

DESCRIZIONE INTERVENTO:

COMUNE DI VALMADRERA



REALIZZAZIONE DI UN NUOVO SERBATOIO DI COMPENSO IN LOCALITÀ BELVEDERE SUPERIORE IN COMUNE DI VALMADRERA

COMMITTENTE:



Lario Reti Holding S.p.A.
GESTORE SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

RESPONSABILE PROCEDIMENTO:

ing. Roberto Serra Groppelli

[Signature]
DOTT. ING.
SERRA GROPPELLI ROBERTO
Sez. A Settori:
al civile e ambientale
E-mail: r.serragroppelli@larioreti.it
N° A 388

STUDIO DI PROGETTAZIONE:



LARIO RETI HOLDING

DIVISIONE INGEGNERIA - PROGETTAZIONE INVESTIMENTI

| Lecco Via Fiandra 13, 23900 (LC)
| Tel. + 39 0341 359.111
| Pec: ingegneria@larioretipec.it

PROGETTISTA:

[Signature]
ing. Marco Rusconi
DOTT. ING.
RUSCONI MARCO
LAUREA SPECIALISTICA - SEZIONE A
SETTORI: A - B - C
N° 964
E-mail: m.rusconi@larioreti.it

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

COLLABORATORI:

ing. Andrea Veronelli

ALLEGATO:

NUMERO:

T6

- RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
AV	dicembre 2019	MR	dicembre 2019	MR	dicembre 2019
REVISIONE N.	DESCRIZIONE:				DATA
NUMERO INTERVENTO:	PDA 2018 - 050	CODICE PROGETTO:	AB02	COMMESSA :	49619

LARIO RETI HOLDING S.P.A.

**VALMADRERA (LC)
BELVEDERE DI SOPRA**

Caratterizzazione ambientale

REVISIONE N° 00

DATA DI EMISSIONE: 23/04/2019

REDATTA DA: dott. A. Freddo geologo



APPROVATA DA: dott. E. Fornasiero ingegnere
Direttore Tecnico



LARIO RETI HOLDING S.P.A.
BELVEDERE DI SOPRA– VALMADRERA (LC)
INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO
SERBATOIO DI COMPENSO
CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI TERRENI DA SCAVO

INDICE

1. INTRODUZIONE
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA
3. ASPETTI GEOLOGICI
4. ANALISI DI LABORATORIO
 - 4.a Analisi chimiche
5. CONCLUSIONI

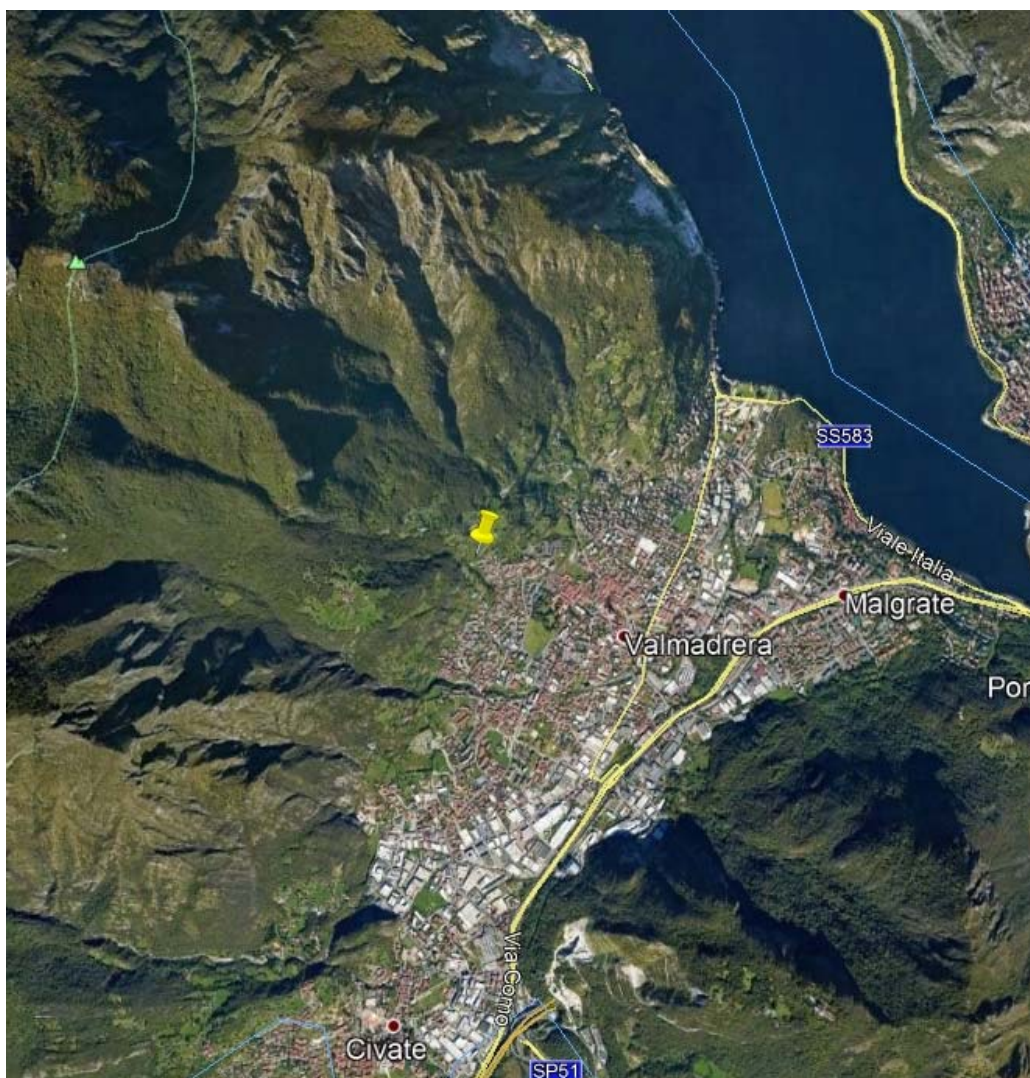
TAVOLE TECNICHE

- N° 1 FOGLIO PLANIMETRICO
N° 1 FOTO PANORAMICA
N° 4 RAPPORTI DI PROVA ANALISI CHIMICHE

1. INTRODUZIONE

Su incarico di **Lario Reti Holding S.p.A.**, nella presente relazione si riportano i risultati ottenuti dall'indagine geologica ambientale eseguita in Comune di Valmadrera (LC) in località Belvedere di Sopra, in corrispondenza dei terreni sui quali è prevista la realizzazione del nuovo serbatoio di compenso.

Finalità dell'indagine è l'individuazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e ambientali dei terreni da scavo per il loro riutilizzo.



Vista aerea del sito (Google Earth)

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area oggetto degli scavi è ubicata in Comune di Valmadrera (LC) in località Belvedere di Sopra.

I terreni campionati ricadono in una zona collinare terrazzata di forte antropizzazione del paesaggio e dei terreni. L'area è ad uso agricolo ai margini di una zona residenziale, non sono presenti attività industriali.



Ortofoto con individuazione dell'area d'indagine (Google (Google Earth))

3. ASPETTI GEOLOGICI

Il sito risulta terrazzato e fortemente acclive.

In corrispondenza delle prove eseguite, per il sottosuolo indagato, si riscontrano le seguenti successioni stratigrafiche:

Dalle prove D1, D2 e D3 si rinvencono terreni incoerenti di tipo limoso sabbioso e sabbioso limosi rilevati fino alla profondità di circa 2,0 ml da p.c. Da questa profondità per una potenza di circa 50 cm si rinvencono sabbie ghiaiose poggianti su sabbia limosa rinvenuta fino alla massima profondità investigata di 4,00 ml da p.c.

La prova D4, eseguita in posizione decentrata rispetto alle altre, presenta una alternanza continua di livelli costituiti da limi sabbiosi e livelli di sabbia limosa rinvenibili fino a 3,20 ml da p.c., massima profondità investigata (rifiuto strumentale).

Le prove sismiche eseguite evidenziano il passaggio a roccia ad una profondità di circa 4,00 ml dal p.c. In particolare fino a circa 14,50 ml da p.c. la roccia risulta alterata e fratturata, al di sotto risulta compatta.

Al termine dell'esecuzione delle prove penetrometriche si è proceduto a misurare la profondità della falda dal piano campagna mediante freatimetro:

- D1 falda assente
- D2 falda assente
- D3 3,79 m da p.c.
- D4 Non è stato possibile rilevare la profondità della falda all'interno del foro di prova per chiusura del foro stesso al di sopra del livello freatico.

4. ANALISI DI LABORATORIO

In corrispondenza delle prove D1 e D2 sono stati prelevati N° 4 campioni di terreno rappresentativi del sito di indagine.

4a. Analisi chimiche

Secondo il D.P.R. n. 120 del 13/06/2017: "Disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del decreto legge 12 settembre 2014 n. 133 convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014 n. 6" tutti i terreni e le rocce da scavo devono essere analizzati chimicamente al fine di poter essere riutilizzati in cantiere o in altre lavorazioni esterne.

In base al predetto Decreto, e secondo indicazioni della Committente, sono state effettuate le seguenti analisi sui campioni di terreno prelevati:

- Ricerca metalli pesanti
 - Arsenico
 - Cadmio
 - Cobalto
 - Cromo totale
 - Cromo esavalente
 - Mercurio
 - Nichel
 - Piombo
 - Rame
 - Vanadio
 - Zinco
- Ricerca idrocarburi pesanti con C>12
- Ricerca di idrocarburi leggeri con C>12

5. CONCLUSIONI

I risultati delle analisi evidenziano che i terreni del sito, secondo l'Allegato 3 del Decreto n. 186 del 05 aprile 2006, possono essere utilizzati in terreni agricoli e residenziali in quanto tutti i parametri rientrano nei limiti stabiliti dalla Tabella A.

Dati i risultati delle analisi chimiche si può concludere che:

E' possibile riutilizzare in sito i terreni di scavo.

TAVOLE TECNICHE ALLEGATE



Ubicazione planimetrica delle indagini



Panoramica del sito

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-05

Data emissione rapporto di prova	03/04/2019
Produttore	Lario Reti Holding S.p.A. Via Fiandra, 13 - 23900 Lecco (LC)
Committente	Tecnostudio srl Via Rovigo, 1 - 352042 Este (PD)
Codice cliente	3560
Matrice del campione	terreno
Codice di accettazione	19A00443-05
Riferimenti	D1
Campionamento eseguito da	committente
Data del campionamento	26/03/2019
Punto di prelievo	C/o cantiere Lario Resti S.p.A. di Valmadrera (LC)
Profondità del prelievo	da 0,0 a 1 m
Contenitore utilizzato per il trasporto	sacchetto in plastica
Metodo di campionamento	D.G.R.V. 2922/03* (dichiarato dal cliente come da verbale consegnato al laboratorio)
Norma di riferimento	D.P.R. n.120 del 13/06/2017
Data ricevimento campioni	26/03/2019
Data inizio prova	26/03/2019
Data fine prova	02/04/2019
Note	

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Umidità	g/Kg	21.1	2.1	0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.2
Sopravaglio 20 mm *	%	≤ QL		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sopravaglio 20 - 2 mm *	%	5.5		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sottovaglio 2 mm *	%	94.5		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Idrocarburi C<12 *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	10	250	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Idrocarburi C>12 *	mg/Kg s.s.	< QL		10	50	750	EPA 3540C 1996 + EPA 8015D 2003
Cromo esavalente *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	2	15	M.I. 015

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-05

Metalli e loro composti

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Arsenico	mg/Kg s.s.	13.3	2.8	1.0	20	50	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cadmio	mg/Kg s.s.	1.55	0.33	0.1	2	15	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cobalto	mg/Kg s.s.	14.5	3.0	0.5	20	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cromo totale	mg/Kg s.s.	31	7	0.5	150	800	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Mercurio *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	1	5	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Nichel	mg/Kg s.s.	41	9	0.5	120	500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Piombo	mg/Kg s.s.	69	14	0.5	100	1000	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Rame	mg/Kg s.s.	65	14	1.0	120	600	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Vanadio	mg/Kg s.s.	33	7	1.0	90	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Zinco	mg/Kg s.s.	134	28	1.0	150	1500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018

Fine del rapporto di prova

(1) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale

(2) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso commerciale e industriale

(*) Prova/campionamento non accreditato da ACCREDIA

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-05

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



Legenda: Q.L. = Limite di quantificazione (valore soglia al di sotto del quale si sceglie di non riportare alcun risultato numerico per la prova in oggetto - tale limite può essere fornito direttamente dal metodo di prova o da limiti di rilevanza sperimentali); M.I. = Metodo Interno; n.r. = non rilevante; e = prova in subappalto; sup = limite superiore; inf = limite inferiore; < x o > x = indica un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova; n.a. = non applicabile alla prova; n.p. = non pervenuto al laboratorio

I valori (qualora presenti sul rapporto di prova e se non diversamente specificato) riportati in colonna "incertezza" si riferiscono all'incertezza estesa con fattore di copertura K approssimato a 2, livello di probabilità = 95%

L'analisi, qualora non altrimenti specificato, è da intendersi come relativa al solo campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del Rapporto di Prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio.

