

All.3



STUDIO FORTI S.r.l.

Società di ingegneria

Piazza Paganora, 6 - 25080 Mazzano (Bs) - Cod.Fisc. e P.Iva 03416530982 - Numero REA: BS - 532252
Tel. 030 / 25 90 021 Fax 030 / 25 95 700 - e.mail studioforti@studioforti.net

N. DISEGNO

.....

COMUNI

LENO

PROVINCIA

BRESCIA

COMMESSA

C03/14_2017

COMMITTENTI

COMUNE DI LENO

DATA

03.12.2018

PROGETTO

REALIZZAZIONE DI NUOVA PISTA CICLABILE DI COLLEGAMENTO
TRA L'ABITATO DI LENO (Q.RE IPPODROMO)
E LA CASCINA POLLINO, ADIACENTE ALLA S.P. VII - 1° **STRALCIO**

AGGIORNAMENTO

.....

SCALA

.....

DESCRIZIONE

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

DISEGNATORE

Diego

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

IL PROGETTISTA

.....

Studio di Geologia - Dott. Geol. Luigi Renna - Dott. Geol. Niccolò Crestana
Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 349 2936733 - 347 9428449
mail: renna@crestanasrls.com - crestana@crestanasrls.com

COMUNE DI LENO

PROVINCIA DI BRESCIA
Regione Lombardia

PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN VIA BRESCIA

RELAZIONE GEOLOGICA R1

ai sensi del punto 6.2.1 del D.M. 17/01/18 " Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

RELAZIONE GEOTECNICA R2

ai sensi del punto 6.2.2 del D.M. 17/01/18 " Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

RELAZIONE GEOLOGICA R3

ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 "Norme di Piano"

Committente: *Comune di Leno*

Data:

24 Settembre 2018

I Tecnici:

Dott. Geol. Luigi Renna

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1667

Dott. Geol. Niccolò Crestana

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1691



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Luigi Renna", written over the circular stamp.

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1 Metodologia di lavoro	3
1.2 Riferimenti Normativi	4
A. RELAZIONE GEOLOGICA R1 e R3	5
2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	5
2.1 Inquadramento Geografico e Geologico	5
2.2 Assetto Geomorfologico	6
2.3 Caratteri Idrogeologici locali	7
2.4 Rete Idrografica locale	8
2.5 Piano di Gestione Rischio Alluvioni	10
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
3.1 Prove penetrometriche dinamiche standard (SCPT-DPSH)	12
3.2 Prospezioni sismiche e modello sismostratigrafico	13
4. SISMICITÀ DELL'AREA E AZIONE SISMICA	21
4.1 Inquadramento sismotettonico	21
4.2 Sismicità locale	22
4.3 Normativa sismica vigente	23
4.4 Azione sismica di progetto	23
5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO	31
B. RELAZIONE GEOTECNICA R2	33
6. MODELLO GEOTECNICO – VALORI CARATTERISTICI	33
7. SPECIFICHE DI PROGETTO E PRESCRIZIONI REALIZZATIVE	34
8. CONCLUSIONI	38

1. PREMESSA

Su incarico conferito dal *Comune di Leno*, è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto di realizzazione di un nuovo tratto di pista ciclabile, in Via Brescia, nel Comune di Leno (BS).

Lo studio viene eseguito in ottemperanza a quanto prescritto dal Testo Unico sulle Costruzioni (D.M. 14/01/08) e relativo aggiornamento (D.M. 17/01/18), secondo quanto previsto dalle Norme di Piano (D.G.R. 30/11/2011 n. IX/2616) e dalle normative regionali in materia di vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche (DGR 5001/2016, LR 33/2015) e dall'aggiornamento della classificazione sismica regionale (DGR 2129/2014).

1.1 Metodologia di lavoro

Scopo del lavoro è stato quello di valutare la natura litologica dei terreni di fondazione presenti nell'area, verificare la fattibilità delle opere di progetto secondo i regolamenti urbanistici comunali e regionali vigenti e considerare le problematiche realizzative.

Lo studio degli aspetti geomorfologici ed idrografici del territorio d'interesse e delle caratteristiche geotecniche dei terreni, si è articolato in una prima fase di rilievi geologico-geomorfologici di campagna, eseguiti in un intorno significativo dell'area di progetto.

Quindi si è proceduto ad una seconda fase che ha riguardato l'acquisizione dei dati reperibili in letteratura consultando, tra gli altri lo *Studio della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* del Piano di Governo del Territorio di Leno (*Studio Geologia Ambiente Territorio, 2006-2007*) e vari studi geologici dal sottoscritto, in aree limitrofe e in un contesto omologo a quello in oggetto di studio e più in generale nel territorio della media e bassa pianura alluvionale in cui ricade il comune di Leno (BS).

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata predisposta un'indagine geognostica condotta mediante prove penetrometriche dinamiche standard (SCPT-DPSH).

Per la stima delle velocità $V_{s,eq}$ e della categoria di sottosuolo di sito, è stata eseguita, entro il sito di progetto, una prospezione sismica multicanale con acquisizione ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW e misura di microtremiti sismici ambientali mediante tecnica HVSR.

Sono stati infine prodotti alcuni allegati cartografici e tecnici a supporto della presente relazione, come di seguito elencati:

- ✓ TAV. 1 – Corografia con ubicazione del tracciato di progetto e dei pozzi con stratigrafia
- ✓ Diagrammi Prove Penetrometriche SCPT-DPSH
- ✓ Allegato fotografico
- ✓ Stratigrafie Pozzi

1.2 Riferimenti Normativi

- D.M. 14 Gennaio 2008 *“Approvazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni”* (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) e relativo aggiornamento (D.M. 17 Gennaio 2018); che sancisce l’obbligo di effettuare la progettazione antisismica e la relazione geologica e geotecnica.
- Circolare 2 Febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici *“Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche per le costruzioni”* di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008.
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 n. 3519, recante *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”* (G.U. n. 108 del 11/5/2006).
- L.R. 11 Marzo 2005 - n.12 Piani di Governo del Territorio; DGR 22 Dicembre 2005 n.8/1566 *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio”*.
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 *“Norme in materia ambientale”* con riferimento alla Parte Terza *“Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche”* - Sezione II *“Tutela delle acque dall’inquinamento”*.
- D.G.R. 30 Novembre 2011 – n. IX/2616 *“Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio”* (art. 57 comma 1 della l.r. 11 Marzo 2005 n. 12).
- D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129 *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”*.
- L.R. 12 Ottobre 2015 - n. 33 *“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”* BURL n. 42, suppl. del 16 Ottobre 2015).
- D.G.R. 30 Marzo 2016 – n. X/5001 *“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)”*.
- *Raccomandazioni per la redazione della “Relazione Geologica” ai sensi delle norme tecnica sulle costruzioni* secondo quanto approvato con delibera n.1 del 14/04/2015 dal Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi e con delibera n. 111/2015 del 28/04/2015 del C.N.G..
- Associazione Geotecnica Italiana *“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche in sito”* (1977).

A. RELAZIONE GEOLOGICA R1 e R3

2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Nel presente capitolo viene redatto, sulla base di tutti i dati raccolti in letteratura, un inquadramento geografico-geologico, geomorfologico, idrografico ed idrogeologico generale e di dettaglio, dell'area di progetto.

2.1 Inquadramento Geografico e Geologico

L'area di intervento, si estende lungo Via Brescia per una lunghezza massima di circa 1,25 Km, a partire da Quartiere Ippodromo, situato nella porzione settentrionale del centro abitativo di Leno, sino alla terminazione Nord di Cascina Pollino, posta a circa 1 Km in direzione Sud rispetto alla frazione di Porzano (**Fig. 1**).

Il lotto d'interesse, in particolare, è individuato nella CTR RL (*Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia*) alla scala 1:10.000 nella tavola D6b4 e possiede, nel punto mediano, le seguenti coordinate geografiche (Gauss-Boaga): 5026076,02 latitudine N – 1594854,00 longitudine E.

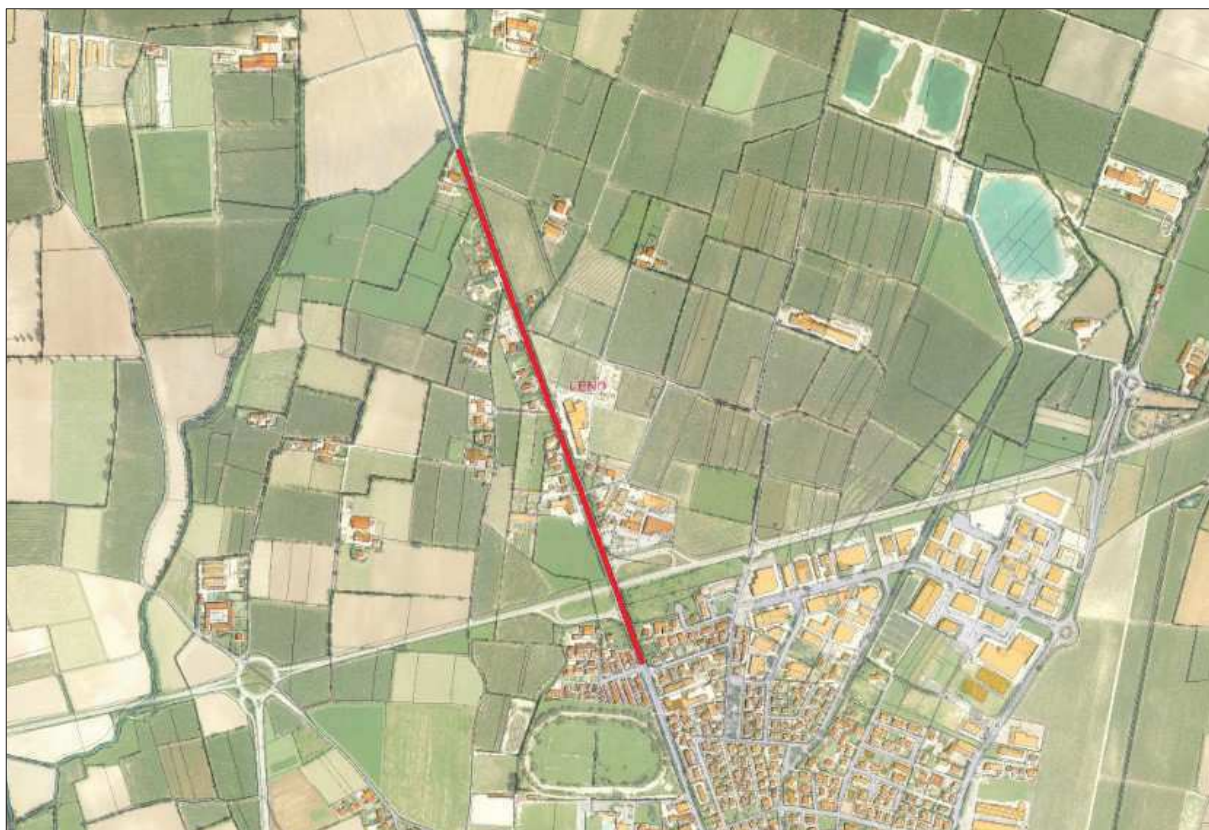


Fig. 1 - Individuazione del tracciato di progetto su mappa catastale
(fonte Viewer Geografico Regione Lombardia).

L'area di interesse si colloca all'interno della Pianura Bresciana Media orientale, in un settore pianeggiante in destra idrografica del Fiume Mella, nella porzione centro-settentrionale del territorio comunale di Leno. Il territorio di Leno è caratterizzato dalla

diffusa presenza di terreni costituiti da alluvioni fluvioglaciali e fluviali sabbioso-ghiaiose e sabbiose con intercalazioni limose-argillose, caratteristiche proprio della media pianura.

La Pianura Padana rappresenta un bacino sedimentario Quaternario, all'interno del quale si possono distinguere una serie continentale più superficiale, con spessori compresi tra 300-350 metri e caratterizzante i depositi presenti nell'area oggetto del presente studio, e una serie marina profonda.

Il territorio comunale risulta interessato per la sua totalità dai depositi alluvionali/fluvioglaciali (Wurm), in particolare dal litotipo sabbioso, soprattutto nella parte nord-ovest del comune di Leno; nella parte centrale e meridionale, al contrario, prevalgono depositi sabbioso-limosi e localmente argillosi. Settori prevalentemente ghiaiosi e residui di paleoalvei, si rinvencono in fasce talora irregolari e orientate in diverse direzioni entro tutto il territorio comunale.

La sequenza alluvionale di origine fluvioglaciale, formatasi attraverso il trasporto e la deposizione dei torrenti originati dai fronti glaciali degli apparati glaciali Gardesano e del Sebino, costituiscono l'attuale **Livello fondamentale della Pianura Bresciana (Wurm)**.

Tutto il tracciato di progetto ricade quindi all'interno dell'**Unità delle alluvioni fluvioglaciali e fluviali** del livello fondamentale della pianura, caratterizzata in prevalenza da depositi ghiaiosi a depositi sabbioso-limosi, con presenza di strati di alterazione superficiale argilloso-limoso e/o sabbiosi.

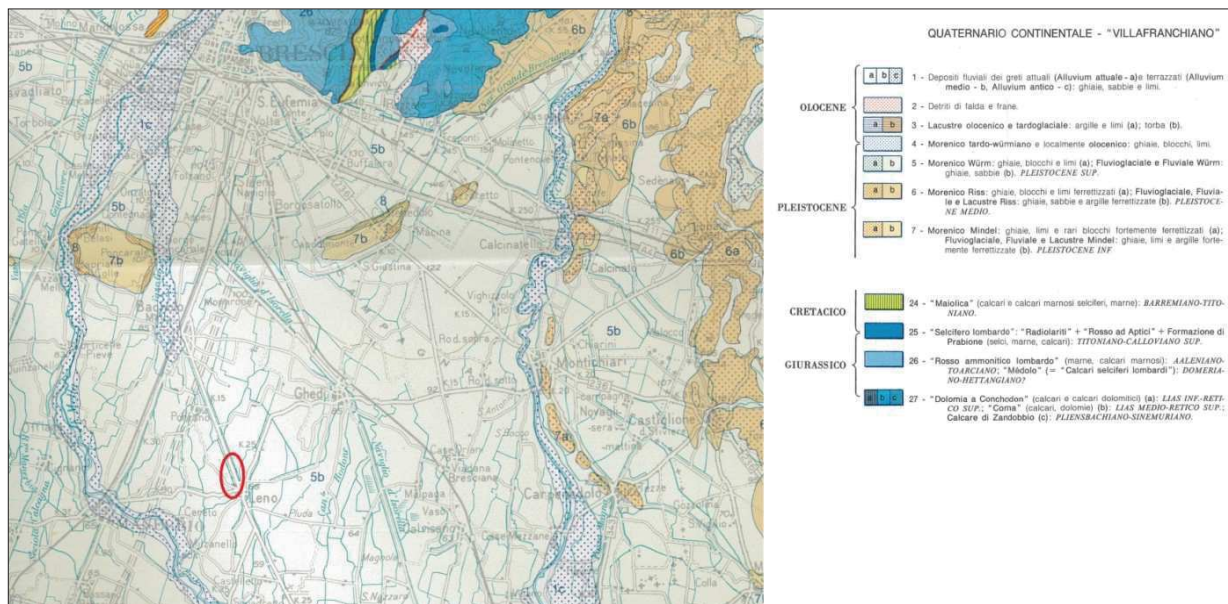


Fig. 2 - Stralcio dalla Carta Geologica della Lombardia (scala originale 1:250.000),
con ubicazione dell'area oggetto di studio

2.2 Assetto Geomorfologico

La configurazione naturale attuale del territorio di Leno è il risultato degli effetti morfogenetici, esclusivamente esogeni, dovuti alle portate fluviali antiche, ora praticamente inattive o relitte, da parte degli scaricatori fluvioglaciali.

Il paesaggio risulta essere fortemente influenzato dall'attività antropica, intervenuta marcatamente nella bonifica di parte del territorio e nel rimodellamento dei terreni superficiali. Le condizioni pianeggianti che caratterizzano il territorio, sono localmente interrotte da irregolarità topografiche connesse alle attività antropiche; alcune piccole aree

deprese di alcuni metri dal p.c. generale della pianura, sono state interessate un tempo, da escavazione di inerti (ghiaia e sabbia). L'area di progetto si colloca nella fascia della Media Pianura Bresciana, nel settore orientale del fiume Mella, a morfologia pianeggiante debolmente, con piano topografico di poco immergente verso Sud, ad una quota variabile tra 71,0 (a Nord) e 68,0 m (a Sud) circa s.l.m..

Nel complesso l'area in esame risulta stabile e, alla data dei rilievi, non è interessata da alcun fenomeno geomorfico in atto o di dissesto potenziale.

2.3 Caratteri Idrogeologici locali

L'assetto idrogeologico del territorio di Leno è legato alla circolazione idrica sotterranea che si instaura in funzione della permeabilità delle unità litologiche sopra descritte e ai loro rapporti stratigrafici. I depositi fluvio-glaciali e fluviali superficiali presentano una ricca gamma di facies litologiche ben stratificate con spessori di diversi metri con elevata estensione areale ed eterogeneità laterale. In tutto il territorio comunale è comunque presente, una falda superficiale di tipo libero che localmente nelle depressioni topografiche interferisce, con i corsi d'acqua che solcano il territorio. La struttura idrogeologica del territorio di Leno è correlata alla successione stratigrafica dei depositi della pianura è definita, partendo dal basso, dall'**Unità Villafranchiana** (Pleistocene Inferiore), caratterizzata da depositi di facies continentale e di transizione prevalentemente a granulometria fine (argille, limi, limi sabbiosi e argillosi grigio-azzurri) cui si intercalano intervalli sabbiosi-ghiaiosi. Entro questa unità circolano le cosiddette "falde profonde continentali", che costituiscono gli acquiferi profondi, confinati e ad elevato grado di protezione naturale rispetto alla superficie (Unità idrostratigrafiche C e D – III acquifero). L'intervallo argilloso del Villafranchiano rappresenta quindi il substrato impermeabile rispetto agli acquiferi sovrastanti appartenenti al cosiddetto "acquifero tradizionale", costituito da una falda superficiale per lo più non confinata (unità idrostratigrafica A – I acquifero) e una seconda falda generalmente semiconfinata (unità idrostratigrafica B – II acquifero), localmente costituenti un'unica falda. L'unità idrostratigrafica B è costituita dalla **sequenza conglomeratica** riferibile al Pleistocene Inferiore - Medio ("**Ceppo**"), che comprende conglomerati compatti e/o fessurati permeabili per fratturazione (coefficiente di permeabilità $k = 10^{-2}$ - 10^{-3} m/sec), e da ghiaie e sabbie e limi con intercalazioni argillose (Pleistocene Medio). L'unità idrostratigrafica A corrisponde alla **sequenza ghiaioso-sabbiosa** del Pleistocene Medio-Superiore-Olocene, (ghiaie e sabbie, talora con ciottoli e grossi trovanti) a permeabilità per lo più elevata ($k = 10^{-3}$ - 10^{-4} m/sec), cui si intercalano livelli argillosi, scarsamente permeabili, con andamento per lo più lenticolare.

