



CITTÀ DI LEGNAGO

COMUNE DI LEGNAGO -VR

SETTORE 3° LL.PP. ED URBANISTICA
Via XX Settembre, 29 – 37045 Legnago (Verona)
tel. 0442 634900-634925

Responsabile del procedimento e
Direttore di esecuzione del contratto

Ing. Giacomo Masiero



**M4 C1 I3.3 - CO-FINANZIATO
DALL'UNIONE EUROPEA NEXT
GENERATION EU**

INTERVENTO PER LA RIGENERAZIONE ED IL
POTENZIAMENTO DEL COMPLESSO SCOLASTICO DI VIA
RAGAZZI DEL '99 NEL QUARTIERE DI PORTO DI LEGNAGO

**1^ FASE. DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE SCUOLA
SECONDARIA DI 1° GRADO "G.B.CAVALCASELLE"**

capogruppo RTP / responsabile della progettazione integrata e coordinata

**Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.**

via cadolini 32/48, 20137 milano tel. 02.54019701 fax 010.54115512
via interiano 3/11, 16124 genova tel. 010.540095 fax 010.5702094
55 rue des petites écuries, 75010 paris tel +331.42462894
milano@atelierfemia.com www.atelierfemia.com

Mandante RTP / progettazione strutturale e impiantistica - prevenzione incendi

**Sertec engineering consulting s.r.l.**

strada provinciale 222, n.31, 10010 Loranze, Torino
tel 0125 1970499
info@sertec-engineering.com

Mandante RTP / progettazione paesaggistica

arch. Michelangelo Pugliese

via Vito Inferiore 39/A, 89122 Reggio Calabria
tel. 389 9687867
arch.michelangelopugliese@gmail.com

Progetto esecutivo



codice documento

STReTrel004a

scala

-

oggetto

Relazione geotecnica

tipo elaborato

Strutture

data di consegna

09 giugno 2023

percorso

Server_Atelier/01_2 INCARICHI ATELIER/01_IN CORSO/00_1 5+1AA SRL
INCARICHI_MI/LSF (Legnago Scuola Fattibilità)/08 LSF Ae ESECUTIVO

commessa

rev.	data	redatto	verificato	approvato	oggetto revisione
a	22/06/2023	A.C.	P.C.	D.G.	prima consegna
b	06.06.23				
c	22.06.23				



SOMMARIO

SOMMARIO.....	2
1.0 PREMESSA	4
2.0 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.0 INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	8
3.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.	9
4.0 CARATTERISTICHE: GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE.	
11	
4.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.	12
4.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.	14
4.3 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.	14
5.0 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO	21
6.0 CONCLUSIONI	26
7.0 ALLEGATI.....	28



1.0 PREMESSA

Il comune di Legnago ha affidato allo studio Sertec, in collaborazione con AF517 Alfonso Femia atelier(s), e l'arch. Michelangelo Pugliese l'incarico della progettazione degli interventi di "demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di primo grado G.B. Cavalcaselle".

Il progetto consiste nella rigenerazione e potenziamento della scuola ubicata in Via Sicilia 11, nel quartiere Porto della città di Legnago (VR).

Nel presente elaborato si riporta un inquadramento topografico dell'area di intervento, le sue caratteristiche geologiche e geomorfologiche. Inoltre, a partire dall'osservazione dei risultati ottenuti da alcune indagini geognostiche, quali: n. 1 prova penetrometrica e n. 2 indagini geofisiche, verrà desunto l'assetto litostratigrafico locale del sottosuolo.



2.0 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta riferimento al disposto delle seguenti norme:

- *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;*
- *D.M. 11 Marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni”.*
- *Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988 “Istruzioni relative alla norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni”;*
- *Legge n° 64 del 02/02/1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;*
- *D.M. del 24/01/1986 – “Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche”;*
- *D.M. del 16/01/1996 – “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;*
- *Circolare n° 65 del 10/04/1997 – “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16/01/1996”;*
- *R.D.L. del 30/12/1923, n. 3267 – “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”;*
- *L.R. del 13/09/1978 n. 52 – “Legge forestale regionale”;*
- *D.M. del 17/01/2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”;*
- *Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.*



3.0 INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

L'intervento, come anticipato, consiste nella demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di 1° grado G.B. Cavalcaselle. L'intervento, che prevede la costruzione di due edifici adiacenti ma distaccati, verrà realizzato in due fasi temporali distinte in modo da consentire la continuità dell'attività scolastica durante tutto il periodo di realizzazione sia della prima che della seconda struttura.

3.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.

Il presente elaborato interessa la demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di primo grado sita in via Sicilia n. 11 nel comune di Legnago (VR) ed ha il seguente riscontro cartografico su Carta Tecnica Regionale CTR: 145160.

Le coordinate baricentriche, geografiche e chilometriche UTM WGS 84, del luogo in cui sono previste le opere in progetto sono le seguenti:

Geografiche	
Latitudine	45.199282° N
Longitudine	11.320083° E

Chilometriche	
Nord	5007707.00 m N
Est	682222.80 m E

La quota di intervento è di circa 16 m s.l.m.

Si riportano a seguire degli estratti cartografici con ubicazione dell'intervento.

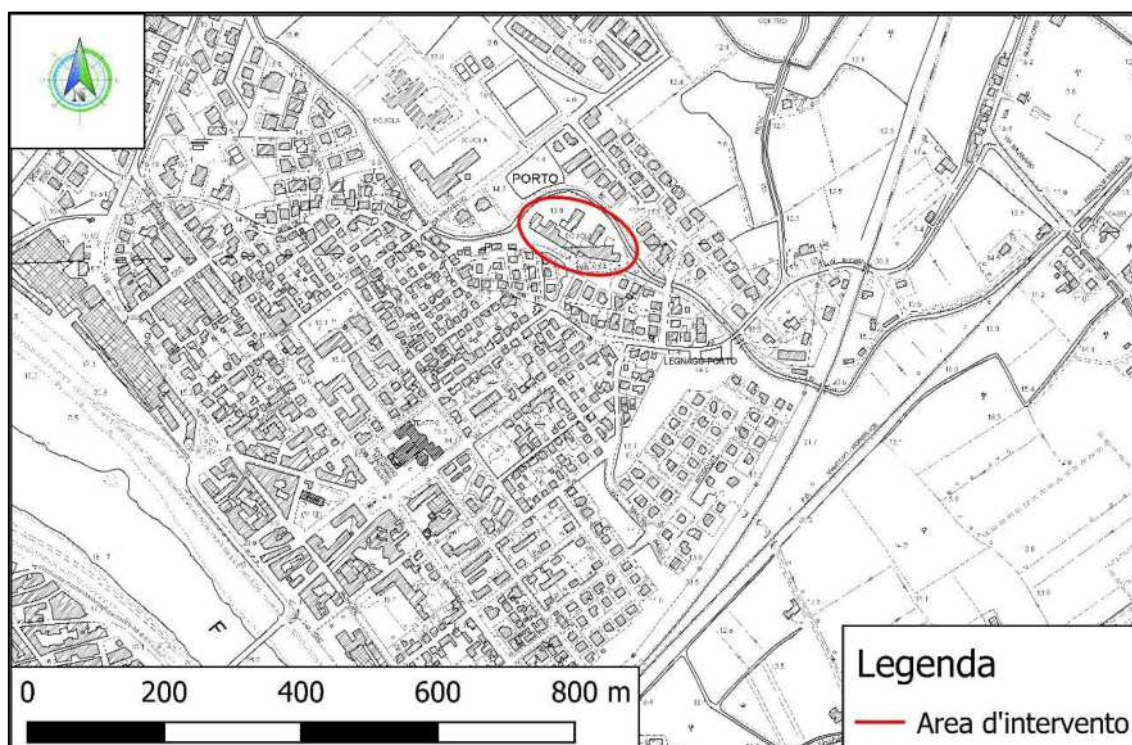


Figura 1 – Ubicazione dell'intervento su CTR estratta dal geoportale della regione Veneto e rielaborata in ambiente GIS