I campioni vengono conservati presso il Laboratorio per 4 Settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.

Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal Laboratorio per almeno 10 anni dall'emissione del Rapporto di Prova.

Se non diversamente specificato, i risultati del presente Rapporto di Prova non risultano corretti per i fattori di recupero in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova.

ALLEGATO AL RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-05

PARERI ED INTERPRETAZIONI

I parametri analizzati (se non diversamente specificato dal Laboratorio) sono stati scelti in base alle indicazioni fornite dal produttore/committente. Eventuali valutazioni fatte dal Laboratorio sono riferibili ai soli parametri analizzati.

Commenti:

Parametri entro i limiti riferiti a siti a verde pubblico, privato e residenziale secondo tabella 1 colonna A dell'allegato 5 (Titolo V), allegato alla parte quarta del Decreto Legislativo n. 152/06.

La valutazione del parametro "Idrocarburi C<12" viene eseguita sul campione accettato con riserva come riportato nel campo "Note" del Rapporto di Prova

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-06

Data emissione rapporto di prova	03/04/2019
Produttore	Lario Reti Holding S.p.A. Via Fiandra, 13 - 23900 Lecco (LC)
Committente	Tecnostudio srl Via Rovigo, 1 - 352042 Este (PD)
Codice cliente	3560
Matrice del campione	terreno
Codice di accettazione	19A00443-06
Riferimenti	D1
Campionamento eseguito da	committente
Data del campionamento	26/03/2019
Punto di prelievo	C/o cantiere Lario Resti S.p.A. di Valmadrera (LC)
Profondità del prelievo	da 1,5 a 2,5 m
Contenitore utilizzato per il trasporto	sacchetto in plastica
Metodo di campionamento	D.G.R.V. 2922/03* (dichiarato dal cliente come da verbale consegnato al laboratorio)
Norma di riferimento	D.P.R. n.120 del 13/06/2017
Data ricevimento campioni	26/03/2019
Data inizio prova	26/03/2019
Data fine prova	02/04/2019
Note	

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Umidità	g/Kg	22.9	2.3	0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.2
Sopravaglio 20 mm *	%	≤ QL		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sopravaglio 20 - 2 mm *	%	18.4		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sottovaglio 2 mm *	%	81.6		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Idrocarburi C<12 *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	10	250	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Idrocarburi C>12 *	mg/Kg s.s.	< QL		10	50	750	EPA 3540C 1996 + EPA 8015D 2003
Cromo esavalente *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	2	15	M.I. 015

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-06

Metalli e loro composti

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Arsenico	mg/Kg s.s.	11.4	2.4	1.0	20	50	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cadmio	mg/Kg s.s.	1.33	0.28	0.1	2	15	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cobalto	mg/Kg s.s.	13.5	2.8	0.5	20	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cromo totale	mg/Kg s.s.	22	5	0.5	150	800	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Mercurio *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	1	5	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Nichel	mg/Kg s.s.	35	7	0.5	120	500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Piombo	mg/Kg s.s.	49	10	0.5	100	1000	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Rame	mg/Kg s.s.	48	10	1.0	120	600	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Vanadio	mg/Kg s.s.	31	7	1.0	90	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Zinco	mg/Kg s.s.	83	17	1.0	150	1500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018

Fine del rapporto di prova

(1) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale

(2) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso commerciale e industriale

(*) Prova/campionamento non accreditato da ACCREDIA

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-06

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



Legenda: Q.L. = Limite di quantificazione (valore soglia al di sotto del quale si sceglie di non riportare alcun risultato numerico per la prova in oggetto - tale limite può essere fornito direttamente dal metodo di prova o da limiti di rilevanza sperimentali); M.I. = Metodo Interno; n.r. = non rilevante; e = prova in subappalto; sup = limite superiore; inf = limite inferiore; < x o > x = indica un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova; n.a. = non applicabile alla prova; n.p. = non pervenuto al laboratorio

I valori (qualora presenti sul rapporto di prova e se non diversamente specificato) riportati in colonna "incertezza" si riferiscono all'incertezza estesa con fattore di copertura K approssimato a 2, livello di probabilità = 95%

L'analisi, qualora non altrimenti specificato, è da intendersi come relativa al solo campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del Rapporto di Prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio.

I campioni vengono conservati presso il Laboratorio per 4 Settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.

Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal Laboratorio per almeno 10 anni dall'emissione del Rapporto di Prova.

Se non diversamente specificato, i risultati del presente Rapporto di Prova non risultano corretti per i fattori di recupero in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova.

ALLEGATO AL RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-06

PARERI ED INTERPRETAZIONI

I parametri analizzati (se non diversamente specificato dal Laboratorio) sono stati scelti in base alle indicazioni fornite dal produttore/committente. Eventuali valutazioni fatte dal Laboratorio sono riferibili ai soli parametri analizzati.

Commenti:

Parametri entro i limiti riferiti a siti a verde pubblico, privato e residenziale secondo tabella 1 colonna A dell'allegato 5 (Titolo V), allegato alla parte quarta del Decreto Legislativo n. 152/06.

La valutazione del parametro "Idrocarburi C<12" viene eseguita sul campione accettato con riserva come riportato nel campo "Note" del Rapporto di Prova

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-07

Data emissione rapporto di prova	03/04/2019
Produttore	Lario Reti Holding S.p.A. Via Fiandra, 13 - 23900 Lecco (LC)
Committente	Tecnostudio srl Via Rovigo, 1 - 352042 Este (PD)
Codice cliente	3560
Matrice del campione	terreno
Codice di accettazione	19A00443-07
Riferimenti	D2
Campionamento eseguito da	committente
Data del campionamento	26/03/2019
Punto di prelievo	C/o cantiere Lario Resti S.p.A. di Valmadrera (LC)
Profondità del prelievo	da 0,0 a 0,5 m
Contenitore utilizzato per il trasporto	sacchetto in plastica
Metodo di campionamento	D.G.R.V. 2922/03* (dichiarato dal cliente come da verbale consegnato al laboratorio)
Norma di riferimento	D.P.R. n.120 del 13/06/2017
Data ricevimento campioni	26/03/2019
Data inizio prova	26/03/2019
Data fine prova	02/04/2019
Note	

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Umidità	g/Kg	23.7	2.4	0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.2
Sopravaglio 20 mm *	%	≤ QL		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sopravaglio 20 - 2 mm *	%	11.4		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sottovaglio 2 mm *	%	88.6		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Idrocarburi C<12 *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	10	250	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Idrocarburi C>12 *	mg/Kg s.s.	< QL		10	50	750	EPA 3540C 1996 + EPA 8015D 2003
Cromo esavalente *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	2	15	M.I. 015

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-07

Metalli e loro composti

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Arsenico	mg/Kg s.s.	10.1	2.1	1.0	20	50	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cadmio	mg/Kg s.s.	1.50	0.32	0.1	2	15	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cobalto	mg/Kg s.s.	11.6	2.4	0.5	20	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cromo totale	mg/Kg s.s.	20	4	0.5	150	800	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Mercurio *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	1	5	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Nichel	mg/Kg s.s.	30	6	0.5	120	500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Piombo	mg/Kg s.s.	69	14	0.5	100	1000	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Rame	mg/Kg s.s.	69	15	1.0	120	600	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Vanadio	mg/Kg s.s.	27	6	1.0	90	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Zinco	mg/Kg s.s.	133	28	1.0	150	1500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018

Fine del rapporto di prova

(1) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale

(2) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso commerciale e industriale

(*) Prova/campionamento non accreditato da ACCREDIA

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-07

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



Legenda: Q.L. = Limite di quantificazione (valore soglia al di sotto del quale si sceglie di non riportare alcun risultato numerico per la prova in oggetto - tale limite può essere fornito direttamente dal metodo di prova o da limiti di rilevanza sperimentali); M.I. = Metodo Interno; n.r. = non rilevabile; e = prova in subappalto; sup = limite superiore; inf = limite inferiore; < x o > x = indica un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova; n.a. = non applicabile alla prova; n.p. = non pervenuto al laboratorio

I valori (qualora presenti sul rapporto di prova e se non diversamente specificato) riportati in colonna "incertezza" si riferiscono all'incertezza estesa con fattore di copertura K approssimato a 2, livello di probabilità = 95%

L'analisi, qualora non altrimenti specificato, è da intendersi come relativa al solo campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del Rapporto di Prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio.

I campioni vengono conservati presso il Laboratorio per 4 Settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.

Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal Laboratorio per almeno 10 anni dall'emissione del Rapporto di Prova.

Se non diversamente specificato, i risultati del presente Rapporto di Prova non risultano corretti per i fattori di recupero in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova.

ALLEGATO AL RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-07

PARERI ED INTERPRETAZIONI

I parametri analizzati (se non diversamente specificato dal Laboratorio) sono stati scelti in base alle indicazioni fornite dal produttore/committente. Eventuali valutazioni fatte dal Laboratorio sono riferibili ai soli parametri analizzati.

Commenti:

Parametri entro i limiti riferiti a siti a verde pubblico, privato e residenziale secondo tabella 1 colonna A dell'allegato 5 (Titolo V), allegato alla parte quarta del Decreto Legislativo n. 152/06.

campione accettato con riserva - contenitore non idoneo per la verifica del parametro "Idrocarburi C<12" - il committente richiede, sotto la sua responsabilità, la verifica di tale parametro

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-08

Data emissione rapporto di prova	03/04/2019
Produttore	Lario Reti Holding S.p.A. Via Fiandra, 13 - 23900 Lecco (LC)
Committente	Tecnostudio srl Via Rovigo, 1 - 352042 Este (PD)
Codice cliente	3560
Matrice del campione	terreno
Codice di accettazione	19A00443-08
Riferimenti	D2
Campionamento eseguito da	committente
Data del campionamento	26/03/2019
Punto di prelievo	C/o cantiere Lario Resti S.p.A. di Valmadrera (LC)
Profondità del prelievo	da 1,0 a 1,5 m
Contenitore utilizzato per il trasporto	sacchetto in plastica
Metodo di campionamento	D.G.R.V. 2922/03* (dichiarato dal cliente come da verbale consegnato al laboratorio)
Norma di riferimento	D.P.R. n.120 del 13/06/2017
Data ricevimento campioni	26/03/2019
Data inizio prova	26/03/2019
Data fine prova	02/04/2019
Note	

RISULTATI ANALITICI

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Umidità	g/Kg	20.7	2.1	0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.2
Sopravaglio 20 mm *	%	≤ QL		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sopravaglio 20 - 2 mm *	%	7.5		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Sottovaglio 2 mm *	%	92.5		0.1			DM 13/09/1999 SO GU N°248 21/10/99 Met II.1
Idrocarburi C<12 *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	10	250	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2017
Idrocarburi C>12 *	mg/Kg s.s.	< QL		10	50	750	EPA 3540C 1996 + EPA 8015D 2003
Cromo esavalente *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	2	15	M.I. 015

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-08

Metalli e loro composti

Parametri	Unità di misura	Risultati analitici	Incer. (±)	Q.L.	Limiti(1)	Limiti(2)	Metodi di prova
Arsenico	mg/Kg s.s.	10.9	2.3	1.0	20	50	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cadmio	mg/Kg s.s.	1.43	0.30	0.1	2	15	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cobalto	mg/Kg s.s.	13.0	2.7	0.5	20	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Cromo totale	mg/Kg s.s.	25	5	0.5	150	800	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Mercurio *	mg/Kg s.s.	< QL		1.0	1	5	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Nichel	mg/Kg s.s.	34	7	0.5	120	500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Piombo	mg/Kg s.s.	58	12	0.5	100	1000	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Rame	mg/Kg s.s.	65	14	1.0	120	600	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Vanadio	mg/Kg s.s.	30	6	1.0	90	250	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018
Zinco	mg/Kg s.s.	109	23	1.0	150	1500	EPA 3050B 1996 + EPA 6010D 2018

Fine del rapporto di prova

(1) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale

(2) Limiti riferiti a: D.Lgs n° 152 del 03/04/2006 - Siti ad uso commerciale e industriale

(*) Prova/campionamento non accreditato da ACCREDIA

RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-08

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



Legenda: Q.L. = Limite di quantificazione (valore soglia al di sotto del quale si sceglie di non riportare alcun risultato numerico per la prova in oggetto - tale limite può essere fornito direttamente dal metodo di prova o da limiti di rilevanza sperimentali); M.I. = Metodo Interno; n.r. = non rilevante; e = prova in subappalto; sup = limite superiore; inf = limite inferiore; < x o > x = indica un valore inferiore o superiore all'intervallo di misura della prova; n.a. = non applicabile alla prova; n.p. = non pervenuto al laboratorio

I valori (qualora presenti sul rapporto di prova e se non diversamente specificato) riportati in colonna "incertezza" si riferiscono all'incertezza estesa con fattore di copertura K approssimato a 2, livello di probabilità = 95%

L'analisi, qualora non altrimenti specificato, è da intendersi come relativa al solo campione sottoposto a prova.