La struttura idrogeologica del territorio in esame, che ricade in un ambito di pianura alluvionale fluvio-glaciale, è rappresentata da un acquifero freatico e da acquiferi profondi da confinati a semiconfinati. Nella zona d'interesse, gli acquiferi "di pianura" (falde superficiali sospese e falde medio-profonde dell'acquifero multistrato) si rinvennero entro sequenze più francamente ghiaioso-sabbiose separate da livelli poco permeabili, intercalati nella sequenza alluvionale. Dalle stratigrafie di alcuni pozzi (Pozzo 1 e Pozzo 2 in allegato) terebrati in aree adiacenti e nello stesso contesto geologico di quello di studio, si segnala la presenza dell'acquifero superficiale a partire da -1,0/-1,5 m di profondità dal p.c.. Nello Studio Geologico Comunale, sono segnalati valori di soggiacenza della falda pari a -2,0/-3,0 m dal p.c. generale con possibili innalzamenti specialmente nei periodi di alto piezometrico e direzione di deflusso prevalentemente da Nord a Sud (**Fig. 3**).

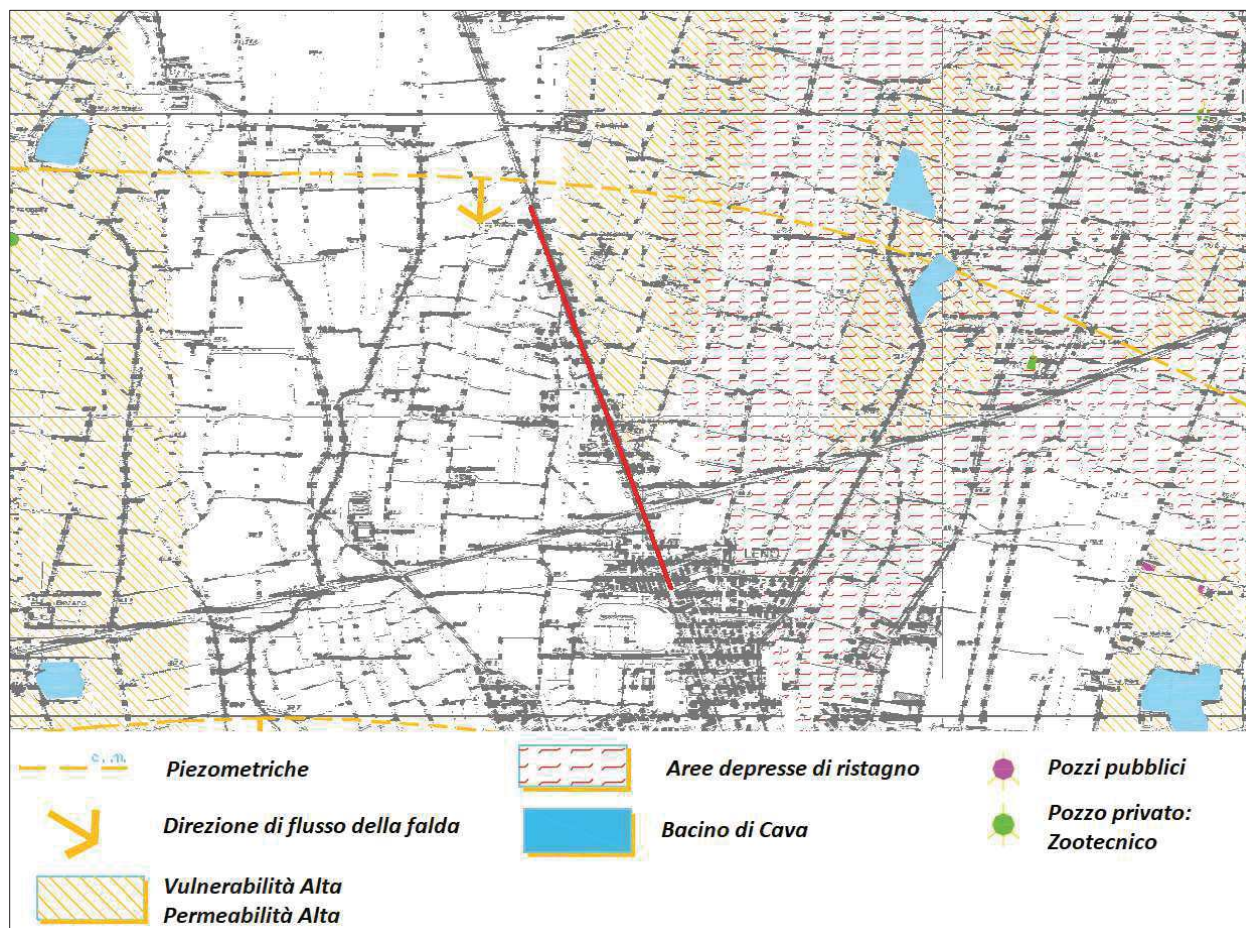


Fig. 3 - Stralcio della carta "Elementi Idrografici e Idrogeologici" (Tav. 3),
allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area di progetto.

La falda freatica superficiale è stata rinvenuta durante l'esecuzione delle indagini in sito a partire da -2,1/-2,8 m circa dal piano campagna generale.

Il grado di Vulnerabilità dell'acquifero delle acque sotterranee, così come indicato all'interno della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del Comune di Leno ("Elementi idrografici e Idrogeologici"), risulta di conseguenza alto, in funzione quindi sia dei litotipi ghiaioso-sabbiosi che caratterizzano l'area di studio, sia della bassa soggiacenza della falda superficiale.

2.4 Rete Idrografica locale

L'**idrografia** della zona di interesse è molto sviluppata e caratterizzata da una fitta rete di canalizzazioni con deboli pendenze e lenti deflussi delle acque, facenti parte del reticolo idrico minore di competenza consortile o comunale. La rete idrografica risulta costituita totalmente da canali artificiali utilizzati per l'irrigazione.

Le seriole, come definite nel territorio, pur rivestendo una funzione irrigua prevalente, attraverso sistemi di saracinesche manuali, in concomitanza di eventi piovosi di una certa intensità regimano lo scorrimento delle acque piovane e regolamentano il deflusso idrico.

I tracciati dei corsi d'acqua, della suddetta piana alluvionale fluvio-glaciale, seguono l'andamento e la forma dei campi e posseggono pendenze delle aste fluviali che risultano

molto limitate, di conseguenza il deflusso delle acque avviene lentamente, con scarsa capacità erosiva.

Secondo lo Studio del Reticolo Idrico comunale vigente, si segnala la presenza di tre corsi d'acqua differenti appartenenti al RIM, i quali scorrono parallelamente all'andamento dell'opera progettuale. (**Fig.4**).

Per essi nello stesso Studio Geologico comunale sono state istituite aree di *Normative di Vincolo* che interferiscono col tracciato d'intervento. In particolare, il *Naviglio* (in corrispondenza del tratto Nord del tracciato) e la *Seriola Rassica* (lungo il tratto Sud) scorrono in adiacenza, sul lato Ovest, del manto stradale di Via Brescia e quindi del tracciato d'interesse, e per essi è stata istituita una fascia di rispetto pari a 5 m.

Ad Est, e in adiacenza della sede stradale di Via Brescia scorre la *Seriola Lavaculo*, per la quale è stata istituita una fascia di rispetto pari a 10 m, fino all'altezza di Loc. Cascina Trecolori, e una fascia di rispetto di larghezza pari a 5 m per il restante tratto che prosegue verso Sud.

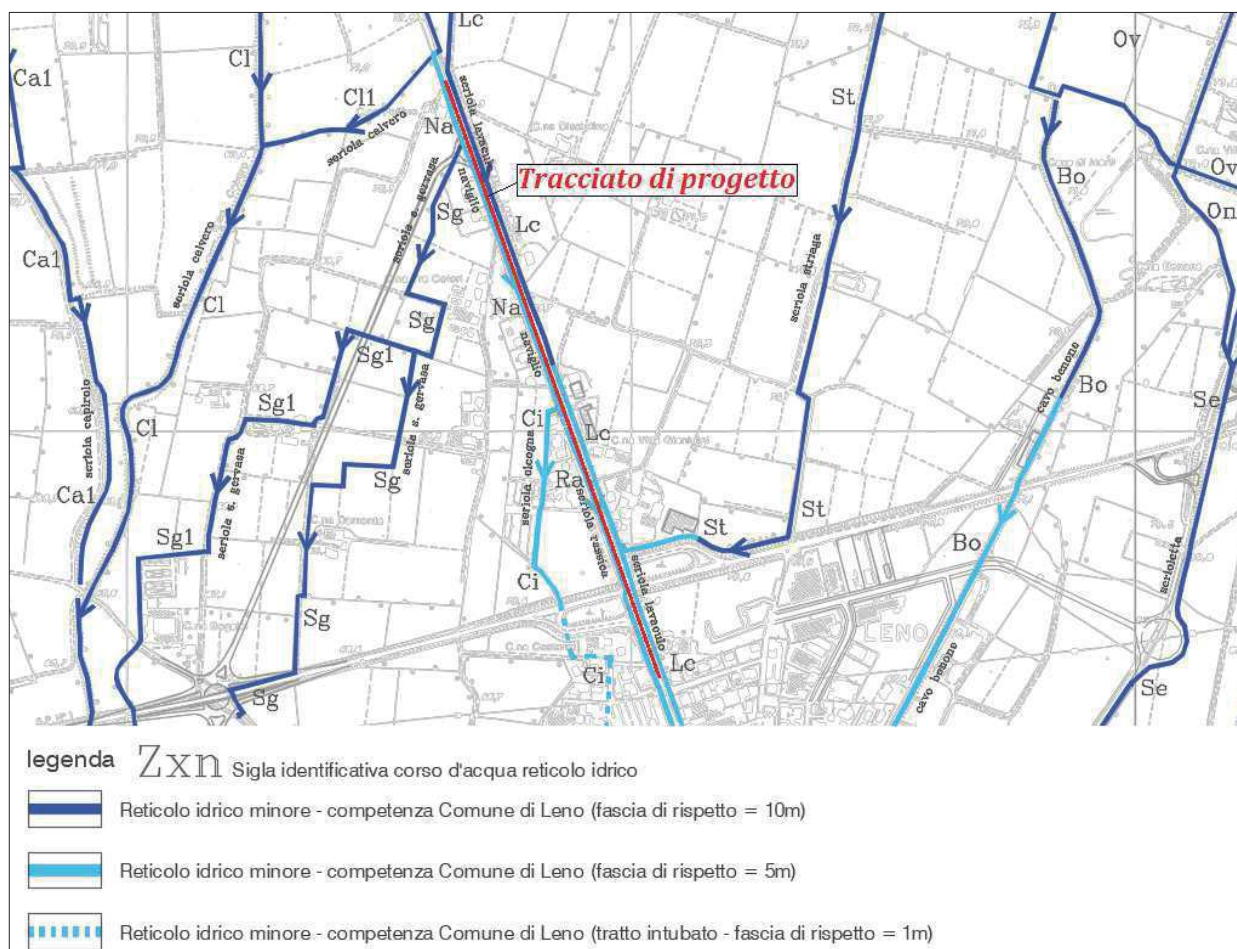


Fig. 4 - Stralcio della carta "Individuazione del Reticolo Idrico Minore comunale" Tav. RIM, allegata allo Studio del Reticolo Idrico Comunale di Leno (Professione Ambiente, Aprile 2008).

Secondo le "Norme Tecniche" allegata allo Studio del Reticolo Idrico Comunale vigente, la realizzazione delle opere e degli interventi progettuali, presi in considerazione dal presente studio, rientrano all'interno della categoria di lavori descritta dal suddetto

elaborato normativo, come: “**ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari (viabilità, percorsi pedonali e ciclabili)** e a rete riferite a servizi pubblici essenziali e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente valido dall'Autorità con competenze idrauliche”, e per i quali si rendono eseguibili solo dopo: “**espressa autorizzazione e/o nulla osta idraulico da parte dell'Autorità con competenze idrauliche, che può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio**”.

I tratti di alveo del Naviglio e della Seriola Rassica, in corrispondenza dei quali è prevista la realizzazione della nuova pista ciclabile, non mostrano, alla data dei rilievi, criticità di tipo idraulico e risultano avere un medio grado di manutenzione ordinaria. Spesso si rinviene presenza di vegetazione arborea, soprattutto in corrispondenza del settore Nord dove lo scorrimento delle acque possiede regime effimero. In corrispondenza dell'ingombro del tracciato di progetto, le scarpate in sinistra idrografica, che sottendono la sede stradale di Via Brescia e che di fatto rappresentano gli argini del Naviglio e della Seriola Rassica, risultano stabili e privi di forme geomorfiche che possano ricondurre e fenomeni di instabilità in atto e/o potenziali.

2.5 Piano di Gestione Rischio Alluvioni

Il **Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)** è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal d.lgs. n. 49 del 2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.

Per **alluvione** si intende qualsiasi evento che provoca un allagamento temporaneo di un territorio non abitualmente coperto dall'acqua, purché direttamente imputabile a cause di tipo meteorologico. Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (PGRA-Po).

Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

I dati in termini di pericolosità e di rischio da alluvione, in attuazione a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 e dai successivi indirizzi del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, come previsti nell'ultimo Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po, evidenziano l'assenza di limitazioni derivanti da quanto previsto dalla D.G.R. X/6738 del 19/06/2017 vigente in materia (nessun scenario di pericolosità e rischio) (Fig.5).

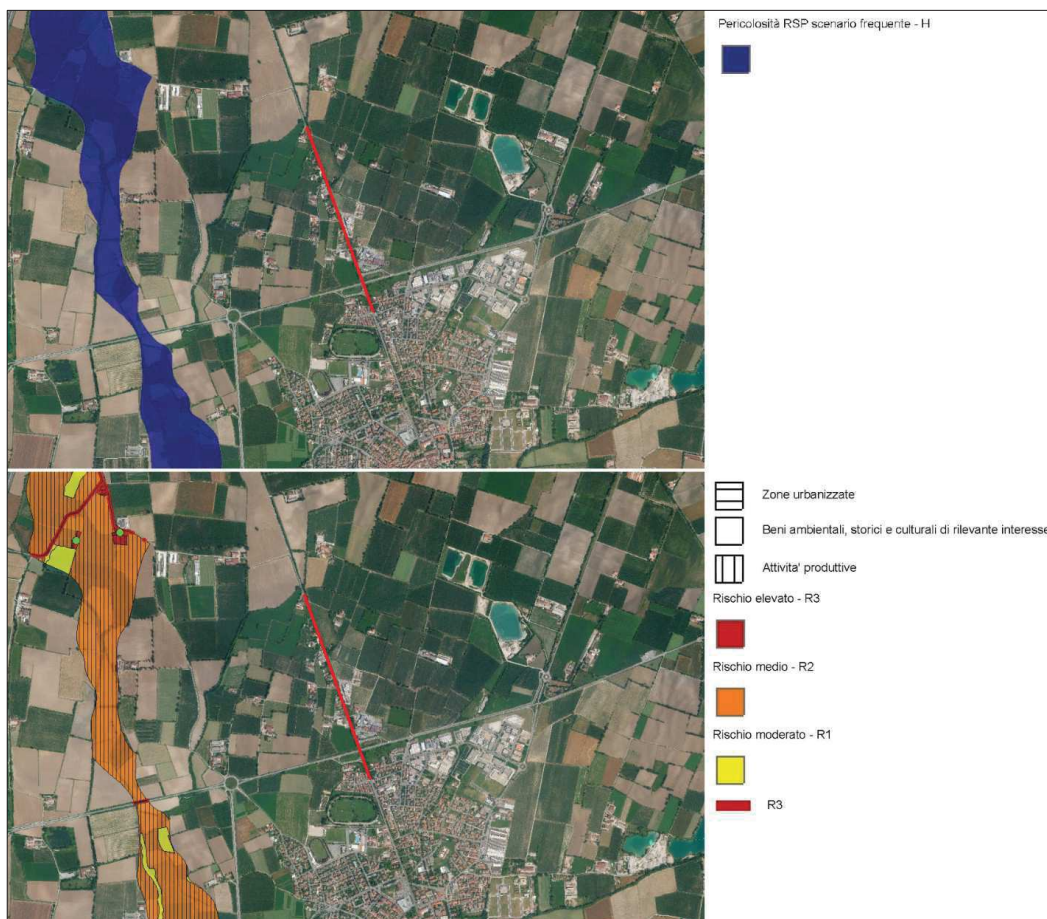


Fig. 5 - Stralcio della Mappa degli Scenari di Pericolosità da alluvione e Mappa del Rischio Alluvioni stralciate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (Ottobre 2016).
Fonte Viewer Geografico del Geoportale della Regione Lombardia.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

A supporto della presente relazione tecnica, in data 12 Settembre 2018 la ditta *Crestana S.r.l.s.* ha eseguito un'indagine geognostica, realizzata e progettata al fine di raggiungere i seguenti obiettivi:

- ✓ Caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e verifica della presenza di un'eventuale falda acquifera superficiale (par. 3.1)
- ✓ Modello sismostratigrafico e caratterizzazione sismica del sito (par. 3.2)

L'indagine ha previsto la realizzazione **n° 4 Prove penetrometriche dinamiche (SCPT-DPSH)** per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, **n° 1 stendimento di sismica** multicanale con acquisizione delle onde di superficie, ed elaborazione dei dati secondo la procedura tipo **MASW** e **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSr**, per la caratterizzazione sismostratigrafica del sottosuolo.

Le indagini sono state eseguite secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle *Raccomandazioni A.G.I. (1977)* ed alla presenza costante del sottoscritto, geologo abilitato.

Nell'ubicazione dei punti d'indagine si è tenuto conto della logistica dei luoghi, dei sottoservizi esistenti, e dell'ingombro degli edifici residenziali ed industriali/commerciali presenti lungo la tratta progettuale. I dati derivanti dalle prove in situ riassunti nei diagrammi in allegato, sono riferiti al piano campagna dell'area di indagine, presente alla data delle indagini.

3.1 Prove penetrometriche dinamiche standard (SCPT-DPSH)

Metodologia ed attrezzatura di prova

La prova penetrometrica dinamica SCPT (*Standard Cone Penetration Test*) è una prova puntuale che consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio prolungabile ad una batteria di aste, e misurare il numero di colpi N_{SCPT} necessari per la penetrazione di 30 cm della punta, nel corso della prova. La diffusione di questo tipo di prova e la sua standardizzazione consentono, attraverso l'utilizzo di alcune correlazioni di bibliografia, di ottenere una soddisfacente caratterizzazione dei terreni indagati ed un'interpretazione dei fondamentali parametri geotecnici. Nello specifico sono state eseguite **n° 4 prove penetrometriche**, mediante Penetrometro DINAMICO SUPERPESANTE DPSH (Dinamic Penetrometer Super Heavy) *Tipo Emilia* - mod. Pagani TG 63/200, con avanzamento delle aste e dei rivestimenti ogni 30 cm.

Dal valore di N_{SCPT} (numero di colpi per 30 cm di infissione delle aste) può essere ricavato il corrispondente valore di $N_{S.P.T.}$ mediante la relazione: $N_{S.P.T.} = N_{DPSH}/C$.

Il coefficiente C è un fattore dipendente dalla litologia dei terreni attraversati durante la prova e dall'attrezzatura utilizzata.

Penetrometro dinamico-statico super pesante Tipo: Emilia – Modello: Pagani TG 63-200	
Massa battente (M)	73,0 kg
Altezza di caduta del maglio (H)	0,75 m
Avanzamento aste (δ)	30 cm
Apertura punta conica di infissione (α)	60°
Diametro punta conica di infissione (D)	50,5 mm
Base cono di infissione (A)	20 cm ²
Diametro batteria d'aste (d)	34 mm
Lavoro specifico compiuto per ciascuna battuta (L)	234 kJ/m ²

Fig. 6 - Caratteristiche della strumentazione utilizzata.