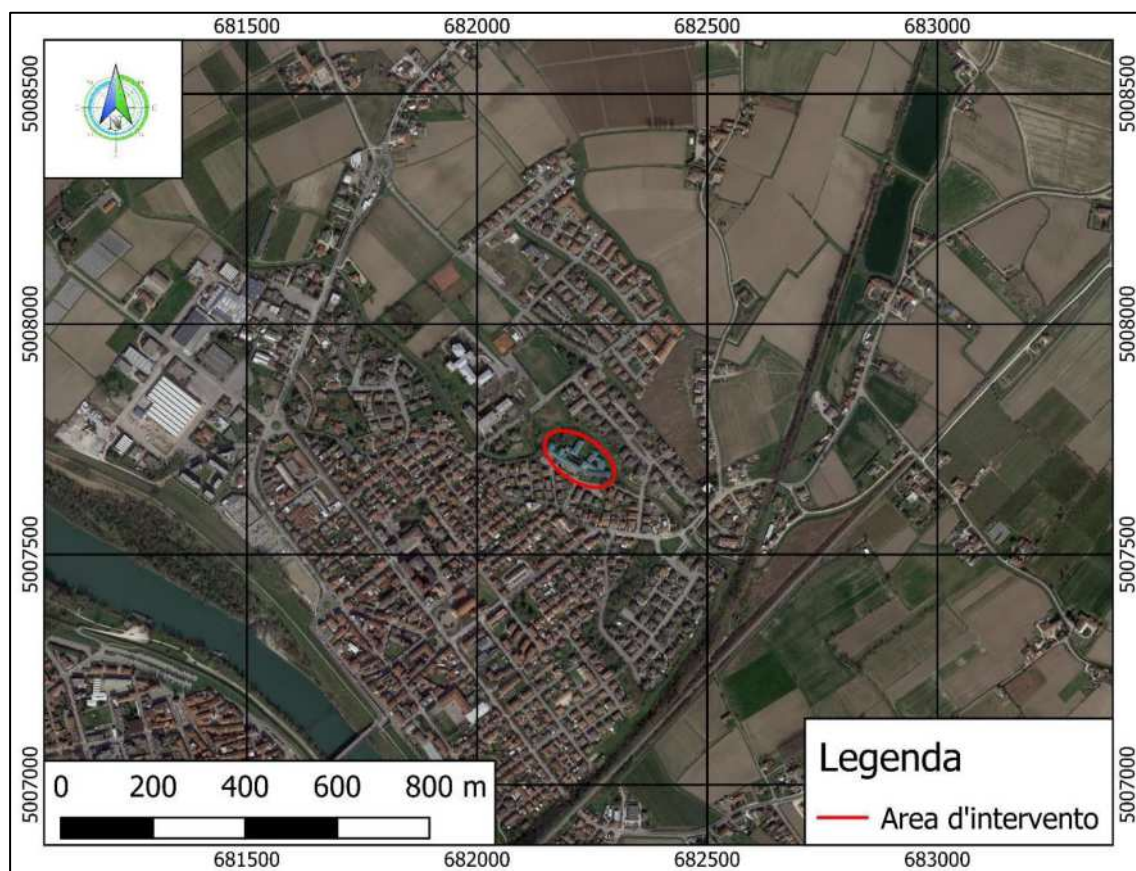


Figura 2 Ubicazione dell'intervento su ortofoto

4.0 CARATTERISTICHE: GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE.

4.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.

Su scala generale, l'area oggetto di studio ricade all'interno del periodo geologico Olocene.

Consultando la Carta Geologica delle Tre Venezie a scala 1:100.000 ricade all'interno della formazione:

- a² - alluvioni recenti dei bassipiani.

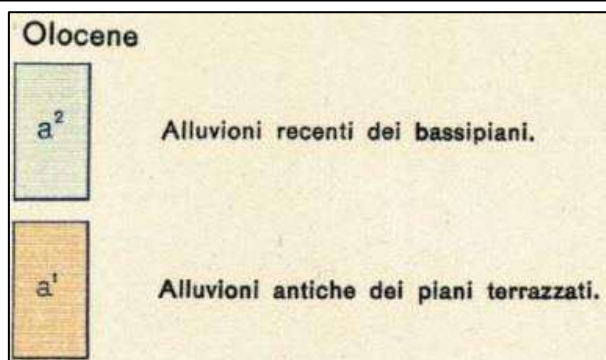
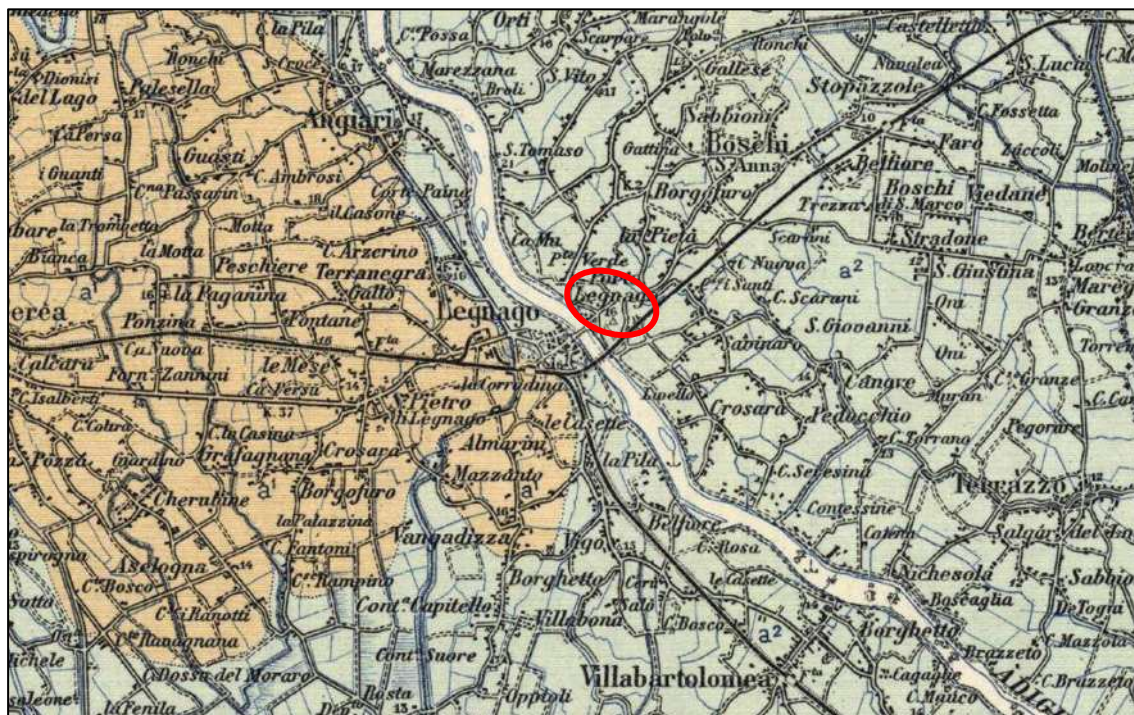


Figura 3 - Carta Geologica delle Tre Venezie - Foglio 63

A scala locale, si aveva la Carta Litologica messa a disposizione dal comune di Legnago di cui se ne riporta un estratto. Come si può notare, l'area di intervento, rientra nei materiali alluvionali e fluvioglaciali a tessitura prevalentemente sabbioso-limosa.