La riproduzione parziale del Rapporto di Prova deve essere autorizzata per iscritto dal Laboratorio.

I campioni vengono conservati presso il Laboratorio per 4 Settimane dalla data di fine prova, salvo diverse indicazioni.

Le registrazioni delle prove effettuate vengono conservate dal Laboratorio per almeno 10 anni dall'emissione del Rapporto di Prova.

Se non diversamente specificato, i risultati del presente Rapporto di Prova non risultano corretti per i fattori di recupero in quanto i valori del recupero rientrano nella tolleranza indicata nel metodo di prova.

ALLEGATO AL RAPPORTO DI PROVA N. 19A00443-08

PARERI ED INTERPRETAZIONI

I parametri analizzati (se non diversamente specificato dal Laboratorio) sono stati scelti in base alla indicazioni fornite dal produttore/committente. Eventuali valutazioni fatte dal Laboratorio sono riferibili ai soli parametri analizzati.

Commenti:

Parametri entro i limiti riferiti a siti a verde pubblico, privato e residenziale secondo tabella 1 colonna A dell'allegato 5 (Titolo V), allegato alla parte quarta del Decreto Legislativo n. 152/06.

La valutazione del parametro "Idrocarburi C<12" viene eseguita sul campione accettato con riserva come riportato nel campo "Note" del Rapporto di Prova.

Il Responsabile Tecnico
Gattolin Per. Ind. Andrea



Il Responsabile del Laboratorio
Gioachin Dr. Carlo



LARIO RETI HOLDING S.P.A.

**VALMADRERA (LC)
BELVEDERE DI SOPRA**

**Relazione Geologica
Indagine geognostica
Caratterizzazione e modellazione geotecnica**

REVISIONE N° 00

DATA DI EMISSIONE: 23/04/2019

REDATTA DA: dott. A. Freddo geologo



APPROVATA DA: dott. E. Fornasiero ingegnere
Direttore Tecnico



LARIO RETI HOLDING S.P.A.

BELVEDERE DI SOPRA– VALMADRERA (LC)

**INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO
SERBATOIO DI COMPENSO**

**RELAZIONE GEOLOGICA
INDAGINE GEOGNOSTICA
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA**

INDICE

1. INTRODUZIONE
2. ASSETTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E
IDROGRAFIA DI SUPERFICIE
3. LIMITAZIONI ALL'EDIFICAZIONE
4. INDAGINE GEOGNOSTICA
 - 4.1 Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH
 - 4.2 Descrizione del terreno
 - 4.3 Posa dei piezometri
 - 4.4 Prove di permeabilità del terreno
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA
 - 5.1 Classificazione sismica e topografica
 - 5.2 Prospezione sismica ai microtremiti HVSR
 - 5.3 Prospezione sismica a rifrazione MASW
 - 5.4 Potenziale di liquefazione
 - 5.5 Analisi del rischio sismico
 - 5.6 Parametri sismici
6. VALUTAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DEL PROGETTO
 - 6.1 Rilievo geologico
 - 6.2 Fattibilità del progetto
7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

TAVOLE TECNICHE

N° 1 FOGLIO PLANIMETRICO

N° 4 FOGLI INTERPRETATIVI DELLE PROVE DPSH

N° 1 FOGLIO DELLA PROVA DI PERMEABILITA'

1. INTRODUZIONE

Su incarico di **Lario Reti Holding S.p.A.**, nella presente relazione si riportano i risultati ottenuti dall'indagine geognostica eseguita in Comune di Valmadrera (LC) in località Belvedere di Sopra in corrispondenza dei terreni sui quali è prevista la realizzazione di nuovo serbatoio di compenso.



Finalità dell'indagine è l'individuazione del modello geotecnico rappresentativo del sottosuolo, a tale scopo sono state eseguite:

- N° 4 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;
- N° 1 prova di permeabilità del terreno;
- N° 1 indagine sismica HVSR (microtremori);
- N° 1 indagine sismica a rifrazione MASW.

La presente relazione è stata redatta in conformità a quanto previsto dalle “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 17/01/2018, pubblicato nella G.U. del 20/02/2018, n°.42. La normativa di riferimento viene integrata con D.G.R. Lombardia IX 2616/2011 e Circolare n. 1 del 24/02/2017 Regione Lombardia.



Ortofoto con individuazione dell'area d'indagine (Google Earth)

2. ASSETTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO E IDROGRAFIA DI SUPERFICIE





L'area indagata ricade nel foglio 32 “Como” della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e nel foglio “Centro” della Carta Geologica della Provincia di Lecco alla scala 1:25.000. Il sito d'indagine rientra in una zona collinare terrazzata di forte antropizzazione del paesaggio e dei terreni.

Dall'analisi delle carte geologiche menzionate l'area d'indagine ricade sul versante meridionale mediamente acclive del Monte Maregallo, ad una quota di 345 m slm.



Estratto dal Foglio 32 Como della Carta Geologica d'Italia 1:100.000

LEGENDA

- | | | | | | |
|---|--|---|----------------|---|----------------|
|  | Dolomia Principale |  | Dolomia Retica |  | Calcarei Grigi |
|  | Alluvioni terrazzate con coni di deiezione | | | | |

La situazione tettonico-strutturale è molto complessa e ricollegabile a vari episodi deposizionali e deformativi legati all'orogenesi alpina che ha portato a contatto tettonico unità di diverse epoche o addirittura ha rovesciato le serie stratigrafiche, variamente sovrascorse e fagliate.

Le unità sedimentarie affioranti nel territorio hanno un'età compresa tra il Triassico (Anisico) ed il Paleogene-Neogene basale, rappresentato dalle molasse alpine. L'intera area è caratterizzata da una deformazione per sovrascorrimenti sud-vergenti che coinvolgono, probabilmente, anche il basamento e causano sensibili fenomeni di

raccorciamento crostale. Le scaglie tettoniche, rigide rispetto alla reologia circostante, si sono accavallate da nord verso sud a costituire i rilievi principali dell'area.

I terreni dell'area di studio risultano costituiti da detriti di versante coprenti materiale morenico. Il grande ghiacciaio wurmiano del Lario in questa area ha scavato e formato una valle di collegamento tra il ramo orientale del Lago di Como (ad Est) ed il lago di Annone (ad Ovest).

La falda freatica risulta molto profonda, localmente sono individuabili alcune venute d'acqua al contatto tra le coperture detritiche e il substrato roccioso.

Il deflusso delle acque avviene prevalentemente per scorrimento superficiale verso il vicino Torrente Inferno, tributario del Rio Torto, a sua volta affluente nel Lago di Como.

Sono stati analizzati:

- il Piano di Governo del Territorio del Comune di Valmadrera
- il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lecco

Dallo studio delle tavole allegate ai Piani soprariportati si deduce che:

- l'area presenta vincolo idrogeologico secondo R.D. 3267/23;
- il rischio idrogeologico è molto elevato per esondazioni e conoidi;
- il sito ricade in area avente classe di fattibilità geologica 3b e quindi con consistenti limitazioni.

Le limitazioni sono riferibili all'acclività dell'area compresa tra 20° e 30° e quindi possibilità di innesco di scivolamenti superficiali e/o crolli di materiale.

- la zona di pericolosità sismica locale attribuita è la Z4c: "zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi con possibili amplificazioni litologiche e geometriche";
- la Classe di Pericolosità Sismica attribuita è H2.

3. LIMITAZIONI ALL'EDIFICAZIONE

Dall'analisi delle tavole di cui al punto 2 risulta che le condizioni limitative dell'edificabilità sono l'acclività del sito e la pericolosità sismica.

Per quanto sopra risulta necessario che:

- venga eseguita una analisi di stabilità del versante;
- venga eseguito un rilievo geomorfologico sulle possibili evoluzioni del versante;
- venga eseguita la verifica di compatibilità ed invarianza idraulica.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Sono state eseguite N° 4 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH, spinte alla profondità prevista o al raggiungimento del rifiuto strumentale.

L'ubicazione delle prove, come riportato nella planimetria allegata, è stata scelta in accordo con la committente e compatibilmente alle effettive possibilità di accesso ai punti d'indagine.

4.1 Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

La prova penetrometrica dinamica continua DPSH "Dynamic Probing Super Heavy" consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

Caratteristiche Tecniche-Strumentali

Sonda:	Pagani TG 63-200
Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Diametro punta conica	50 mm
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,472
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Con l'impiego del software GEOSTRU Dynamic Probing e scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ottiene la interpretazione stratigrafica per ogni punto di lettura eseguito.

Successivamente il sottosuolo viene raffigurato in strati omogenei aventi valori di resistenza alla punta dello stesso ordine di grandezza.

Di seguito vengono riportate le tabelle relative alla prova eseguita con i valori di input ed i parametri geotecnici ricavati.

PROVA D1

Committente: LARIO RETI HOLDING S.P.A.
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63-200 DPSH
 Prova eseguita in data: 22/03/2019
 Profondità prova: 2,80 mt
 Località: Via Belvedere, Valmadrera (LC)

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	3	0,855	2,64	3,09	132,09	154,56
0,40	6	0,851	5,26	6,18	262,99	309,12
0,60	8	0,847	6,41	7,57	320,40	378,28
0,80	9	0,843	7,18	8,51	358,89	425,56
1,00	6	0,840	4,76	5,67	238,25	283,71
1,20	12	0,836	9,49	11,35	474,51	567,42
1,40	9	0,833	7,09	8,51	354,44	425,56
1,60	18	0,780	12,26	15,73	613,09	786,47
1,80	12	0,826	8,67	10,49	433,25	524,31
2,00	8	0,823	5,75	6,99	287,74	349,54
2,20	7	0,820	5,02	6,12	250,83	305,85
2,40	7	0,817	5,00	6,12	249,92	305,85
2,60	31	0,664	16,72	25,18	836,18	1258,84
2,80	50	Rifiuto strumentale				

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
2,4	5,07	4,28	Incoerente	16,08	18,63	19,3	1,47	7,45	Sabbie limose e limi sabbiosi con ciottoli
2,6	31	19,36	Incoerente	21,77	20,99	40,77	1,47	45,57	Sabbia ghiaiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Sabbie limose e limi sabbiosi con ciottoli	7,45	0,00-2,40	7,45	Meyerhof 1957	60,53
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	45,57	2,40-2,60	45,57	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Sabbie limose e	7,45	0,00-2,40	7,45	Meyerhof (1965)	32,67

limi sabbiosi con ciottoli					
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	45,57	2,40-2,60	45,57	Meyerhof (1965)	37,22

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Sabbie limose e limi sabbiosi con ciottoli	7,45	0.00-2,40	7,45	Bowles (1982)	3,96
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	45,57	2,40-2,60	45,57	Bowles (1982)	29,70

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Sabbie limose e limi sabbiosi con ciottoli	7,45	0.00-2,40	7,45	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	45,57	2,40-2,60	45,57	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Sabbie limose e limi sabbiosi con ciottoli	7,45	0.00-2,40	7,45	Meyerhof et al.	16,08
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	45,57	2,40-2,60	45,57	Meyerhof et al.	21,77

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Sabbie limose e limi sabbiosi con ciottoli	7,45	0.00-2,40	7,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	45,57	2,40-2,60	45,57	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,99