Interpretazione dei dati

Le prove penetrometriche, eseguite all'interno del sito di progetto, sono state spinte ad una profondità massima di -8,7 m rispetto al piano campagna (P1); esse risultano sufficientemente rappresentative dei terreni indagati e risultano correlabili con altre prove eseguite dal sottoscritto in aree limitrofe ed in contesti omologhi a quello di studio.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche SCPT-DPSH non sono stati riscontrati l'insorgere di fenomeni di adesione-coesione tra le aste e pertanto si è ritenuto opportuno non utilizzare gli appositi rivestimenti.

Le evidenze lito-stratigrafiche delle verticali d'indagine e il grado di addensamento dei terreni attraversati sono di seguito riassunti:

MODELLO GEOLOGICO LOCALE

	Unità geologica	Caratteristiche litologiche	N _{SPT}	Denominazione AGI
STRATO 1	Unità S	Terreni superficiali di natura limoso-sabbiosa, asciutti	5-6	Scarsamente addensato
da 0,0 a -1,5/-2,1 m				
STRATO 2	Unità A	Depositi Alluvionali/Fluvioglaciali costituiti da sabbie e ghiaie, con locale presenza di lenti limose, in falda	13-15	Moderatamente addensato
Oltre -1,5/-2,1 m				

Durante l'avanzamento delle prove sono state riscontrate aste umide a partire da -2,7 (P4) fino a -3,6 m (P1) dal p.c.. Per la misura di un eventuale livello di falda, sono stati quindi inseriti dove è stato possibile, tubi piezometrici microfessurati in PVC del diametro di 1/2". A fine indagine, mediante misura freaticometrica, nei piezometri installati sono stati misurati livelli acquiferi a partire da -2,08 (P3) fino a -2,73 (P1) m dal p.c..

Quanto riscontrato risulta compatibile con l'assetto idrogeologico dell'area, caratterizzato dalla presenza di acquiferi superficiali, circolanti in lenti a maggiore permeabilità della porzione superficiale delle alluvioni in stretta connessione con il livello idrico base dei corsi d'acqua. Si segnala in definitiva scotici superficiali, da realizzare per la posa delle fondazioni, non interferiranno con fenomeni di circolazione d'acqua sotterranei, se questi riguarderanno solo lo Strato 1 (Unità S). In caso di appoggio profondo delle strutture di fondazione (cioè entro lo Strato 2), dovranno prevedersi possibili iterazione con il livello acquifero superficiale rilevato.

3.2 Prospezioni sismiche e modello sismostratigrafico

Per la verifica del comportamento sismico dei terreni di fondazione sono state eseguite specifiche indagini per determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di **n° 1 stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie** con elaborazione dei dati secondo la **procedura MASW** e **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**. Mediante tali metodologie è stato possibile ricostruire l'**andamento medio delle onde Vs** in profondità ed eseguire la valutazione del parametro **V_{s,eq}** di sito, al fine di classificare il terreno di fondazione secondo il *D.M. 17/01/2018*, misurando eventualmente il periodo proprio di vibrazione di sito.

ANALISI HVSR

Cenni sulla metodologia HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. La prova a stazione singola, nota anche come prova Nakamura (1989), consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza f_r relativa a quella configurazione stratigrafica. Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

Acquisizione dei dati

Nell'area d'indagine è stata eseguita, mediante tromometro a stazione singola, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 15 minuti.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- un sistema di ricezione costituito da un tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtremore lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

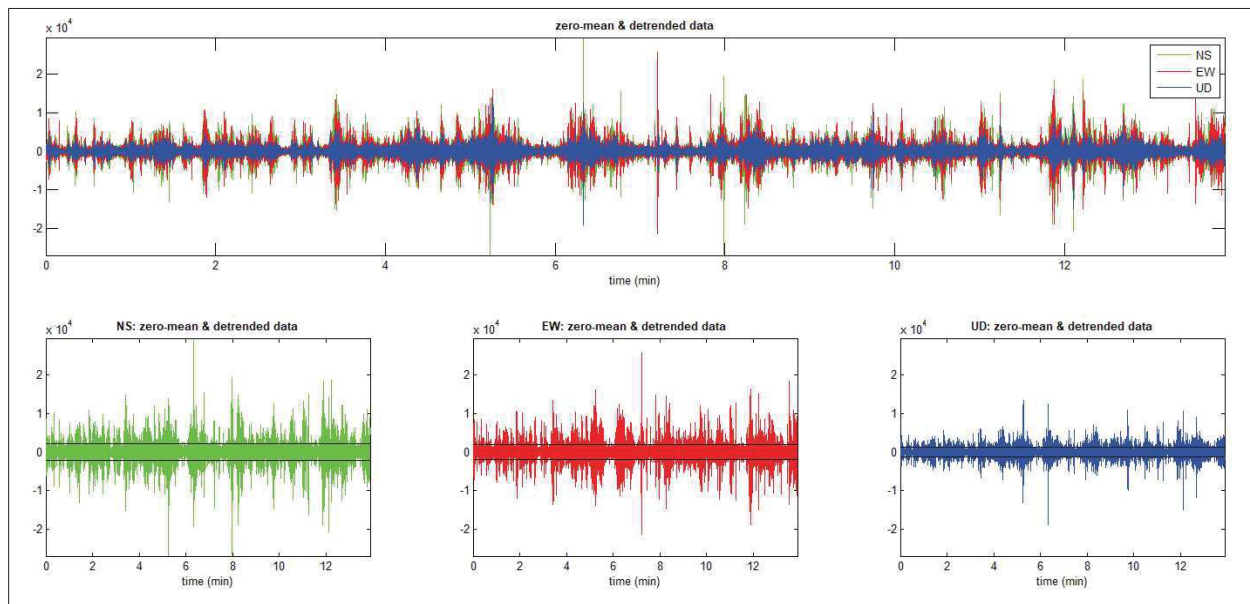


Fig. 7 - Visualizzazione dei dati originali prima della rimozione di eventi transienti.

Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW* versione *Acd 7.2*, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. La determinazione della curva HVSR ha previsto in sintesi i seguenti steps:

- 1) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato.
- 2) Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
- 3) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
- 4) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
- 5) Somma delle due componenti orizzontali x e y.
- 6) Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
- 7) Calcolo della curva HVSR media tra le N curve HVSR.

I risultati ottenuti sono stati iterativamente verificati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR, durante le fasi di elaborazione della curva stessa.

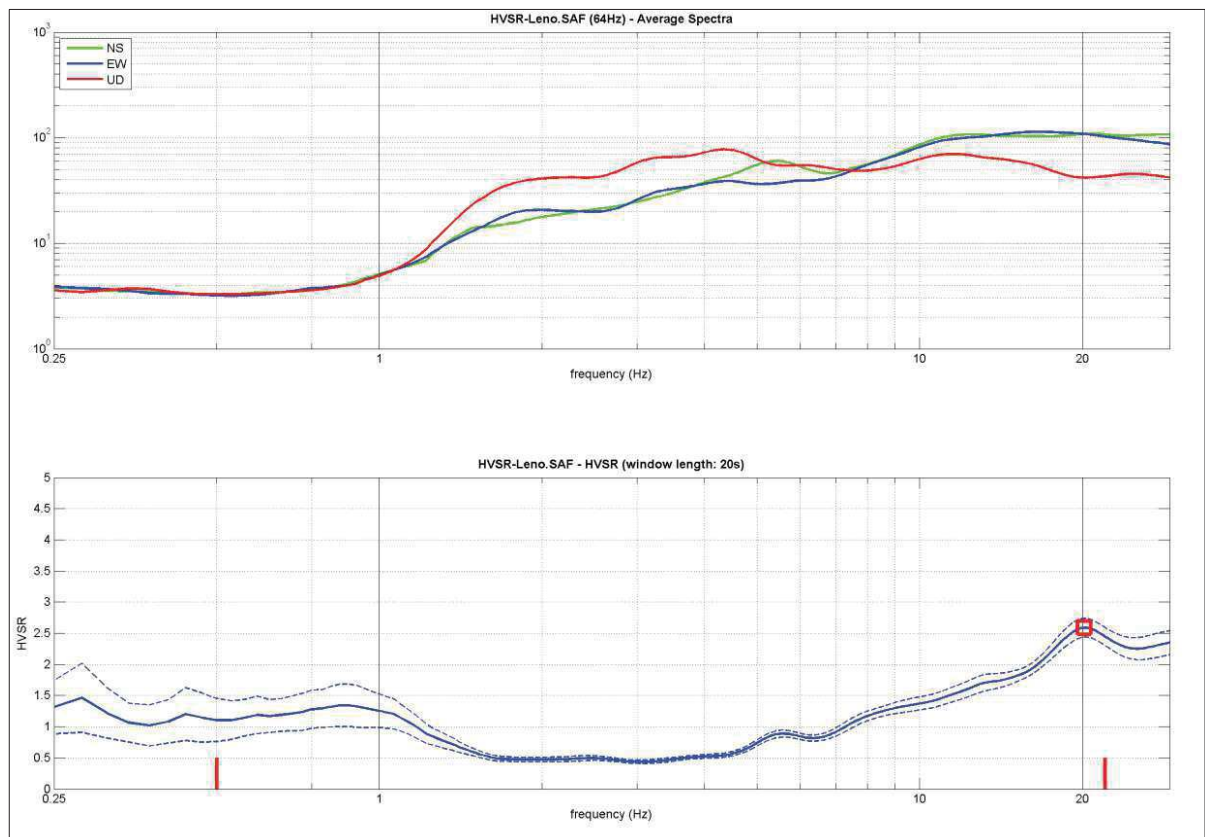


Fig. 8 - HVSR e spettro medio di ampiezza del sito indagato.

La curva HVSr riportata, indica un picco principale a circa 20,1 Hz; la sua validità viene verificata, mediante software *winMASW*, secondo i criteri di ammissibilità del progetto SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSr e degli eventuali picchi presenti).

Criteria for a reliable H/V curve (Criteri per una curva affidabile)

- #1. $[f_0 > 10/L_w]$: $20.145 > 0.5$ (OK)
 - #2. $[n_c > 200]$: $31829 > 200$ (OK)
 - #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)
-

Criteria for a clear H/V peak (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1. $[\text{exists } f^- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2]$: yes, at frequency 5.1Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f^+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2]$: (NO)
- #3. $[A_0 > 2]$: $2.6 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $6.847 > 1.007$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.151 < 1.58$ (OK)

Descrizione dei risultati

Il picco a 20,1 Hz, di ampiezza pari 2,6 rispetta tutti i criteri SESAME per una curva affidabile; tuttavia non è rispettata la condizione che prevede la verifica di un minimo di 5 criteri su 6 per un picco significativo, nonostante siano stati modificati, in diverso modo, i parametri di elaborazione affinché i criteri fossero tutti verificati.

Dall'analisi della curva HVSr, eseguita tra 0,5 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), è quindi risultata una possibile frequenza principale di risonanza attorno a 20,1 Hz, correlabile ad un contrasto di impedenza sismica molto superficiale, presente tra i depositi superficiali scarsamente addensati e i depositi alluvionali/fluvioglaciali.

In generale, l'assenza di picchi di frequenza significativi è correlabile alla mancanza di forti contrasti di impedenza sismica a profondità di interesse sismostratigrafico, all'interno della sequenza deposizionale indagata e/o all'aumento graduale, con la profondità, delle caratteristiche di addensamento dei terreni stessi. Alla luce dei risultati ottenuti si è comunque scelto di modellare la curva HVSr per trarre informazioni di tipo sismostratigrafico, a profondità a cui la sola analisi MASW non può evidentemente arrivare.

INDAGINE SISMICA MASW

Cenni sulla metodologia MASW

Con una prospezione sismica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta *velocità di fase*.

Le MASW attive sono realizzate tramite analisi delle onde di Rayleigh o di Love oppure, congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'interazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale, la classica martellata. Le onde di Love invece vengono acquisite mediante geofoni a componente orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante l'indagine in oggetto lungo lo stendimento sismico sono state registrate, sia le onde di Love, che le componenti verticali delle onde di Rayleigh.

Il principio della tecnica MASW prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio.

L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato. Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti.

Acquisizione dei dati

L'ubicazione e la lunghezza degli stendimenti sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro dei fabbricati di progetto. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5-7-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione. Per l'acquisizione delle onde di Love lo stendimento sismico ha previsto invece una distanza intergeofonica pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni con offset di 3 m dall'ultimo geofono. L'acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale.

L'acquisizione delle onde di Love è avvenuta mediante uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente orizzontale posti trasversalmente all'allungamento dello stendimento, generando un'onda sismica di taglio mediante martellata orizzontale su piastra posta verticalmente nel terreno. La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale e orizzontale di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (*Geospace GS11D*) e da uno stendimento di 24

geofoni (onde di Love) a movimento orizzontale (Senshe con livello a bolla), entrambi a frequenza di 4,5 Hz e puntale da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;

- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

Determinazione degli spettri di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase.

Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto quindi il sismogramma più idoneo, quello solitamente con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (**Fig. 9**). Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi*, che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità. Se tale sovrapposizione avviene, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione. Al fine di individuare i modi corretti e correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire un'analisi congiunta delle onde di Rayleigh e delle onde Love.

L'interpretazione dello spettro è consistita quindi nel confrontare le distribuzioni di energia tra i vari modi. Dato che la distribuzione dell'energia nelle due componenti Love e Rayleigh è risultata a tratti molto differente, l'analisi congiunta è risultata indispensabile al riconoscimento del reale andamento dei modi, conducendo all'elaborazione di un modello maggiormente vincolato e preciso.

Procedure di analisi congiunta MASW (Rayleigh e Love)+HVSr

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle V_s . Partendo dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e di Love è stato ricostruito il modello che è responsabile di quelle curve, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (*sismogramma*).

Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (**Fig. 9**).

Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti, contemporaneamente in entrambi gli spettri (Rayleigh+Love), al fine di ottenere un solo modello di velocità.

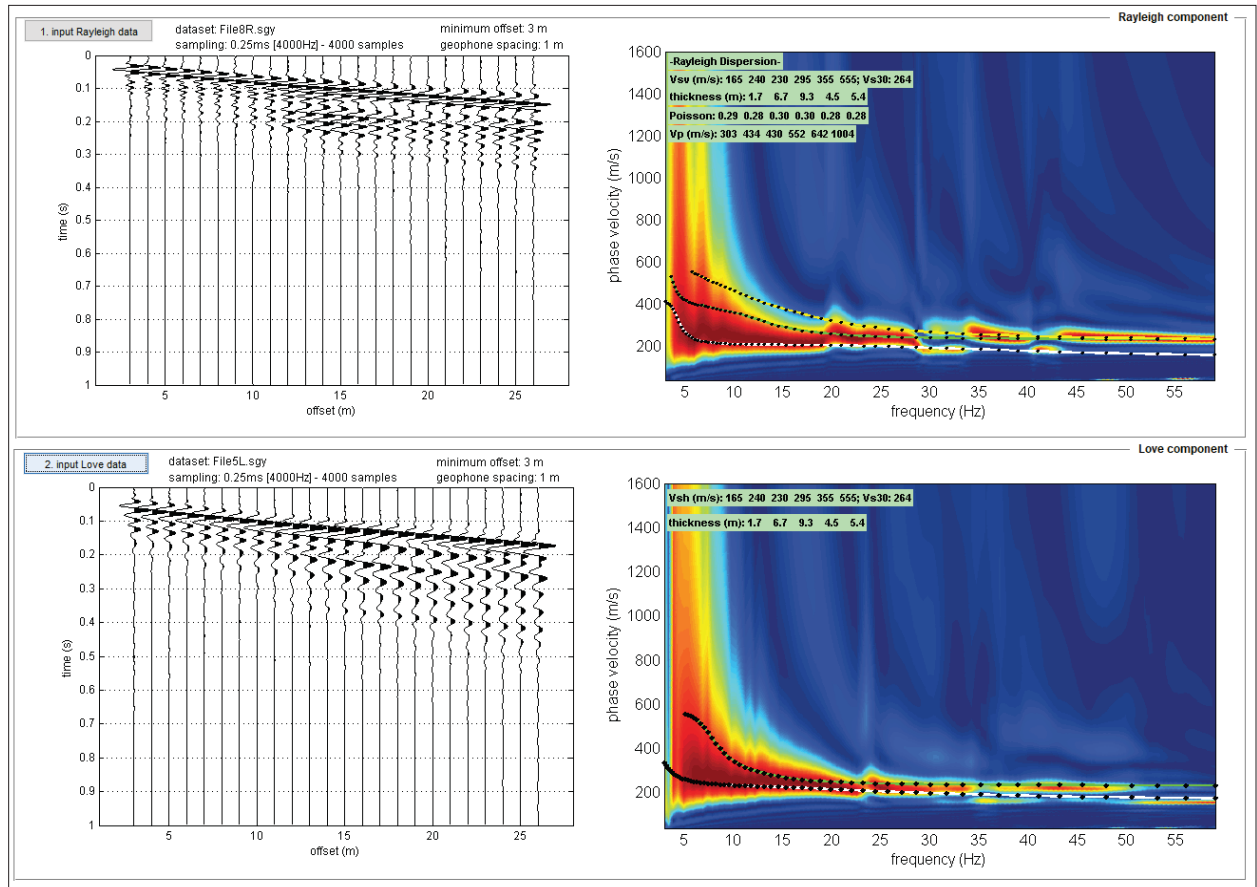


Fig. 9 - Sismogrammi acquisiti (sx) e risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love e modellazione diretta mediante individuazione del modo fondamentale e di porzioni dei modi superiori che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (in alto) e congiuntamente quello delle onde di Love (in basso).

Modello sismostratigrafico

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto con metodologia **MASW** con analisi congiunta alla modellazione diretta della curva **HVSR**. Si riportano anche, in maniera indicativa, le stime dei valori della densità e del modulo di Poisson eseguite durante l'elaborazione. Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla V_s e degli spessori degli strati (cioè dalla geometria), tali valori devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da V_p , ma solamente da V_s e densità e quindi la sua stima risulta più attendibile.

MODELLO GEOFISICO MEDIO – Via Brescia – Leno (BS)						
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima densità (g/cm ³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	165	1,7	-1,7	1,77	0,29	48
2	240	6,7	-8,4	1,85	0,28	107
3	230	9,3	-17,7	1,85	0,30	98
4	295	4,5	-22,2	1,91	0,30	166
5	355	5,4	-27,6	1,95	0,28	245
6	555	2,4	-30,0	2,05	0,28	633

Il valore del modulo dinamico di taglio, dipendente da Vs e densità si riferisce a condizioni di bassa deformazione. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori dovranno essere idoneamente corretti e utilizzati solo nei modi e nei casi appropriati.

D.M. 17/01/2018	Vs,eq (m/s)	Profondità del bedrock sismico (m)	Categoria di sottosuolo	Stimata sulla base del valore di Vs,eq calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 $V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$ Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II
A partire dal p.c.	264	Oltre 30,0 m	C	

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio ottenuto, mediante analisi MASW fino a -30,0 m dal p.c., utilizzata per il calcolo del parametro Vs,eq (**Fig. 10**).