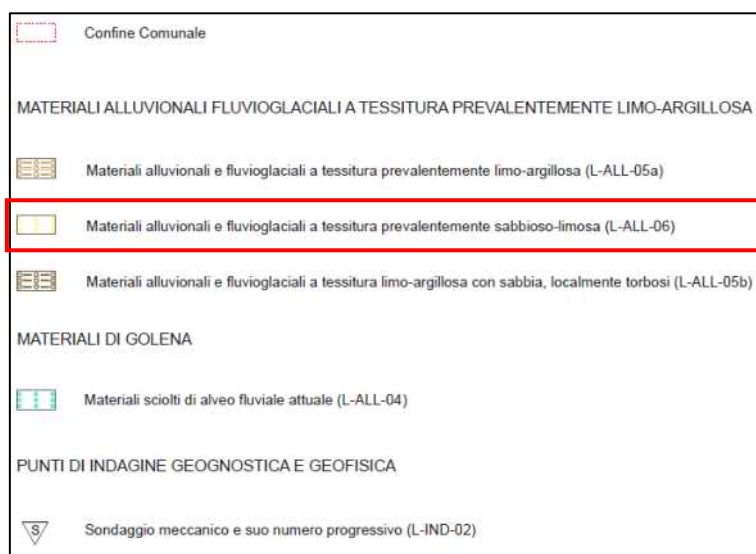
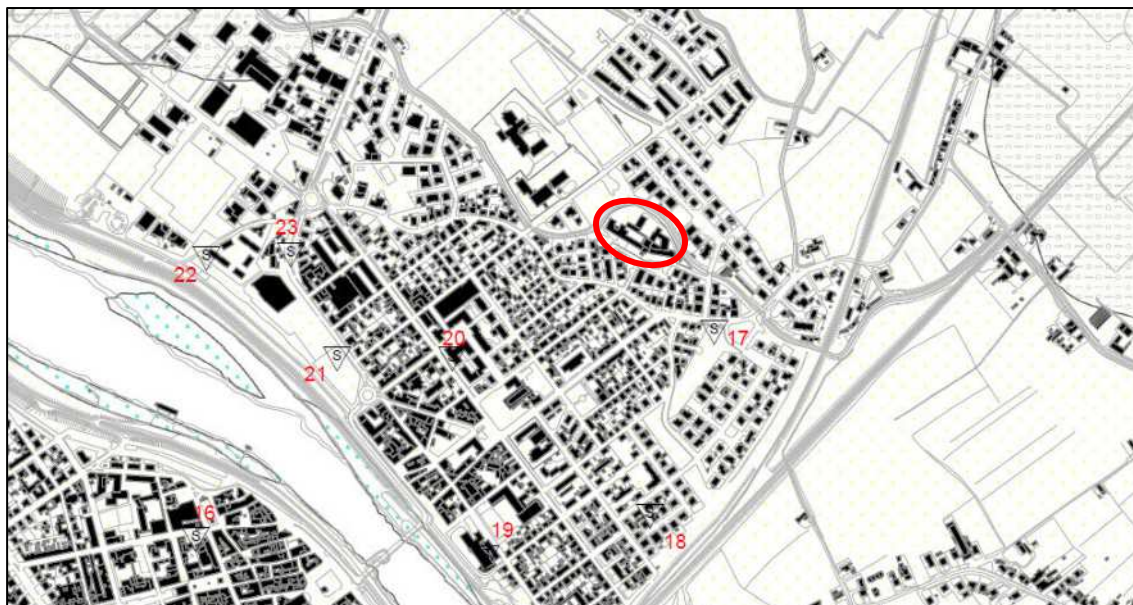


Figura 4 - Carta Litologica del Comune di Legnago - area d'intervento cerchiata in rosso

La zona indagata ricade dunque in una zona caratterizzata da materiali alluvionali. Per l'area oggetto d'intervento si considera una soggiacenza della falda a circa 2.50 m rispetto al piano campagna.

4.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.

Il progetto riguarda un intervento di carattere lineare, in una zona di pianura. Le quote topografiche dell'area variano tra i 15 e i 17 m s.l.m. La zona non evidenzia pendenze rilevanti, appare stabile e non presenta dissesti.

4.3 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.

Per valutare le caratteristiche geotecniche del suolo si è fatto riferimento ad analisi geognostiche e geofisiche messe a disposizione dal comune di Legnago.

L'analisi geognostica disponibile è una prova penetrometrica statica i cui risultati sono stati reperiti nella relazione Indagine geotecnica presso la scuola media G.B. Cavalcaselle in loc. Porto di Legnago del Dott. Geol. Fulvio Baraldi.

Si avevano inoltre a disposizione n. 2 prove geofisiche:

- HVSR – Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio
- MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves

La cui trattazione e risultati si trovano nella Relazione Sismica con Inquadramento Geologico dell'area del Dott. Geol. Ampelio Cagalli commissionata dall' Amministrazione C.le della Città di Legnago.

A seguire si riporta l'ubicazione delle prove geofisiche e i risultati delle prove a disposizione.

Le coordinate geografiche del centro dello stendimento MASW e HVSR sono le seguenti:

Latitudine: 45,200331

Longitudine: 11,321252



Figura 5 - Ubicazione dei sondaggi sismici su ortofoto

1. Dott.Geol.Cagalli A., 2019. "Relazione Sismica con Inquadramento Geologico dell'area". Committente: Amministrazione C.le della Città di Legnago, in comune di Legnago (VR)

PROVA PENETROMETRICA STANDARD.

I tabulati ed i grafici estratti dalla *Indagine geotecnica presso la scuola media G.B. Cavalcaselle in loc. Porto di Legnago del Dott. Geol. Fulvio Baraldi* sono riportati negli allegati in calce alla relazione. Dall'analisi dei risultati è stata ricostruita la stratigrafia che segue, di cui è stato possibile ricavare i valori di C_u – Coesione non drenata e ϕ – angolo d'attrito interno.

Strato	Litologia	C_u (kg/cmq)	ϕ (°)
0.00 – 0.40	Terreno vegetale	-	-
0.40 – 2.00	Limo argilloso e sabbioso	0.7	27
2.00 – 2.60	Limo sabbioso	0.7	27
2.60 – 3.40	Argilla	0.4	0
3.40 – 5.40	Argilla limosa e sabbiosa	0.6	26
5.40 – 11.60	Argilla e limo	0.3	0
11.60 – 15.00	Sabbia limosa e sabbia	0	32

Tabella 1 - Parametri geotecnici ricavati dalla prova penetrometrica standard

HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO.

Come riportato nella *Relazione Sismica con Inquadramento Geologico dell'area di Dott. Geol. Ampelio Cagalli*, l'HVSR è un'analisi sismica di tipo passivo. La tecnica a sismica passiva H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio, è molto rapida, non invasiva e richiede pochissimo spazio a disposizione. Attraverso la misura del rapporto spettrale H/V determinato da microtremori (oscillazioni del suolo indotte da fattori naturali o antropici) è possibile valutare le frequenze proprie di vibrazione del sottosuolo. Attraverso l'elaborazione dello spettro H/V, oltre alle frequenze di risonanza del terreno, è possibile ottenere dettagli stratigrafici e velocità delle onde di taglio Vs. Per l'acquisizione dei dati viene usato un geofono triassiale a 2 Hz della ditta MAE srl. In questo tipo di analisi, si pone l'attenzione sul fenomeno della doppia risonanza cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico trasmesso in superficie e quelle degli edifici in progetto, oppure esistenti.

In caso di evento sismico infatti ci potrebbe essere una notevole trasmissione di energia dal suolo all'edificio con importanti sollecitazioni strutturali.

La frequenza di risonanza di un edificio può essere stimata con la formula semplificata:

$$f_e = 10 \text{ Hz} / \text{numero piani}$$

Oppure può essere valutata con formule semplificate, quale quella indicata nel D.M. 17.01.2018, valida per edifici con Z non superiore ai 40 metri e massa distribuita, approssimativamente, in maniera uniforme lungo l'altezza

$$f_s = \frac{1}{C_1 Z^4}$$

Tipologia	C_1
Costruzioni con struttura a telaio in acciaio	0,085
Costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato	0,075
Costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura	0,050

L'interpretazione dei dati viene eseguita utilizzando i software GEOPSY, Grilla della MOHO e fogli elettronici autoprodotti.