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Sabbie limose e limi sabbiosi con ciottoli	7,45	0.00-2,40	7,45	Ohsaki (Sabbie pulite)	42,10
Strato (2) Sabbia ghiaiosa	45,57	2,40-2,60	45,57	Ohsaki (Sabbie pulite)	230,99

PROVA D2

Committente: LARIO RETI HOLDING S.P.A.
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63-200 DPSH
 Prova eseguita in data: 22/03/2019
 Profondità prova: 2,20 mt
 Località: Via Belvedere, Valmadrera (LC)

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	4	0,855	3,52	4,12	176,13	206,08
0,40	4	0,851	3,51	4,12	175,33	206,08
0,60	13	0,797	9,80	12,29	489,92	614,70
0,80	4	0,843	3,19	3,78	159,51	189,14
1,00	11	0,840	8,74	10,40	436,78	520,13
1,20	14	0,786	10,41	13,24	520,50	661,99
1,40	13	0,783	9,62	12,29	481,23	614,70
1,60	22	0,730	14,03	19,22	701,28	961,24
1,80	7	0,826	5,05	6,12	252,73	305,85
2,00	42	0,623	22,87	36,70	1143,60	1835,09
2,20	50	Rifiuto strumentale				

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,8	2,35	2,18	Incoerente	14,42	18,44	5,77	1,47	3,45	Limo sabbioso
1,8	8,48	7,2	Incoerente	17,75	18,93	20,41	1,47	12,47	Sabbia limosa
2	42	31,4	Incoerente	22,56	21,28	31,54	1,47	61,74	Sabbia ghiaiosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Limo sabbioso	3,45	0,00-0,80	3,45	Meyerhof 1957	44,78
Strato (2) Sabbia limosa	12,47	0,80-1,80	12,47	Meyerhof 1957	77,82
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	61,74	1,80-2,00	61,74	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Limo sabbioso	3,45	0,00-0,80	3,45	Meyerhof (1965)	25,6

Strato (2) Sabbia limosa	12,47	0,80-1,80	12,47	Meyerhof (1965)	29,87
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	61,74	1,80-2,00	61,74	Meyerhof (1965)	36,02

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Limo sabbioso	3,45	0.00-0,80	3,45	Bowles (1982)	2,78
Strato (2) Sabbia limosa	12,47	0,80-1,80	12,47	Bowles (1982)	5,43
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	61,74	1,80-2,00	61,74	Bowles (1982)	37,63

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Limo sabbioso	3,45	0.00-0,80	3,45	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) Sabbia limosa	12,47	0,80-1,80	12,47	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	61,74	1,80-2,00	61,74	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Limo sabbioso	3,45	0.00-0,80	3,45	Meyerhof et al.	14,42
Strato (2) Sabbia limosa	12,47	0,80-1,80	12,47	Meyerhof et al.	17,75
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	61,74	1,80-2,00	61,74	Meyerhof et al.	22,56

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Limo sabbioso	3,45	0.00-0,80	3,45	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
Strato (2) Sabbia limosa	12,47	0,80-1,80	12,47	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,93
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	61,74	1,80-2,00	61,74	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Limo sabbioso	3,45	0.00-0,80	3,45	Ohsaki (Sabbie pulite)	20,42
Strato (2) Sabbia limosa	12,47	0,80-1,80	12,47	Ohsaki (Sabbie pulite)	68,32
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	61,74	1,80-2,00	61,74	Ohsaki (Sabbie pulite)	307,30

PROVA D3

Committente: LARIO RETI HOLDING S.P.A.
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63-200 DPSH
 Prova eseguita in data: 22/03/2019
 Profondità prova: 4,20 mt
 Località: Via Belvedere, Valmadrera (LC)

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	3	0,855	2,64	3,09	132,09	154,56
0,40	4	0,851	3,51	4,12	175,33	206,08
0,60	6	0,847	4,81	5,67	240,30	283,71
0,80	16	0,793	12,00	15,13	600,20	756,56
1,00	16	0,790	11,95	15,13	597,50	756,56
1,20	9	0,836	7,12	8,51	355,88	425,56
1,40	11	0,833	8,66	10,40	433,20	520,13
1,60	15	0,780	10,22	13,11	510,91	655,39
1,80	31	0,676	18,32	27,09	916,07	1354,47
2,00	34	0,673	20,00	29,71	1000,05	1485,55
2,20	19	0,770	12,79	16,60	639,33	830,16
2,40	12	0,817	8,57	10,49	428,44	524,31
2,60	9	0,814	5,95	7,31	297,58	365,47
2,80	16	0,761	9,89	12,99	494,71	649,72
3,00	16	0,759	9,86	12,99	492,93	649,72
3,20	17	0,756	10,44	13,81	521,89	690,33
3,40	20	0,753	12,24	16,24	611,88	812,16
3,60	21	0,701	11,17	15,93	558,26	796,52
3,80	14	0,748	7,95	10,62	397,42	531,02
4,00	9	0,796	5,43	6,83	271,74	341,37
4,20	50	Rifiuto strumentale				

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,6	3,09	3,05	Incoerente	14,91	18,44	4,47	1,47	4,54	Limo sabbioso
1,6	10,53	9,43	Incoerente	18,53	19,12	18,21	1,47	15,48	Sabbia limosa
2,2	21,52	17,09	Incoerente	21,08	20,1	33,8	1,47	31,63	Sabbia ghiaiosa
4	10,82	6,87	Incoerente	18,63	19,12	56,89	1,47	15,91	Sabbia limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Limo sabbioso	4,54	0.00-0,60	4,54	Meyerhof 1957	51,82
Strato (2) Sabbia limosa	15,48	0,60-1,60	15,48	Meyerhof 1957	87,79
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	31,63	1,60-2,20	31,63	Meyerhof 1957	100
Strato (4) Sabbia limosa	15,91	2,20-4,00	15,91	Meyerhof 1957	74,03

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Limo sabbioso	4,54	0.00-0,60	4,54	Meyerhof (1965)	26,16
Strato (2) Sabbia limosa	15,48	0,60-1,60	15,48	Meyerhof (1965)	31,09
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	31,63	1,60-2,20	31,63	Meyerhof (1965)	35,73
Strato (4) Sabbia limosa	15,91	2,20-4,00	15,91	Meyerhof (1965)	31,25

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Limo sabbioso	4,54	0.00-0,60	4,54	Bowles (1982)	3,10
Strato (2) Sabbia limosa	15,48	0,60-1,60	15,48	Bowles (1982)	6,32
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	31,63	1,60-2,20	31,63	Bowles (1982)	22,86
Strato (4) Sabbia limosa	15,91	2,20-4,00	15,91	Bowles (1982)	6,45

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Limo sabbioso	4,54	0.00-0,60	4,54	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Sabbia limosa	15,48	0,60-1,60	15,48	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	31,63	1,60-2,20	31,63	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (4) Sabbia limosa	15,91	2,20-4,00	15,91	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Limo sabbioso	4,54	0,00-0,60	4,54	Meyerhof et al.	14,91
Strato (2) Sabbia limosa	15,48	0,60-1,60	15,48	Meyerhof et al.	18,53
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	31,63	1,60-2,20	31,63	Meyerhof et al.	21,08
Strato (4) Sabbia limosa	15,91	2,20-4,00	15,91	Meyerhof et al.	18,63

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Limo sabbioso	4,54	0,00-0,60	4,54	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
Strato (2) Sabbia limosa	15,48	0,60-1,60	15,48	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	31,63	1,60-2,20	31,63	Terzaghi-Peck 1948-1967	20,10
Strato (4) Sabbia limosa	15,91	2,20-4,00	15,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Limo sabbioso	4,54	0,00-0,60	4,54	Ohsaki (Sabbie pulite)	26,43
Strato (2) Sabbia limosa	15,48	0,60-1,60	15,48	Ohsaki (Sabbie pulite)	83,72
Strato (3) Sabbia ghiaiosa	31,63	1,60-2,20	31,63	Ohsaki (Sabbie pulite)	163,88
Strato (4) Sabbia limosa	15,91	2,20-4,00	15,91	Ohsaki (Sabbie pulite)	85,90

PROVA D4

Committente: LARIO RETI HOLDING S.P.A.
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63-200 DPSH
 Prova eseguita in data: 22/03/2019
 Profondità prova: 3,40 mt
 Località: Via Belvedere, Valmadrera (LC)

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	5	0,855	4,40	5,15	220,16	257,60
0,40	18	0,801	14,85	18,55	742,61	927,37
0,60	17	0,797	12,81	16,08	640,67	803,84
0,80	12	0,843	9,57	11,35	478,52	567,42
1,00	5	0,840	3,97	4,73	198,54	236,42
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	5	0,833	3,94	4,73	196,91	236,42
1,60	4	0,830	2,90	3,50	144,98	174,77
1,80	5	0,826	3,61	4,37	180,52	218,46
2,00	3	0,823	2,16	2,62	107,90	131,08
2,20	5	0,820	3,58	4,37	179,17	218,46
2,40	9	0,817	6,43	7,86	321,33	393,23
2,60	9	0,814	5,95	7,31	297,58	365,47
2,80	25	0,711	14,44	20,30	722,23	1015,20
3,00	13	0,759	8,01	10,56	400,51	527,90
3,20	11	0,806	7,20	8,93	360,03	446,69
3,40	50	Rifiuto strumentale				

STIMA SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,2	5	5	Incoerente	15,98	18,63	1,6	1,47	7,35	Limo sabbioso
0,8	13,04	12,68	Incoerente	19,42	19,32	9,02	1,47	19,17	Sabbia limosa
2,2	3,84	3,31	Incoerente	15,4	18,53	25,63	1,47	5,64	Limo sabbioso
3,2	7,41	4,54	Incoerente	17,26	18,83	45,04	1,47	10,89	Sabbia limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Limo sabbioso	7,35	0,00-0,20	7,35	Meyerhof 1957	67,27
Strato (2) Sabbia limosa	19,17	0,20-0,80	19,17	Meyerhof 1957	100
Strato (3) Limo sabbioso	5,64	0,80-2,20	5,64	Meyerhof 1957	50,87
Strato (4) Sabbia limosa	10,89	2,20-3,20	10,89	Meyerhof 1957	64,36

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Limo sabbioso	7,35	0.00-0,20	7,35	Meyerhof (1965)	27,57
Strato (2) Sabbia limosa	19,17	0,20-0,80	19,17	Meyerhof (1965)	32,42
Strato (3) Limo sabbioso	5,64	0,80-2,20	5,64	Meyerhof (1965)	26,72
Strato (4) Sabbia limosa	10,89	2,20-3,20	10,89	Meyerhof (1965)	29,2

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Limo sabbioso	7,35	0.00-0,20	7,35	Bowles (1982)	3,93
Strato (2) Sabbia limosa	19,17	0,20-0,80	19,17	Bowles (1982)	7,41
Strato (3) Limo sabbioso	5,64	0,80-2,20	5,64	Bowles (1982)	3,42
Strato (4) Sabbia limosa	10,89	2,20-3,20	10,89	Bowles (1982)	4,97

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Limo sabbioso	7,35	0.00-0,20	7,35	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Sabbia limosa	19,17	0,20-0,80	19,17	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Limo sabbioso	5,64	0,80-2,20	5,64	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) Sabbia limosa	10,89	2,20-3,20	10,89	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Limo sabbioso	7,35	0.00-0,20	7,35	Meyerhof et al.	15,98
Strato (2) Sabbia limosa	19,17	0,20-0,80	19,17	Meyerhof et al.	19,42
Strato (3) Limo sabbioso	5,64	0,80-2,20	5,64	Meyerhof et al.	15,40
Strato (4) Sabbia limosa	10,89	2,20-3,20	10,89	Meyerhof et al.	17,26

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Limo sabbioso	7,35	0.00-0,20	7,35	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63
Strato (2) Sabbia limosa	19,17	0,20-0,80	19,17	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,32

Strato (3) Limo sabbioso	5,64	0,80-2,20	5,64	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
Strato (4) Sabbia limosa	10,89	2,20-3,20	10,89	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Limo sabbioso	7,35	0,00-0,20	7,35	Ohsaki (Sabbie pulite)	41,57
Strato (2) Sabbia limosa	19,17	0,20-0,80	19,17	Ohsaki (Sabbie pulite)	102,35
Strato (3) Limo sabbioso	5,64	0,80-2,20	5,64	Ohsaki (Sabbie pulite)	32,41
Strato (4) Sabbia limosa	10,89	2,20-3,20	10,89	Ohsaki (Sabbie pulite)	60,15

4.2 Descrizione del terreno

In corrispondenza delle prove eseguite, per il sottosuolo indagato, si riscontrano le seguenti successioni stratigrafiche:

Nelle prove D1, D2 e D3 si riscontrano terreni incoerenti di tipo limoso sabbioso e sabbioso limoso rilevati fino alla profondità di circa 2,0 ml da p.c. Da questa profondità per una potenza di circa 50 cm si rinvencono sabbie ghiaiose poggianti su sabbia limosa rinvenuta fino alla massima profondità investigata di 4,00 ml da p.c.