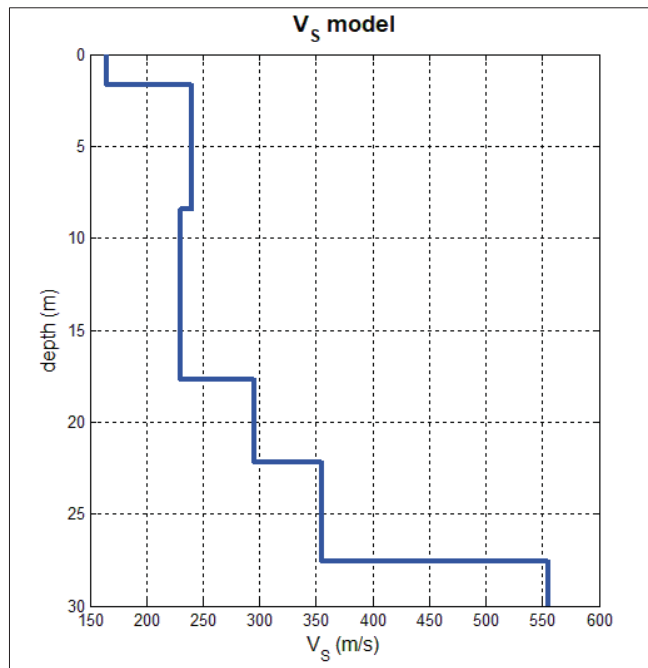


Fig. 10 - Profilo sismostratigrafico ottenuto fino a -30,0 m dal p.c..

4. SISMICITÀ DELL'AREA E AZIONE SISMICA

4.1 Inquadramento sismotettonico

Il territorio del Comune di Leno appartiene al settore centro-settentrionale della Pianura Padana. Strutturalmente l'area è caratterizzata dalla monoclinale pedealpina che si presenta come un settore prevalentemente omoclinalico limitato a Nord dal fronte di sovrascorrimento sudalpino ed a Sud dal fronte di accavallamento esterno dell'Appennino sepolto che nel settore studiato corrisponde alla zona di migrazione che l'arco occidentale delle Pieghe Ferraresi forma con il sistema delle Pieghe Emiliane. In particolare nel settore in cui ricade l'area in esame, posto in corrispondenza della media pianura bresciana, è stata individuata la cosiddetta "zona ostacolo" ritenuta responsabile di tale disallineamento dell'Appennino sepolto e coincidente con una significativa anomalia aereo-magnetica positiva del Basamento Magnetico connessa alla presenza di intrusioni basiche.

A causa del suo comportamento prevalentemente rigido la monoclinale padana non sembra essere stata interessata dalle deformazioni legate alla fase parossistica terziaria sebbene alcuni ricercatori abbiano riconosciuto blandi fenomeni di compressione esercitati dal Fronte Appenninico.

Nella zona della bassa bresciana e mantovana ricerche recenti evidenziano un sistema di faglie dirette con orientamento Est-Ovest con deboli segni di attività anche nel Quaternario. Tali disgiunzioni si possono inquadrare in un prevalente fenomeno di tilting innescato dal forte gradiente di subsidenza. Dati AGIP hanno evidenziato come dal Pliocene ad oggi la depressione Padana sia stata progressivamente colmata, denotando una accentuata subsidenza. In particolare nella zona di migrazione dianzi citata si registra il maggiore spessore dei depositi plio-quadernari dell'avanfossa.

L'evoluzione tettonica di questo settore della pianura a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene è caratterizzata da una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione. Successivamente si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area.

L'area che comprende il Comune di Leno si presenta, in tempi recenti, relativamente stabile sebbene non si escludono lenti movimenti subsidenti. Tale stabilità tettonica risulta particolarmente significativa per quanto concerne l'attività sismogenetica dell'area comunale.

4.2 Sismicità locale

L'attività sismica storica nel basso Garda e più ingenerale nel bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria e risulta correlata alla collocazione, delle aree di studio, tra zone sismogenetiche riferibili, da una parte al fronte alpino e dall'altra al fronte appenninico, sepolti al di sotto della coltre fluvioglaciale-alluvionale della Pianura Padana. Storicamente, nella porzione del basso Garda, si risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici, che colpiscono le provincie di Brescia e Verona. Alcuni sismi recenti, con le massime intensità storiche, si sono risentiti, per la relativa vicinanza con l'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese-Parmense e dell'edificio appenninico sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

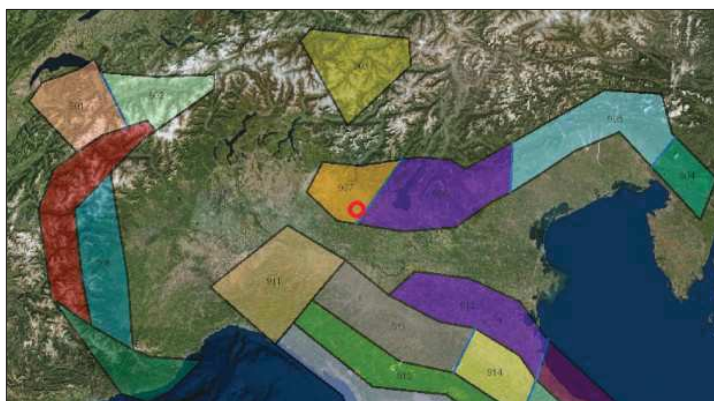
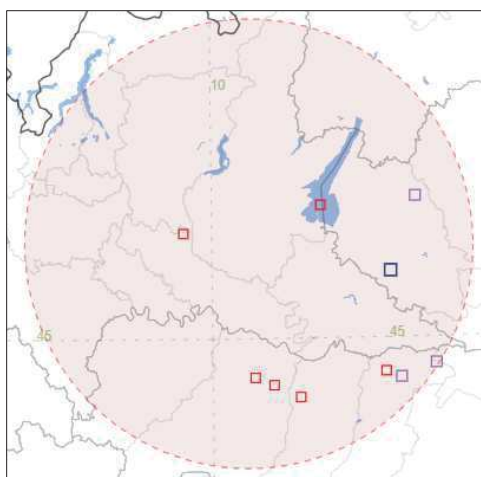


Fig. 11 - Schema Zonazione Sismogenetica ZS9
(tratta dal Geoportale del Ministero dell'Ambiente).

Gli eventi sismici storici sono consultabili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti (CPTI15 - progetto INGV-T3 anno 2016) e sono assegnati mediante l'individuazione della "Zonazione sismogenetica ZS9 (**Fig. 11**) - App. 2 al Rapporto Conclusivo - Marzo 2004" a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica - OPCM 3274/2003 - INGV).

L'area in esame, secondo il modello sismotettonico riassunto nella *zonazione sismogenetica ZS9*, ricade nella zona sorgente 906. Per tale zona sorgente e per quelle limitrofe, si elencano i terremoti, con epicentro collocabile in un'area circolare di raggio pari a circa 100 km e centro in corrispondenza del **Comune di Leno**:



Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
1117	01	03	15	15		Veronese	55	9	6.52
1222	12	25	12	30		Bresciano-Veronese	18	7-8	5.68
1438	06	11	02			Parmense	4	8	5.56
1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	94	8	5.60
1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51
1891	06	07	01	06	14	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
1971	07	15	01	33	23	Parmense	228	8	5.51
2012	05	20	02	03	50	Pianura emiliana	53	7	6.09
2012	05	29	07	00	02	Pianura emiliana	87	7-8	5.90
2012	05	29	10	55	56	Pianura emiliana			5.50

Fig. 12 - Catalogo multiparametrico dei terremoti italiani con magnitudo (M_w) > 5,5 verificatisi in un'area di raggio pari a 100 km dall'area d'indagine (CPTI15 - progetto INGV-T3 anno 2016).

4.3 Normativa sismica vigente

Con il Testo Unico (D.M. 14/01/08), entrato in vigore con la L.77/2009 di conversione del DL 39/2009 (Decreto “Abruzzo”), è divenuto vigente l’obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica. In particolare, con l’Allegato A sono state adottate definitivamente le stime di pericolosità sismica del progetto S1 già comprese nella citata Ordinanza 3519/2006 (**Fig. 13**).

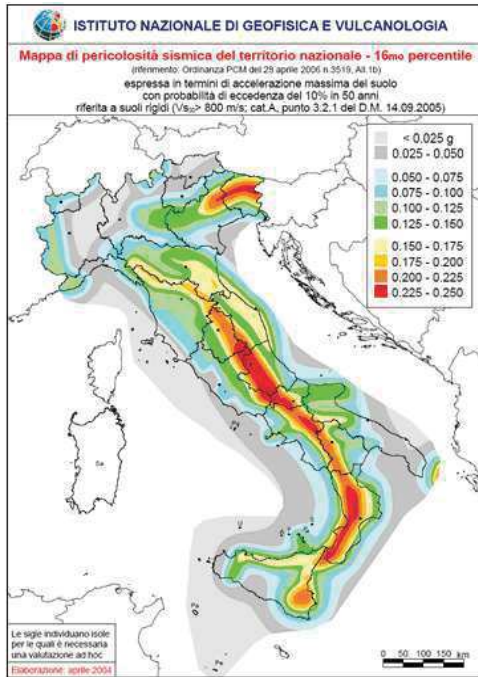


Fig. 13 - Mappa di pericolosità sismica secondo l’OPCM n. 3519 del 28/4/2006.

La redazione della “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” (espressa come accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) allegata all’O.P.C.M. n. 3519/2006 indica però che il comune di **Leno** risulta interessato da una fascia con accelerazione sismica **ag compresa tra 0,125g e 0,150g** (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) riferibile quindi a una **Zona sismica 3**.

La D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129 che ha aggiornato recentemente le zone sismiche in Regione Lombardia, ha lasciato tutto il territorio del Comune di Leno in Zona sismica 3 e ha indicato un valore di a_{gmax} pari a 0,144g.

4.4 Azione sismica di progetto

Per la valutazione dell’Azione Sismica sono stati utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 17/01/18. In questo paragrafo si affrontano quindi, per quanto di pertinenza del Geologo, le eventuali prescrizioni sismiche di pianificazione urbanistica e, considerando le apposite analisi sismiche e geomorfologiche, si forniscono la Cat. di Sottosuolo e la Cat. Topografica di sito, che potranno essere utilizzate per la stima dell’Azione Sismica e più in generale per la progettazione prevista.

Mediante il foglio elettronico Excel “Spettri-NTC (ver. 1.0.3)” è stato possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica utilizzabili per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV. Per la definizione degli Spettri di

Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, è necessaria la conoscenza e la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti dell'opera di progetto.

È stata infine presa in esame la stabilità del sito nei confronti della liquefazione, come richiesto al paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018.

■ Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica

Viene di seguito eseguita la classificazione dei terreni di fondazione secondo quanto previsto dalle norme tecniche allegate al D.M. 17/01/18 ed in particolare tenendo conto di quanto indicato nella *Tabella 3.2.II* (Categorie di sottosuolo), allegate al testo unico.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/18:

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

Secondo il D.M. 17/01/18, quindi, e tenuto conto dei risultati dell'indagine sismica MASW eseguita all'interno del lotto di progetto, è stato calcolato un valore di $V_{s,eq}$ pari a 264 m/s e quindi il sito di progetto ricadrebbe in una "categoria di sottosuolo C".

Secondo quanto indicato nella carta "*Pericolosità sismica locale*", per il primo livello di approfondimento sismico del P.G.T. del Comune di Leno, l'area investigata non ricadrebbe in una zona interessata da alcun scenario di pericolosità sismica locale (**Fig. 14**).

Tuttavia in base ai contenuti della DGR 30 novembre 2011 - n. IX/2616 e facendo riferimento alla tabella in esso contenuta, l'area in esame può essere considerata ricadente entro lo **Scenario di Pericolosità Sismica Z4a** "*Zona riferibile alla media pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi*", così come previsto nei diversi PGT limitrofi al comune di Leno che ricadono in zone di pianura omologhe.

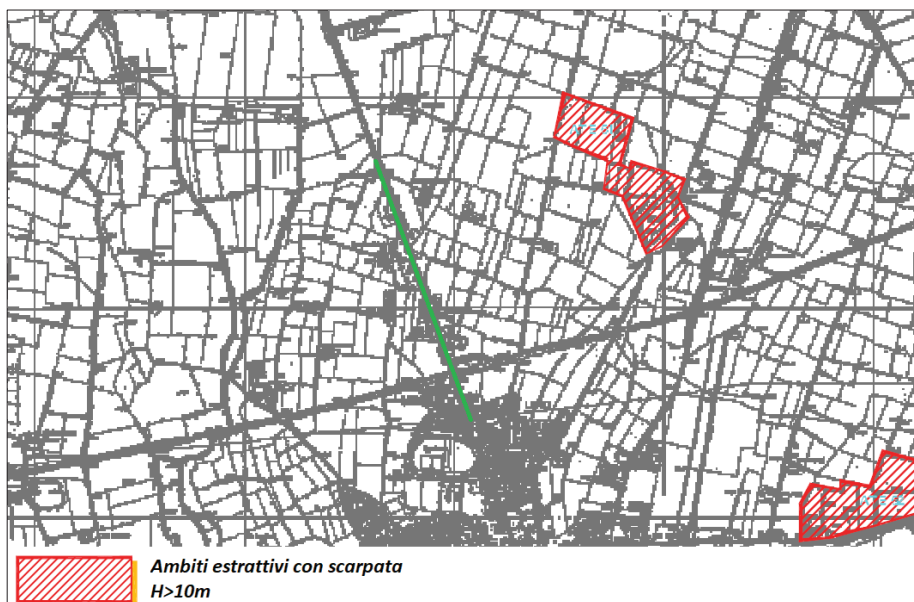


Fig. 14 - Stralcio della carta "*Pericolosità Sismica Locale*" (Tav. 4)
allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione del tracciato di progetto.

Pertanto, per lo scenario di pericolosità sismica ipotizzato (Z4a), tenendo conto del valore di $V_{s,eq}$ ottenuto, di quanto previsto dalla suddetta normativa regionale vigente e dell'assenza di approfondimenti all'interno dello Studio Geologico Comunale, è stato scelto di eseguire una valutazione del rischio sismico sito-specifica (ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 2011) correlata a fattori predisponenti e potenziali fenomeni di amplificazione sismica per effetti litologici (Scenari di Pericolosità Sismica Locale Z4). A riguardo si riportano di seguito i risultati analitici, l'esplicazione grafica e i dettagli di calcolo dei fattori di amplificazione F_a di sito.

Analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici e del Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento - All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011).

In accordo con la procedura, la successione stratigrafica di riferimento, cioè lo spessore e la velocità di ciascuno strato, come definiti nel modello geofisico medio partendo dal piano di posa delle fondazioni, sono stati riportati nelle "Schede di Stima degli Effetti Litologici". Rispettando soprattutto i campi di validità e le caratteristiche granulometriche dei terreni presenti in sito è stata eseguita una verifica dei valori dei Fattori di amplificazione di sito (F_a) rispetto a quelli di "soglia comunale", utilizzando la scheda relativa alla litologia "limoso-sabbiosa Tipo 2 - curva 2", di cui si riporta l'esplicazione grafica ed analitica (**Fig. 15**).

Si specifica che, per i limiti intrinseci delle metodologie d'indagine utilizzate e della tipologia della successione stratigrafica del sito in esame, non è stato possibile raggiungere il bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s), utile per il calcolo del periodo di vibrazione del sito (T). Per questo motivo, la ricostruzione dell'andamento dei valori di V_s fino al valore di 800 m/s è stata stimata sulla base del gradiente di V_s nei primi 30 m indagati e considerando l'assenza di "importanti" orizzonti stratigrafici ipotizzabili rigidi, fino alla profondità di circa -100,0 m dal p.c., alla quale sono segnalati orizzonti conglomeratici associabili al bedrock sismico, come desunto dalla stratigrafia del Pozzo 3 in allegato.

Considerando quindi il gradiente di V_s , la mancanza di strati rigidi fino ad almeno 30 m, il carico litostatico agente a profondità di oltre 90-100 m dal p.c., il bedrock sismico è stato assegnato ad una profondità di -101,0 m dal piano campagna generale.

I risultati ottenuti hanno verificato che sia per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s, che per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 si ottengono valori di F_a di sito inferiori ai valori di F_a di soglia previsti per la **categoria di sottosuolo "C"** (definita per il sito d'interesse).

Pertanto, i parametri sismici della normativa sismica vigente, sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica ($FAC < FAS$).

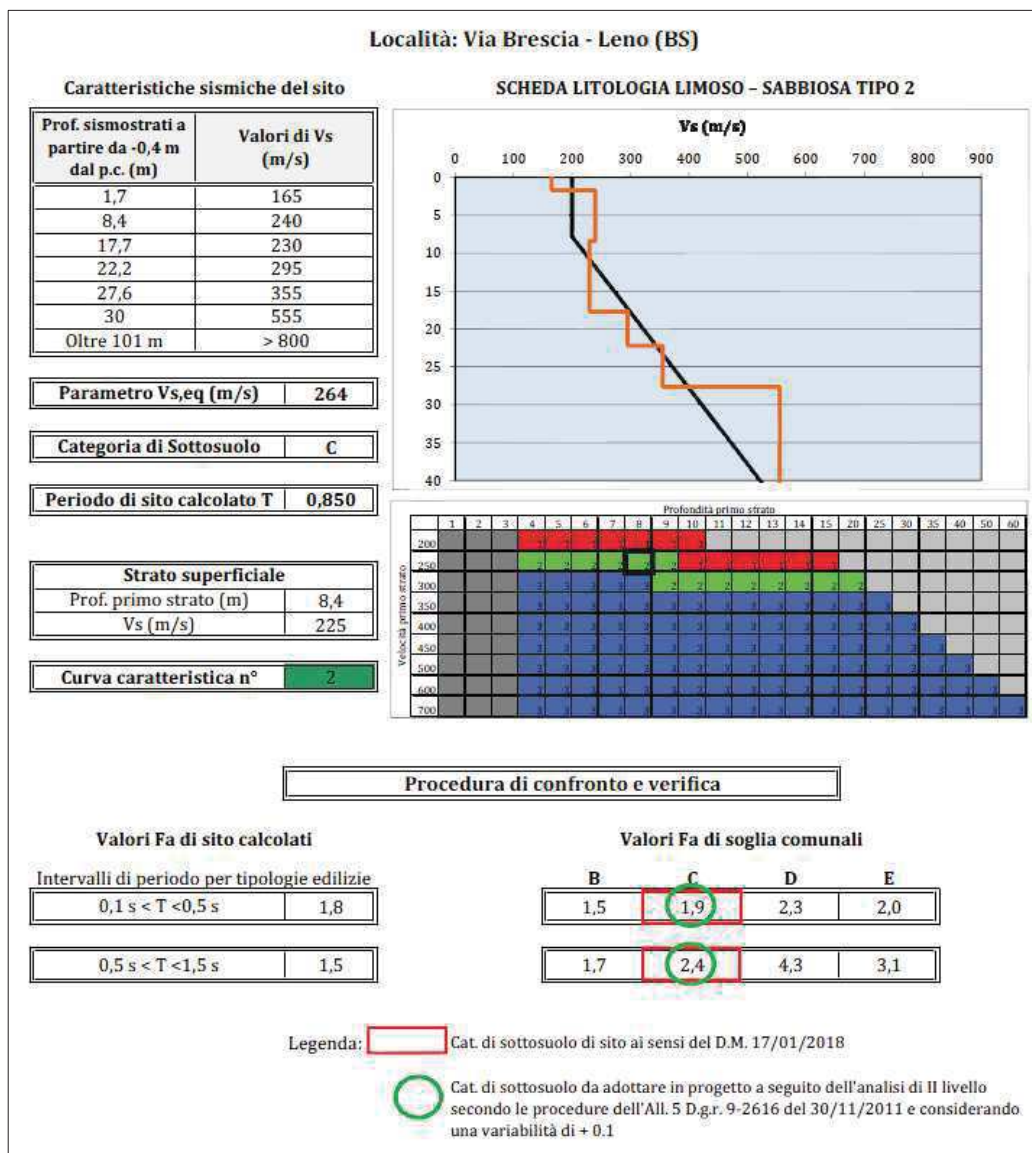


Fig. 15 - Stima degli effetti litologici - Analisi di 2° livello
secondo le procedure previste dall'All. 5 - D.G.R. 9-2616 del 30/11/2011.

