiaie, ciottoli e massi con matrice sabbiosa) dei terreni presenti permettono di escludere fenomeni di liquefazione, senza la necessità di effettuare specifiche analisi in merito.

8. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In base a quanto osservato ed esposto nella presente relazione, e tenuto conto in particolare delle condizioni geotecniche e di stabilità complessivamente buone dell'area, si esprime parere favorevole, per quanto di competenza, alla realizzazione dell'intervento in progetto. Si segnala comunque la necessità delle autorizzazioni idrauliche del caso e si raccomandano:

- la messa in opera di tutti i provvedimenti previsti dagli studi idraulici per garantire la piena sicurezza dell'area ed in particolare la difesa da possibili fenomeni di erosione spondale,
- l'adozione dei suggerimenti di seguito esposti e l'esecuzione di un attento esame della situazione geologica ed idrogeologica nel corso dei lavori, da realizzarsi essenzialmente con lo scavo di trincee esplorative spinte sotto al futuro piano di fondazione. L'effettuazione di indagini risulta infatti importante per definire con maggiore dettaglio la natura e le caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dei terreni su cui poggeranno le nuove strutture e le condizioni di autosostegno dei terreni, e per evidenziare prontamente eventuali problemi e situazioni difformi da quelle previste.

Di seguito si espongono le principali indicazioni circa l'esecuzione dei lavori.

Scavi

I lavori di sbancamento per la costruzione della nuova strada interesseranno essenzialmente lo strato più superficiale, formato come detto da ghiaie e ciottoli con matrice sabbiosa.

Tale materiale, seppur di buona qualità, è generalmente privo di coesione, con solo locali porzioni a debole cementazione nei terreni detritici di versante. Per questo motivo si ritiene che i materiali presenti rendano possibile l'autosostegno di fronti con inclinazioni di 45-50°, purché per tempi non eccessivamente lunghi. Per sicurezza comunque, specie se si operasse in periodi piovosi e vi fosse l'impossibilità di realizzare immediatamente le necessarie opere di sostegno, è consigliabile contenere l'inclinazione delle scarpate entro i 35-40°.

In merito all'esecuzione degli sbancamenti, viste le profondità di scavo relativamente contenute (massimo di circa 2,5m) e la possibilità di estendere lateralmente i fronti così da dare loro inclinazioni di sicurezza, nonché l'adeguata distanza da altre strutture, in molti settori, previa adeguate verifiche, si ritiene possibile realizzare gli scavi ed i muri di sostegno anche procedendo con fronti di maggiore estensione.

Nel settore invece dove si opererà al piede del rilevato in terre rinforzate della nuova Strada Provinciale e in quello più settentrionale, dove le fondazioni delle nuove strutture di sostegno verranno spinte all'interno dell'attuale profilo del terreno (sotto al muro in c.a. esistente), tale operazione andrà condotta per conci, cioè scavando tratti larghi orientativamente non più di qualche metro, operando se necessario opportune sbatacchiature, e facendo seguire immediatamente allo scavo la costruzione dei relativi tratti di fondazione e di muro. Nella zona più a nord potrà anche essere considerata l'esecuzione, preliminarmente agli scavi, di un'apposita struttura di sostegno entroterra.

Fondazioni

Lo studio geotecnico ha evidenziato le buone caratteristiche di resistenza dei terreni e la possibilità di realizzare per lo più fondazioni di tipo superficiale, anche a fronte di carichi importanti; non si esclude tuttavia che, per determinate situazioni, si renda necessario il ricorso a fondazioni di tipo profondo (pali).

Le analisi geotecniche agli SLU e SLE, in questa fase limitate ad una verifica preliminare di capacità portante e cedimento (tutte le verifiche di normativa verranno effettuate nel corso della progettazione strutturale delle opere di sostegno), sono state condotte in accordo alla NTC 2008 con il cosiddetto Approccio n.1, considerando una delle situazioni più gravose fra quelle previste: muro alto circa 8m poggiante su fondazioni lineari lunghe 50m, larghe 5,2m, alte 2m ed incastrate nel terreno per tutta l'altezza, con falda nel terreno a profondità variabili (sez.4-4 della tavola VAS riportata in Fig.1), come riportate nella Relazione idraulica redatta da E.T.S. S.p.A.

Tali analisi hanno permesso di verificare che la Resistenza di progetto (valore limite per le tensioni di progetto) varia, in funzione dell'altezza di falda considerata, da circa 700kPa con la falda nella posizione osservata durante la campagna d'indagine (-7m da p.c.), fino a circa 380kPa con la falda a -0,6m da p.c., alta quindi quanto il livello del fiume per evento di piena con tempo di ritorno cinquecentenario (analisi in condizioni drenate condotta con il metodo di Meyerof per la combinazione A2+M2+R2 in presenza di sisma). Si tratta comunque di valori di resistenza elevati e a riguardo si fa rilevare come gli stessi siano dovuti sia alla qualità complessivamente buona dei terreni, sia all'importante reinterro laterale previsto per le fondazioni (il valore diminuisce per minori altezza delle travi di fondazione).

Relativamente alle deformazioni indotte dalle tensioni d'esercizio, indicativamente ipotizzate in 300kPa, queste sono state stimate nell'ordine di circa 50mm al centro della struttura e di circa 15mm a lato della stessa.

In generale, per quanto attiene la realizzazione del piano di posa delle fondazioni (nelle zone non bonificate) si consiglia, raggiunta la quota di progetto, di rimuovere eventuali porzioni più deboli e sostituire le stesse con materiali ghiaioso-sabbiosi di buona qualità, che andranno ben pressati utilizzando mezzi adeguati, e quindi, di posare uno strato di calcestruzzo magro. In questo modo si miglioreranno le caratteristiche di portanza del piano d'appoggio, riducendo al tempo stesso eventuali disomogeneità dovute a variabilità del grado di consistenza dei terreni.

Smaltimento delle acque meteoriche

La nuova strada dovrà essere munita di adeguate strutture di drenaggio, che permetta un'efficace raccolta delle acque circolanti ed il successivo smaltimento verso idonei recapiti (dispersione nel terreno a valle, collegamento a strutture di drenaggio della nuova strada provinciale soprastante, versamento in corsi d'acqua, ecc.)

APPENDICE 1: Sondaggi geognostici

Sondaggio n.1

Ubicazione: Lungo il piano della Ex Ferrovia, nel settore nord, presso l'innesto della rampa che scende dalla Strada Provinciale.

Data: 1-2 agosto 2017.

Quota: circa 332,5m s.l.m.

- 0,00m-0,30m: Limo con sabbia di colore marrone chiaro. Carotaggio con carotiere semplice (*Copertura recente del rilevato ferroviario*).
- 0,30m-1,50m: Ghiaia medio fine sabbiosa debolmente limosa di colore grigio. La ghiaia è in prevalenza carbonatica e angolare, con frequenti frammenti di laterizio. (*Sottofondo stradale e terreni di riporto*). Perforazione a distruzione di nucleo.
- 1,50m-1,80m: Ghiaia medio grossolana sabbiosa e limosa. Carotaggio con carotiere semplice (*Deposito di versante*).
- 1,80m-9,00m: Ghiaia medio fine debolmente sabbiosa. Il deposito in effetti è dato da ghiaia e ciottoli con sabbia, con qualche masso. La ghiaia è poligenica e sia angolare che arrotondata. Il deposito in effetti è dato da ghiaia e ciottoli con sabbia, con qualche masso per lo più di natura carbonatica (dolomia) (fra 1,90 e 3,00m: un masso di 30cm ed un masso di 20cm; fra 3,00 e 4,00m: un ciottolo di 10cm; fra 4,00 e 6,00m: un masso di 30cm ed uno di 50cm; fra 6 e 7m: masso da 20cm; fra 7 e 8: un masso da 30cm e fra 8 e 9: un masso da 40-50cm). Perforazione a distruzione di nucleo. (*Deposito alluvionale e di versante*).
- 9,00m-15,2m: Ghiaia sabbiosa e con sabbia. La ghiaia è poligenica, angolare (prodotto della perforazione) e arrotondata. Il deposito in effetti è dato da ghiaia e ciottoli con sabbia di origine quasi esclusivamente alluvionale. Perforazione a distruzione di nucleo. (*Deposito alluvionale*).
- 15,2m-17,00m: Marne e argilliti di colore grigio scuro. Perforazione a distruzione di nucleo. (*Substrato roccioso: Argilliti di Riva di Solto*).
- Misura falda: 7,30 da piano campagna.



Foto A1.1 – Posizione del Sondaggio n.1.



Foto A1.2 - Sondaggio n.1: profondità 0,00m-5,00m.



Foto A1.3 - Sondaggio n.1: profondità 5,00m-10,00m.



Foto A1.4 - Sondaggio n.1: profondità 10,00m-15,00m.



Foto A1.5 - Sondaggio n.1: profondità 15,20m-17,00m.

Sondaggio n.2

Ubicazione: Lungo il piano della Ex Ferrovia nel settore sud, sull'incrocio con la stradina che entra nel deposito..

Data: 2-3 agosto 2017.

Quota rispetto alla SP: circa 329,2m.

- 0,00m-1,00m: Ghiaia medio grossolana con sabbia debolmente limosa di colore grigio, passante a limo con sabbia e ghiaia di colore marrone chiaro. La ghiaia è in prevalenza carbonatica e angolare (in parte tagliata dal carotiere). Materiale sciolto. *(Sottofondo stradale e probabile suolo vegetale)*. Carotaggio con carotiere semplice.
- 1,00m-2,20m: Ghiaia medio fine debolmente sabbiosa. La ghiaia è calcarea e angolare). Perforazione a distruzione di nucleo. *(Possibile sottofondo ferroviario e deposito di versante)*.
- 2,20m-4,00m: Ghiaia medio fine sabbiosa. La ghiaia è poligenica con prevalenza calcarea; è angolare e in minor misura arrotondata. Il deposito in effetti è dato da ghiaia e ciottoli con sabbia, con qualche masso di natura carbonatica (dolomia) (fra 2,00e 2,50m: un masso da 20cm; fra 2,80 e 3,30: un masso da 50cm). Perforazione a distruzione di nucleo. *(Deposito di versante e alluvionale)*.
- 4,00m-9,00m: Ghiaia medio fine sabbiosa. La ghiaia è poligenica; è angolare e in minor misura arrotondata. Il deposito in effetti è dato da ghiaia e ciottoli con sabbia, con qualche masso di natura sia carbonatica che silicea (fra 4,0 e 5,0m: un masso da 20cm; fra 4,9 e 5,4m: uno da 50cm; fra 6,0 e 7,0: uno da 20cm; fra 8,0 e 9,0m: due massi di 10-20cm). Perforazione a distruzione di nucleo. *(Deposito alluvionale e di versante)*.
- 9,00m-13,0m: Massi e ciottoli con ghiaia sabbiosa. Il materiale è poligenico. La ghiaia è sia angolare (prodotto della perforazione) che arrotondata. In effetti il deposito è dato da massi e ciottoli con ghiaia sabbiosa, con massi di dimensioni comprese fra 30 e 50cm. Perforazione a distruzione di nucleo. *(Deposito alluvionale)*.
- 13,00-15,00: Marne e argilliti di colore grigio scuro. Perforazione a distruzione di nucleo.
- Misura falda: 7,00 circa da piano campagna.