La prova D4, eseguita in posizione decentrata rispetto le altre prove, presenta alternanze continue di livelli costituiti da limi sabbiosi e livelli di sabbia limosa rinvenibili fino a 3,20 ml da p.c., massima profondità investigata.

Le prove sismiche eseguite evidenziano il passaggio a roccia ad una profondità di circa 4,00 ml dal p.c. In particolare fino a circa 14,50 ml da p.c. la roccia risulta alterata e fratturata, successivamente risulta compatta.

Al termine dell'esecuzione delle prove penetrometriche si è proceduto a misurare la profondità della falda dal piano campagna mediante freatimetro:

- D1 falda assente
- D2 falda assente
- D3 3,79 m da p.c.
- D4 Non è stato possibile rilevare la profondità della falda all'interno del foro di prova per chiusura del foro stesso al di sopra del livello freatico.

4.3 Posa dei piezometri

I fori di prova D1, D2 e D3 sono stati alesati al diametro 2,5 cm e successivamente attrezzati a piezometro tubo aperto mediante l'inserimento all'interno del foro di tubo in PVC diametro 2 cm.

Il tubo risulta cieco dalla superficie fino alla profondità di 1,00 ml da p.c. e fessurato da questa quota fino a fondo foro. Il tratto cieco è stato reso solidale al terreno mediante cementazione dell'intercapedine con miscela di cemento, acqua e bentonite; nel tratto fessurato è stato inserito ghiaino calibrato.

I piezometri sono stati spurgati al termine della posa.

Sono state effettuate N° 3 letture per ogni piezometro secondo la seguente tabella:

Piezometro	Data	Falda (m)	Data	Falda (m)	Data	Falda (m)
D1	23/03/19	Assente	26/03/19	Assente	01/04/19	Assente
D2	23/03/19	Assente	26/03/19	Assente	01/04/19	Assente
D3	23/03/19	3,80	26/03/19	4,10	01/04/19	4,10

4.4 Prova di permeabilità del terreno

E' stata eseguita una prova di permeabilità tipo Lefranc dei terreni.

Per l'esecuzione della prova di permeabilità è stato realizzato un pozzetto perdente mediante la formazione di un foro del diametro di 40 cm con l'ausilio di una trivella a coclea. La profondità totale risulta di 1,00 ml da p.c.

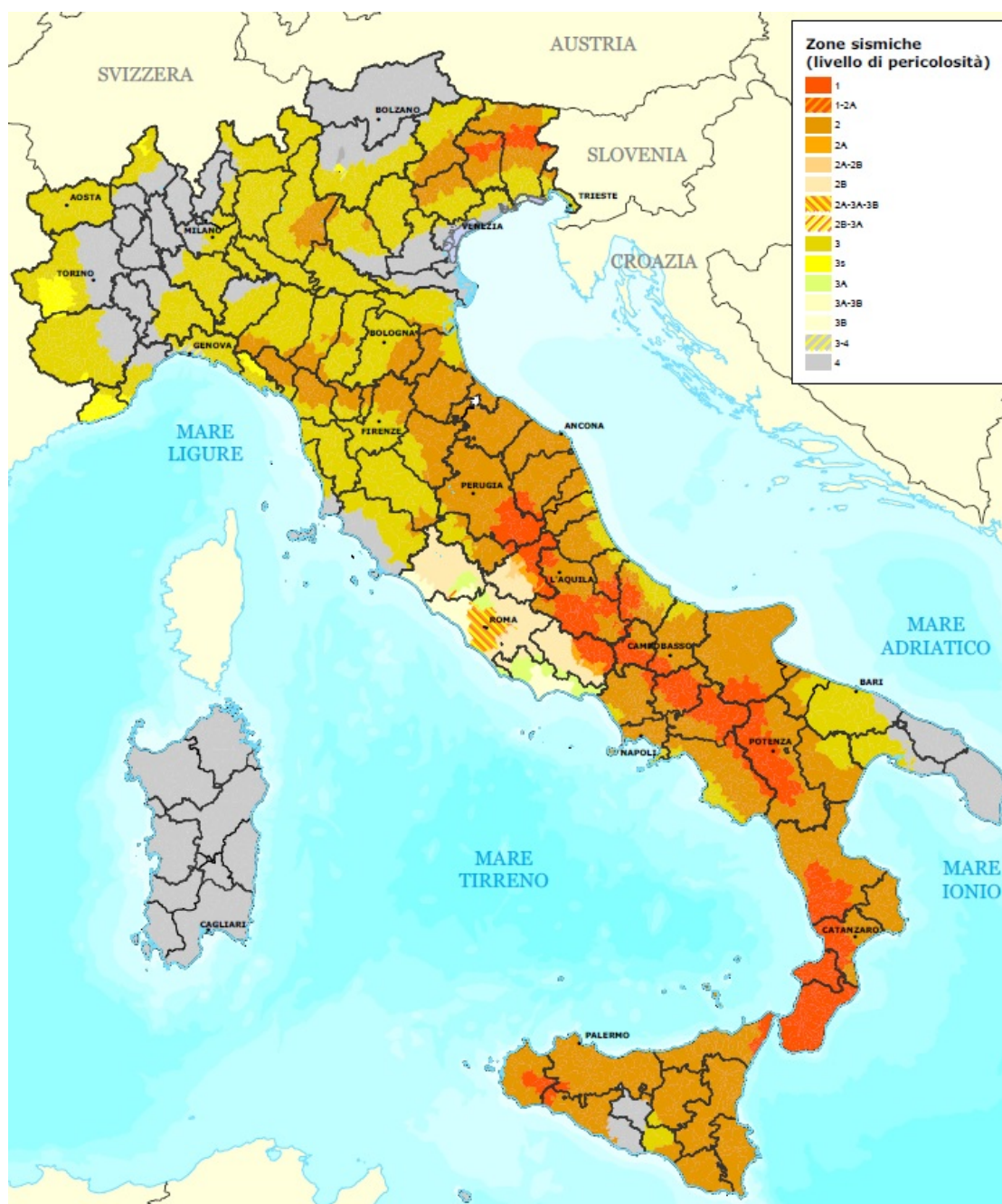
Il foro viene riempito completamente di acqua e si misura l'abbassamento del livello dell'acqua ad intervalli temporali prefissati fino allo stabilizzarsi dell'abbassamento stesso. I dati ottenuti vengono diagrammati e dal diagramma si ricava la permeabilità del terreno.

I diagrammi ottenuti e la permeabilità stimata vengono riportati tra le tavole tecniche.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 Classificazione sismica e topografica

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.



Classificazione sismica al 2015

Attraverso l'OPCM 3274/03 vengono dettati i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

Zona 1 – E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti.
Zona 2 – In questa zona possono verificarsi forti terremoti.
Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari.
Zona 4 – E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

Con riferimento alla classificazione sismica più aggiornata, il territorio comunale di Valmadrera viene classificato in **Zona 3**.

In funzione delle condizioni topografiche del sito oggetto di intervento, le sollecitazioni sismiche possono subire delle amplificazioni dovute proprio alla topografia dell'area. Secondo le NTC18 vengono individuate le seguenti categorie:

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 $i > 30^\circ$

Categoria topografica dell'area in oggetto: **T2**

5.2 Prospezione sismica ai microtrempi HVSR

Tramite la tecnica HVSR eseguita in sito, si può valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x , y , z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X , ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y , vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z , ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo

stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio.

MISURAZIONI

Dati generali:

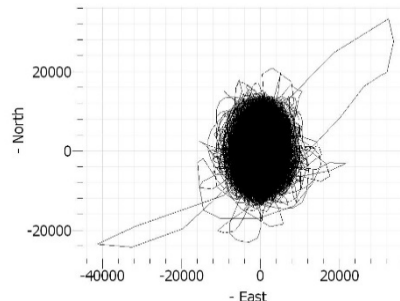
Nome progetto: Indagine HVSR
Cantiere: Valmadrera (LC) Via Belvedere
Operatore: Alberto Fornasiero
Data: 22/03/2019
Latitudine: 45.850677 N
Longitudine: 9.349658 E

Tracce in input e direzionalità rumore:

Dati riepilogativi:

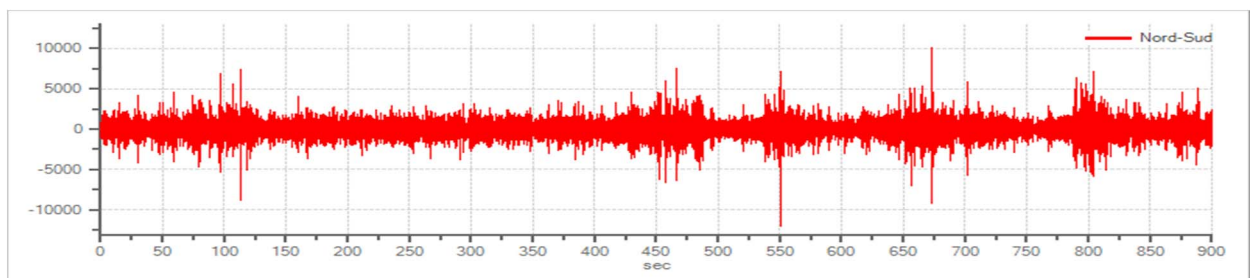
Numero tracce: 3
Durata registrazione: 900 s
Frequenza di campionamento: 300,00 Hz
Numero campioni: 270000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Direzionalità rumore:

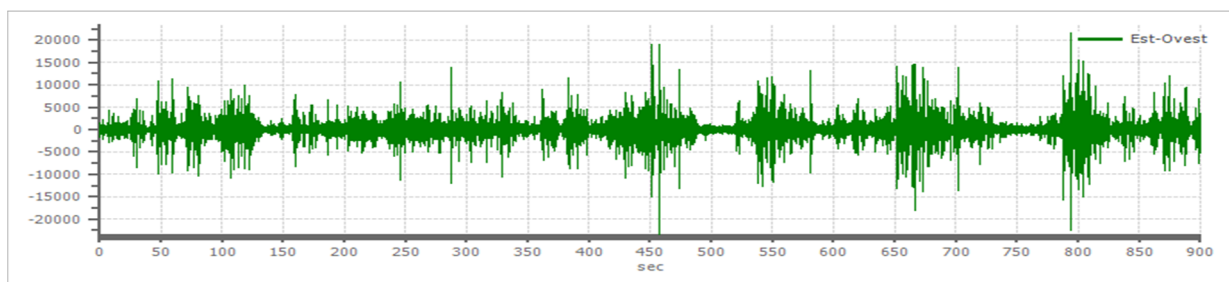


Il grafico rappresenta la direzionalità del rumore ambientale HVSR (il sondaggio risulta rappresentativo in quanto il segnale risulta multi direzionale e non orientato secondo una direzione predominante)

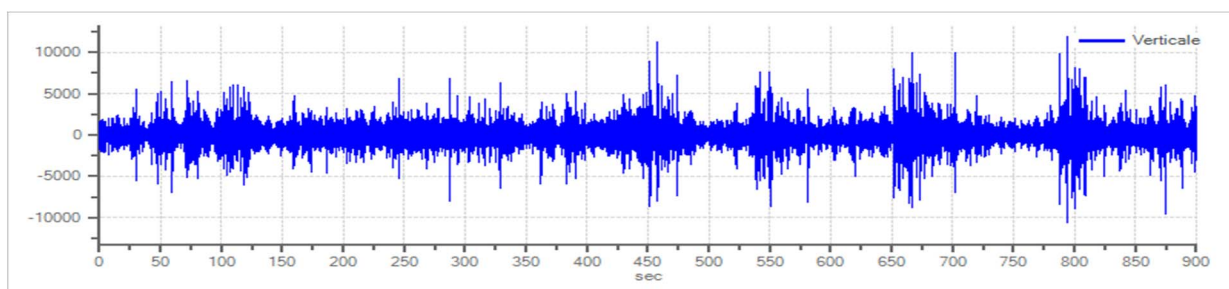
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