Risultati dell'indagine HVSR

Instrument: EXT-MAE A6000S

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 16/04/19 00:00:00 End recording: 16/04/19 00:10:00

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 57% trace (manual window selection)

Sampling rate: 125 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 21%

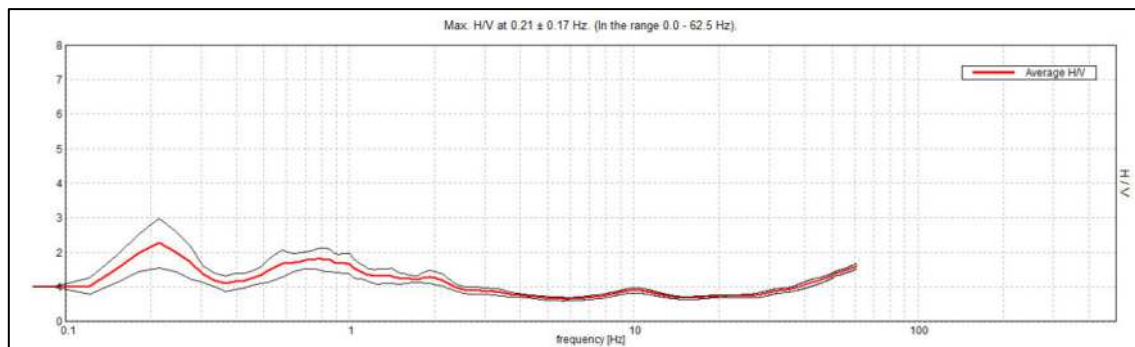


Figura 6 – Horizontal to vertical spectral ratio

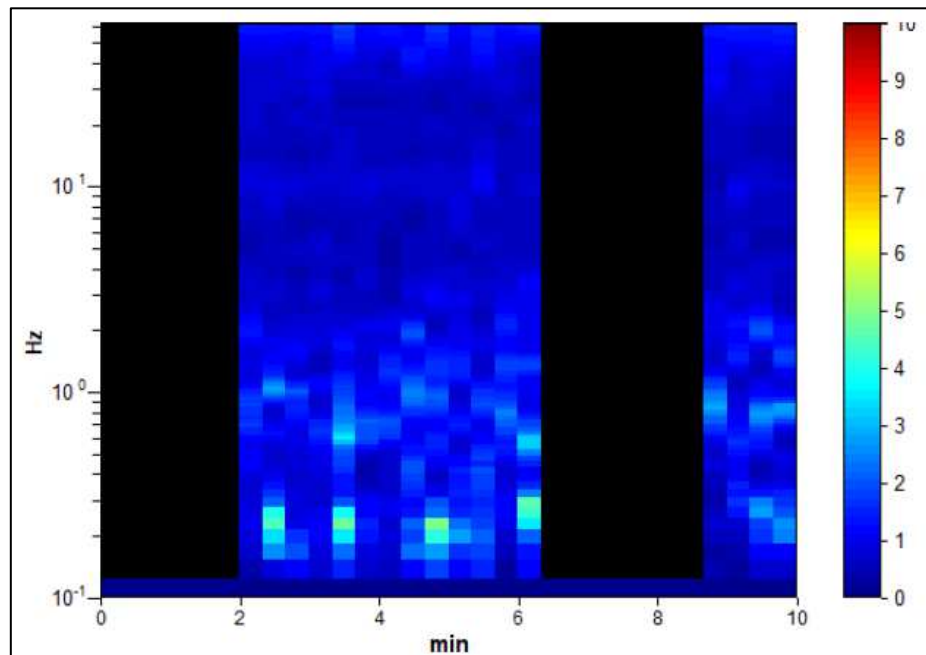


Figura 7 - H/V time history

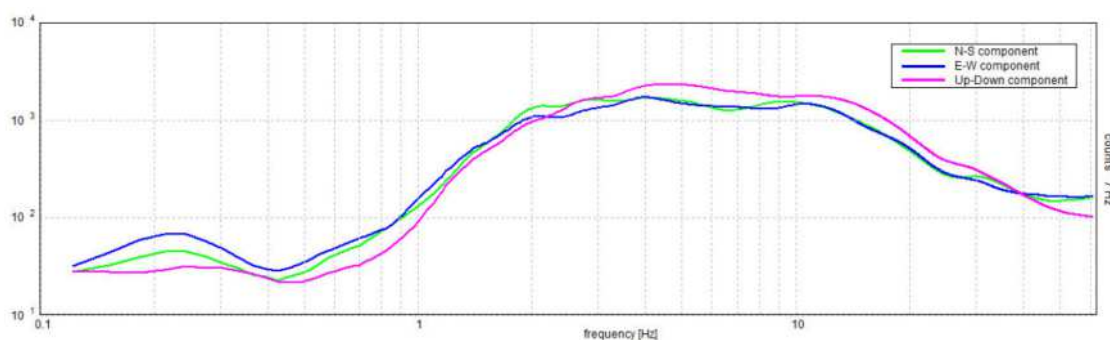


Figura 8 – Single component spectra

Considerazioni

La frequenza caratteristica di risonanza del sito, generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale ($H/V=2.27$), è di circa 0.21 Hz. Da tenere in considerazione anche tutto l'intervallo di frequenze tra 0.6-1 Hz.

MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga (dispersione).

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro.

Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche.

L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio $f-k$ è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità,

coefficiente di Poisson, velocità delle onde *S* e velocità delle Onde *P*, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \cdot \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'obiettivo dell'indagine consiste nella ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo finalizzata all'assegnazione della categoria del sottosuolo di fondazione ($V_{s,eq}$) come richiesto dalla normativa vigente (Norme Tecniche sulle Costruzioni – D.M. 17/01/2018).

L'interpretazione dei dati viene eseguita utilizzando il software Easy Masw della Geostru e Grilla Software della Moho srl.

Risultati dell'indagine MASW

Start recording: 16/04/19 00:00:00 End recording: 16/04/19 00:00:02

Trace length: 0h00'02".

Sampling rate: 1000 Hz 20

Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ; CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 m.

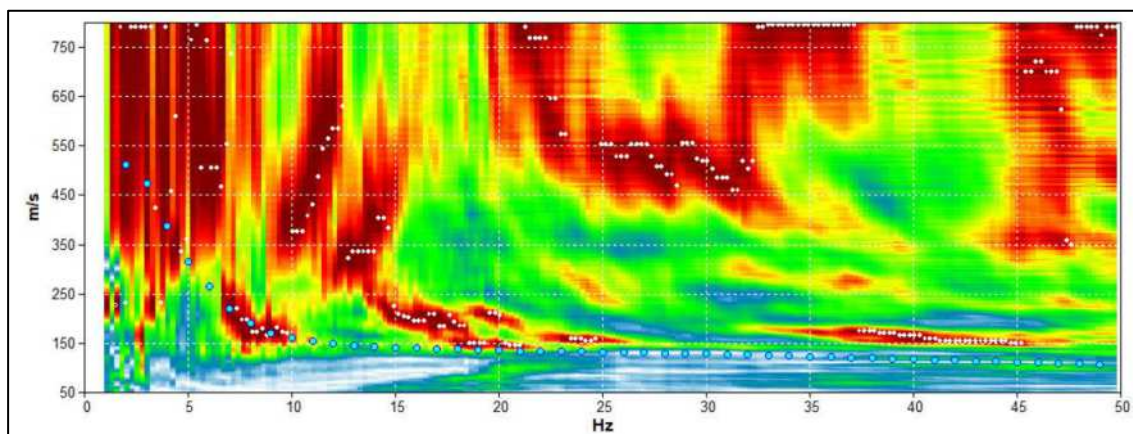


Figura 9 – Modelled Rayleigh wave phase velocity dispersion curve

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore strato [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	100	0.42
5.00	4.00	150	0.42
9.00	4.00	170	0.49
14.00	5.00	240	0.49
31.00	17.00	330	0.47
51.00	20.00	450	0.44
inf.	inf.	600	0.39

$$V_{seq}(1.0 - 31.0) = 245/s$$

Categoria del suolo di fondazione

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo la normativa raccomanda vivamente la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs tramite metodi diretti, ed eventualmente desumerla dall'esecuzione di prove in situ tipo SPT/CPT.¹

CONCLUSIONI.