Per quanto concerne le caratteristiche geomorfologiche facendo riferimento alla tabella 3.2.III del D.M. 17/01/2018 e analizzando la cartografia dell'area di studio a scale da 1:5.000 a 1:10.000, si ritiene che il sito di progetto è inserito in un contesto caratterizzato da una morfologia debolmente inclinata con inclinazione media < 15°. Si potrà dunque tenere conto di una **categoria topografica T1**, alla quale, secondo quanto riportato nella sopracitata Tabella 3.2.III, corrisponde un coefficiente topografico **S_t pari a 1,0**.

■ **Pericolosità Sismica del Sito (parametri di riferimento)**

Attraverso il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, partendo dall'identificazione geografica del punto mediano del sito di progetto (**Longitudine: 10,211191 – Latitudine: 45,381603**), sono stati stimati, per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla Pericolosità Sismica.

Per l'analisi dell'azione sismica di progetto sono stati utilizzati i parametri di seguito riassunti. In funzione delle scelte progettuali adottate è stata considerata un'opera di **Classe d'Uso II** con vita utile 50 anni.

Categoria di sottosuolo	C			
Categoria Topografica	T1			
Fattore di amplificazione morfologica St	1,0			
Classe d'uso dell'edificio	II			
Vita Nominale della costruzione (in anni) - VN	50			
Coefficiente d'uso della costruzione - CU	1,0			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) TR	SLO 30	SLD 50	SLV 475	SLC 975

Parametri di input per la determinazione dell'azione di progetto.

Vengono di seguito riportati i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla pericolosità sismica, calcolati secondo la strategia di progettazione ordinaria.

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
SLO	30	0,038	2,478	0,212
SLD	50	0,050	2,444	0,240
SLV	475	0,138	2,432	0,273
SLC	975	0,182	2,442	0,275

Si allegano inoltre gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL e i diagrammi con la variabilità dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL (**Fig. 16**).

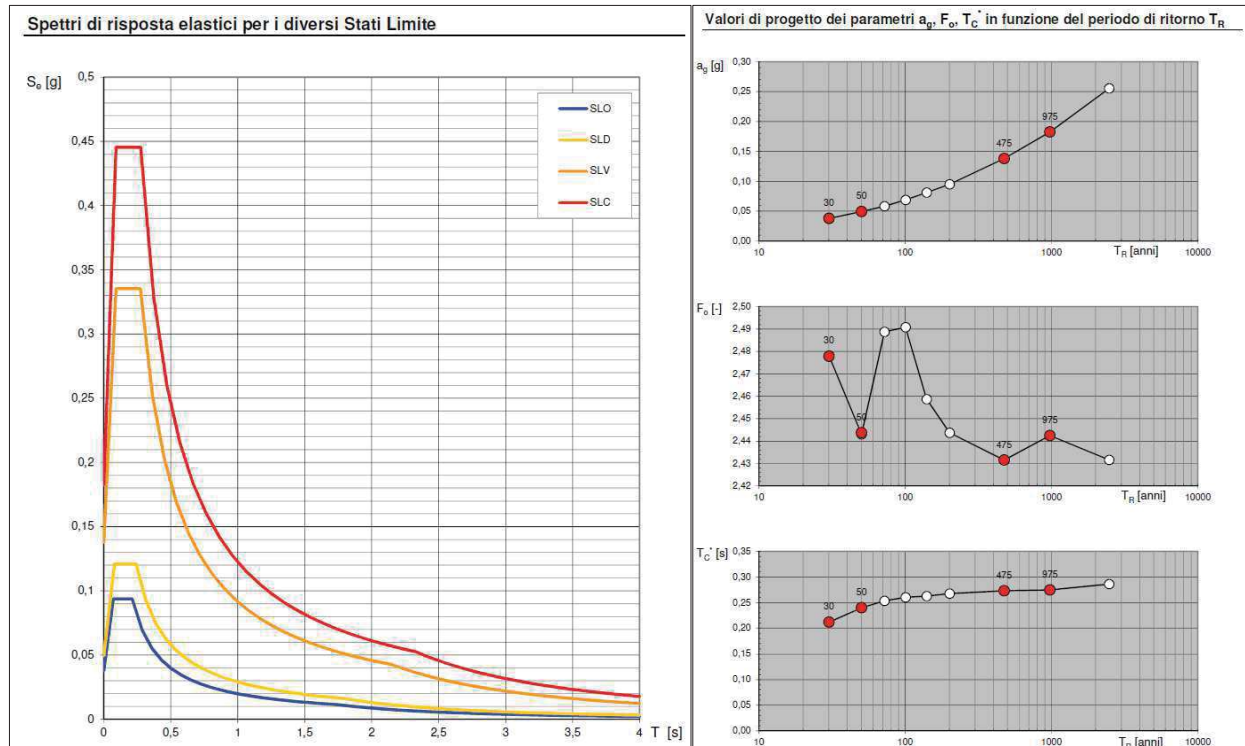


Fig. 16 - Spettri di risposta elastici e diagrammi di variabilità di a_g , F_0 e T_c^* .

■ Amplificazione Stratigrafica (S_s)

L'influenza del profilo sismostratigrafico sulla risposta sismica locale è stata valuta con riferimento alla categoria di sottosuolo. Per l'intervento di progetto e per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), si riportano i seguenti valori di *coefficiente di amplificazione stratigrafica* (S_s) e di *coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo* (C_c). Questi sono stati calcolati in funzione di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite dalla *Tabella 3.2.IV* del D.M. 17/01/18.

Categoria di sottosuolo C					
SLD	S_s	1,500	SLV	S_s	1,499
	C_c	1,681		C_c	1,611

■ Stabilità del sito nei confronti della liquefazione

Il *fenomeno della liquefazione* è governato dalla generazione e dall'accumulo di eccessi di pressione interstiziale, in occasione di un terremoto, in sabbie e sabbie limose, sature e poco addensate. I dati sperimentali di letteratura mettono in evidenza che l'incremento della pressione interstiziale avviene in risposta alle sollecitazioni cicliche tangenziali a cui un elemento di volume di terreno è sottoposto in condizioni non drenate durante lo scuotimento sismico. Per tale elemento di volume, il valore finale della pressione interstiziale è funzione delle caratteristiche del moto sismico, cioè ampiezza, contenuto in frequenza e numero di cicli, ovvero durata. Per la determinazione del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione, sono state considerate le "*circostanze di esclusione*" dalla verifica alla liquefazione elencate al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018. Secondo il

suddetto punto, (articolo 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione”) è possibile omettere la verifica alla liquefazione quando si manifesta, in ordine, almeno una delle seguenti condizioni:

Analisi delle condizioni per l'esclusione alla verifica a liquefazione:

comma 1. l'accelerazione massima attesa al piano campagna viene *calcolata* considerando i parametri riferiti allo Stato Limite Ultimo SLV, relativi alla categoria “C”, mediante la seguente relazione: $a_{g \text{ max suolo}} = a_g \times S_s \times S_t$. Riepilogando i parametri utilizzati sono i seguenti:

a_g	0,138
S_s	1,499
S_t	1,0

Il valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale è risultato essere pari a 0,207 g e risulta quindi superiore a quello di esclusione indicato dal *comma 1* (non verificato).

comma 2. per l'area oggetto di indagine, alla luce dell'assetto idrogeologico descritto, è stata ipotizzata una falda acquifera freatica, a partire da circa -2,08/-2,73 m dal p.c. e contenuta in livelli grossolani permeabili superficiali (non verificato).

comma 3. in base alle indagini svolte in sito e al modello geologico-stratigrafico proposto non sono stati rilevati depositi costituiti da sabbie pulite e quindi tale condizione non risulta direttamente applicabile.

comma 4. dal modello geologico-geotecnico redatto, oltre il primo strato rimaneggiato/vegetale superficiale, in accordo con la stratigrafia dei pozzi in allegato, sono presenti depositi riferibili ad alluvioni fluvio-glaciali costituiti prevalentemente da ghiaia e sabbia con presenza di locali lenti limose, con granulometria probabilmente interna alle curve normative di *Figura 7.11.1(a) e 7.11.1(b)* del D.M. 17/01/2018 (non verificato).

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, si ritiene quindi a favore di cautela, soprattutto in assenza di specifiche analisi granulometriche, di procedere alla verifica alla liquefazione secondo metodi di II Livello.

Calcolo della suscettibilità alla liquefazione - Metodo Boulanger e Idriss (2004)

È stato quindi eseguito tramite il software *ProgramGeo (Liquef)* il calcolo per la valutazione del potenziale di liquefazione condotto mediante il metodo semplificato di *Boulanger e Idriss (2014)*. Il metodo scelto è uno dei più noti ed utilizzati metodi semplificati e richiede la conoscenza di pochi parametri geotecnici quali la granulometria stimata (% di fine), il numero dei colpi nella prova SCPT, il peso di volume e alcuni parametri simili quali l'accelerazione sismica massima (a_g) e la magnitudo di riferimento ($M=4,9$ - metodo della disaggregazione ottenuto dal portale INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). I metodi semplificati si basano sul calcolo della resistenza del deposito alla liquefazione valutata con un coefficiente di sicurezza (F_s), calcolato mediante il rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (CRR) e lo sforzo di taglio massimo indotto dal sisma (CSR).

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito è considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza è minore di 1 (di 1,25 secondo l'Eurocodice 8). La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, ricavato dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche eseguite. Per l'applicazione del metodo prescelto quindi, sulla scorta dei risultati delle Prove SCPT e del modello geologico proposto nel Cap. 6, sono stati utilizzati parametri derivati da una stima ragionata e molto cautelativa dei valori numerici. I risultati riportati in **Fig. 17** si riferiscono alla situazione descritta per strati omogenei individuati all'interno del modello geotecnico (vedi Cap. 6).

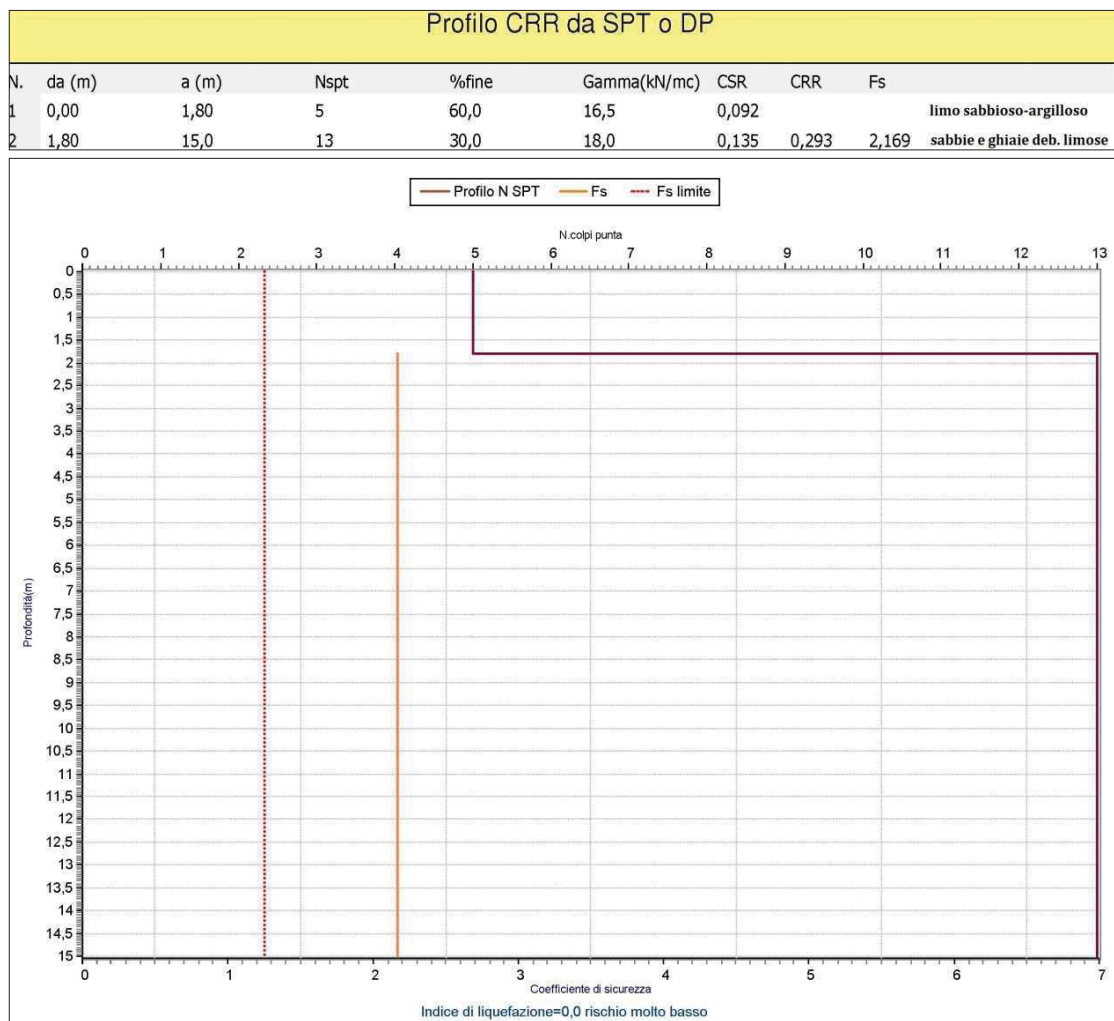


Fig. 17 - Risultati analitici dell'applicazione del metodo semplificato Boulanger e Idriss (2014) per il calcolo del fattore di sicurezza F_s .

Dall'analisi dei risultati ottenuti non si riscontra, per gli strati suscettibili a liquefazione, ovvero lo Strato 2 (prevalentemente sabbioso e ritenuto omogeneo fino ad almeno la profondità di almeno 15 m) considerato cautelativamente tutto in falda, un coefficiente di sicurezza alla liquefazione F_s superiore al Fattore di Sicurezza considerato pari a 1,25 (1,1 per la regione Lombardia). Di conseguenza l'indice di liquefazione all'interno del sito di progetto risulta pari a zero.

5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO

Dall'analisi della cartografia allegata allo *Studio Geologico* redatto per la "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio" di Leno, è stato verificato che il sito di progetto ricade nella **Classe di Fattibilità 2 (Fig. 18) con modeste limitazioni d'uso**.

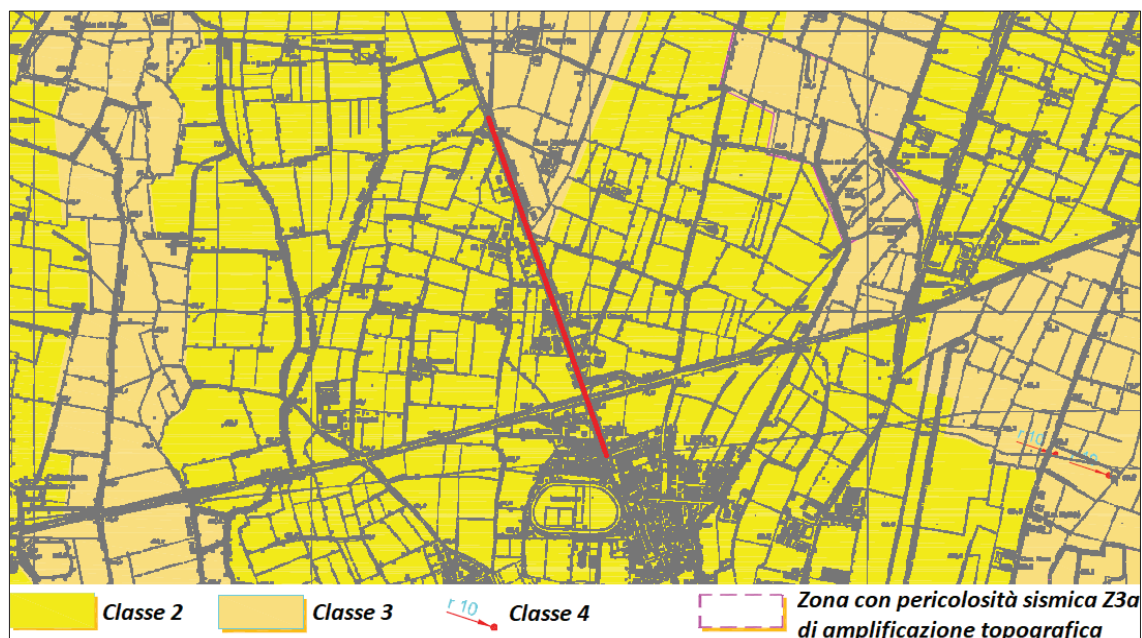


Fig. 18 - Stralcio della carta "Fattibilità delle Azioni di Piano" (Tav. 6), allegata allo *Studio Geologico* del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

Per tale classe di Fattibilità Geologica, lo *Studio Geologico* allegato P.G.T. comunale prevede solo alcune limitazioni ed eventuali approfondimenti da effettuare in funzione delle specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della sottoclasse individuata, di seguito enunciata:

✓ **CLASSE 2** (Aree contraddistinte da bassa soggiacenza della falda ma vulnerabilità non elevata, e aree con limitata capacità portante)

Per questa sottoclasse sono previste le tipologie di opere di progetto proposte e per essa è stata valutata la compatibilità dell'intervento con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, con particolare attenzione alla caratterizzazione geotecnica, accertando lo spessore delle coperture superficiali e i parametri caratteristici dei terreni indagati.

In definitiva nell'area in esame non si segnalano, per la Fattibilità Geologica assegnata e per le corrispondenti limitazioni previste, scelte progettuali e fenomeni in atto in grado di modificare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche ed idrografiche dell'area. Inoltre, si ritiene che gli interventi di progetto, se eseguiti nel rispetto della verifica della stabilità delle arginature interessate, non risultino in grado di indurre situazioni di dissesto o modificare il valore morfologico-paesaggistico del territorio.

Gli interventi di progetto inoltre, risultano compatibili con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee, non introducendo alcun impatto sulle acque di falda, qualora gli sbancamenti per la posa degli strati di base della nuova pista ciclabile, interessassero solo lo Strato 1 rilevato fino a -1,5/-2,1 m dal p.c.

Qualora invece le opere progettuali riguarderanno appoggi diretti entro l'unità a buone caratteristiche geotecniche, ovvero entro lo Strato 2, in merito alla vulnerabilità delle acque della falda freatica superficiale, bisognerà garantire che le attività di cantiere e i prodotti utilizzati per la realizzazione del nuovo tracciato, non saranno potenzialmente idroinquinanti. In tal caso, bisognerà prevedere l'iterazione con le acque di falda e dovranno essere utilizzate idonee tecniche realizzative e utilizzo di materiali impermeabilizzanti.

In ogni caso, visto la diretta iterazione con i corsi con la sponda fluviale in sinistra idrografica del Naviglio e della Seriola Rassica, le attività di cantiere dovranno essere svolte nel rispetto delle norme vigenti in termini di sicurezza sui luoghi di lavoro e di rispetto delle normative vigenti in materia ambientale.