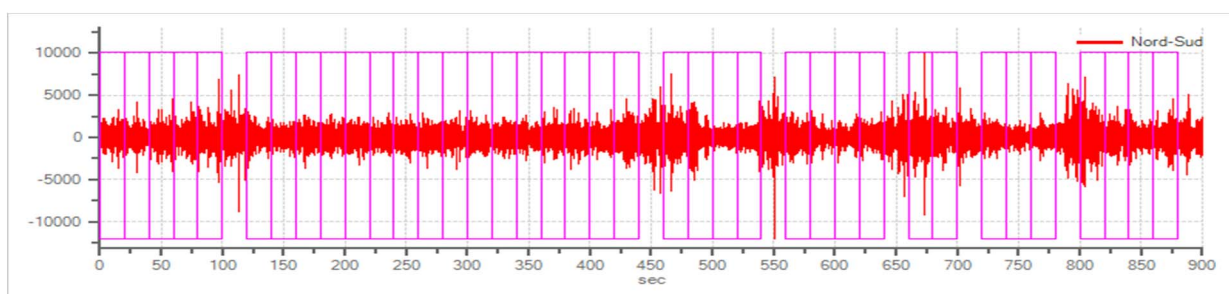
Numero totale finestre selezionate: 38
 Numero finestre incluse nel calcolo: 38
 Dimensione temporale finestre: 20.000 s
 Tipo di lisciamiento: Triangolare proporzionale
 Percentuale di lisciamiento: 10,00 %

Tabella finestre:

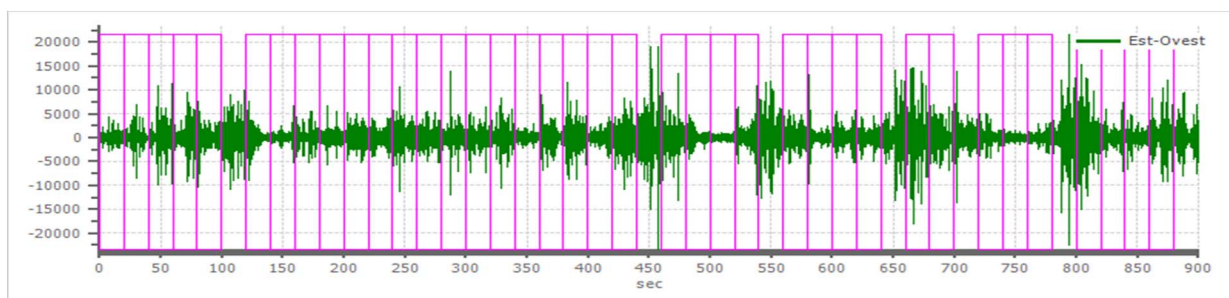
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20	Inclusa
2	20	40	Inclusa
3	40	60	Inclusa
4	60	80	Inclusa
5	80	100	Inclusa
6	120	140	Inclusa
7	140	160	Inclusa
8	160	180	Inclusa
9	180	200	Inclusa
10	200	220	Inclusa
11	220	240	Inclusa
12	240	260	Inclusa
13	260	280	Inclusa
14	280	300	Inclusa
15	300	320	Inclusa
16	320	340	Inclusa
17	340	360	Inclusa
18	360	380	Inclusa
19	380	400	Inclusa
20	400	420	Inclusa

21	420	440	Inclusa
22	460	480	Inclusa
23	480	500	Inclusa
24	500	520	Inclusa
25	520	540	Inclusa
26	560	580	Inclusa
27	580	600	Inclusa
28	600	620	Inclusa
29	620	640	Inclusa
30	660	680	Inclusa
31	680	700	Inclusa
32	720	740	Inclusa
33	740	760	Inclusa
34	760	780	Inclusa
35	800	820	Inclusa
36	820	840	Inclusa
37	840	860	Inclusa
38	860	880	Inclusa

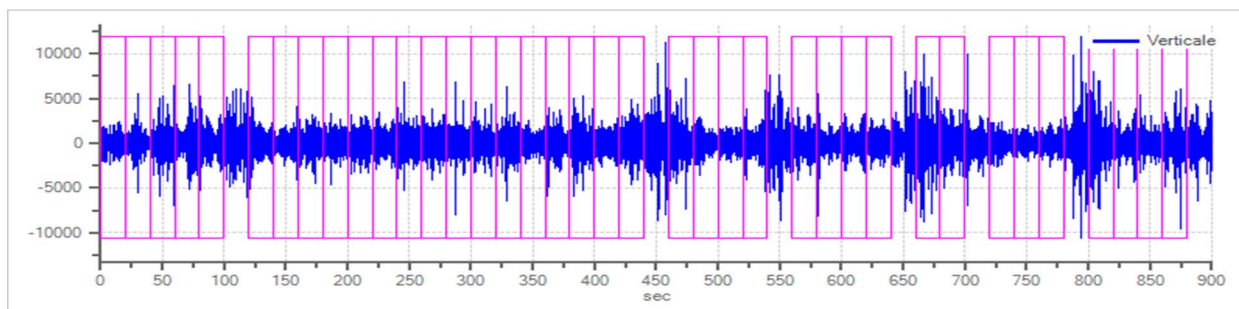
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

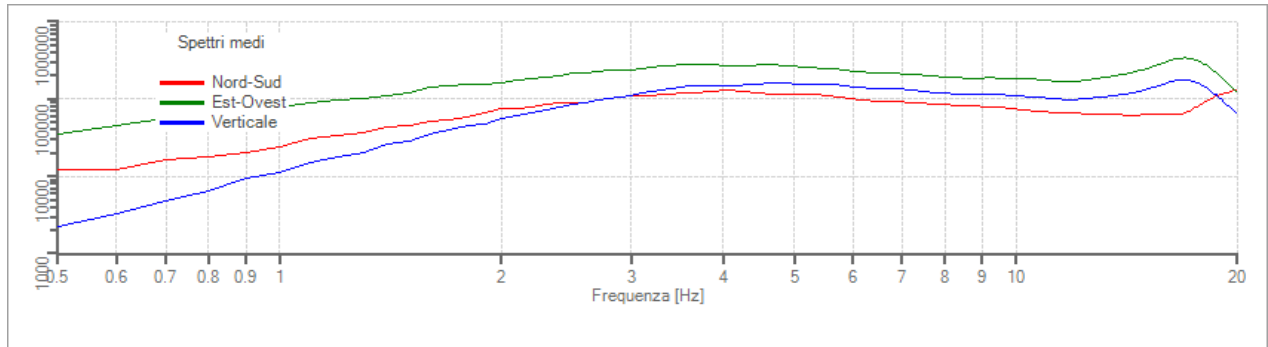


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

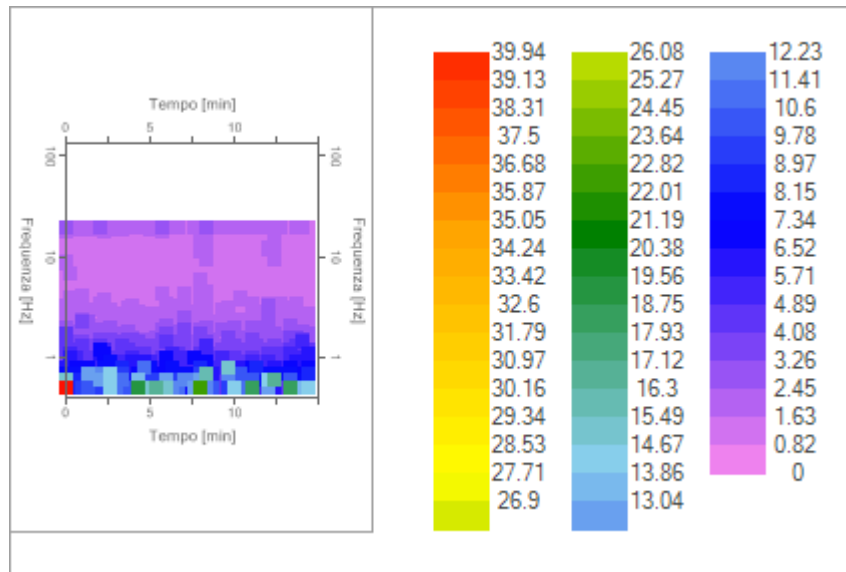


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

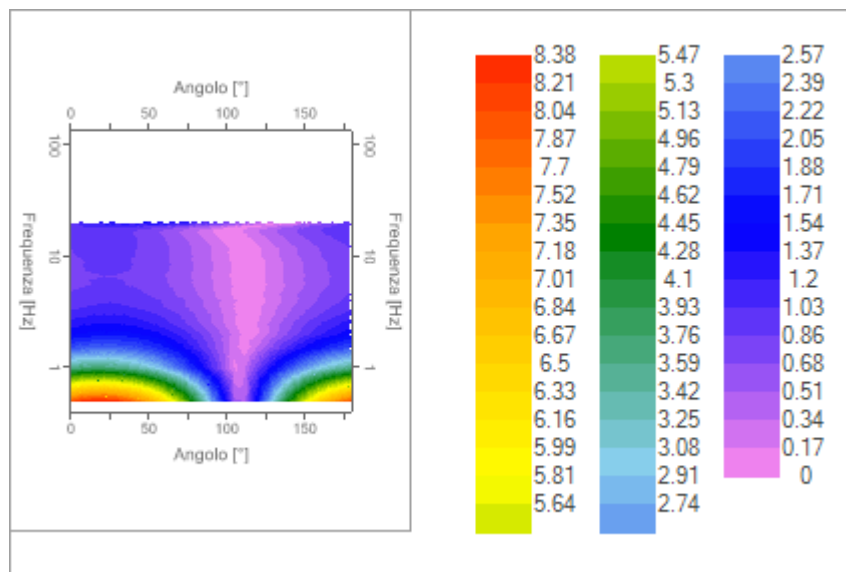
Grafici degli spettri:



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mapa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

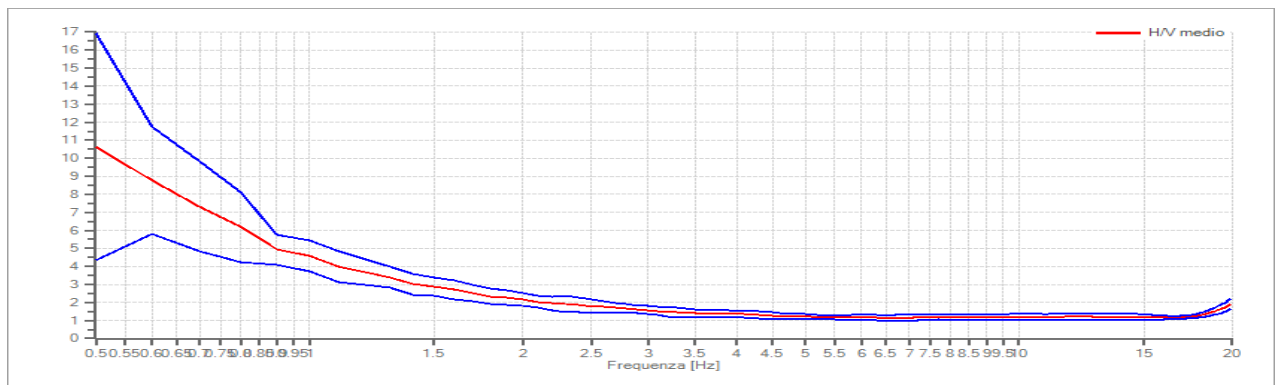
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 20,00 Hz
Frequenza minima: 0,50 Hz
Passo frequenze: 0,10 Hz
Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento: 10,00 %
Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: assente

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/L_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 * f_0 < f < 2 * f_0$ se $f_0 > 0.5 \text{ Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 * f_0 < f < 2 * f_0$ se $f_0 < 0.5 \text{ Hz}$	Ok
$\exists f \in [f_0/4, f_0] / A_{H/V}(f) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^* \in [f_0, 4 * f_0] / A_{H/V}(f) < A_0/2$	Non superato
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Non superato

Nella seguente immagine si hanno i vari parametri precedentemente usati nelle verifiche:

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

ANALISI DEI RISULTATI

Frequenza fondamentale di sito f_0 : non rilevabile

Dall'analisi delle curve H/V si evidenziano le seguenti conclusioni:

non si ha nessun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico: 0,5-20 Hz a causa di una evidente assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. Risultati di tale tipo sono caratteristici di misure effettuate su due tipologie di sottosuolo:

- roccia affiorante
- zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo.