Dall'osservazione dei risultati ottenuti dalle indagini riportate nel presente capitolo è stato possibile ipotizzare un profilo stratigrafico dell'area interessata dall'opera:

- la prova penetrometrica standard ha restituito la stratigrafia con ipotesi dei relativi parametri geotecnici (coesione non drenata e angolo d'attrito)
- le indagini sismiche hanno calcolato la velocità delle onde di taglio individuando la profondità alla quale cambia la stratigrafia del terreno.

Vista l'estensione considerevole dell'edificio, vista la disponibilità di un unico sondaggio puntuale e visti i risultati delle velocità di propagazione delle onde di taglio, si è optato per accorpare i primi 12.00 m di profondità in un solo strato. Di fatto non si può garantire il dettaglio della stratigrafia ottenuta dalla prova penetrometrica standard per tutta l'area d'intervento ed, inoltre, le onde di taglio hanno restituito valori di velocità di propagazione delle onde s simili fino a 14 m di profondità.

Le verifiche geotecniche sono state realizzate sia in condizioni drenate che non drenate.

3 Dott. Geol. Cagalli A., 2019. «Relazione Sismica con Inquadramento Geologico dell'area». Committente: Amministrazione C.le della Città di Legnago, in comune di Legnago (VR).

Ragionevolmente si fa riferimento alle verifiche effettuate in condizioni drenate in quanto la nuova struttura verrà costruita a seguito della demolizione di un edificio scolastico esistente. Si riportano i valori stratigrafici anche in condizioni non drenate del terreno.

Per le litologie incontrate sono stati considerati, a favore di sicurezza, i valori medi dei risultati ottenuti dalla prova penetrometrica.

Condizioni drenate				
Strato [m]	Litologia	γ [kN/m ³]	C [kg/cm ²]	ϕ [°]
0 – 12.00	Argilla limosa e sabbiosa	16.00	0	26
12.00 – 15.00	Sabbia limosa e sabbia	17.00	0	32

Tabella 2 - Parametri geotecnici in condizioni drenate

Condizioni non drenate				
Strato [m]	Litologia	γ [kN/m ³]	Cu [kg/cm ²]	ϕ [°]
0 – 12.00	Argilla limosa e sabbiosa	16.00	0.5	0

Tabella 3 - Parametri geotecnici in condizioni non drenate

Per le condizioni non drenate non si riportano le caratteristiche del secondo strato in quanto la sabbia presenta $Cu = 0 \frac{kg}{cm^2}$.

I pesi di volume sono stati ipotizzati a partire da dati di bibliografia di terreni con caratteristiche simili, non avendo a disposizione prove di laboratorio a campione.

5.0 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

Si riporta di seguito la mappatura delle zone sismiche ai sensi del D.G.R. n. 67 del 3/12/2003 della regione Veneto.

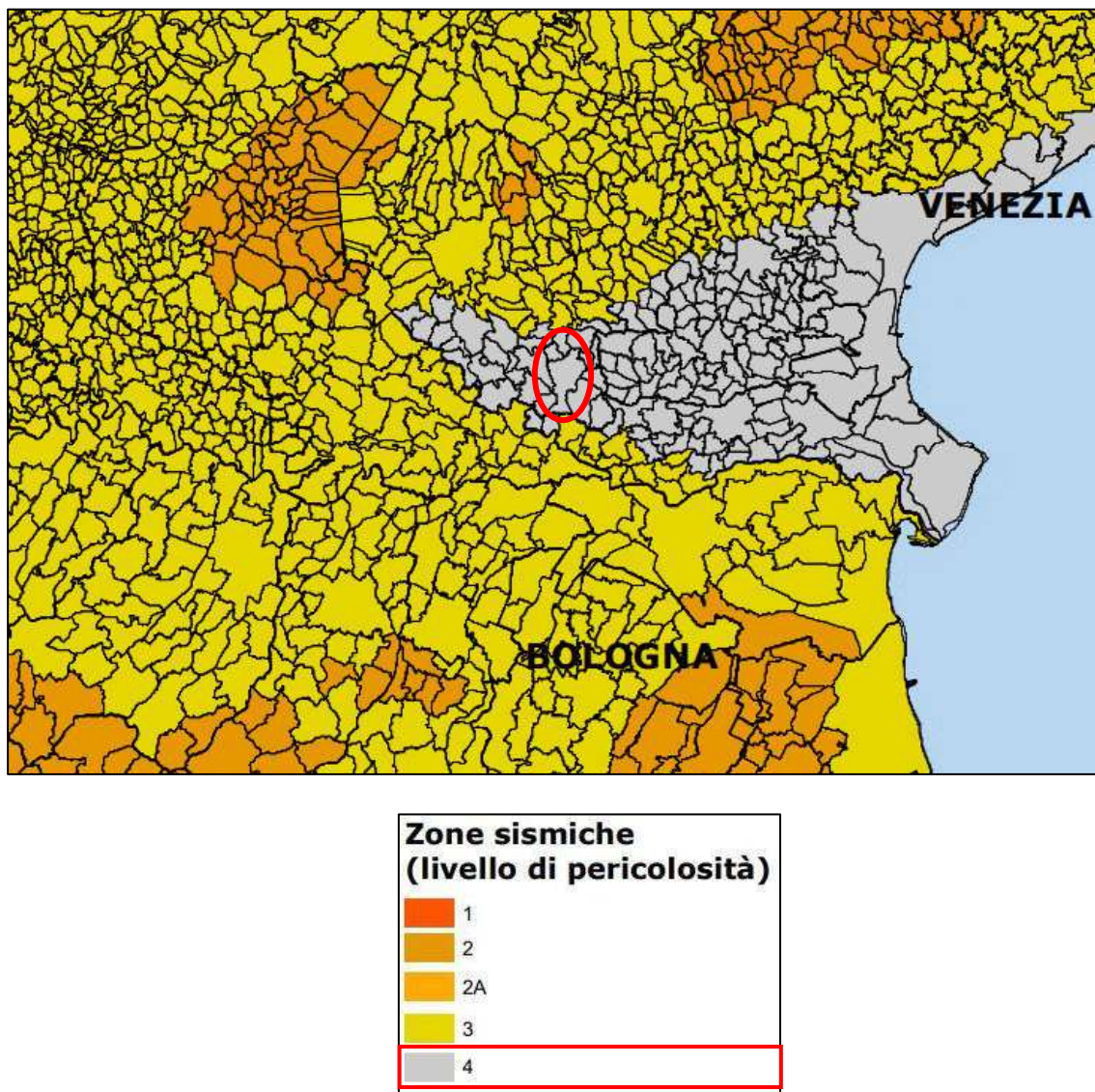


Figura 10 - ZONE SISMICHE - D.G.R n°67 del 3/12/2003 - cerchiato rosso il comune di Legnago

Regione		VENETO
Provincia		VERONA
Comune		LEGNAGO
Coordinate geografiche sito	Latitudine	45,199411
	Longitudine	11,320130
Altitudine		16 m s.l.m.
Zona sismica		ZONA 4
Tipi di costruzioni con livelli di prestazioni	Tab. 2.4.I D.M. 17/01/2018	ORDINARI
Vita nominale VN	P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018	50 anni
Classe d'uso	P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018	III
Coefficiente d'uso CU	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	1,5
Periodo di riferimento per l'azione sismica VR blocco	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	75 anni
Categoria di sottosuolo		C
Categoria topografica		T1

Tabella 4 - Criteri di modellazione dell'azione sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni individuano le azioni sismiche di progetto a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Le NTC 2018 definiscono al par. 3.2 la pericolosità sismica in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di superamento PVR. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il calcolo delle opere in progetto è stato realizzato facendo riferimento ai seguenti parametri.