Foto A1.6 – Posizione del Sondaggio n.2.



Foto A1.7 - Sondaggio n.2: profondità 0,00m-5,00m.



Foto A1.8 - Sondaggio n.2: profondità 5,00m-10,00m.



Foto A1.9 - Sondaggio n.2: profondità 10,00m-15,00m.

Sondaggio n.3* (2014)

Ubicazione: Interconnessione Nord, lungo il piano della Ex Ferrovia a circa 65m dalla trincea n.1 (corrispondente alla proiezione a valle del cancello d'ingresso del deposito sotto alla strada).

Data: 22, 23 e 24 ottobre 2014.

Quota rispetto alla SP: circa -8,20m.

0,00m-0,20m: Ghiaia medio grossolana con ciottoli debolmente limosa di colore marrone chiaro. Materiale sciolto. *(Suolo sull'originario terrapieno).*

0,20m-5,30m: Ciottoli e ghiaia medio grossolana sabbiosi e con sabbia debolmente limosi di colore grigio marrone chiaro. La ghiaia è poligenica, arrotondata e angolare, con ciottoli tagliati dal carotiere *(Deposito alluvionale).*

5,30m-6,00m: Ghiaia medio grossolana con qualche ciottolo piccolo debolmente sabbiosa di colore marrone e localmente nero. La ghiaia è poligenica, angolare e subordinatamente arrotondata *(Deposito di versante e alluvionale).*

6,00m-6,60m: Ciottoli e ghiaia medio grossolana sabbiosi e con sabbia debolmente limosi di colore grigio marrone chiaro. La ghiaia è poligenica, arrotondata e angolare, con ciottoli tagliati con il carotiere *(Deposito alluvionale).*

6,60m-7,00m: Materiale mancante.

7,00m-9,00m: Ghiaia medio grossolana con qualche ciottolo piccolo debolmente sabbiosa di colore marrone e localmente nero. La ghiaia è poligenica, angolare e subordinatamente arrotondata *(Deposito di versante e alluvionale).*

9,00m-10,0m: Ciottoli e ghiaia medio grossolana sabbiosi e con sabbia debolmente limosi di colore grigio marrone chiaro. La ghiaia è poligenica, arrotondata e angolare, con ciottoli tagliati con il carotiere *(Deposito alluvionale).*

10,0m-12,0m: Ghiaia m/g con qualche ciottolo piccolo sabbiosa di colore marrone e localmente nero. La ghiaia è poligenica, angolare e subordinatamente arrotondata *(Deposito di versante e alluvionale).*

12,0m-13,6m: Ciottoli e ghiaia medio grossolana sabbiosi e con sabbia debolmente limosi di colore grigio marrone chiaro, con qualche frammento di argillite nella parte terminale. La ghiaia è poligenica, arrotondata e angolare, con ciottoli tagliati con il carotiere *(Deposito alluvionale).*

13,6m-15,0m: Argilliti e marne di colore nero e grigio scuro, suddivise in scaglie rotonde e piatte di altezza massima pari a circa 8cm, con piani di separazione da suborizzontali ad inclinati 10-20°. RQD: 0% *(Substrato roccioso: probabilmente Formazione delle Argilliti di Riva di Sotto).*



Foto A1.10 – Posizione del Sondaggio n.3 (Interc. Nord).



Foto A1.11 - Sondaggio n.3 (Interc. Nord): profondità 0,00m-5,00m.



Foto A1.12 - Sondaggio n.3 (Interc. Nord): profondità 5,00m-10,00m.



Foto A1.13 - Sondaggio n.3 (Interc. Nord): profondità 10,00m-15,00m.

APPENDICE 2: Prove penetrometriche

Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 1			
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino					
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17					
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO							
MODELLO	Penni 63	Profondità da m	N colpi				
PESO MAGLIO	63,5 kg	0,0	0,2				
ALTEZZA DI CADUTA	75 cm	0,2	0,4				
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	50,8 mm	0,4	0,6				
AREA PUNTA CONICA	20 cmq	0,6	0,8				
ANGOLO APERTURA PUNTA	90°	0,8	1,0				
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	1,0	1,2				
DIAMETRO ASTE	32 mm	1,2	1,4				
LUNGHEZZA TRATTO INFISSIONE	20 cm	1,4	1,6				
		1,6	1,8				
		1,8	2,0				
		2,0	2,2				
		2,2	2,4				
		2,4	2,6				
		2,6	2,8				
		2,8	3,0				
		3,0	3,2				
		3,2	3,4				
		3,4	3,6				
		3,6	3,8				
		3,8	4,0				
		4,0	4,2				
		4,2	4,4				
		4,4	4,6				
		4,6	4,8				
		4,8	5,0				
		5,0	5,2				
		5,2	5,4				
		5,4	5,6				
		5,6	5,8				
		5,8	6,0				
		6,0	6,2				
		6,2	6,4				
		6,4	6,6				
		6,6	6,8				
		6,8	7,0				
		7,0	7,2				
		7,2	7,4				
		7,4	7,6				
		7,6	7,8				
		7,8	8,0				
		8,0	8,2				
		8,2	8,4				
		8,4	8,6				
		8,6	8,8				
		8,8	9,0				
		9,0	9,2				
		9,2	9,4				
		9,4	9,6				
		9,6	9,8				
		9,8	10,0				
RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)							
Rpd = M²*H/A*e*(M+P+Pp) (Kg/cm²)		Profondità da m	N colpi				
		0,0	0,2				
		0,2	0,4				
		0,4	0,6				
		0,6	0,8				
		0,8	1,0				
		1,0	1,2				
		1,2	1,4				
		1,4	1,6				
		1,6	1,8				
		1,8	2,0				
		2,0	2,2				
		2,2	2,4				
		2,4	2,6				
		2,6	2,8				
		2,8	3,0				
		3,0	3,2				
		3,2	3,4				
		3,4	3,6				
		3,6	3,8				
		3,8	4,0				
		4,0	4,2				
		4,2	4,4				
		4,4	4,6				
		4,6	4,8				
		4,8	5,0				
		5,0	5,2				
		5,2	5,4				
		5,4	5,6				
		5,6	5,8				
		5,8	6,0				
		6,0	6,2				
		6,2	6,4				
		6,4	6,6				
		6,6	6,8				
		6,8	7,0				
		7,0	7,2				
		7,2	7,4				
		7,4	7,6				
		7,6	7,8				
		7,8	8,0				
		8,0	8,2				
		8,2	8,4				
		8,4	8,6				
		8,6	8,8				
		8,8	9,0				
		9,0	9,2				
		9,2	9,4				
		9,4	9,6				
		9,6	9,8				
		9,8	10,0				

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 1			
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino					
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17					
Numero di colpi							
Rpd (kg/cmq)							
0,0 20,0 40,0 60,0 80,0 100,0 120,0 140,0							
0 10 20 30 40 50							
Profondità (m)							
0,0 2,0 4,0 6,0 8,0 10,0 12,0 14,0							
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13							
NOTE:							

Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

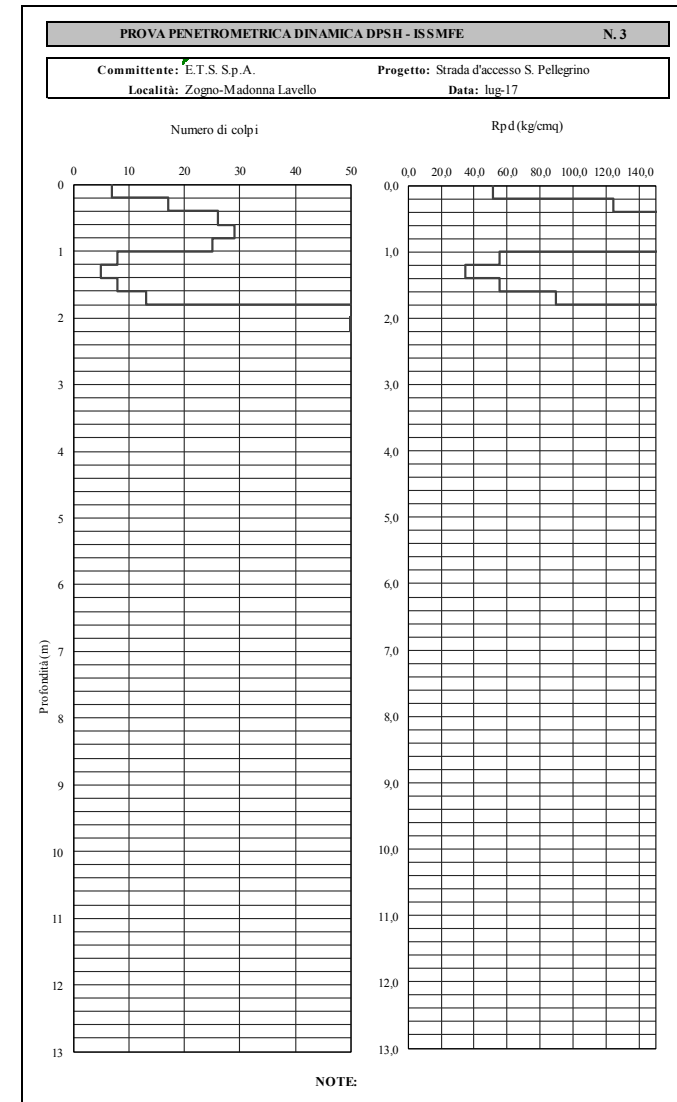
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 2			
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino					
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17					
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO							
MODELLO	Penni 63	Profondità	N				
PESO MAGLIO	63,5 kg	da m	am				
ALTEZZA DI CADUTA	75 cm	colpi	Rpd				
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	50,8 mm	0,0	0,2				
AREA PUNTA CONICA	20 cmq	0,2	0,4				
ANGOLO APERTURA PUNTA	90°	0,4	0,6				
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	0,6	0,8				
DIAMETRO ASTE	32 mm	0,8	1,0				
LUNGHEZZA TRATTO INFISSIONE	20 cm	1,0	1,2				
		1,2	1,4				
		1,4	1,6				
		1,6	1,8				
		1,8	2,0				
		2,0	2,2				
		2,2	2,4				
		2,4	2,6				
		2,6	2,8				
		2,8	3,0				
		3,0	3,2				
		3,2	3,4				
		3,4	3,6				
		3,6	3,8				
		3,8	4,0				
		4,0	4,2				
		4,2	4,4				
		4,4	4,6				
		4,6	4,8				
		4,8	5,0				
		5,0	5,2				
		5,2	5,4				
		5,4	5,6				
		5,6	5,8				
		5,8	6,0				
		6,0	6,2				
		6,2	6,4				
		6,4	6,6				
		6,6	6,8				
		6,8	7,0				
		7,0	7,2				
		7,2	7,4				
		7,4	7,6				
		7,6	7,8				
		7,8	8,0				
		8,0	8,2				
		8,2	8,4				
		8,4	8,6				
		8,6	8,8				
		8,8	9,0				
		9,0	9,2				
		9,2	9,4				
		9,4	9,6				
		9,6	9,8				
		9,8	10,0				
RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)							
Rpd = M²*H/A*e*(M+P+Pp)		(Kg/cm²)					
M = Peso massa battente							
A = Area punta conica							
P = Peso aste per metro							
H = Altezza di caduta							
e = infissione per colpo = 20/N							
Pp = Peso sistema di battuta							