Alla luce quindi del presente studio geologico e in base alla caratterizzazione geotecnica di seguito proposta, si specifica che gli interventi di progetto, se eseguiti secondo le modalità realizzative prescritte sono compatibili con lo scenario fattibilità generale previsto per l'area oggetto di studio.

Nella classe di fattibilità individuata, risultano quindi consentite tutte le tipologie di intervento. Secondo i regolamenti di Piano, la loro realizzazione è subordinata comunque alla predisposizione di una relazione geologica e geotecnica eseguita ai sensi del D.M. 17/01/2018, così come ampiamente trattato nel presente elaborato.

Nello stesso Studio Geologico comunale si segnala la presenza, di **Normative di Vincolo** lungo il tracciato d'intervento, istituite per tre differenti corsi fluviali appartenenti al RIM, con direzioni di scorrimento parallele all'andamento dell'opera progettuale. In particolare, il Naviglio (in corrispondenza del tratto Nord del tracciato) e la Seriola Rassica (lungo il tratto Sud) scorrono in adiacenza, sul lato Ovest, del manto stradale di Via Brescia e quindi del tracciato d'interesse, e per essi è stata istituita una fascia di rispetto pari a 5 m. Ad Est, e in adiacenza della sede stradale di Via Brescia scorre la Seriola Lavaculo, per la quale è stata istituita una fascia di rispetto pari a 10 m, fino all'altezza di Loc. Cascina Trecolori, e una fascia di rispetto di larghezza pari a 5 m per il restante tratto che prosegue verso Sud.

Secondo le "Norme Tecniche" allegate allo Studio del Reticolo Idrico Comunale vigente, la realizzazione delle opere e degli interventi progettuali, presi in considerazione dal presente studio, rientrano tra quelle previste, in quanto è possibile inquadrarle come "realizzazione di infrastrutture lineari (viabilità, percorsi pedonali e ciclabili)" come espressamente citate nel medesimo Studio Comunale. Secondo quest'ultimo gli interventi dovranno comunque "garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati" e "non devono comportare una riduzione della sezione del corso d'acqua". Il progetto dell'intervento dovrà infine essere "accompagnato da: verifica idraulica del deflusso della portata di piena attraverso la sezione situata a monte dell'area interessata dalle opere; verifica della necessità di eventuali opere di difesa delle aree circostanti".

B. RELAZIONE GEOTECNICA R2

6. MODELLO GEOTECNICO – VALORI CARATTERISTICI

Sulla scorta dei dati geognostici ricavati dalle indagini in sito (Prove Penetrometriche Dinamiche SCPT e Prospezione Sismica MASW+HVSr) e dall'elaborazione degli stessi, mediante formule di letteratura, sono stati individuati, da una stima ragionata e cautelativa, i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Viene di seguito schematizzata la successione stratigrafica delle unità geotecniche riconosciute, riportando i valori del modello geotecnico medio adottato, partendo dall'alto verso il basso e prendendo come quota di riferimento il ripiano alto su cui sorge l'edificio esistente di progetto.

- ✓ Unità Geotecnica S (Strato 1): Terreni superficiali di natura limoso-sabbiosa che costituiscono gli argini del Torrente Naviglio e della Seriola Rassica, non idonei all'appoggio diretto delle nuove strutture.
- ✓ Unità Geotecnica A (Strato 2): Depositi Alluvionali/Fluvioglaciali costituiti da sabbie e ghiaie con locale presenza di lenti limose. Dai dati sismostratigrafici tale unità sembra possedere continuità fino ad almeno -22/-23 m dal p.c.; oltre tale profondità si ipotizza la presenza di depositi grossolani maggiormente addensati, appartenenti alla medesima sequenza fluvioglaciale.

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ_{nat} (t/m ³)	C_u (kPa)	C' (kPa)	ϕ	D_r %	E (kg/cm ²)	Denominazione AGI
STRATO 1							
da 0,0 a -1,5/-2,1 m	1,65	--	10,4	26°-27°	30-40	20	Scarsamente addensato
STRATO 2							
Oltre -1,5/-2,1 m	1,80	--	9,7	30°-31°	50-60	85-100	Moderatamente addensato

γ_{nat} = Peso unitario del terreno, C_u = Resistenza non drenata,

ϕ = Angolo di resistenza al taglio, D_r = Densità relativa Skempton, E = modulo di deformazione.

Alla luce di tale ipotesi evidenziate dai risultati delle prove penetrometriche nel sito di indagine, si ritiene di poter eseguire i calcoli geotecnici in condizioni drenate, trascurando cautelativamente la componente coesiva dei terreni di fondazione.

Per il valore di **coesione efficace C'** attribuito allo strato superficiale scarsamente addensato, utilizzato per la verifica della stabilità globale dell'opera di progetto a breve termine e quindi ancora in condizioni drenate, considerando l'assenza di specifiche prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati, è stato scelto di utilizzare la relazione proposta da Cherubini C. (2000 – "Reliability evaluation of shallow foundation bearing capacity on C', ϕ soils" Can. Geotech. J., 37, 264-269), di seguito riportata:

$$c' = (-0.1793 \cdot \phi + 15.21)$$

7. SPECIFICHE DI PROGETTO E PRESCRIZIONI REALIZZATIVE

Gli interventi di progetto considerati riguardano la realizzazione di un nuovo tratto di pista ciclabile, di larghezza pari a circa 2,5 m, in corrispondenza del bordo stradale occidentale di Via Brescia, in sinistra idrografica del *Naviglio* e della *Seriola Rassica* che, nel settore di interesse, scorrono in adiacenza al lato occidentale della sede stradale di Via Brescia nel Comune di Leno (BS).

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione interessati dal progetto, nel mese di Settembre 2018 è stata condotta, nell'area in esame, un'indagine geognostica consistita nell'esecuzione di n°4 prove penetrometriche di tipo dinamico (SCPT-DPSH) ed una prospezione sismica MASW+HVSr. In funzione del modello geologico e geotecnico redatto e dello stato dei luoghi, si riportano di seguito le principali prescrizioni da tenere in considerazione in fase esecutiva:

- a. Dall'analisi delle verticali di prova, eseguite lungo il tracciato di progetto, è stato possibile verificare che l'area in esame è caratterizzata, fino a circa -1,5/-2,1 m dal p.c., dalla presenza di terreni superficiali di natura limoso-sabbioso-argillosa, che costituiscono l'argine dei suddetti corsi d'acqua, con caratteristiche geotecniche molto scadenti (**Unità S - Strato 1**). Oltre sono stati riscontrati depositi in prevalenza sabbioso-ghiaiosi a tratti limosi, a discrete/buone caratteristiche geotecniche (**Unità A - Strato 2**).
- b. Visto il particolare assetto geomorfologico ed idrografico che caratterizza il tracciato di progetto, e data la necessità di non intaccare o rimaneggiare i settori spondali del Naviglio e della Seriola Rassica, si ritiene di escludere la soluzione progettuale che comporterebbe scavi, anche se in sezione ristretta, per una bonifica geotecnica finalizzata al raggiungimento dell'Unità geotecnica A (Strato 2) idonea all'appoggio diretto degli strati di fondazione. Tale soluzione avrebbe comportato per altro la possibilità di intercettare le acque di falda in stretta connessione con il livello idrico di base dei corsi d'acqua stessi.
- c. Si prescrive quindi, data la particolarità dell'opera (realizzazione di una sorta di mensola a sbalzo al di sopra di parte dell'alveo del reticolo idrico in adiacenza alla ciclopedonale) la realizzazione di pali di fondazione che garantiscano il corretto trasferimento dei carichi di esercizio allo Strato 2, la possibilità di lavorare per trazione riducendo il momento flettente della mensola e la possibilità di ridurre il cedimento delle sovrastrutture a valori prossimi allo zero.
- d. Alla luce della situazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo di fondazione rilevata, schematizzata nelle sezioni di seguito riportate (*figg. 19-20*), si potrebbe prevedere l'esecuzione di **fondazioni profonde mediante pali trivellati** o di **tipo vibroinfisso** idoneamente intestati entro i depositi sabbioso-ghiaiosi debolmente limosi, da moderatamente addensati ad addensati dell'Unità geotecnica A (**Strato 2**).

- e. Le fondazioni profonde mediante pali, dimensionate in funzione dei carichi progettuali dell'opera prevista, e della disposizione delle sue strutture, dovranno essere **attestate sino alla profondità di almeno -3,5/-4,6 m dal piano finito di lavoro** (-0,5 m dall'attuale ciglio di scarpata), in modo da garantire un adeguato immorsamento negli orizzonti per lo più moderatamente addensati, riconosciuti a partire da circa -1,5/-2,1 m dal p.c. nelle zone di immediato interesse progettuale.
- f. Le strutture di fondazione così realizzate potranno essere in grado di garantire valori necessari di portata allo stato limite ultimo e di esercizio, con cedimenti delle sovrastrutture ridotti o annullati.
- g. Per la scelta della tecnologia di esecuzione più idonea, si specifica che lo *Strato 2 (Unità A)* è costituito da materiale ghiaioso che potrebbe offrire elevate resistenze alla vibroinfissione o alla infissione dei pali per battuta. Vista la particolare tecnologia scelta e consigliata per l'esecuzione dei pali di fondazione, rimane ben inteso che, qualora ci fosse necessità di monitorare le attività di perforazione, sarà compito dell'impresa incaricata controllare le attività in corso d'opera.
- h. Sarà cura della ditta esecutrice l'eventuale messa in opera di pali pilota con relativi collaudi mediante prove di carico. Per la definizione delle normative più idonee da utilizzare per la tipologia di opera di progetto si rimanda al Progettista delle strutture di fondazione.
- i. Si segnala che, durante l'esecuzione delle indagini geotecniche, è stata misurata la presenza di acquiferi superficiali proprio all'interfaccia, o poco oltre, tra lo *Strato 1* e lo *Strato 2*, a partire da -2,08/-2,73 m dal p.c. (**Figg. 19 e 20**).

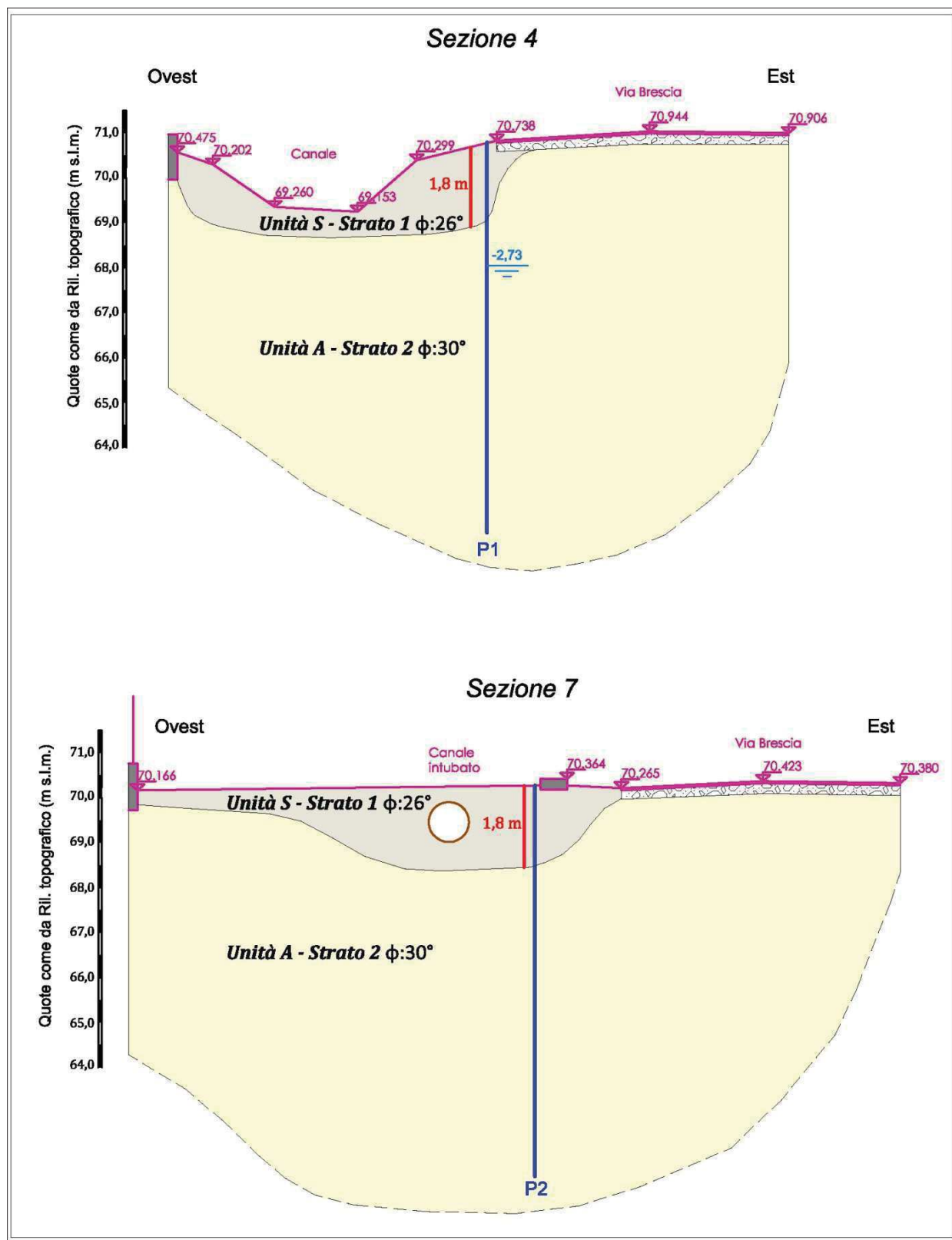


Fig. 19 - Sezioni n°4-7 Geologico-geotecniche interpretative dello stato di fatto, con ubicazione delle verticali di prova penetrometrica ed individuazione degli orizzonti litostratigrafici riconosciuti.

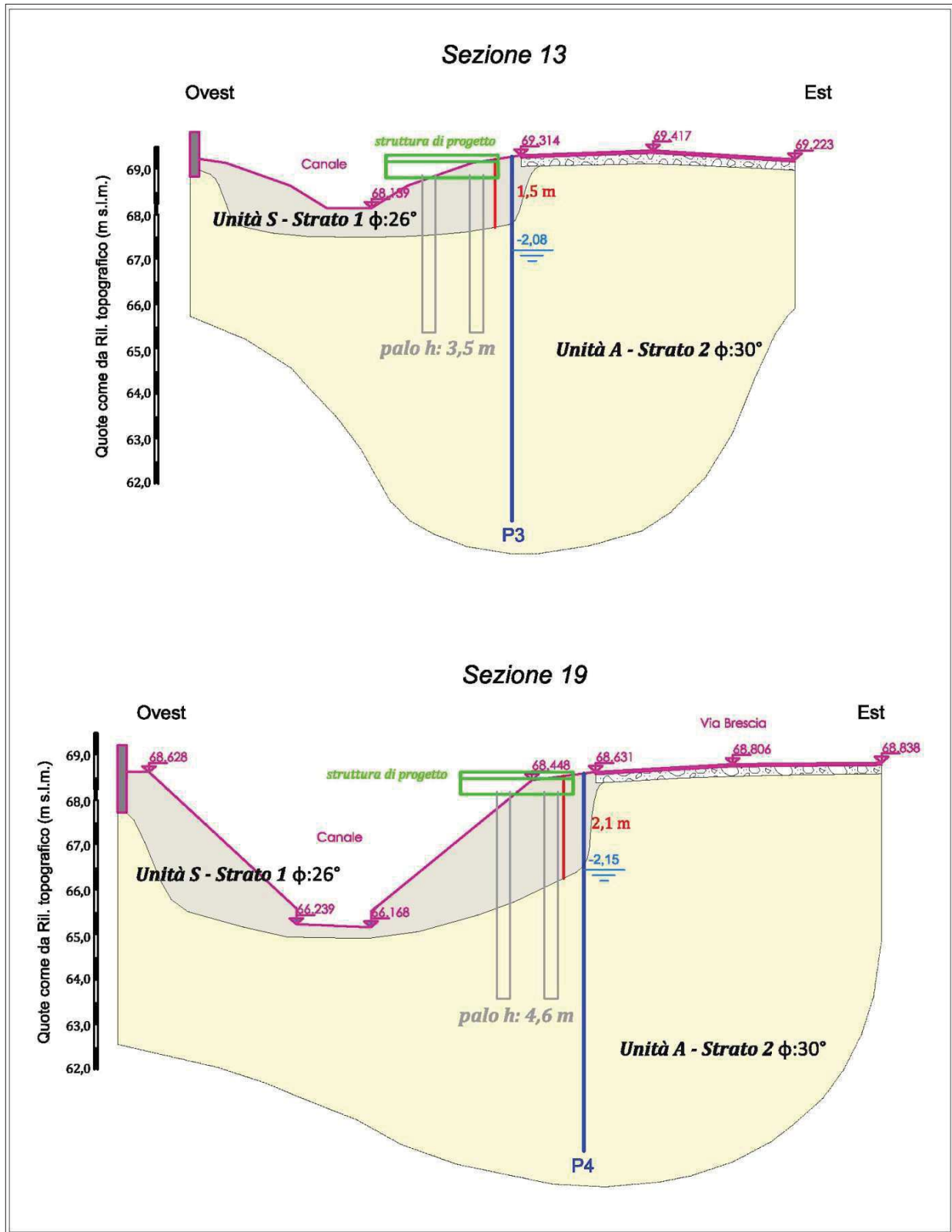


Fig. 20 - Sezioni n°13-19 Geologico-geotecniche interpretative dello stato di fatto con indicazione dell'opera progettuale e delle caratteristiche delle fondazioni profonde prescritte e con ubicazione delle verticali di prova penetrometrica ed individuazione degli orizzonti litostratigrafici riconosciuti.

8. CONCLUSIONI

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del **D.M. 14/01/2008** e del **D.M. 17/01/2018** e contempla i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica ivi prescritti, costituendo documento idoneo per il rilascio della concessione edilizia, sulla base del progetto ad esso allegato. Lo studio inoltre è stato condotto secondo le normative regionali vigenti e considerando la **D.G.R. 30 Novembre 2011 - n. IX/2616** "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio" (art. 57 comma 1 della l.r. 11 Marzo 2005 n. 12) e secondo quanto previsto dal P.G.T. del comune di Leno (BS). Nel presente elaborato sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti di carattere geologico e normativo:

- ✓ Sulla base del **modello geologico-geotecnico** definito, è stata prescritta l'unità geotecnica idonea all'appoggio delle strutture di fondazione di progetto (*Unità A – Strato 2*) e sono state fornite le prescrizioni sulle procedure progettuali da adottare in merito agli interventi proposti, in funzione anche delle caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche del sito di progetto.
- ✓ Dall'analisi della cartografia allegata alle Norme di piano comunale, nell'area in esame, non si segnalano, per la classe di **Fattibilità Geologica 2** e per le corrispondenti limitazioni previste, fenomeni geomorfici in atto o potenziali, in grado di indurre innesco di eventi franosi. Si ritiene che gli interventi di progetto, come configurati, non risultino in grado di indurre situazioni di dissesto e di pericolo a carattere idrogeologico. Nell'area in esame si segnalano inoltre **Normative di vincolo** correlate agli elementi idrografici che interagiscono con le opere di progetto; quest'ultime rientrano nell'elenco di quelle previste entro tali aree di vincolo.
- ✓ Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale all'area in esame è stata assegnata, in mancanza di precise indicazioni nello "Studio della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T." di Leno, entro lo scenario di **pericolosità sismica Z4a** "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi".
- ✓ Per lo scenario di pericolosità Z4a è stata eseguita un'analisi sito-specifica (I Grado di approfondimento – APP 5 secondo quanto indicato nella DGR 5001/2016) per la Stima del Fattore di Amplificazione di sito. I risultati ottenuti hanno verificato che sia per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s, che per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 si ottengono valori di Fa di sito compatibili con i valori di Fa di soglia previsti per la **categoria di sottosuolo "C"** ($FAC < FAS$).
- ✓ È stato determinato il potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione considerando prima le "circostanze di esclusione" dalla verifica alla liquefazione elencate al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018, e in seguito applicando il II Grado di approfondimento mediante metodi semplificati (*Boulanger e Idriss - 2014*), ritenendo in ultima analisi i **terreni del sito d'interesse non soggetti a liquefazione**.