	A_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
SLD	0.428802	2.54643	0.28118
SLV	0.950218	2.6021	0.321695

Tabella 5 - Parametri dello spettro per gli stati limite di progetto

CATEGORIE DEL SOTTOSUOLO.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Tabella 6 – Categorie di sottosuolo da tabella 3.2.II – D.M. 17/01/2018

Nella fattispecie l'attribuzione alla categoria "C" di sottosuolo è stata eseguita sulla base dell'analisi morfologica dell'area, delle condizioni stratigrafiche e del valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, calcolata a partire dalla velocità delle onde di taglio ottenute dalle indagini MASW e HVSr congiunte, come riportato nella Relazione Sismica con Inquadramento Geologico dell'area del Dott. Geol. Ampelio Cagalli, commissionata dall'Amministrazione C.le della Città di Legnago.

$$v_{s,eq} = 245 \frac{m}{s}$$

La velocità equivalente ottenuta ricade all'interno della categoria di sottosuolo C, a cui corrisponde un coefficiente stratigrafico S_s di 1.50.

2 Dott. Geol. Cagalli A., 2019. «Relazione Sismica con Inquadramento Geologico dell'area». Committente: Amministrazione C.le della Città di Legnago, in comune di Legnago (VR).

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tabella 7 - Espressioni di S_s - Tabella 3.2.IV - D.M. 17/01/2018

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.

Per tenere conto delle condizioni topografiche è necessario individuare il valore del coefficiente topografico S_T , dipendente dalle categorie topografiche illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Tabella 8 Categorie topografiche - Tabella 3.2.III - D.M. 17/01/2018



6.0 CONCLUSIONI

Nel presente elaborato è stato fornito un inquadramento topografico, geologico e geomorfologico dell'area interessata dalle opere relative al progetto di "demolizione e ricostruzione della scuola secondaria di primo grado G.B. Cavalcaselle".

In base a quanto riportato nella carta idrogeologica del comune di Legnago si è potuto valutare la soggiacenza della falda a circa 2.50 m rispetto al piano campagna.

In base a quanto esposto nella relazione si può affermare che l'area oggetto di intervento, rientra nei **materiali alluvionali e fluvioglaciali** a tessitura prevalentemente sabbioso-limosa.

Avendo a disposizione una prova penetrometrica standard e n.2 indagini sismiche è stato possibile ipotizzare la stratigrafia, al fine di valutarne le caratteristiche geotecniche sia in condizioni drenate che non drenate.

Le verifiche geotecniche dell'opera sono state effettuate sia nell'ipotesi di lavorare in condizioni drenate sia non drenate, presumendo però che le più realistiche e a cui attenersi siano le condizioni di tipo drenato. Tale assunzione è adottabile se la fondazione dell'opera verrà realizzata in tempi inferiori a due settimane dalla demolizione dell'edificio scolastico esistente, evitando che il terreno riassuma condizioni non drenate. L'impresa esecutrice, nel caso in cui non riesca a rispettare la condizione sopra riportata, dovrà effettuare eventuali indagini geognostiche e prove di laboratorio al fine di valutare le effettive condizioni del terreno in termini di permeabilità e le caratteristiche reali del sottosuolo.

Tenuto conto delle assunzioni sopra riportate, si può affermare che il sito risulta **valido** per le opere in progetto, non avendo rilevato problematiche dal punto di vista della stabilità e vincolistico.



7.0 ALLEGATI

Risultati ottenuti dalla prova penetrometrica standard.

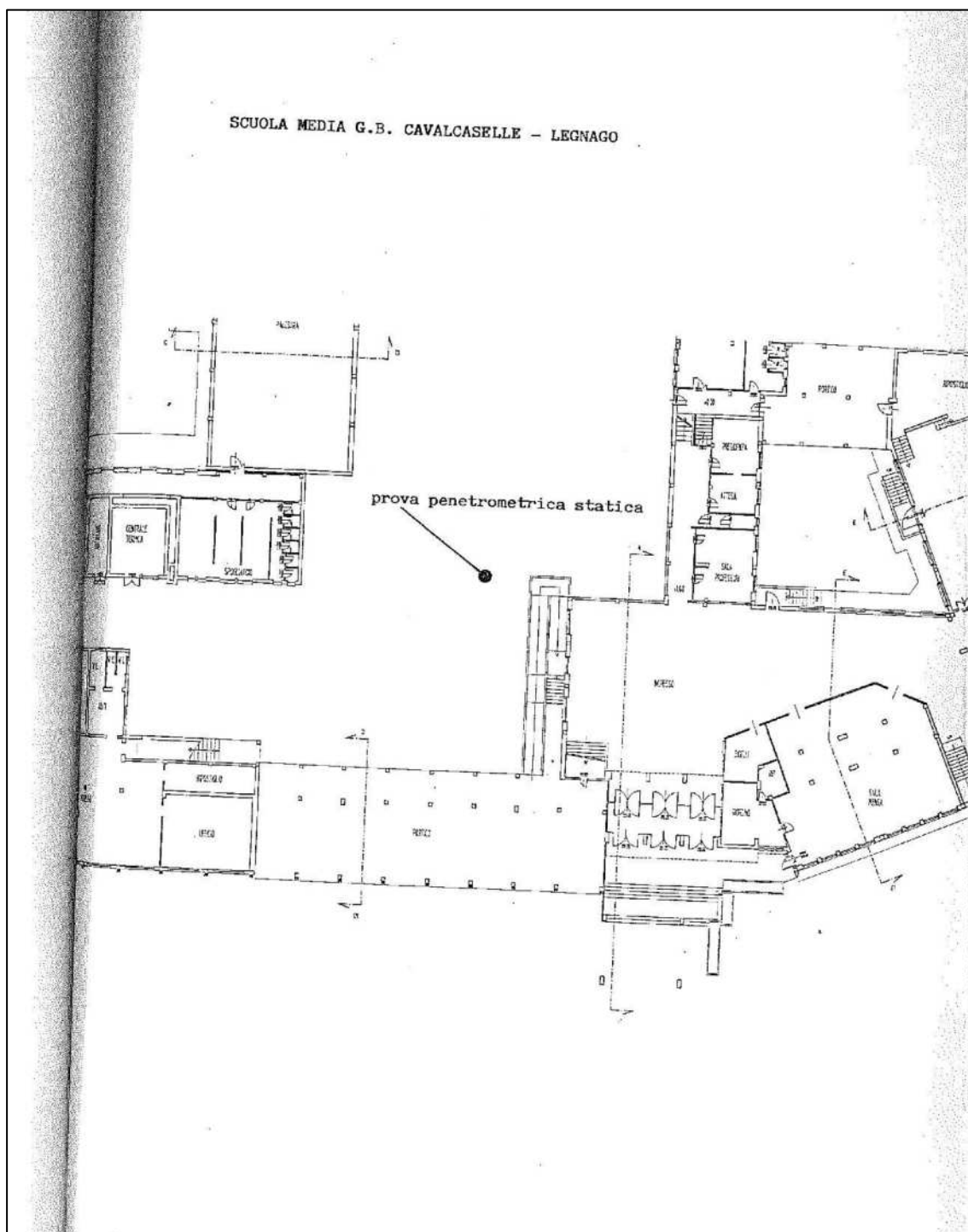


Figura 11 – Ubicazione della prova penetrometrica

Studio Geotecnico e Idrogeologico

 di Dott. F. Baraldi - Dott. A. Cantoni - Dott. G. Novellini
 46100 MANTOVA - Piazza Anconetta, 4 - Tel. e Fax 0376/36.55.71

Rifer. 48-2001

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**
CPT 1

2.010486-040

 - committente : COMUNE DI LEGNAGO (VR)
 - lavoro : SCUOLA MEDIA G.B. CAVALCASELLE DI PORTO DI LEGNAGO -
 - località : LEGNAGO (VR)