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 2			
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino					
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17					
Numero di colpi							
Rpd (kg/cmq)							
0 10 20 30 40 50							
0,0 20,0 40,0 60,0 80,0 100,0 120,0 140,0							
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
NOTE:							

Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

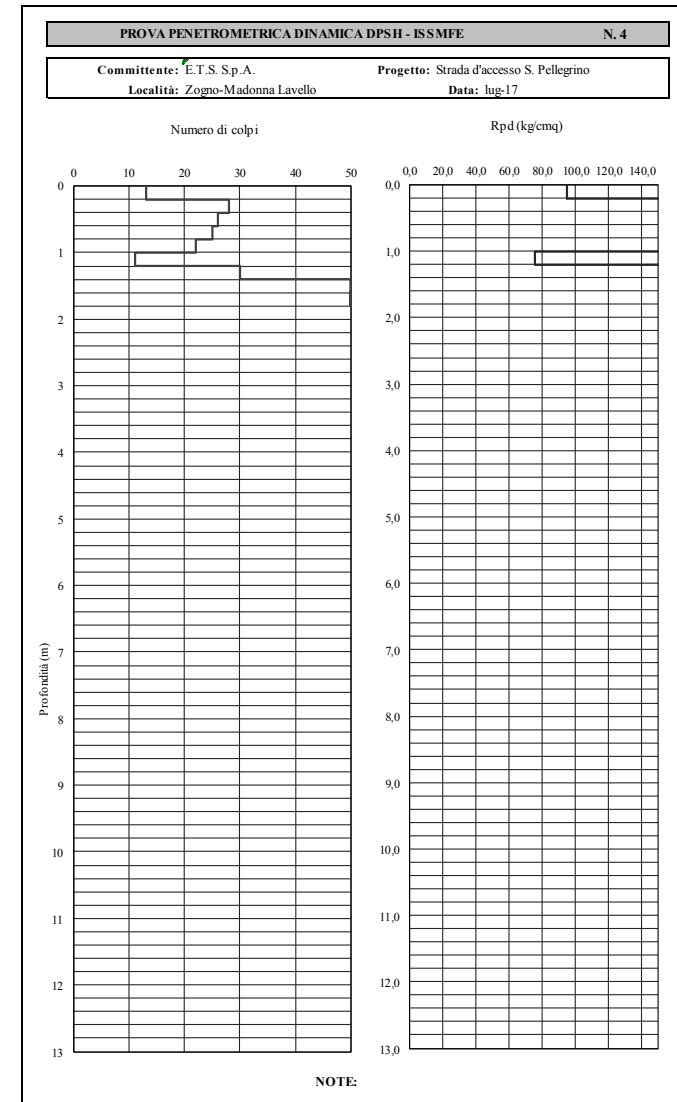
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE										N. 3	
Committente: E.T.S. S.p.A.					Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino						
Località: Zogno-Madonna Lavello					Data: lug-17						
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO											
		Profondità		N	Rpd		Profondità		N	Rpd	
		da m	a m	colpi	kg/cmq		da m		a m	kg/cmq	
		0,0	0,2	7	51,23		10,0		10,2		
		0,2	0,4	17	124,42		10,2		10,4		
		0,4	0,6	26	190,29		10,4		10,6		
		0,6	0,8	29	212,25		10,6		10,8		
		0,8	1,0	25	182,97		10,8		11,0		
		1,0	1,2	8	55,19		11,0		11,2		
		1,2	1,4	5	34,49		11,2		11,4		
		1,4	1,6	8	55,19		11,4		11,6		
		1,6	1,8	13	89,68		11,6		11,8		
		1,8	2,0	52	358,71		11,8		12,0		
		2,0	2,2	Rif.	Rif.		12,0		12,2		
		2,2	2,4				12,2		12,4		
		2,4	2,6				12,4		12,6		
		2,6	2,8				12,6		12,8		
		2,8	3,0				12,8		13,0		
		3,0	3,2				13,0		13,2		
		3,2	3,4				13,2		13,4		
		3,4	3,6				13,4		13,6		
		3,6	3,8				13,6		13,8		
		3,8	4,0				13,8		14,0		
		4,0	4,2				14,0		14,2		
		4,2	4,4				14,2		14,4		
		4,4	4,6				14,4		14,6		
		4,6	4,8				14,6		14,8		
		4,8	5,0				14,8		15,0		
		5,0	5,2				15,0		15,2		
		5,2	5,4				15,2		15,4		
		5,4	5,6				15,4		15,6		
		5,6	5,8				15,6		15,8		
		5,8	6,0				15,8		16,0		
		6,0	6,2				16,0		16,2		
		6,2	6,4				16,2		16,4		
		6,4	6,6				16,4		16,6		
		6,6	6,8				16,6		16,8		
		6,8	7,0				16,8		17,0		
		7,0	7,2				17,0		17,2		
		7,2	7,4				17,2		17,4		
		7,4	7,6				17,4		17,6		
		7,6	7,8				17,6		17,8		
		7,8	8,0				17,8		18,0		
		8,0	8,2				18,0		18,2		
		8,2	8,4				18,2		18,4		
		8,4	8,6				18,4		18,6		
		8,6	8,8				18,6		18,8		
		8,8	9,0				18,8		19,0		
		9,0	9,2				19,0		19,2		
		9,2	9,4				19,2		19,4		
		9,4	9,6				19,4		19,6		
		9,6	9,8				19,6		19,8		
		9,8	10,0				19,8		20,0		
RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)											
		Rpd = M²*H/A*e*(M+P+Pp)		(Kg/cm²)							
M = Peso massa battente											
A = Area punta conica											
P = Peso aste per metro											
H = Altezza di caduta											
e = infissione per colpo = 20/N											
Pp = Peso sistema di battuta											



Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE										N. 4	
Committente: E.T.S. S.p.A.					Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino						
Località: Zogno-Madonna Lavello					Data: lug-17						
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO											
		Profondità		N	Rpd		Profondità		N	Rpd	
		da m	a m	colpi	kg/cmq		da m		a m	kg/cmq	
		0,0	0,2	13	95,15		10,0		10,2		
		0,2	0,4	28	204,93		10,2		10,4		
		0,4	0,6	26	190,29		10,4		10,6		
		0,6	0,8	25	182,97		10,6		10,8		
		0,8	1,0	22	161,02		10,8		11,0		
		1,0	1,2	11	75,88		11,0		11,2		
		1,2	1,4	30	206,95		11,2		11,4		
		1,4	1,6	50	344,91		11,4		11,6		
		1,6	1,8	Rif.	Rif.		11,6		11,8		
		1,8	2,0				11,8		12,0		
		2,0	2,2				12,0		12,2		
		2,2	2,4				12,2		12,4		
		2,4	2,6				12,4		12,6		
		2,6	2,8				12,6		12,8		
		2,8	3,0				12,8		13,0		
		3,0	3,2				13,0		13,2		
		3,2	3,4				13,2		13,4		
		3,4	3,6				13,4		13,6		
		3,6	3,8				13,6		13,8		
		3,8	4,0				13,8		14,0		
		4,0	4,2				14,0		14,2		
		4,2	4,4				14,2		14,4		
		4,4	4,6				14,4		14,6		
		4,6	4,8				14,6		14,8		
		4,8	5,0				14,8		15,0		
		5,0	5,2				15,0		15,2		
		5,2	5,4				15,2		15,4		
		5,4	5,6				15,4		15,6		
		5,6	5,8				15,6		15,8		
		5,8	6,0				15,8		16,0		
		6,0	6,2				16,0		16,2		
		6,2	6,4				16,2		16,4		
		6,4	6,6				16,4		16,6		
		6,6	6,8				16,6		16,8		
		6,8	7,0				16,8		17,0		
		7,0	7,2				17,0		17,2		
		7,2	7,4				17,2		17,4		
		7,4	7,6				17,4		17,6		
		7,6	7,8				17,6		17,8		
		7,8	8,0				17,8		18,0		
		8,0	8,2				18,0		18,2		
		8,2	8,4				18,2		18,4		
		8,4	8,6				18,4		18,6		
		8,6	8,8				18,6		18,8		
		8,8	9,0				18,8		19,0		
		9,0	9,2				19,0		19,2		
		9,2	9,4				19,2		19,4		
		9,4	9,6				19,4		19,6		
		9,6	9,8				19,6		19,8		
		9,8	10,0				19,8		20,0		
RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)											
		Rpd = M²H/A²e²(M+P+Pp)		(Kg/cm²)							
M = Peso massa battente											
A = Area punta conica											
P = Peso aste per metro											
H = Altezza di caduta											
e = infissione per colpo = 20/N											
Pp = Peso sistema di battuta											