- ✓ Sono stati infine forniti i parametri geotecnici caratteristici di ciascuna Unità lito-stratigrafica individuata nel modello geologico fornito, utili in fase esecutiva ad intraprendere le idonee scelte in merito alle tipologie di strutture di fondazione prescritte, rimandando quindi al Progettista incaricato ogni valutazione inerente i calcoli relativi alle strutture stesse.

Considerando infine un certo grado di imprevedibilità intrinseco delle formazioni geologiche, si rimanda al progettista l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto (mediante indagine per punti) e quanto effettivamente verrà riscontrato (arealmente durante gli scavi per la preparazione dei piani di lavoro e di posa), adottando in caso idonee soluzioni progettuali.

Sulla base del quadro normativo fornito e delle caratteristiche geologico-geotecniche ed idrogeologiche dell'area in oggetto, gli interventi di progetto realizzazione della nuova pista ciclabile, se eseguiti secondo le indicazioni e le prescrizioni riportate nel presente studio, risultano compatibili con la destinazione d'uso prevista e con le Norme di Piano vigenti.

Il presente elaborato è conforme a quanto previsto dalle nuove normative regionali in materia di vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche (**L.R. 33/2015, D.G.R. 5001/2016**) e aggiornamento della classificazione sismica regionale (**DGR 2129/2014**).

In merito alla procedura di "*deposito sismico del progetto*" (zona sismica 3), si allega la modulistica riportante i dati anagrafici del sottoscritto, il Modulo 9 di dichiarazione/asseverazione del Geologo e il Modulo 10 di dichiarazione/asseverazione dell'estensore della Relazione Geotecnica, firmati anche digitalmente per l'eventuale gestione informatica della pratica sui portali web dedicati.

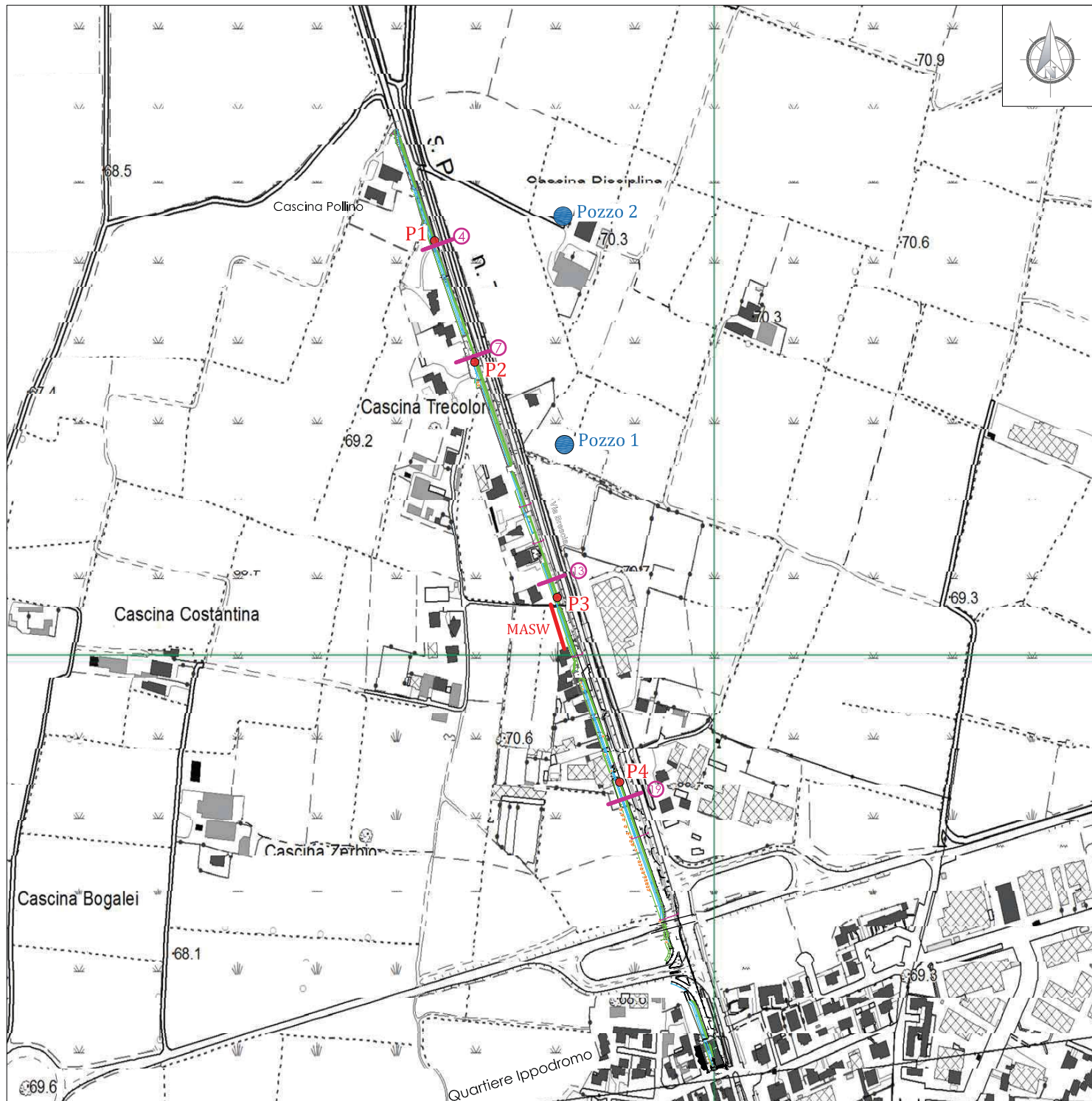
Desenzano del Garda, 24 Settembre 2018

Dott. Geol. Luigi Renna








COROGRAFIA DEL TRACCIATO DI PROGETTO, CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI
 E DEI POZZI CON STRATIGRAFIA IN ALLEGATO
 SCALA 1:5.000

Tav. 1



LEGENDA

- | | | | | | |
|---|--|---|--|---|---|
|  | Tratto di interesse progettuale |  | P1 ● Prova penetrometrica dinamica DPSH-SCPT |  | Pozzo 2 ● Pozzo comunale con stratigrafia in allegato |
|  | Traccia di sezione Geologica-geotecnica interpretativa |  | MASW ● Prospezione sismica MASW con acquisizione ed analisi dei dati in onde di Love e di Rayleigh | | |



CRESTANA S.r.l.s.
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI
Viale Michelangelo, 40
25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347.9428449 - 349.2936733
mail: info@crestanasrls.com
www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA SCPT: **P1**

LOCALITÀ: Via Brescia - Leno (BS)

Data di esecuzione: 12/09/2018

Committente: Comune di Leno

Scala diagramma: 1:100

Avanzamento punta: ———

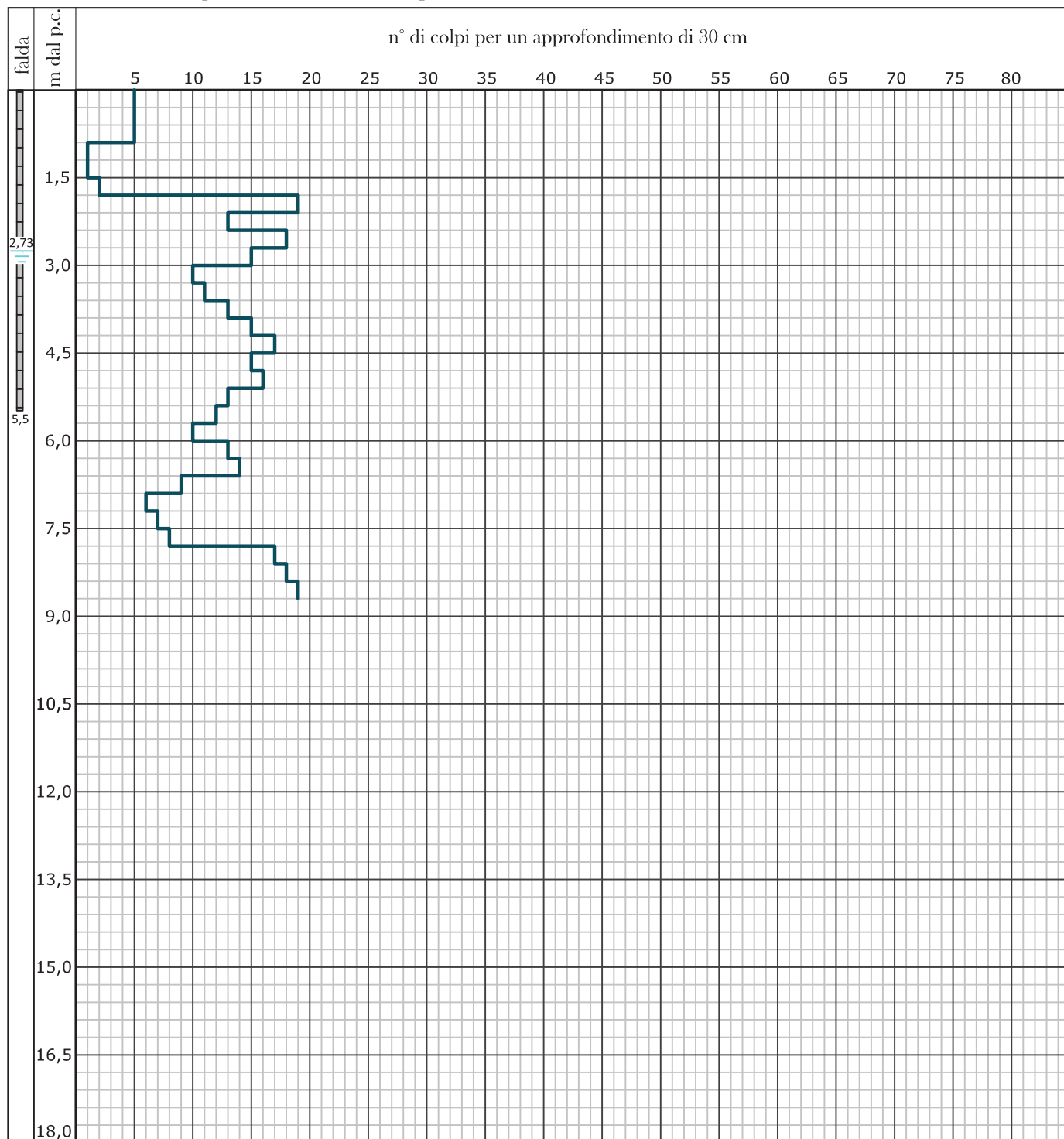
Avanzamento rivestimento: ———

Piezometro Φ 1/2"

tratto cieco

tratto fessurato

Note: aste umide a partire da -3,60m dal p.c..



Strumento utilizzato: Penetrometro PAGANI Mod.: TG63-200



CRESTANA S.r.l.s.
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI
Viale Michelangelo, 40
25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347.9428449 - 349.2936733
mail: info@crestanasrls.com
www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA SCPT: **P2**

LOCALITÀ: Via Brescia - Leno (BS)

Data di esecuzione: 12/09/2018

Committente: Comune di Leno

Scala diagramma: 1:100

Piezometro Φ 1/2"

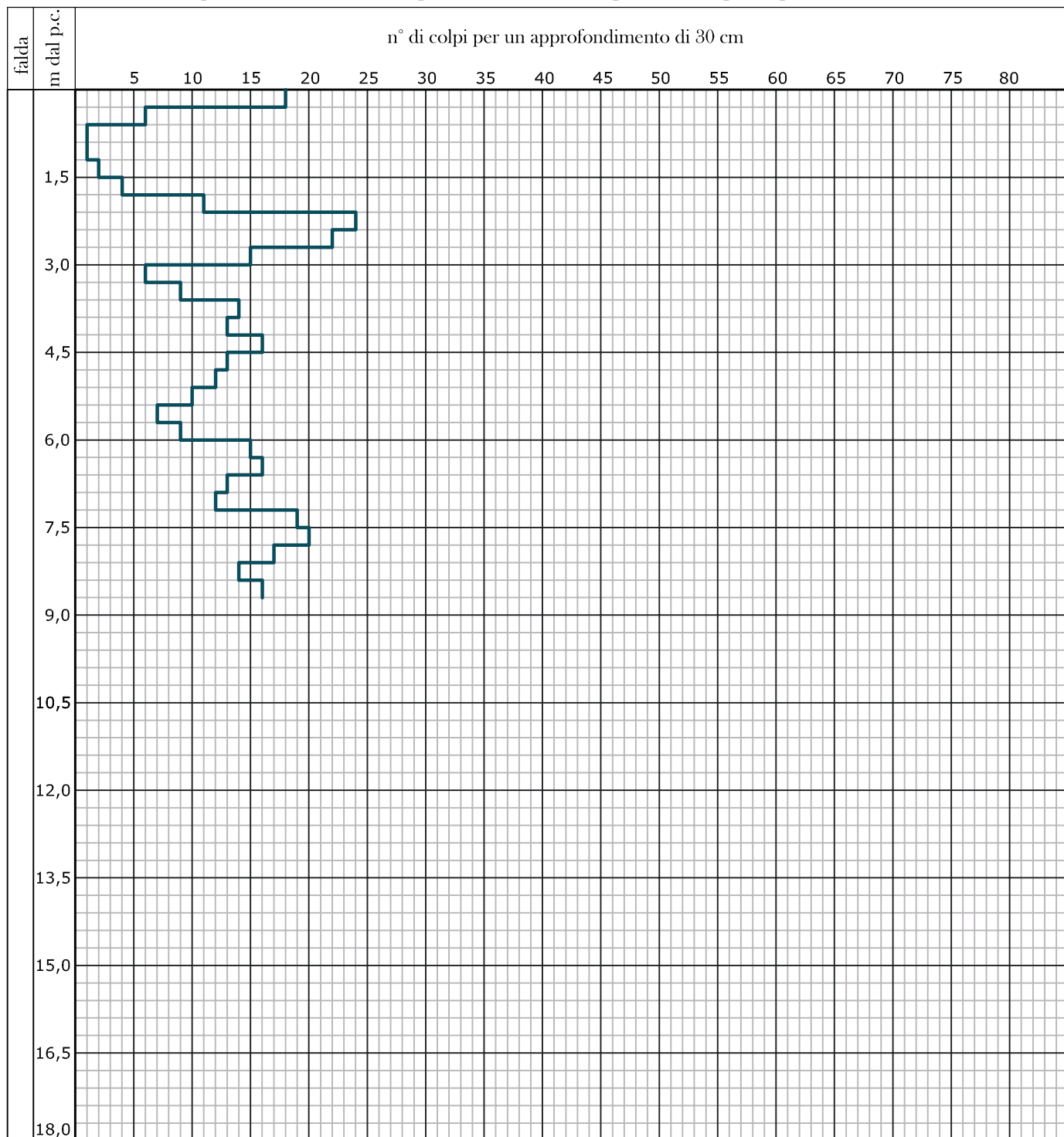
Avanzamento punta: ———

tratto cieco

Avanzamento rivestimento: ———

tratto fessurato

Note: aste umide a partire da -3,30m dal p.c.; foro richiuso a partire da quota p.c..



Strumento utilizzato: Penetrometro PAGANI Mod.: TG63-200



CRESTANA S.r.l.s.
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI
Viale Michelangelo, 40
25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347.9428449 - 349.2936733
mail: info@crestanasrls.com
www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA SCPT: **P3**

LOCALITÀ: Via Brescia - Leno (BS)

Data di esecuzione: 12/09/2018

Committente: Comune di Leno

Scala diagramma: 1:100

Piezometro Φ 1/2"

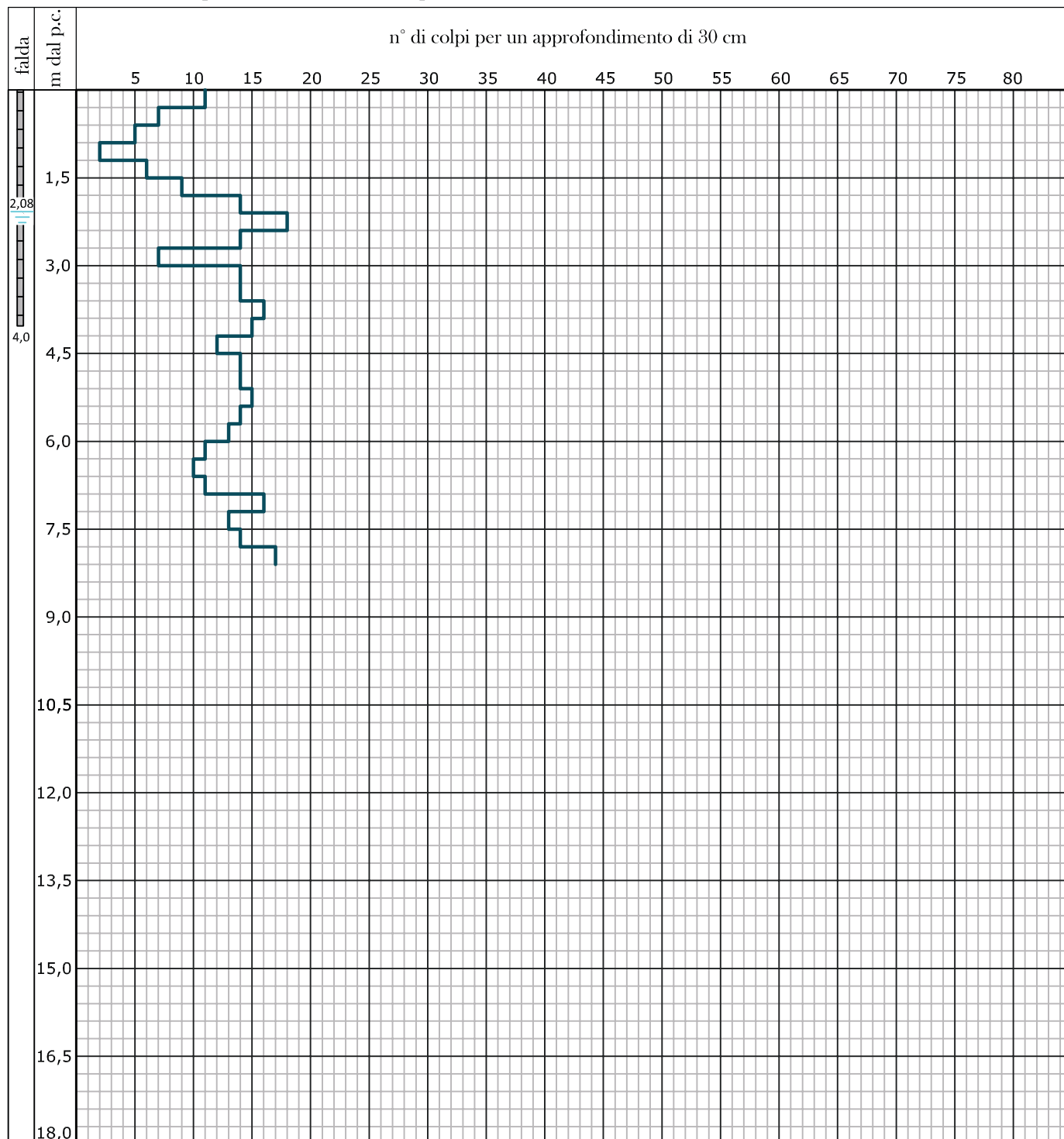
Avanzamento punta: ———

Avanzamento rivestimento: ———

tratto cieco

tratto fessurato

Note: aste umide a partire da -3,00m dal p.c..