 - data : 17/10/2001
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

prf m	LP Kg/cm ²	LL Kg/cm ²	Rp Kg/cm ²	RL Kg/cm ²	Rp/RI	prf m	LP Kg/cm ²	LL Kg/cm ²	Rp Kg/cm ²	RL Kg/cm ²	Rp/RI
0,20	---	---	---	0,53	---	7,80	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0
0,40	7,0	11,0	14,0	0,80	17,0	8,00	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0
0,60	24,0	30,0	48,0	1,60	30,0	8,20	2,0	4,0	4,0	0,27	15,0
0,80	10,0	22,0	20,0	1,20	17,0	8,40	2,0	4,0	4,0	0,27	15,0
1,00	9,0	18,0	18,0	1,07	17,0	8,80	2,0	4,0	4,0	0,27	15,0
1,20	11,0	19,0	22,0	0,80	27,0	8,80	2,0	4,0	4,0	0,40	10,0
1,40	10,0	16,0	20,0	0,80	25,0	9,00	9,0	12,0	18,0	0,93	19,0
1,60	10,0	16,0	20,0	0,67	30,0	9,20	7,0	14,0	14,0	0,80	17,0
1,80	9,0	14,0	18,0	0,80	22,0	9,40	4,0	10,0	14,0	0,80	17,0
2,00	8,0	14,0	16,0	0,53	30,0	9,60	3,0	6,0	8,0	0,40	20,0
2,20	12,0	16,0	24,0	0,40	60,0	9,80	6,0	6,0	6,0	0,53	11,0
2,40	9,0	12,0	18,0	0,53	34,0	10,00	7,0	10,0	12,0	0,53	22,0
2,60	8,0	12,0	16,0	0,40	40,0	10,20	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0
2,80	7,0	10,0	14,0	0,27	52,0	10,40	8,0	11,0	14,0	0,80	17,0
3,00	3,0	5,0	6,0	0,53	11,0	10,60	7,0	13,0	16,0	0,80	20,0
3,20	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	10,80	7,0	13,0	14,0	0,80	17,0
3,40	4,0	8,0	8,0	0,67	12,0	11,00	7,0	13,0	14,0	0,67	21,0
3,60	11,0	16,0	22,0	1,07	21,0	11,20	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0
3,80	12,0	20,0	24,0	0,80	30,0	11,40	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0
4,00	14,0	20,0	28,0	0,53	52,0	11,60	3,0	6,0	6,0	0,27	22,0
4,20	14,0	18,0	28,0	0,53	52,0	11,80	2,0	4,0	4,0	0,53	7,0
4,40	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0	12,00	20,0	24,0	40,0	0,80	50,0
4,60	6,0	11,0	12,0	0,40	30,0	12,20	34,0	40,0	68,0	1,07	64,0
4,80	12,0	15,0	24,0	0,53	45,0	12,40	36,0	42,0	68,0	1,33	51,0
5,00	8,0	12,0	16,0	0,53	30,0	12,60	34,0	43,0	76,0	1,20	63,0
5,20	6,0	10,0	12,0	0,40	30,0	12,80	28,0	38,0	68,0	1,33	51,0
5,40	8,0	11,0	16,0	0,27	60,0	13,00	28,0	38,0	56,0	1,33	42,0
5,60	6,0	8,0	12,0	0,53	22,0	13,20	38,0	50,0	56,0	1,60	35,0
5,80	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0	13,40	60,0	72,0	76,0	1,60	47,0
6,00	8,0	12,0	16,0	0,53	30,0	13,60	70,0	84,0	120,0	1,87	64,0
6,20	5,0	9,0	10,0	0,40	25,0	13,80	70,0	90,0	140,0	2,67	52,0
6,40	3,0	6,0	6,0	0,27	22,0	14,00	65,0	80,0	140,0	2,00	70,0
6,60	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0	14,20	55,0	70,0	130,0	2,00	65,0
6,80	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0	14,40	55,0	75,0	110,0	2,67	41,0
7,00	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0	14,60	55,0	75,0	110,0	2,67	41,0
7,20	4,0	6,0	8,0	0,53	15,0	14,80	50,0	60,0	100,0	1,33	82,0
7,40	4,0	8,0	8,0	0,27	30,0	15,00	50,0	60,0	100,0	1,33	75,0
7,60	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

Software by: Dr D. Merlino - 0425/840820

Indagini Geologiche, Sondaggi, Prove Penetrometriche.

Studio Geotecnico e Idrogeologico

di Dott. F. Baraldi - Dott. A. Cantoni - Dott. G. Novellini
 46100 MANTOVA - Piazza Anconetta, 4 - Tel. e Fax 0376/36.55.71

Rifer. 46-2001

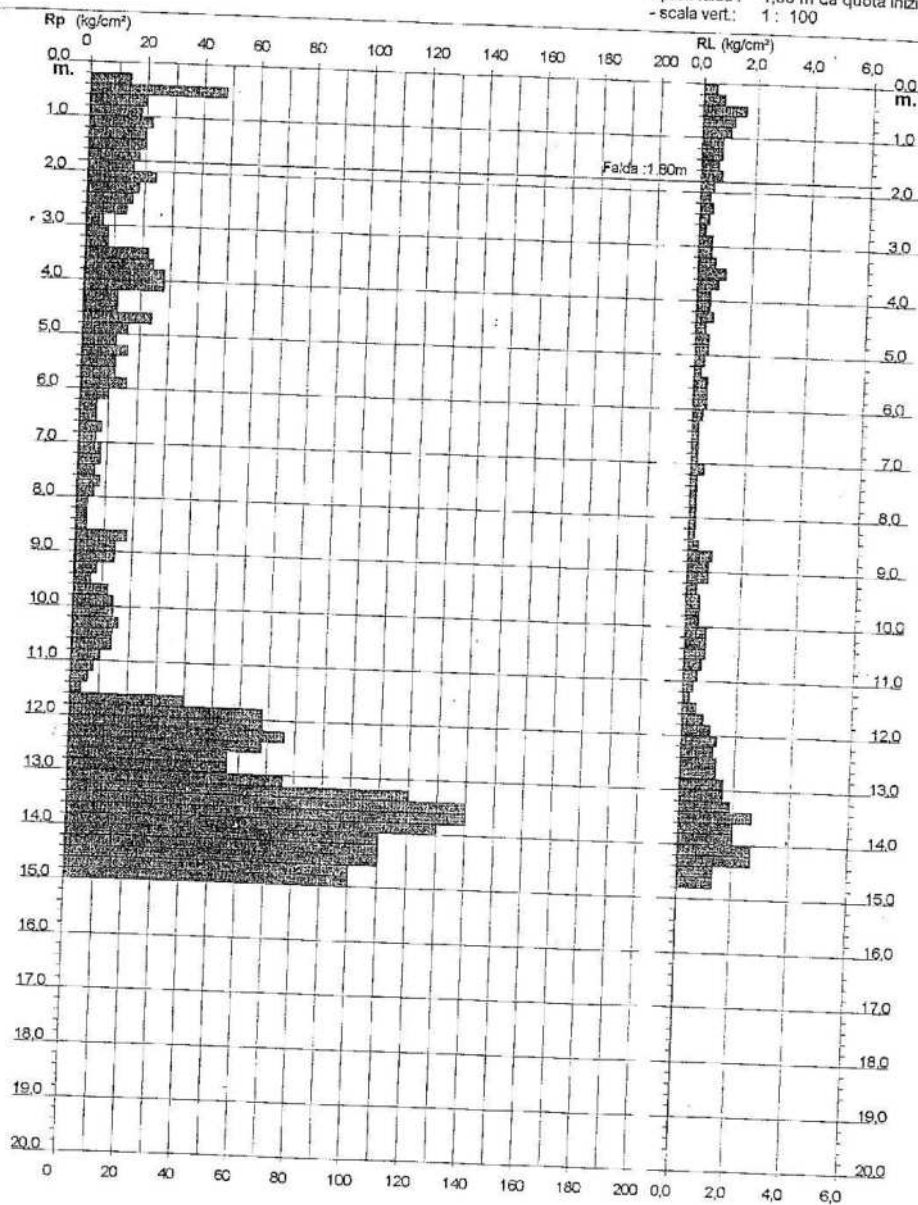
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010466-040