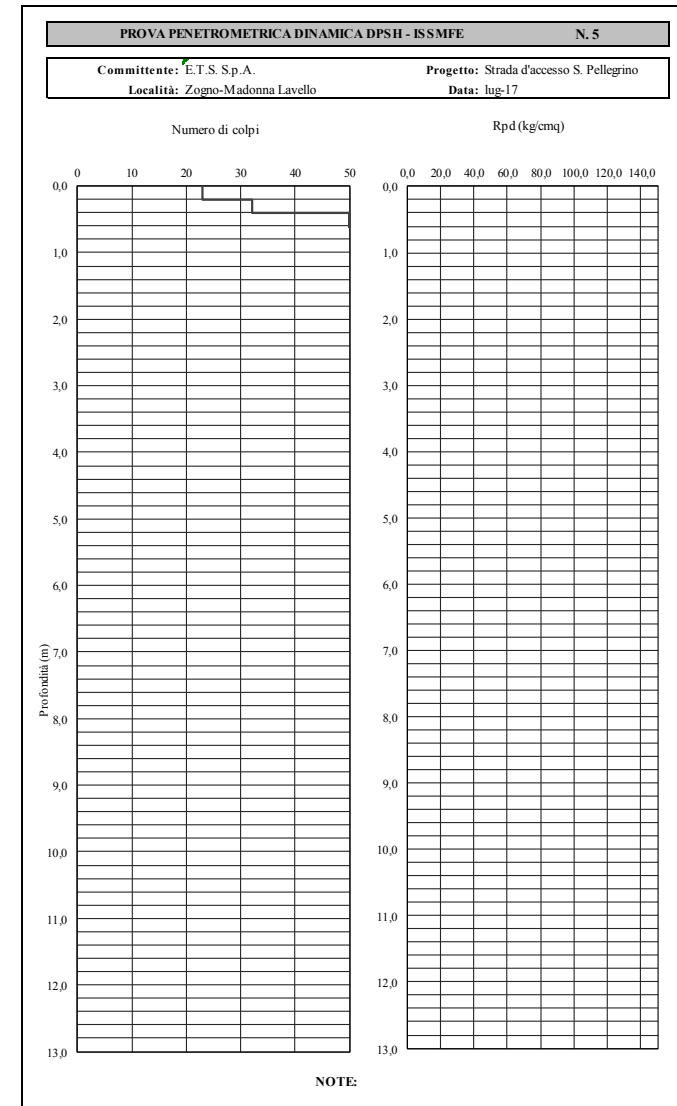


Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

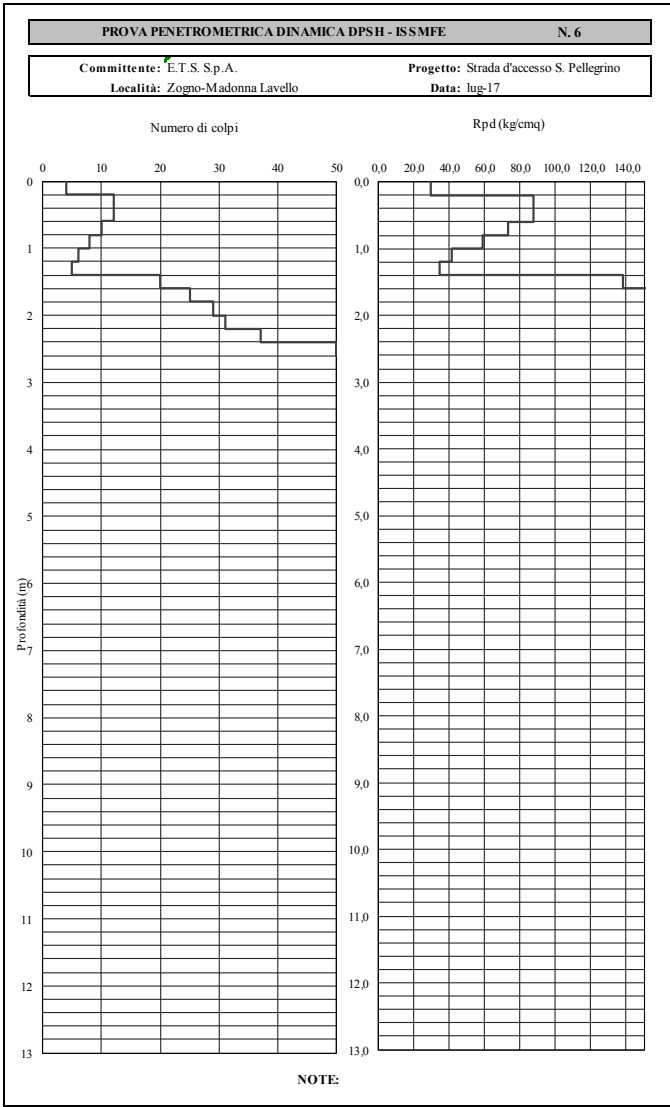
Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 5					
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino							
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17							
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO									
MODELLO	Penni 63	Profondità da m	am	N colpi	Rpd kg/cmq	Profondità da m	am	N colpi	Rpd kg/cmq
PESO MAGLIO	63,5 kg	0,0	0,2	23	168,34	10,0	10,2		
ALTEZZA DI CADUTA	75 cm	0,2	0,4	32	234,21	10,2	10,4		
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	50,8 mm	0,4	0,6	Rif.	Rif.	10,4	10,6		
AREA PUNTA CONICA	20 cmq	0,6	0,8			10,6	10,8		
ANGOLO APERTURA PUNTA	90°	0,8	1,0			10,8	11,0		
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	1,0	1,2			11,0	11,2		
DIAMETRO ASTE	32 mm	1,2	1,4			11,2	11,4		
LUNGHEZZA TRATTO INFISSIONE	20 cm	1,4	1,6			11,4	11,6		
		1,6	1,8			11,6	11,8		
		1,8	2,0			11,8	12,0		
		2,0	2,2			12,0	12,2		
		2,2	2,4			12,2	12,4		
		2,4	2,6			12,4	12,6		
		2,6	2,8			12,6	12,8		
		2,8	3,0			12,8	13,0		
		3,0	3,2			13,0	13,2		
		3,2	3,4			13,2	13,4		
		3,4	3,6			13,4	13,6		
		3,6	3,8			13,6	13,8		
		3,8	4,0			13,8	14,0		
		4,0	4,2			14,0	14,2		
		4,2	4,4			14,2	14,4		
		4,4	4,6			14,4	14,6		
		4,6	4,8			14,6	14,8		
		4,8	5,0			14,8	15,0		
		5,0	5,2			15,0	15,2		
		5,2	5,4			15,2	15,4		
		5,4	5,6			15,4	15,6		
		5,6	5,8			15,6	15,8		
		5,8	6,0			15,8	16,0		
		6,0	6,2			16,0	16,2		
		6,2	6,4			16,2	16,4		
		6,4	6,6			16,4	16,6		
		6,6	6,8			16,6	16,8		
		6,8	7,0			16,8	17,0		
		7,0	7,2			17,0	17,2		
		7,2	7,4			17,2	17,4		
		7,4	7,6			17,4	17,6		
		7,6	7,8			17,6	17,8		
		7,8	8,0			17,8	18,0		
		8,0	8,2			18,0	18,2		
		8,2	8,4			18,2	18,4		
		8,4	8,6			18,4	18,6		
		8,6	8,8			18,6	18,8		
		8,8	9,0			18,8	19,0		
		9,0	9,2			19,0	19,2		
		9,2	9,4			19,2	19,4		
		9,4	9,6			19,4	19,6		
		9,6	9,8			19,6	19,8		
		9,8	10,0			19,8	20,0		

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)
 $Rpd = M^2 \cdot H / A \cdot e \cdot (M + P + Pp)$ (Kg/cm²)
M = Peso massa battente
A = Area punta conica
P = Peso aste per metro
H = Altezza di caduta
e = infissione per colpo = 20/N
Pp = Peso sistema di battuta



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE							N. 6			
Committente: E.T.S. S.p.A.				Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino						
Località: Zogno-Madonna Lavello				Data: lug-17						
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO										
MODELLO	Penni 63	Profondità	N	Rpd	Profondità	N	Rpd			
PESO MAGLIO	63,5 kg	da m	colpi	kg/cmq	da m	colpi	kg/cmq			
ALTEZZA DI CADUTA	75 cm	0.0	0.2	4	29,28	0.0	0.2			
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	50,8 mm	0.2	0.4	12	87,83	0.2	0.4			
AREA PUNTA CONICA	20 cmq	0.4	0.6	12	87,83	0.4	0.6			
ANGOLO APERTURA PUNTA	90°	0.6	0.8	10	73,19	0.6	0.8			
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	0.8	1.0	8	58,55	0.8	1.0			
DIAMETRO ASTE	32 mm	1.0	1.2	6	41,39	1.0	1.2			
LUNGHEZZA TRATTO INFIESSIONE	20 cm	1.2	1.4	5	34,49	1.2	1.4			
		1.4	1.6	20	137,96	1.4	1.6			
		1.6	1.8	25	172,46	1.6	1.8			
		1.8	2.0	29	200,05	1.8	2.0			
		2.0	2.2	31	202,22	2.0	2.2			
		2.2	2.4	37	241,36	2.2	2.4			
		2.4	2.6	Rif.	Rif.	2.4	2.6			
		2.6	2.8			2.6	2.8			
		2.8	3.0			2.8	3.0			
		3.0	3.2			3.0	3.2			
		3.2	3.4			3.2	3.4			
		3.4	3.6			3.4	3.6			
		3.6	3.8			3.6	3.8			
		3.8	4.0			3.8	4.0			
		4.0	4.2			4.0	4.2			
		4.2	4.4			4.2	4.4			
		4.4	4.6			4.4	4.6			
		4.6	4.8			4.6	4.8			
		4.8	5.0			4.8	5.0			
		5.0	5.2			5.0	5.2			
		5.2	5.4			5.2	5.4			
		5.4	5.6			5.4	5.6			
		5.6	5.8			5.6	5.8			
		5.8	6.0			5.8	6.0			
		6.0	6.2			6.0	6.2			
		6.2	6.4			6.2	6.4			
		6.4	6.6			6.4	6.6			
		6.6	6.8			6.6	6.8			
		6.8	7.0			6.8	7.0			
		7.0	7.2			7.0	7.2			
		7.2	7.4			7.2	7.4			
		7.4	7.6			7.4	7.6			
		7.6	7.8			7.6	7.8			
		7.8	8.0			7.8	8.0			
		8.0	8.2			8.0	8.2			
		8.2	8.4			8.2	8.4			
		8.4	8.6			8.4	8.6			
		8.6	8.8			8.6	8.8			
		8.8	9.0			8.8	9.0			
		9.0	9.2			9.0	9.2			
		9.2	9.4			9.2	9.4			
		9.4	9.6			9.4	9.6			
		9.6	9.8			9.6	9.8			
		9.8	10.0			9.8	10.0			
RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)										
$Rpd = M^2 \cdot H / A \cdot e \cdot (M + P + Pp)$ (Kg/cm ²)										
M = Peso massa battente										
A = Area punta conica										
P = Peso aste per metro										
H = Altezza di caduta										
e = infissione per colpo = 20/N										
Pp = Peso sistema di battuta										



Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 7			
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino					
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17					
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO							
		Profondità		N		Rpd	
		da m	a m	colpi	kg/cmq		
		0,0	0,2	25	182,97		
		0,2	0,4	50	365,95		
		0,4	0,6	Rif.	Rif.		
MODELLO	Penni 63	0,6	0,8				
PESO MAGLIO	63,5 kg	0,8	1,0				
ALTEZZA DI CADUTA	75 cm	1,0	1,2				
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	50,8 mm	1,2	1,4				
AREA PUNTA CONICA	20 cmq	1,4	1,6				
ANGOLO APERTURA PUNTA	90°	1,6	1,8				
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	1,8	2,0				
DIAMETRO ASTE	32 mm	2,0	2,2				
LUNGHEZZA TRATTO INFUSIONE	20 cm	2,2	2,4				
		2,4	2,6				
		2,6	2,8				
		2,8	3,0				
		3,0	3,2				
		3,2	3,4				
		3,4	3,6				
		3,6	3,8				
		3,8	4,0				
		4,0	4,2				
		4,2	4,4				
		4,4	4,6				
		4,6	4,8				
		4,8	5,0				
		5,0	5,2				
		5,2	5,4				
		5,4	5,6				
		5,6	5,8				
		5,8	6,0				
		6,0	6,2				
		6,2	6,4				
		6,4	6,6				
		6,6	6,8				
		6,8	7,0				
		7,0	7,2				
		7,2	7,4				
		7,4	7,6				
		7,6	7,8				
		7,8	8,0				
		8,0	8,2				
		8,2	8,4				
		8,4	8,6				
		8,6	8,8				
		8,8	9,0				
		9,0	9,2				
		9,2	9,4				
		9,4	9,6				
		9,6	9,8				
		9,8	10,0				
RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)							
Rpd = M²*H/A*e*(M+P+Pp)		Kg/cm²					
M = Peso massa battente A = Area punta conica P = Peso aste per metro H = Altezza di caduta e = infissione per colpo = 20/N Pp = Peso sistema di battuta							

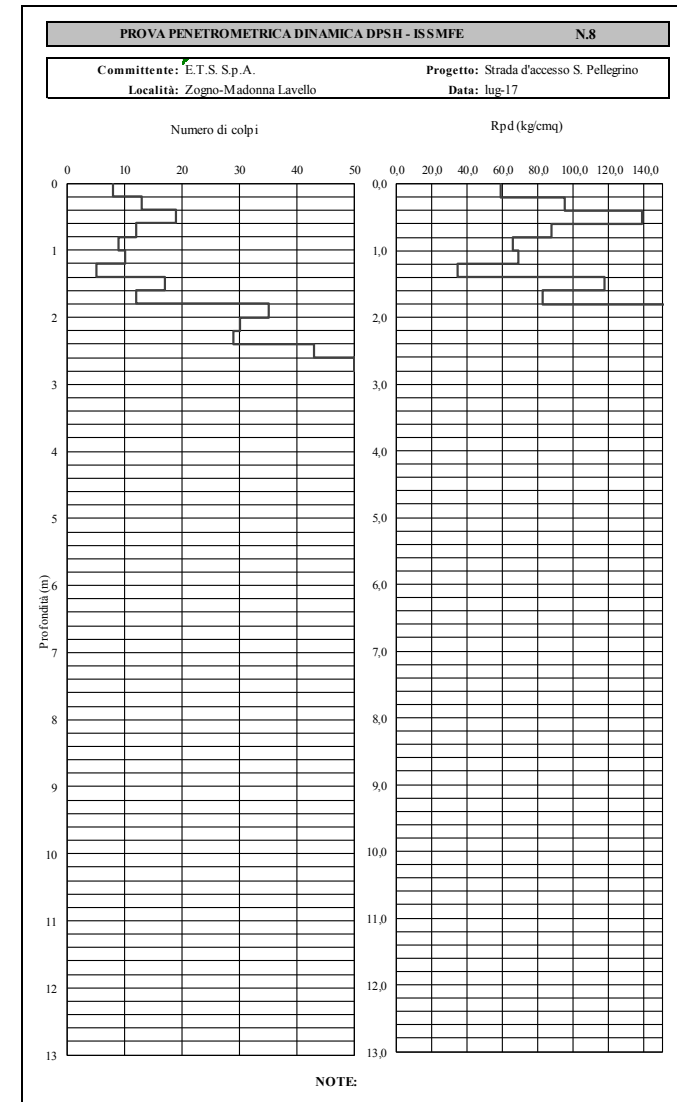
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 7											
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino													
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Numero di colpi</div> <div>Rpd (kg/cmq)</div> </div>															
		0	10	20	30	40	50	0,0	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0	120,0	140,0
0															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
NOTE:															

Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N.8					
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino							
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17							
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO									
MODELLO	Penni 63	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq
PESO MAGLIO	63,5 kg	0,0	0,2	8	58,55	10,0	10,2		
ALTEZZA DI CADUTA	75 cm	0,2	0,4	13	95,15	10,2	10,4		
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	50,8 mm	0,4	0,6	19	139,06	10,4	10,6		
AREA PUNTA CONICA	20 cmq	0,6	0,8	12	87,83	10,6	10,8		
ANGOLO APERTURA PUNTA	90°	0,8	1,0	9	65,87	10,8	11,0		
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	1,0	1,2	10	68,98	11,0	11,2		
DIAMETRO ASTE	32 mm	1,2	1,4	5	34,49	11,2	11,4		
LUNGHEZZA TRATTO INFLESSIONE	20 cm	1,4	1,6	17	117,27	11,4	11,6		
		1,6	1,8	12	82,78	11,6	11,8		
		1,8	2,0	35	241,44	11,8	12,0		
		2,0	2,2	30	195,70	12,0	12,2		
		2,2	2,4	29	189,17	12,2	12,4		
		2,4	2,6	43	280,50	12,4	12,6		
		2,6	2,8	Rif.	Rif.	12,6	12,8		
		2,8	3,0			12,8	13,0		
		3,0	3,2			13,0	13,2		
		3,2	3,4			13,2	13,4		
		3,4	3,6			13,4	13,6		
		3,6	3,8			13,6	13,8		
		3,8	4,0			13,8	14,0		
		4,0	4,2			14,0	14,2		
		4,2	4,4			14,2	14,4		
		4,4	4,6			14,4	14,6		
		4,6	4,8			14,6	14,8		
		4,8	5,0			14,8	15,0		
		5,0	5,2			15,0	15,2		
		5,2	5,4			15,2	15,4		
		5,4	5,6			15,4	15,6		
		5,6	5,8			15,6	15,8		
		5,8	6,0			15,8	16,0		
		6,0	6,2			16,0	16,2		
		6,2	6,4			16,2	16,4		
		6,4	6,6			16,4	16,6		
		6,6	6,8			16,6	16,8		
		6,8	7,0			16,8	17,0		
		7,0	7,2			17,0	17,2		
		7,2	7,4			17,2	17,4		
		7,4	7,6			17,4	17,6		
		7,6	7,8			17,6	17,8		
		7,8	8,0			17,8	18,0		
		8,0	8,2			18,0	18,2		
		8,2	8,4			18,2	18,4		
		8,4	8,6			18,4	18,6		
		8,6	8,8			18,6	18,8		
		8,8	9,0			18,8	19,0		
		9,0	9,2			19,0	19,2		
		9,2	9,4			19,2	19,4		
		9,4	9,6			19,4	19,6		
		9,6	9,8			19,6	19,8		
		9,8	10,0			19,8	20,0		

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)	
$Rpd = M^2 \cdot H / A \cdot e \cdot (M + P + Pp)$	Kg/cm ²
M = Peso massa battente	
A = Area punta conica	
P = Peso aste per metro	
H = Altezza di caduta	
e = inflessione per colpo = 20/N	
Pp = Peso sistema di battuta	



Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

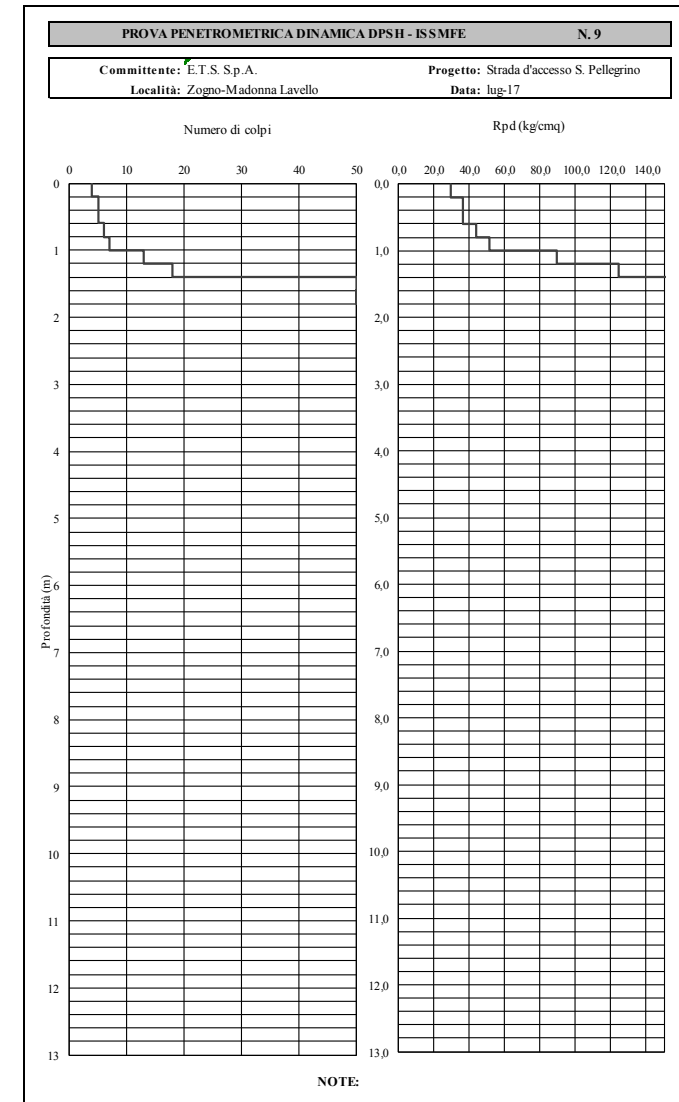
Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH - ISSMFE				N. 9					
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino							
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17							
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO									
MODELLO	Penni 63	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq
PESO MAGLIO	63,5 kg	0,0	0,2	4	29,28	10,0	10,2		
ALTEZZA DI CADUTA	75 cm	0,2	0,4	5	36,59	10,2	10,4		
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	50,8 mm	0,4	0,6	5	36,59	10,4	10,6		
AREA PUNTA CONICA	20 cmq	0,6	0,8	6	43,91	10,6	10,8		
ANGOLO APERTURA PUNTA	90°	0,8	1,0	7	51,23	10,8	11,0		
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	1,0	1,2	13	89,68	11,0	11,2		
DIAMETRO ASTE	32 mm	1,2	1,4	18	124,17	11,2	11,4		
LUNGHEZZA TRATTO INFIESSIONE	20 cm	1,4	1,6	50	344,91	11,4	11,6		
		1,6	1,8	Rif.	Rif.	11,6	11,8		
		1,8	2,0			11,8	12,0		
		2,0	2,2			12,0	12,2		
		2,2	2,4			12,2	12,4		
		2,4	2,6			12,4	12,6		
		2,6	2,8			12,6	12,8		
		2,8	3,0			12,8	13,0		
		3,0	3,2			13,0	13,2		
		3,2	3,4			13,2	13,4		
		3,4	3,6			13,4	13,6		
		3,6	3,8			13,6	13,8		
		3,8	4,0			13,8	14,0		
		4,0	4,2			14,0	14,2		
		4,2	4,4			14,2	14,4		
		4,4	4,6			14,4	14,6		
		4,6	4,8			14,6	14,8		
		4,8	5,0			14,8	15,0		
		5,0	5,2			15,0	15,2		
		5,2	5,4			15,2	15,4		
		5,4	5,6			15,4	15,6		
		5,6	5,8			15,6	15,8		
		5,8	6,0			15,8	16,0		
		6,0	6,2			16,0	16,2		
		6,2	6,4			16,2	16,4		
		6,4	6,6			16,4	16,6		
		6,6	6,8			16,6	16,8		
		6,8	7,0			16,8	17,0		
		7,0	7,2			17,0	17,2		
		7,2	7,4			17,2	17,4		
		7,4	7,6			17,4	17,6		
		7,6	7,8			17,6	17,8		
		7,8	8,0			17,8	18,0		
		8,0	8,2			18,0	18,2		
		8,2	8,4			18,2	18,4		
		8,4	8,6			18,4	18,6		
		8,6	8,8			18,6	18,8		
		8,8	9,0			18,8	19,0		
		9,0	9,2			19,0	19,2		
		9,2	9,4			19,2	19,4		
		9,4	9,6			19,4	19,6		
		9,6	9,8			19,6	19,8		
		9,8	10,0			19,8	20,0		

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)

Rpd = M²*H/A*e*(M+P+Pp) Kg/cm²

M = Peso massa battente
A = Area punta conica
P = Peso aste per metro
H = Altezza di caduta
e = infissione per colpo = 20/N
Pp = Peso sistema di battuta

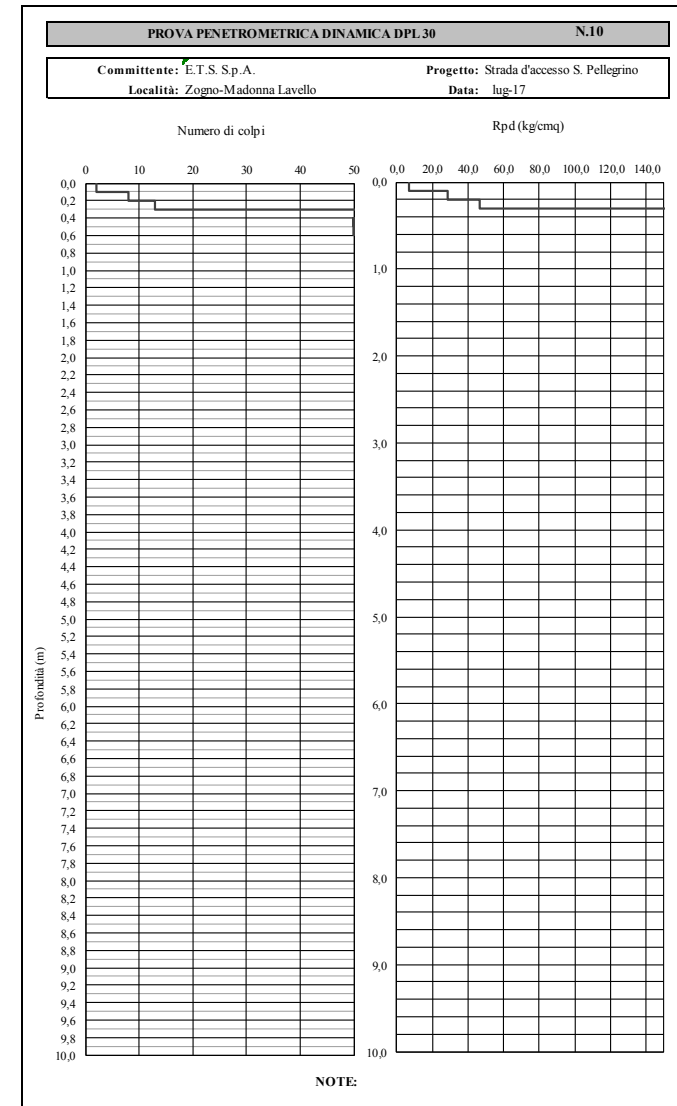


Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPL 30				N.10					
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino							
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17							
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO									
MODELLO	Sunda DL30	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq
PESO MAGLIO	30 kg	0.0	0.1	2	7,14	5.0	5.1		
ALTEZZA DI CADUTA	20 cm	0.1	0.2	8	28,57	5.1	5.2		
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	35,7 mm	0.2	0.3	13	46,43	5.2	5.3		
AREA PUNTA CONICA	10 cmq	0.3	0.4	52	185,71	5.3	5.4		
ANGOLO APERTURA PUNTA	60°	0.4	0.5	Rif.	Rif.	5.4	5.5		
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	0.5	0.6			5.5	5.6		
PESO ASTA	2,4 kg	0.6	0.7			5.6	5.7		
LUNGHEZZA TRATTO INFLESSIONE	10 cm	0.7	0.8			5.7	5.8		
		0.8	0.9			5.8	5.9		
		0.9	1.0			5.9	6.0		
		1.0	1.1			6.0	6.1		
		1.1	1.2			6.1	6.2		
		1.2	1.3			6.2	6.3		
		1.3	1.4			6.3	6.4		
		1.4	1.5			6.4	6.5		
		1.5	1.6			6.5	6.6		
		1.6	1.7			6.6	6.7		
		1.7	1.8			6.7	6.8		
		1.8	1.9			6.8	6.9		
		1.9	2.0			6.9	7.0		
		2.0	2.1			7.0	7.1		
		2.1	2.2			7.1	7.2		
		2.2	2.3			7.2	7.3		
		2.3	2.4			7.3	7.4		
		2.4	2.5			7.4	7.5		
		2.5	2.6			7.5	7.6		
		2.6	2.7			7.6	7.7		
		2.7	2.8			7.7	7.8		
		2.8	2.9			7.8	7.9		
		2.9	3.0			7.9	8.0		
		3.0	3.1			8.0	8.1		
		3.1	3.2			8.1	8.2		
		3.2	3.3			8.2	8.3		
		3.3	3.4			8.3	8.4		
		3.4	3.5			8.4	8.5		
		3.5	3.6			8.5	8.6		
		3.6	3.7			8.6	8.7		
		3.7	3.8			8.7	8.8		
		3.8	3.9			8.8	8.9		
		3.9	4.0			8.9	9.0		
		4.0	4.1			9.0	9.1		
		4.1	4.2			9.1	9.2		
		4.2	4.3			9.2	9.3		
		4.3	4.4			9.3	9.4		
		4.4	4.5			9.4	9.5		
		4.5	4.6			9.5	9.6		
		4.6	4.7			9.6	9.7		
		4.7	4.8			9.7	9.8		
		4.8	4.9			9.8	9.9		
		4.9	5.0			9.9	10.0		

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)	
$Rpd = M^2 \cdot H / A \cdot e \cdot (M + P + Pp)$	(Kg/cm ³)
M = Peso massa battente	
A = Area punta conica	
P = Peso aste per metro	
H = Altezza di caduta	
e = infissione per colpo = 10/N	
Pp = Peso sistema di battuta	



Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

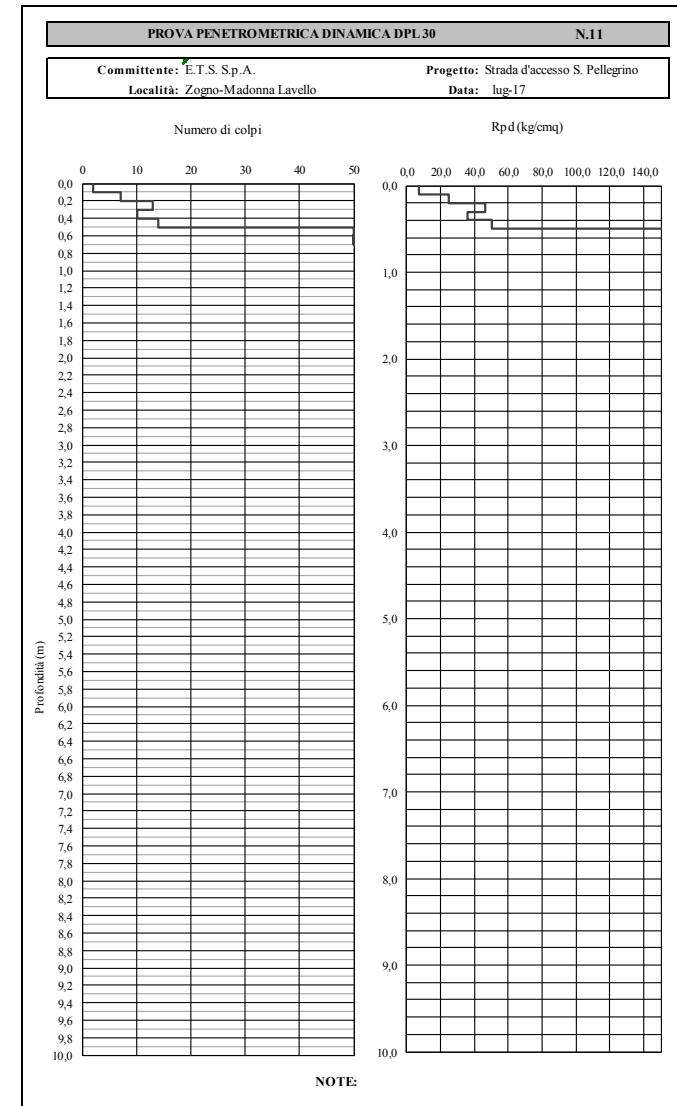
Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPL 30				N.11					
Committente: E.T.S. S.p.A.		Progetto: Strada d'accesso S. Pellegrino							
Località: Zogno-Madonna Lavello		Data: lug-17							
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PENETROMETRO DINAMICO									
MODELLO	Sunda DL30	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq	Profondità da m	a m	N colpi	Rpd kg/cmq
PESO MAGLIO	30 kg	0.0	0.1	2	7,14	5.0	5.1		
ALTEZZA DI CADUTA	20 cm	0.1	0.2	7	25,00	5.1	5.2		
DIAMETRO DELLA PUNTA CONICA	35,7 mm	0.2	0.3	13	46,43	5.2	5.3		
AREA PUNTA CONICA	10 cmq	0.3	0.4	10	35,71	5.3	5.4		
ANGOLO APERTURA PUNTA	60°	0.4	0.5	14	50,00	5.4	5.5		
LUNGHEZZA ASTE	1,0 m	0.5	0.6	50	178,57	5.5	5.6		
PESO ASTA	2,4 kg	0.6	0.7	Rif.	Rif.	5.6	5.7		
LUNGHEZZA TRATTO INFISSIONE	10 cm	0.7	0.8			5.7	5.8		
		0.8	0.9			5.8	5.9		
		0.9	1.0			5.9	6.0		
		1.0	1.1			6.0	6.1		
		1.1	1.2			6.1	6.2		
		1.2	1.3			6.2	6.3		
		1.3	1.4			6.3	6.4		
		1.4	1.5			6.4	6.5		
		1.5	1.6			6.5	6.6		
		1.6	1.7			6.6	6.7		
		1.7	1.8			6.7	6.8		
		1.8	1.9			6.8	6.9		
		1.9	2.0			6.9	7.0		
		2.0	2.1			7.0	7.1		
		2.1	2.2			7.1	7.2		
		2.2	2.3			7.2	7.3		
		2.3	2.4			7.3	7.4		
		2.4	2.5			7.4	7.5		
		2.5	2.6			7.5	7.6		
		2.6	2.7			7.6	7.7		
		2.7	2.8			7.7	7.8		
		2.8	2.9			7.8	7.9		
		2.9	3.0			7.9	8.0		
		3.0	3.1			8.0	8.1		
		3.1	3.2			8.1	8.2		
		3.2	3.3			8.2	8.3		
		3.3	3.4			8.3	8.4		
		3.4	3.5			8.4	8.5		
		3.5	3.6			8.5	8.6		
		3.6	3.7			8.6	8.7		
		3.7	3.8			8.7	8.8		
		3.8	3.9			8.8	8.9		
		3.9	4.0			8.9	9.0		
		4.0	4.1			9.0	9.1		
		4.1	4.2			9.1	9.2		
		4.2	4.3			9.2	9.3		
		4.3	4.4			9.3	9.4		
		4.4	4.5			9.4	9.5		
		4.5	4.6			9.5	9.6		
		4.6	4.7			9.6	9.7		
		4.7	4.8			9.7	9.8		
		4.8	4.9			9.8	9.9		
		4.9	5.0			9.9	10.0		

RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA Rpd (FORMULA OLANDESE)

Rpd = M^{2/3}H/A^{1/3}e^c(M+P+Pp) (Kg/cm²)

M = Peso massa battente
A = Area punta conica
P = Peso aste per metro
H = Altezza di caduta
e = infissione per colpo = 10/N
Pp = Peso sistema di battuta



APPENDICE 3: Misure sismiche HVSR

ZOGNO, Nuova Strada Sanpellegrino S.p.A.

Instrument: TEN-0031/01-07 (dott. G.Nozza)
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 27/07/17 10:58:39 End recording: 27/07/17 11:18:39
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available
Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

La registrazione è stata effettuata su terreno naturale in prossimità del tracciato della strada di progetto ottenendo un buon accoppiamento tra terreno e strumento.

La registrazione del rapporto medio H/V mostra un massimo principale intorno ai 30 Hz di frequenza e circa 4 di altezza. Nella zona compresa tra i 7 e i 20 Hz si notano due picchi secondari con H/V tendente a 2. La registrazione relativa alle diverse componenti spettrali non mostra evidenze di inversioni di velocità almeno nel tratto più significativo della registrazione (> 4Hz).

Il primo picco corrisponde ad una discontinuità sismica molto superficiale (circa 1m dal P.C.) con ogni probabilità riconducibile al contatto stratigrafico tra l'orizzonte pedogenizzato superficiale assai lento ($V_s=113$ m/s) ed un orizzonte fluviale di circa 2.7m di spessore, la cui V_s medio-bassa fa ritenere che possa trattarsi di depositi prevalentemente sabbiosi con ghiaia < 20%.

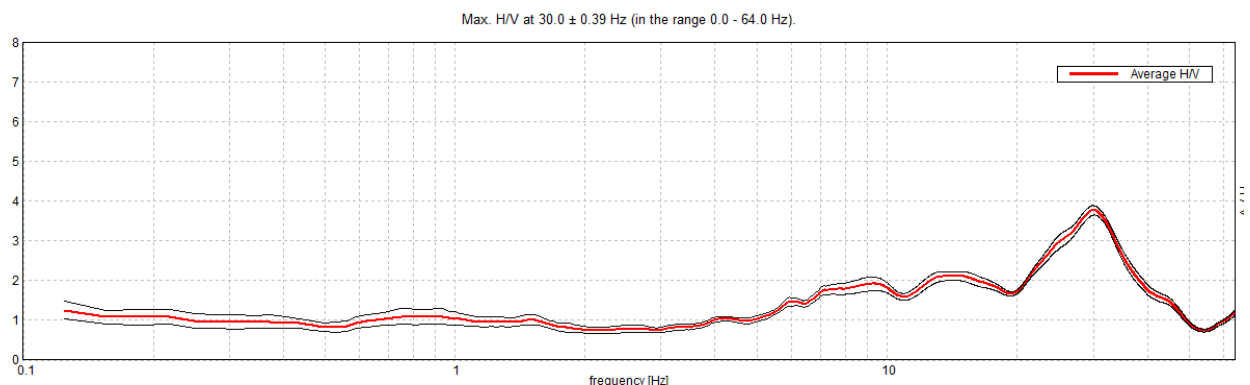
L'inversione matematica della curva H/V ha consentito di ottenere un ottimo fit tra curva sperimentale e curva teorica (synthetic), che suggerisce il seguente modello geofisico del sottosuolo.

- Tra il P.C. fino a 1 m, terreni a bassissima V_s compatibili con depositi eluviali di consistenza mediocre.
- Tra 1m e 3.7m, terreni a V_s bassa (circa $V_s=268$ m/s) compatibili con terreni di natura fluviale prevalentemente sabbiosa.
- Tra 3.7 e 6.7 metri la V_s aumenta solo leggermente da 268 a 330 m/s con terreni di natura analoga a quelli dell'orizzonte precedente.
- Tra 6.7 e i 15.70 metri terreni a V_s media ($V_s=430$ m/s) di natura fluviale con significativa componente ghiaiosa (superiore al 20%).
- Oltre i 15.70 e i 44 m terreni a V_s media o medio alta (V_s circa 500-600 m/s) compatibili con un substrato roccioso costituito da litotipi piuttosto teneri (argilliti).

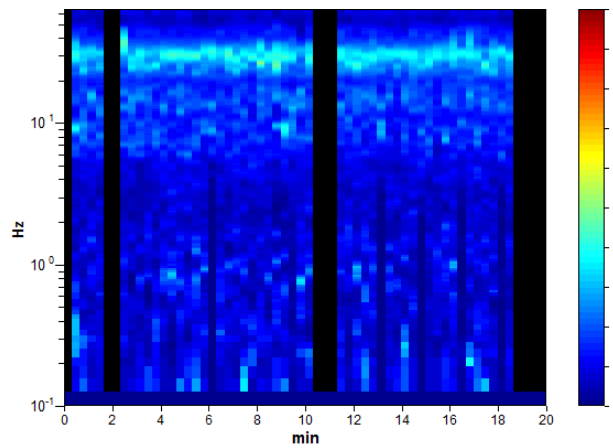
La registrazione, rispetta sia i criteri SESAME di affidabilità, che quelli per l'individuazione di un picco sufficientemente chiaro, ma in questa sede, non viene fornita una stima della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, in quanto la struttura di progetto è una via di comunicazione e non un edificio.