Nel caso in analisi si è senza dubbio nella prima tipologia di sottosuolo avendo quindi una curva H/V piatta nel campo di frequenze di interesse ingegneristico.

In tale caso, essendo la curva H/V piatta, si può concludere che il sottosuolo non tende ad avere una ben determinata frequenza propria di oscillazione. Pertanto la struttura sovrastante non subirà amplificazioni di oscillazione nel campo delle frequenze tipiche delle strutture (1-10 Hz in base alla tipologia di struttura).

In tale tipologia di terreno non è risultato dunque possibile stimare tramite la prova HVSR la stratigrafia del sottosuolo e la $V_{s,eq}$.

5.3 Prospezione sismica a rifrazione MASW

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park C.B. et al. 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo”:

- 1) Nel “metodo attivo” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- 2) Nel “metodo passivo” lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 10 geofoni con spaziatura pari a 5 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Geostru Easy-MASW). Tale programma permette di elaborare i dati da noi acquisiti con il metodo “attivo”. L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “phase velocity-frequency (c-f)” che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Su tale spettro bidimensionale si effettua il “picking” relativo al modo fondamentale delle onde di Rayleigh attraverso cui, tramite un processo di inversione matematica, si ottiene il modello Vs-profondità che meglio approssima i dati sperimentali.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato, come sistema di energizzazione, una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il

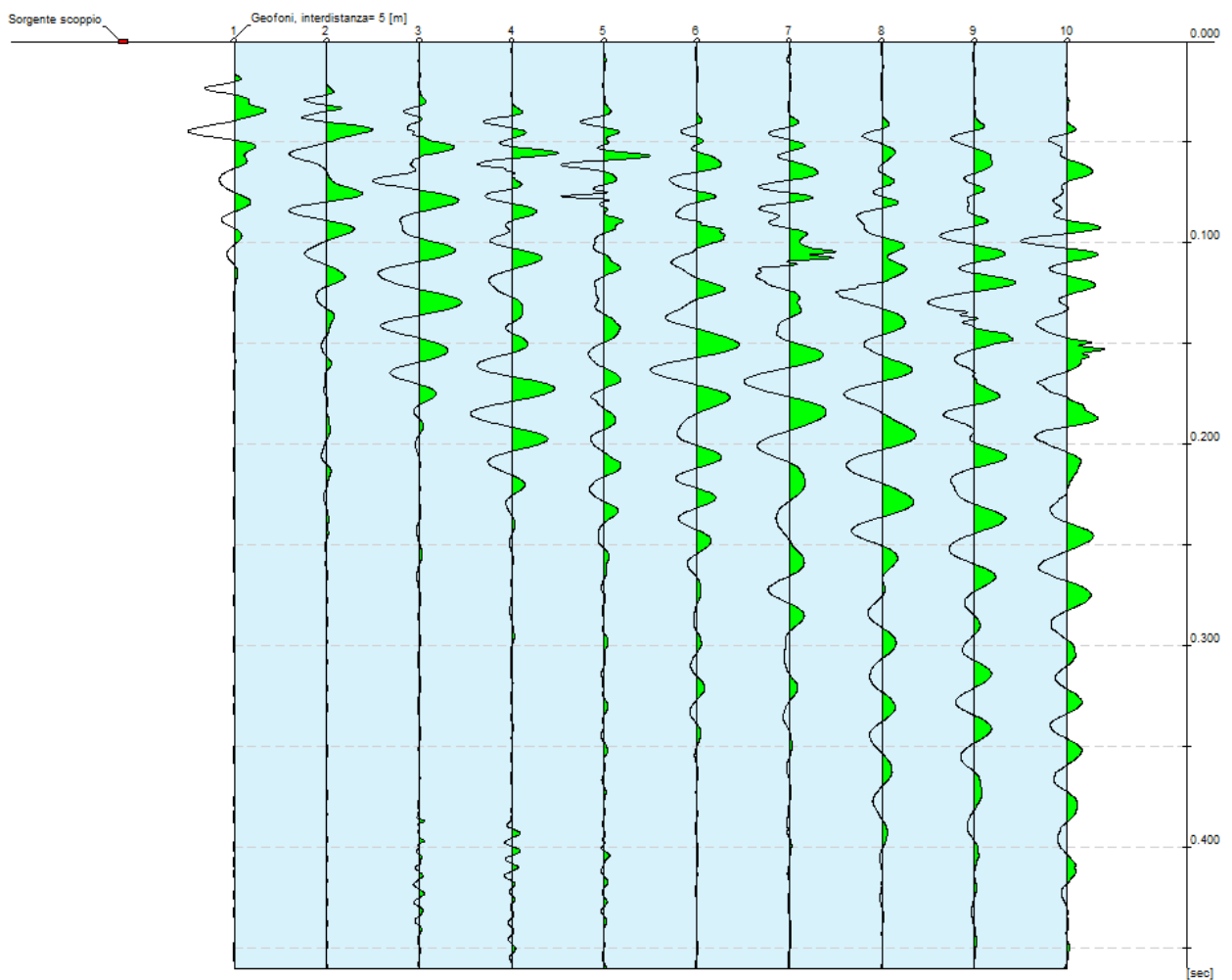
rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 4 e 8 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni.

TRACCE Dati di base

N° tracce	10
Durata di acquisizione	460 msec
Interdistanza geofoni	5 m
Periodo di campionamento	0,20 msec

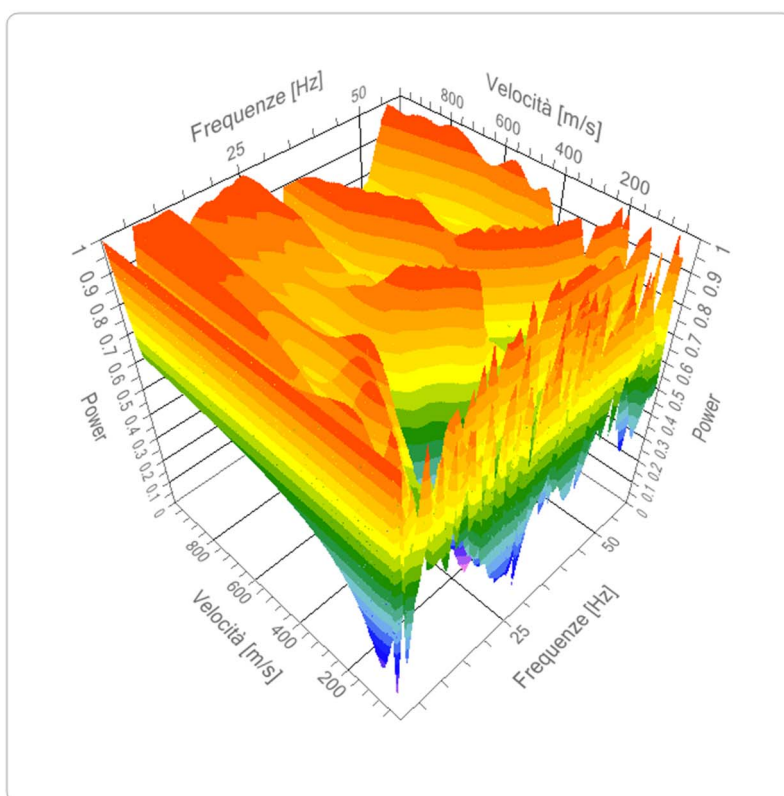
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione	1 Hz
Frequenza massima di elaborazione	60 Hz
Velocità minima di elaborazione	1 m/sec
Velocità massima di elaborazione	1000 m/sec
Intervallo velocità	1 m/sec

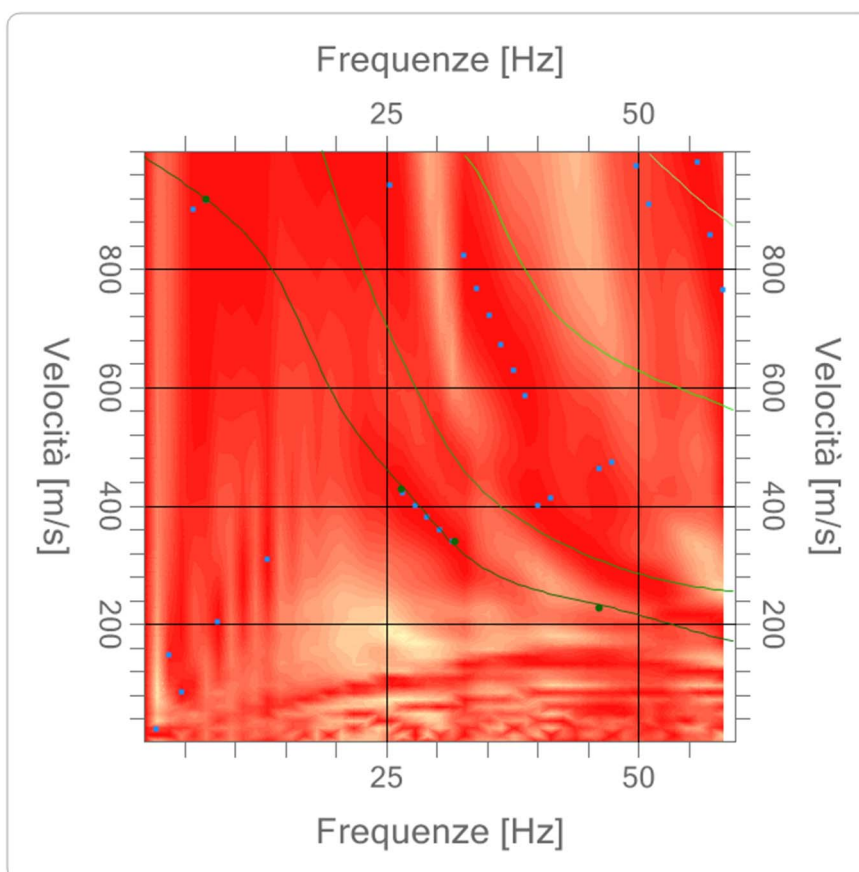


Schema dello stendimento MASW

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.1	917.7	0
2	26.5	428.2	0
3	31.9	339.2	0
4	46.2	227.9	0

Inversione e interpretazione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.39	1.39	303.6	162.3
2	4.66	3.26	674.0	360.3
3	14.37	9.71	1492.2	797.6
4	oo	oo	2024.4	1082.1

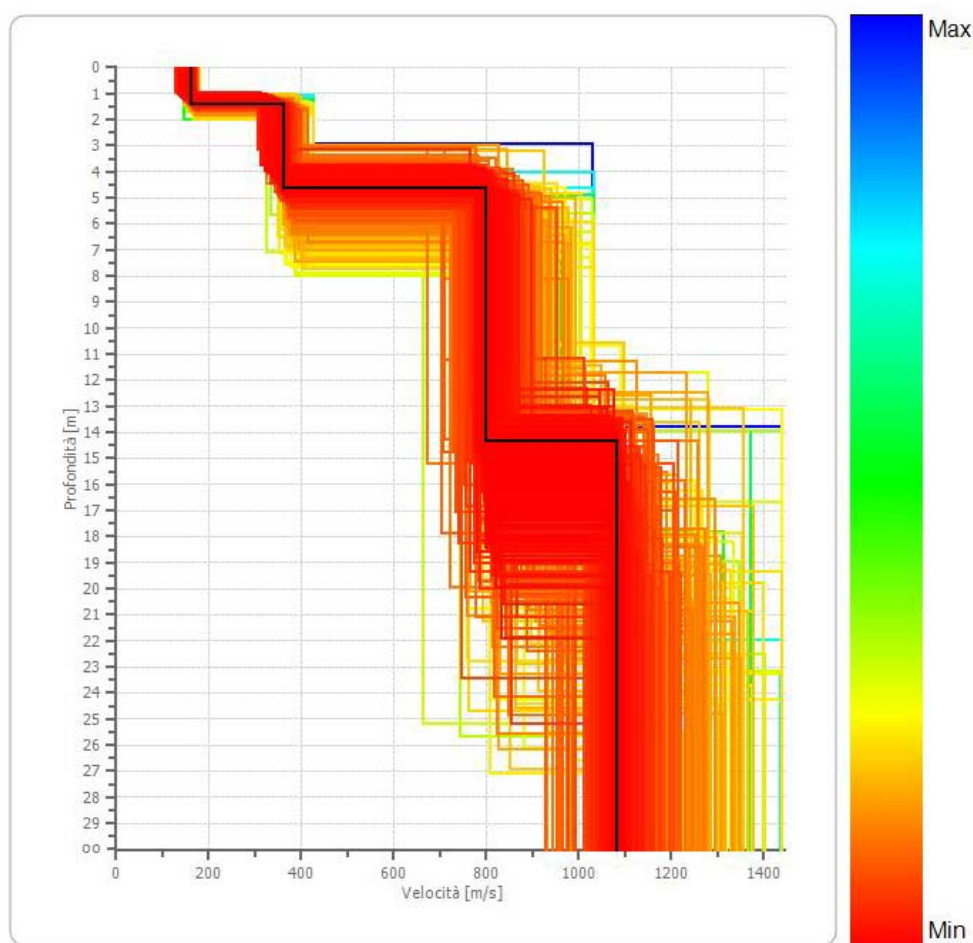
Percentuale di errore

0.000 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.000

Profilo di velocità



Profilo delle velocità

ANALISI DEI RISULTATI

Con riferimento al profilo delle velocità sopra riportato, si riscontra la presenza di uno strato superficiale con V_s di circa 160 m/s e spessore di 1,4 m; in successione le velocità delle onde di taglio salgono a 360 m/s fino a 4,6 m di profondità e subiscono un forte incremento a 800 m/s fino alla profondità di circa 14 m, infine si stabilizzano a circa 1080 m/s.