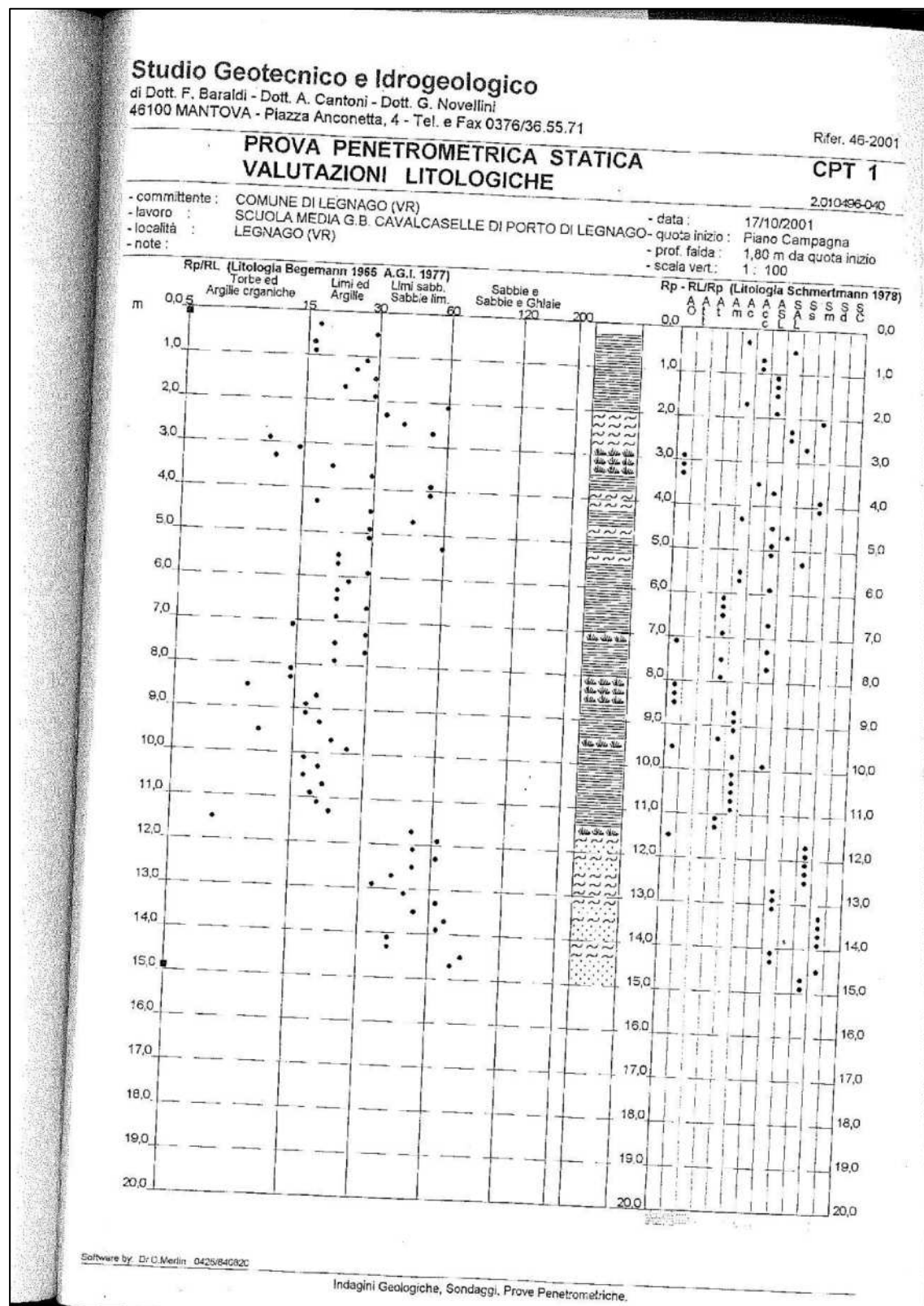
- committente : COMUNE DI LEGNAGO (VR)
 - lavoro : SCUOLA MEDIA G.B. CAVALCASELLE DI PORTO DI LEGNAGO
 - località : LEGNAGO (VR)

- data : 17/10/2001
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,80 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



Software by: Dr. J. Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche, Sondaggi, Prove Penetrometriche.



Studio Geotecnico e Idrogeologico

di Dott. F. Baraldi - Dott. A. Cantoni - Dott. G. Novellini
46100 MANTOVA - Piazza Anconetta, 4 - Tel. e Fax 0376/36.55.71

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

Rifer. 46-2001

CPT 1

2.010496-040

- committente : COMUNE DI LEGNAGO (VR)
- lavoro : SCUOLA MEDIA G.B. CAVALCASELLE DI PORTO DI LEGNAGO
- località : LEGNAGO (VR)

- data : 17/10/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,80 m da quota inizio
- pagina : 1

pagina: 1

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/2 (°)	Natura Litol	Y ^r t/m³	p _{vo} kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (°)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	a1s (°)	a2s (°)	a3s (°)	a4s (°)	edn (°)	emy (°)	Amax/g (°)	E50 kg/cm²	E25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	14	7	200	1,85	0,04	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
0,40	16	8	200	1,85	0,07	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
0,60	18	9	200	1,85	0,11	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
0,80	20	10	200	1,85	0,15	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
1,00	22	11	200	1,85	0,19	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
1,20	24	12	200	1,85	0,22	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
1,40	26	13	200	1,85	0,26	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
1,60	28	14	200	1,85	0,30	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
1,80	30	15	200	1,85	0,33	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
2,00	32	16	200	1,85	0,35	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
2,20	34	17	200	1,85	0,37	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
2,40	36	18	200	1,85	0,39	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
2,60	38	19	200	1,85	0,41	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
2,80	40	20	200	1,85	0,43	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
3,00	42	21	200	1,85	0,45	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
3,20	44	22	200	1,85	0,47	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
3,40	46	23	200	1,85	0,49	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
3,60	48	24	200	1,85	0,51	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
3,80	50	25	200	1,85	0,52	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
4,00	52	26	200	1,85	0,53	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
4,20	54	27	200	1,85	0,54	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
4,40	56	28	200	1,85	0,55	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
4,60	58	29	200	1,85	0,56	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
4,80	60	30	200	1,85	0,57	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
5,00	62	31	200	1,85	0,58	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
5,20	64	32	200	1,85	0,59	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
5,40	66	33	200	1,85	0,60	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
5,60	68	34	200	1,85	0,61	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
5,80	70	35	200	1,85	0,62	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
6,00	72	36	200	1,85	0,63	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
6,20	74	37	200	1,85	0,64	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
6,40	76	38	200	1,85	0,65	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
6,60	78	39	200	1,85	0,66	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
6,80	80	40	200	1,85	0,67	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
7,00	82	41	200	1,85	0,68	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
7,20	84	42	200	1,85	0,69	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
7,40	86	43	200	1,85	0,70	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
7,60	88	44	200	1,85	0,71	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
7,80	90	45	200	1,85	0,72	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
8,00	92	46	200	1,85	0,73	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
8,20	94	47	200	1,85	0,74	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
8,40	96	48	200	1,85	0,75	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
8,60	98	49	200	1,85	0,76	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
8,80	100	50	200	1,85	0,77	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
9,00	102	51	200	1,85	0,78	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
9,20	104	52	200	1,85	0,79	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
9,40	106	53	200	1,85	0,80	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
9,60	108	54	200	1,85	0,81	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
9,80	110	55	200	1,85	0,82	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
10,00	112	56	200	1,85	0,83	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
10,20	114	57	200	1,85	0,84	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
10,40	116	58	200	1,85	0,85	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
10,60	118	59	200	1,85	0,86	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
10,80	120	60	200	1,85	0,87	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
11,00	122	61	200	1,85	0,88	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
11,20	124	62	200	1,85	0,89	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
11,40	126	63	200	1,85	0,90	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
11,60	128	64	200	1,85	0,91	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
11,80	130	65	200	1,85	0,92	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
12,00	132	66	200	1,85	0,93	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
12,20	134	67	200	1,85	0,94	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
12,40	136	68	200	1,85	0,95	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
12,60	138	69	200	1,85	0,96	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
12,80	140	70	200	1,85	0,97	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
13,00	142	71	200	1,85	0,98	0,04	92,5	108	162	48	100	42	43	45	46	43	31	0,358	80	120	98
13,20	144	72	200	1,85	0,99	0,04	92,5	108													