Strumento utilizzato: Penetrometro PAGANI Mod.: TG63-200



CRESTANA S.r.l.s.
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI
Viale Michelangelo, 40
25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347.9428449 - 349.2936733
mail: info@crestanasrls.com
www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA SCPT: **P4**

LOCALITÀ: Via Brescia - Leno (BS)

Data di esecuzione: 12/09/2018

Committente: Comune di Leno

Scala diagramma: 1:100

Piezometro Φ 1/2"

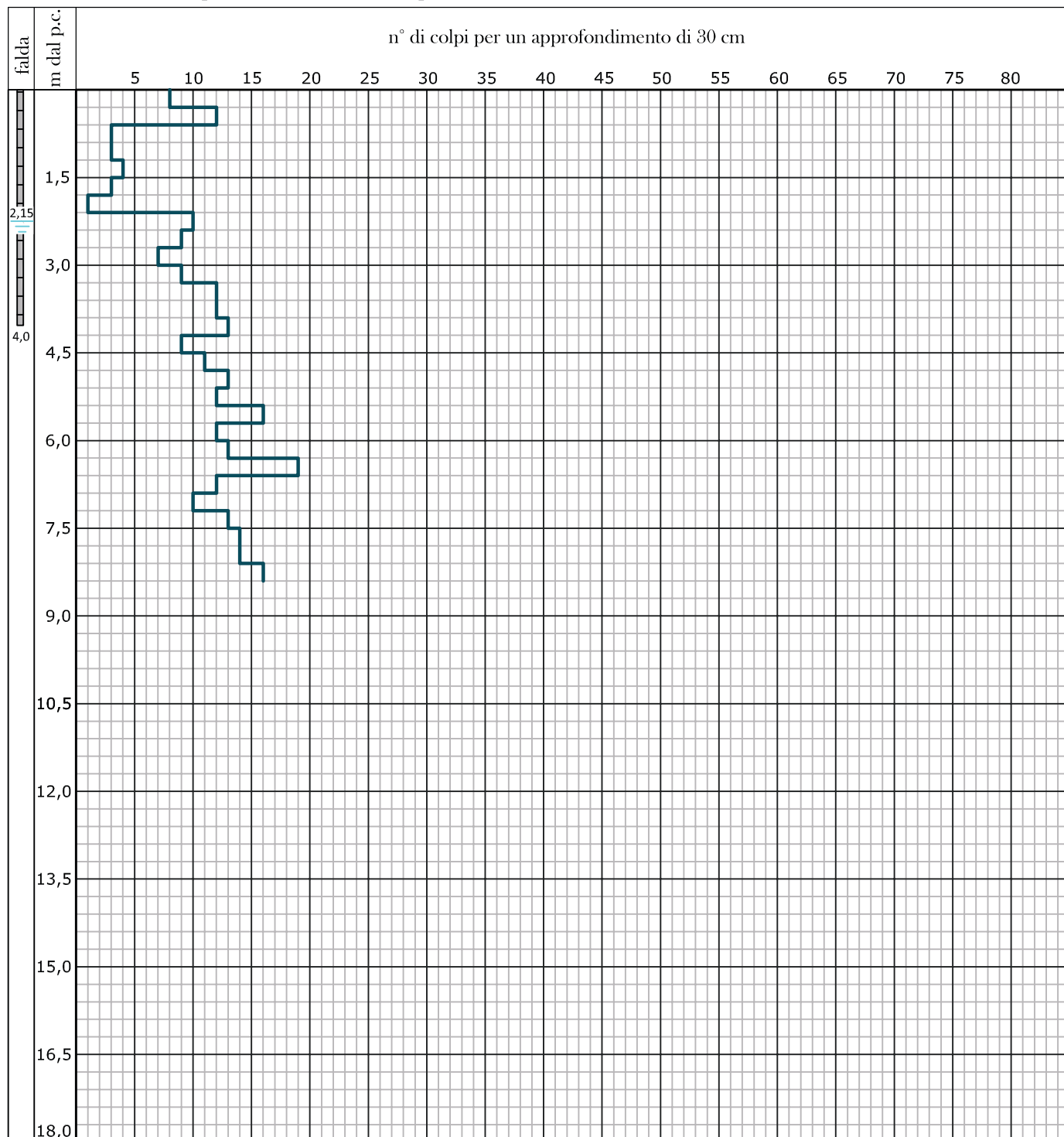
Avanzamento punta: ———

tratto cieco

Avanzamento rivestimento: ———

tratto fessurato

Note: aste umide a partire da -2,70m dal p.c..



Strumento utilizzato: Penetrometro PAGANI Mod.: TG63-200

ALLEGATO FOTOGRAFICO



Stendimento sismico MASW



*Misura del microtremore sismico
ambientale mediante tecnica HVSR*



*Shot sismico per la generazione
delle onde di Rayleigh*



Prova Penetrometrica SCPT – P1



CRESTANA S.r.l.s.
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

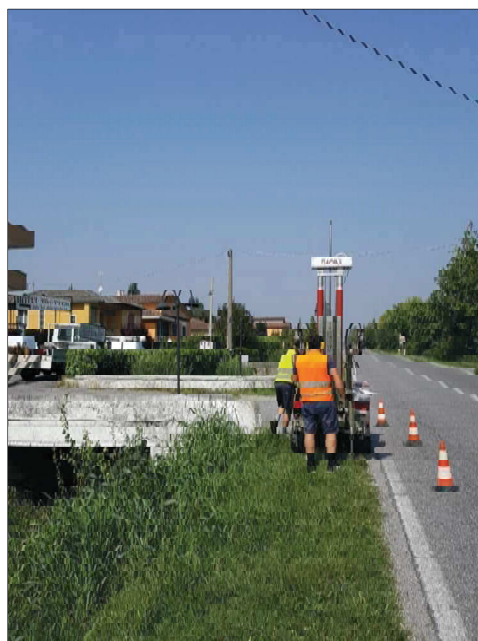
Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347 9428449 – 349 2936733
mail: info@crestanasrls.com
www.crestanasrls.com



Prova Penetrometrica SCPT – P2






Prova Penetrometrica SCPT – P3




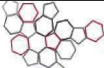
Prova Penetrometrica SCPT – P4

POZZO 1

 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale																																																																																				
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)																																																																																						
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine																																																																																				
<p> Codice: 19709 Regione: LOMBARDIA Provincia: BRESCIA Comune: LENO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 60,00 Quota pc slm (m): 70,00 Anno realizzazione: 2002 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 123,000 Portata esercizio (l/s): 100,000 Numero falde: 4 Numero filtri: 3 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 13 Longitudine WGS84 (dd): 10,210919 Latitudine WGS84 (dd): 45,383503 Longitudine WGS84 (dms): 10° 12' 39.39" E Latitudine WGS84 (dms): 45° 23' 00.00" N </p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>																																																																																						
DIAMETRI PERFORAZIONE																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> <th>Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,00</td> <td>49,00</td> <td>49,00</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>49,00</td> <td>60,00</td> <td>11,00</td> <td>900</td> </tr> </tbody> </table>	Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	0,00	49,00	49,00	1000	2	49,00	60,00	11,00	900																																																																							
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																																																																		
1	0,00	49,00	49,00	1000																																																																																		
2	49,00	60,00	11,00	900																																																																																		
FALDE ACQUIFERE																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1,50</td> <td>16,50</td> <td>15,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20,50</td> <td>32,00</td> <td>11,50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>40,50</td> <td>45,50</td> <td>5,00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>49,00</td> <td>51,50</td> <td>2,50</td> </tr> </tbody> </table>	Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	1	1,50	16,50	15,00	2	20,50	32,00	11,50	3	40,50	45,50	5,00	4	49,00	51,50	2,50																																																																		
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)																																																																																			
1	1,50	16,50	15,00																																																																																			
2	20,50	32,00	11,50																																																																																			
3	40,50	45,50	5,00																																																																																			
4	49,00	51,50	2,50																																																																																			
POSIZIONE FILTRI																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Lunghezza (m)</th> <th>Diametro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>20,50</td> <td>32,50</td> <td>12,00</td> <td>508</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>40,50</td> <td>45,50</td> <td>5,00</td> <td>508</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>49,00</td> <td>51,50</td> <td>2,50</td> <td>508</td> </tr> </tbody> </table>	Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	20,50	32,50	12,00	508	2	40,50	45,50	5,00	508	3	49,00	51,50	2,50	508																																																																		
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																																																																		
1	20,50	32,50	12,00	508																																																																																		
2	40,50	45,50	5,00	508																																																																																		
3	49,00	51,50	2,50	508																																																																																		
MISURE PIEZOMETRICHE																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Data rilevamento</th> <th>Livello statico (m)</th> <th>Livello dinamico (m)</th> <th>Abbassamento (m)</th> <th>Portata (l/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>giu/2002</td> <td>1,50</td> <td>16,50</td> <td>15,00</td> <td>123,000</td> </tr> </tbody> </table>	Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	giu/2002	1,50	16,50	15,00	123,000																																																																												
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)																																																																																		
giu/2002	1,50	16,50	15,00	123,000																																																																																		
STRATIGRAFIA																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Progr</th> <th>Da profondità (m)</th> <th>A profondità (m)</th> <th>Spessore (m)</th> <th>Età geologica</th> <th>Descrizione litologica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,00</td><td>1,50</td><td>1,50</td><td></td><td>TERRENO DI COLTURA</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,50</td><td>8,50</td><td>7,00</td><td></td><td>GHIAIA</td></tr> <tr><td>3</td><td>8,50</td><td>9,00</td><td>0,50</td><td></td><td>SABBIA FINE</td></tr> <tr><td>4</td><td>9,00</td><td>16,50</td><td>7,50</td><td></td><td>SABBIA MEDIA</td></tr> <tr><td>5</td><td>16,50</td><td>20,50</td><td>4,00</td><td></td><td>ARGILLA GRIGIA</td></tr> <tr><td>6</td><td>20,50</td><td>27,50</td><td>7,00</td><td></td><td>GHIAIA E SABBIA</td></tr> <tr><td>7</td><td>27,50</td><td>29,50</td><td>2,00</td><td></td><td>ARGILLA</td></tr> <tr><td>8</td><td>29,50</td><td>32,50</td><td>3,00</td><td></td><td>GHIAIA E SABBIA</td></tr> <tr><td>9</td><td>32,50</td><td>40,50</td><td>8,00</td><td></td><td>ARGILLA</td></tr> <tr><td>10</td><td>40,50</td><td>45,50</td><td>5,00</td><td></td><td>SABBIA</td></tr> <tr><td>11</td><td>45,50</td><td>49,00</td><td>3,50</td><td></td><td>ARGILLA GRIGIA</td></tr> <tr><td>12</td><td>49,00</td><td>51,50</td><td>2,50</td><td></td><td>SABBIA</td></tr> <tr><td>13</td><td>51,50</td><td>60,00</td><td>8,50</td><td></td><td>ARGILLA</td></tr> </tbody> </table>	Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica	1	0,00	1,50	1,50		TERRENO DI COLTURA	2	1,50	8,50	7,00		GHIAIA	3	8,50	9,00	0,50		SABBIA FINE	4	9,00	16,50	7,50		SABBIA MEDIA	5	16,50	20,50	4,00		ARGILLA GRIGIA	6	20,50	27,50	7,00		GHIAIA E SABBIA	7	27,50	29,50	2,00		ARGILLA	8	29,50	32,50	3,00		GHIAIA E SABBIA	9	32,50	40,50	8,00		ARGILLA	10	40,50	45,50	5,00		SABBIA	11	45,50	49,00	3,50		ARGILLA GRIGIA	12	49,00	51,50	2,50		SABBIA	13	51,50	60,00	8,50		ARGILLA		
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica																																																																																	
1	0,00	1,50	1,50		TERRENO DI COLTURA																																																																																	
2	1,50	8,50	7,00		GHIAIA																																																																																	
3	8,50	9,00	0,50		SABBIA FINE																																																																																	
4	9,00	16,50	7,50		SABBIA MEDIA																																																																																	
5	16,50	20,50	4,00		ARGILLA GRIGIA																																																																																	
6	20,50	27,50	7,00		GHIAIA E SABBIA																																																																																	
7	27,50	29,50	2,00		ARGILLA																																																																																	
8	29,50	32,50	3,00		GHIAIA E SABBIA																																																																																	
9	32,50	40,50	8,00		ARGILLA																																																																																	
10	40,50	45,50	5,00		SABBIA																																																																																	
11	45,50	49,00	3,50		ARGILLA GRIGIA																																																																																	
12	49,00	51,50	2,50		SABBIA																																																																																	
13	51,50	60,00	8,50		ARGILLA																																																																																	

POZZO 2


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale


Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

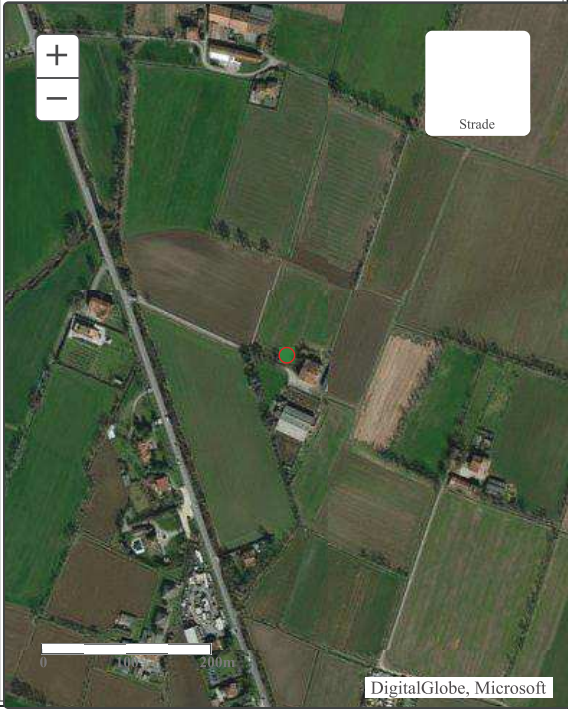
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 19718
Regione: LOMBARDIA
Provincia: BRESCIA
Comune: LENO
Tipologia: PERFORAZIONE
Opera: POZZO PER ACQUA
Profondità (m): 42,00
Quota pc slm (m): 71,00
Anno realizzazione: 2005
Numero diametri: 1
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 2,500
Portata esercizio (l/s): 2,500
Numero falde: 3
Numero filtri: 1
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): NO
Numero strati: 7
Longitudine WGS84 (dd): 10,211144
Latitudine WGS84 (dd): 45,386186
Longitudine WGS84 (dms): 10° 12' 40.40" E
Latitudine WGS84 (dms): 45° 23' 10.10" N

(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	42,00	42,00	200

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	1,00	10,00	9,00
2	23,00	30,00	7,00
3	32,00	38,00	6,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	33,00	38,00	5,00	ND


MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
giu/2005	0,00	2,00	2,00	1,000


STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00		TERRENO DI COLTIVO
2	1,00	10,00	9,00		GHIAIA
3	10,00	23,00	13,00		ARGILLA DEBOLMENTE SABBIOSA
4	23,00	30,00	7,00		GHIAIA
5	30,00	32,00	2,00		ARGILLA DEBOLMENTE SABBIOSA
6	32,00	38,00	6,00		SABBIA
7	38,00	42,00	4,00		ARGILLA

POZZO 3



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



**Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente**

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 19707

Regione: LOMBARDIA

Provincia: BRESCIA

Comune: LENO

Tipologia: PERFORAZIONE

Opera: POZZO IDROPOTABILE (ACQUEDOTTISTICO)

Profondità (m): 140,00

Quota pc slm (m): 69,00

Anno realizzazione: 1990

Numero diametri: 1

Presenza acqua: SI

Portata massima (l/s): 66,000

Portata esercizio (l/s): 25,000

Numero falde: 3

Numero filtri: 3

Numero piezometrie: 3

Stratigrafia: SI

Certificazione(*): NO

Numero strati: 21

Longitudine WGS84 (dd): 10,234489


Latitudine WGS84 (dd): 45,376414

Longitudine WGS84 (dms): 10° 14' 04.04" E

Latitudine WGS84 (dms): 45° 22' 35.35" N

(*Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia)

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	140,00	140,00	900

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	87,40	89,50	2,10
2	99,50	108,50	9,00
3	125,40	128,20	2,80

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	87,70	89,20	1,50	323
2	102,00	108,00	6,00	323
3	125,70	127,90	2,20	323

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/1990	-0,30	4,25	4,55	40,000
mag/1990	-0,30	5,60	5,90	47,000
mag/1990	-0,30	9,00	9,30	66,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,30	0,30		TERRENO VEGETALE
2	0,30	10,50	10,20		GHIAIA, GHIAIETTO CON SABBIA GRIGIA
3	10,50	17,80	7,30		SABBIA FINE GRIGIA CON POCO GHIAIETTINO
4	17,80	21,20	3,40		ARGILLA GRIGIA
5	21,20	35,90	14,70		GHIAIA E GHIAIETTO CON SABBIA GRIGIA
6	35,90	42,20	6,30		ARGILLA GRIGIA CON QUALCHE CIOTTOLO
7	42,20	46,30	4,10		SABBIA GRIGIA CON POCO GHIAIETTINO
8	46,30	59,80	13,50		ARGILLA GRIGIA A TRATTI SABBIOSA
9	59,80	65,00	5,20		SABBIA GRIGIA CON POCO GHIAIETTO
10	65,00	87,40	22,40		ARGILLA GRIGIA COMPATTA
11	87,40	89,50	2,10		GHIAIA E GHIAIETTO CON POCA SABBIA
12	89,50	99,50	10,00		ARGILLA GRIGIA COMPATTA
13	99,50	101,20	1,70		ARGILLA GIALLA STRA PLASTICA E GHIAIETTO
14	101,20	101,70	0,50		ARENARIA MARRONE
15	101,70	104,20	2,50		GHIAIA, GHIAIETTO CON PEZZI DI CONGLOMER.
16	104,20	104,80	0,60		GHIAIA, GHIAIETTO, CONGLOMER. TRACCE D'ARG.
17	104,80	108,50	3,70		GHIAIETTO, POCA SABBIA CON TRACCE D'ARG.
18	108,50	125,40	16,90		ARGILLA COMPATTA GIALLA POI AZZURRA
19	125,40	128,20	2,80		GHIAIA, GHIAIETTO, SABBIA MEDIO-GROS. GRIGIA
20	128,20	138,00	9,80		ARGILLA GRIGIA A TRATTI SABBIOSA
21	138,00	140,00	2,00		ARGILLA AZZURRA MOLTO SABBIOSA