La V_{s30} rilevata a partire dal P.C. è pari a 392 m/s, cosa che porterebbe ad attribuire i terreni di fondazione alla categoria B.

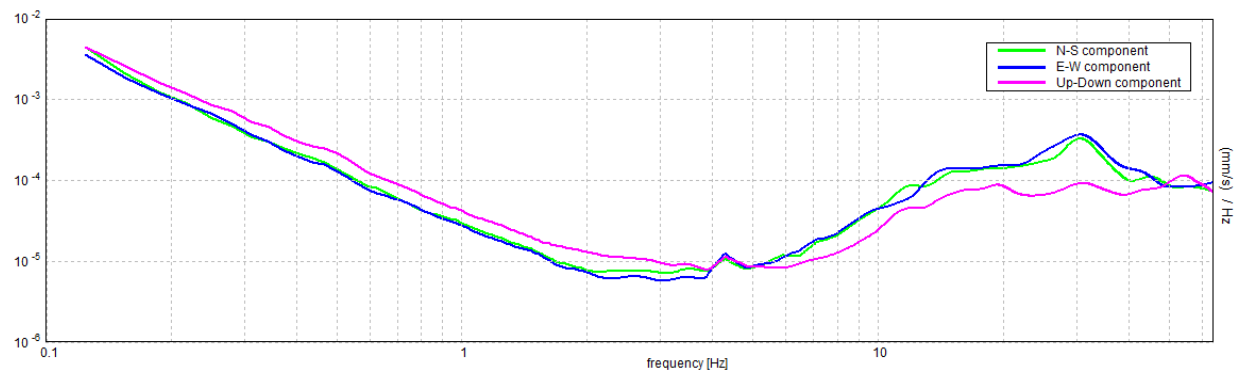
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



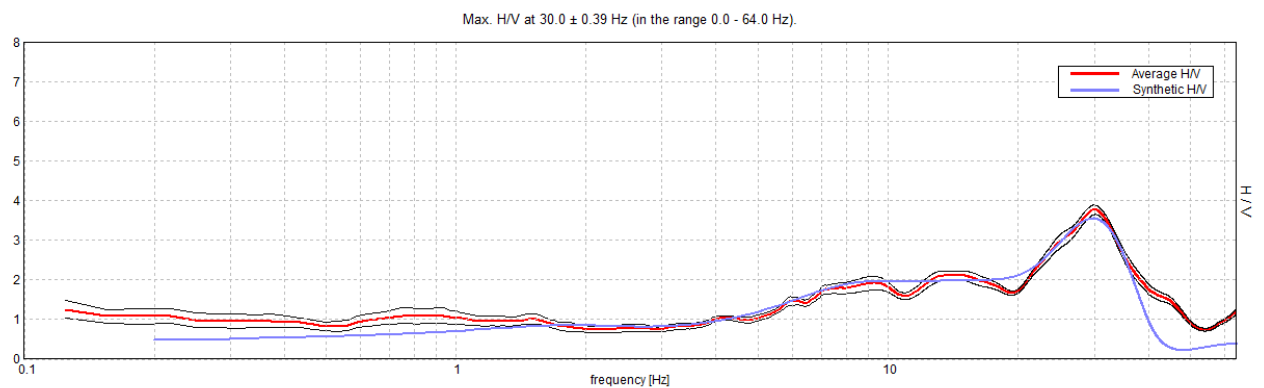
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	113	0.42
3.70	2.70	268	0.42
6.70	3.00	330	0.42
15.70	9.00	430	0.42

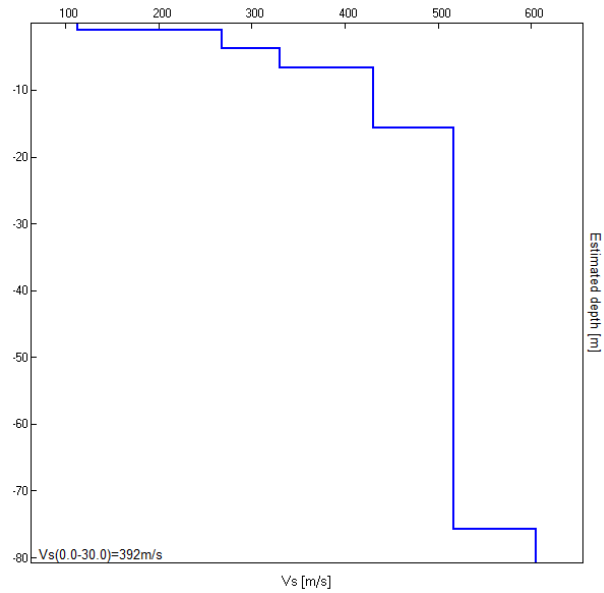
75.70
inf.

60.00
inf.

517
605

0.42
0.42

$V_s(0.0-30.0)=392\text{m/s}$



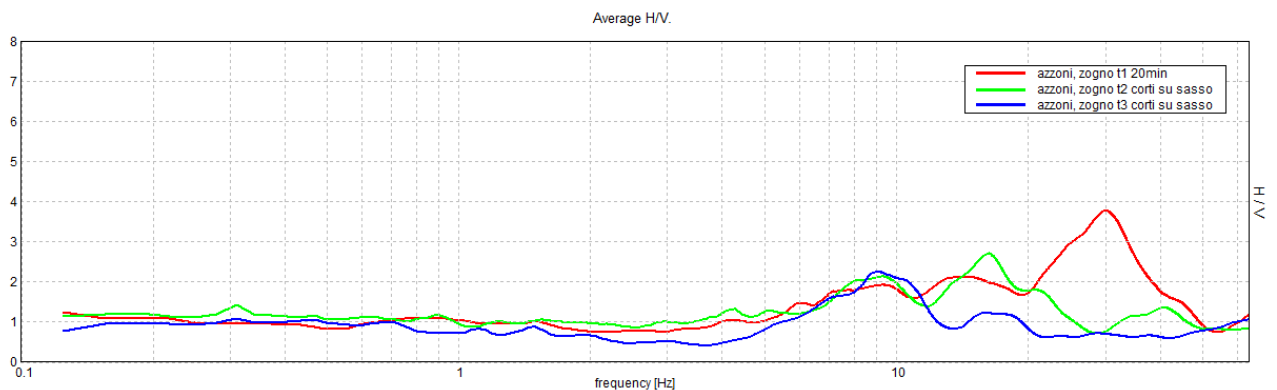
[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grill](#) manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 30.0 ± 0.39 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).
--

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$30.00 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$30000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 1441 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	20.656 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.77 > 2$	OK	
$f_{peak}(A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)) = f_0 \pm 5\%$	$[0.01316] < 0.05$	OK	
$\sigma_{f < \varepsilon}(f_0)$	$0.39491 < 1.5$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1201 < 1.58$	OK	

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

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



**APPENDICE N.4: Analisi geotecniche (appoggio su terreni ghiaiosi
a -2,5m da p.c. con falda a -1,4m da p.c.)**

Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

A1+M1+R1

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	29,44
Fattore [Nc]	42,16
Fattore [Ng]	31,15
Fattore forma [Sc]	1,07
Fattore profondità [Dc]	1,18
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,04
Fattore profondità [Dq]	1,09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,04
Fattore profondità [Dg]	1,09
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	1858,82 kN/m²
Resistenza di progetto	1858,82 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	29,44
Fattore [Nc]	42,16
Fattore [Ng]	41,06
Fattore forma [Sc]	1,07
Fattore profondità [Dc]	1,13
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,07
Fattore profondità [Dq]	1,13
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,96
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	2029,64 kN/m²
Resistenza di progetto	2029,64 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	29,44
Fattore [Nc]	42,16
Fattore [Ng]	38,37
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,13
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,06
Fattore profondità [Dq]	1,13
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,97
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	1960,63 kN/m²
Resistenza di progetto	1960,63 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

A2+M2+R2

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	15,3
Fattore [Nc]	26,5

Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

Fattore [Ng]	11,87
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,16
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,03
Fattore profondità [Dq]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,03
Fattore profondità [Dg]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
<hr/>	
Carico limite	823,13 kN/m ²
Resistenza di progetto	457,29 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	15,3
Fattore [Nc]	26,5
Fattore [Ng]	17,59
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,15
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,06
Fattore profondità [Dq]	1,14
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,96
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	960,59 kN/m ²
Resistenza di progetto	533,66 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	15,3
Fattore [Nc]	26,5
Fattore [Ng]	15,43
Fattore forma [Sc]	1,05
Fattore profondità [Dc]	1,15
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,05
Fattore profondità [Dq]	1,14
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,97
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	906,74 kN/m ²
Resistenza di progetto	503,75 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Sisma

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	15,3
Fattore [Nc]	26,5
Fattore [Ng]	11,87
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,16
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,03
Fattore profondità [Dq]	1,08

Comune di Zogno (BG)
Relazione geologica e geotecnica per per la nuova viabilità di accesso allo Stabilimento San Pellegrino in Zogno

Azzoni dott. Augusto - Via F. Nullo n.31 24128 Bergamo

Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,03
Fattore profondità [Dg]	1,08
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,98
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
<hr/>	
Carico limite	817,56 kN/m²
Resistenza di progetto	454,2 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	15,3
Fattore [Nc]	26,5
Fattore [Ng]	17,59
Fattore forma [Sc]	1,06
Fattore profondità [Dc]	1,15
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,06
Fattore profondità [Dq]	1,14
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,96
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,98
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	953,47 kN/m²
Resistenza di progetto	529,71 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	15,3
Fattore [Nc]	26,5
Fattore [Ng]	15,43
Fattore forma [Sc]	1,05
Fattore profondità [Dc]	1,15
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,05
Fattore profondità [Dq]	1,14
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,97
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,98
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite	900,44 kN/m²
Resistenza di progetto	500,24 kN/m²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	300,0 kN/m²
Spessore strato	12,0 m
Profondità substrato roccioso	13,0 m
Modulo Elastico	25000,0 kN/m²
Coefficiente di Poisson	0,3

Coefficiente di influenza I1	0,51
Coefficiente di influenza I2	0,14
Coefficiente di influenza Is	0,59

Cedimento al centro della fondazione	49,23 mm
--------------------------------------	----------

Coefficiente di influenza I1	0,3
Coefficiente di influenza I2	0,15
Coefficiente di influenza Is	0,38
Cedimento al bordo	15,93 mm