STIMA $V_{s,eq}$

Dal profilo sismo stratigrafico è possibile calcolare il parametro $V_{s,eq}$ attraverso la seguente espressione, quindi stimare la categoria del suolo di fondazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. In base alle determinazioni svolte si evince che la velocità media delle onde di taglio fino alla profondità di 30 m dal piano di fondazione o piano campagna risulta:

$$V_{s,eq}: 481,87 \text{ m/sec}$$

pertanto la categoria del sottosuolo può essere classificata come segue:

Categoria 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.

5.4 Potenziale di liquefazione

La liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

La verifica a liquefazione, secondo NTC2018, può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- 3) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_I) > 30$ oppure $q_{ciN} > 180$ dove (N_I) è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{ciN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

Nella seguente tabella viene inoltre indicata la probabilità che si verifichi liquefazione in funzione delle condizioni stratigrafiche e morfologiche riscontrabili sul territorio:

Categoria	Morfologia	Liquefazione
A	Letti di fiume, antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, zone interdunali	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune, pianure di esondazione, spiagge	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne	Impossibile

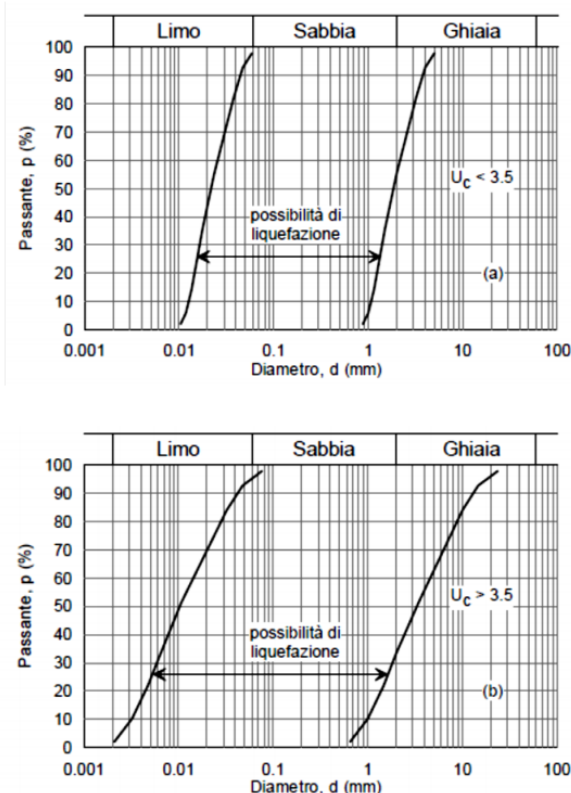


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

In virtù delle accelerazioni massime attese al piano campagna inferiori a 0,1 g (SLV), della presenza di falda a profondità superiore a 15 ml da p.c. e della tipologia di terreno riscontrata si ritiene improbabile il fenomeno della liquefazione.

In conformità a quanto previsto nelle NTC2018 cap. 7.11.3.4.2 per il verificarsi dei punti “2”, “3” e “5” si omette la verifica alla liquefazione.

5.5 Analisi del rischio sismico

Le condizioni locali possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un’area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologico-morfologiche sono infatti in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate (fino a poche decine di m). In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell’energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto.

Il primo elemento indispensabile per qualsiasi studio finalizzato al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico è l’individuazione della

categoria del terreno. Nel caso in esame la definizione di questo parametro è stata ottenuta mediante l'esecuzione delle indagini sismiche e geognostiche (vedi paragrafi precedenti).

Il sito in esame, secondo il PGT comunale, presenta scenario di pericolosità sismica locale Z4c "Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi".

Gli effetti di amplificazione sismica locale o di sito sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il terremoto di riferimento, relativo al bedrock, può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Si distinguono quindi gli effetti di amplificazione topografica e quelli di amplificazione litologica.

Gli effetti di amplificazione topografica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali articolate e da irregolarità topografiche in generale.

Per l'analisi del rischio sismico si è adottata la procedura consigliata dal DGR 8/1566-2005; sono stati analizzati i risultati dell'analisi sismica effettuata in loco e i risultati dello studio di microzonazione sismica del territorio comunale.

Da quanto sopra si deduce che il sito d'indagine non presenta amplificazione sismica e pertanto è verificata la condizione di un suolo con classe sismica B.

5.6 Parametri Sismici

Tipo di elaborazione:	Fondazioni
Classe d'uso:	II. (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti)
Vita nominale:	50 [anni]
Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
(SLO)	81	30	0.019	2.594	0.158
(SLD)	63	50	0.025	2.558	0.187
(SLV)	10	475	0.053	2.636	0.278
(SLC)	5	975	0.065	2.647	0.298

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1.200	1.590	1.200	0.006	0.003	0.273	0.200
SLD	1.200	1.540	1.200	0.007	0.004	0.349	0.200
SLV	1.200	1.420	1.200	0.015	0.008	0.749	0.200
SLC	1.200	1.400	1.200	0.019	0.009	0.922	0.200

6. VALUTAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA DEL PROGETTO

6.1 Rilievo geomorfologico

E' stato effettuato un rilievo geomorfologico del sito e del suo intorno.

L'area d'indagine risulta ubicata su un versante fortemente acclive con terrazzamento artificiale, al di sopra risultano presenti pareti rocciose.

I terrazzi risultano limitati da muri a secco in pietra locale generalmente in buono stato; non sono presenti piante inclinate o con uncinatura basale del tronco; non si notano massi erranti sull'area.

Non sono evidenti fenomeni gravitativi in atto o quiescenti; è da escludere anche il ruscellamento diffuso e/o concentrato delle acque piovane.

6.2 Valutazione di fattibilità

Per quanto emerso dal rilievo geomorfologico è possibile escludere lo sviluppo in tempi brevi di fenomeni gravitativi significativi. L'eventuale evoluzione di frane di può essere causato da interventi sui terreni sovrastanti nel caso di costruzione di nuovi edifici o apertura di strade. Le pareti rocciose soprastanti risultano a distanza tale da escludere la possibilità che massi di dimensioni significative raggiungano il sito salvo eventi catastrofici non prevedibili.

Verificato che:

- L'area ricade in classe di fattibilità geologica 3b;
- Non ci sono evidenti fenomeni d'instabilità del versante come sopra rilevato;

L'intervento in progetto risulta fattibile.

7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

A seguito delle prove eseguite si possono ricavare indicazioni in merito ai parametri geotecnici da impiegare per il terreno indagato.

Nella tabella che segue sono riportati i principali parametri geotecnici rilevati.

MODELLO GEOTECNICO

Profondità [m]	Tipologia	Cu [kPa]	E _{edom} [MPa]	ϕ [°]	E [MPa]	γ [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	V _{s,30} [m/s]	Kh [cm/sec]	Categoria sottosuolo	Categoria topografica
0,00 – 2,00	Sabbia limosa e limo sabbioso	-	-	30	5,5	17,7	19,1	482	1.81E-04	B	T2
2,00 – 2,50	Sabbia ghiaiosa	-	-	36	28	21	20,5				
2,50 – 4,00	Sabbia limosa	-	-	31	6,4	18,6	19,1				
4,00 – 14,00	Roccia	-	-	-	-	-	-				

TAVOLE TECNICHE

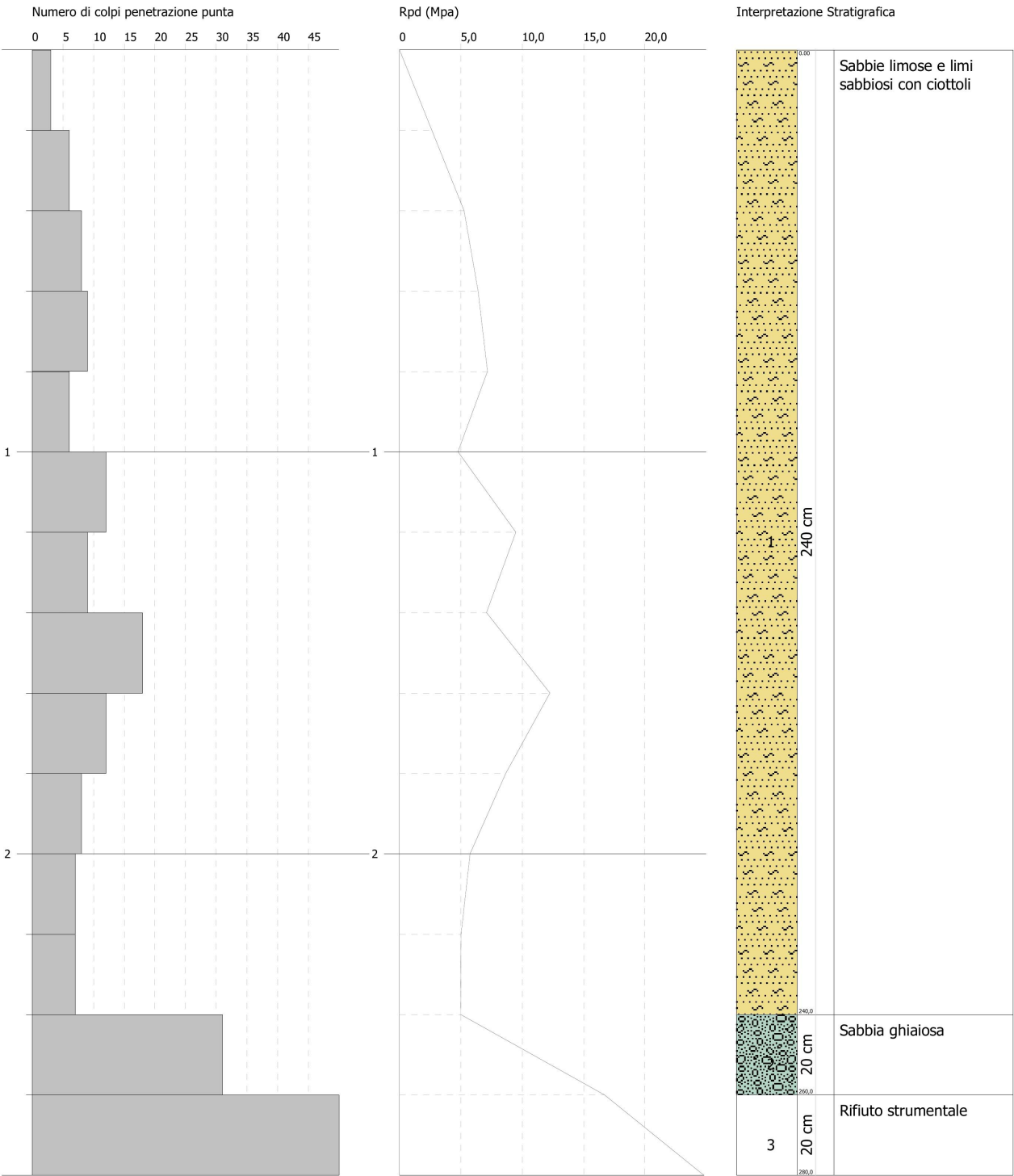


Ubicazione planimetrica delle indagini

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Lario Reti Holding
Descrizione:
Località: Via Belvedere - Valmadrera (LC)

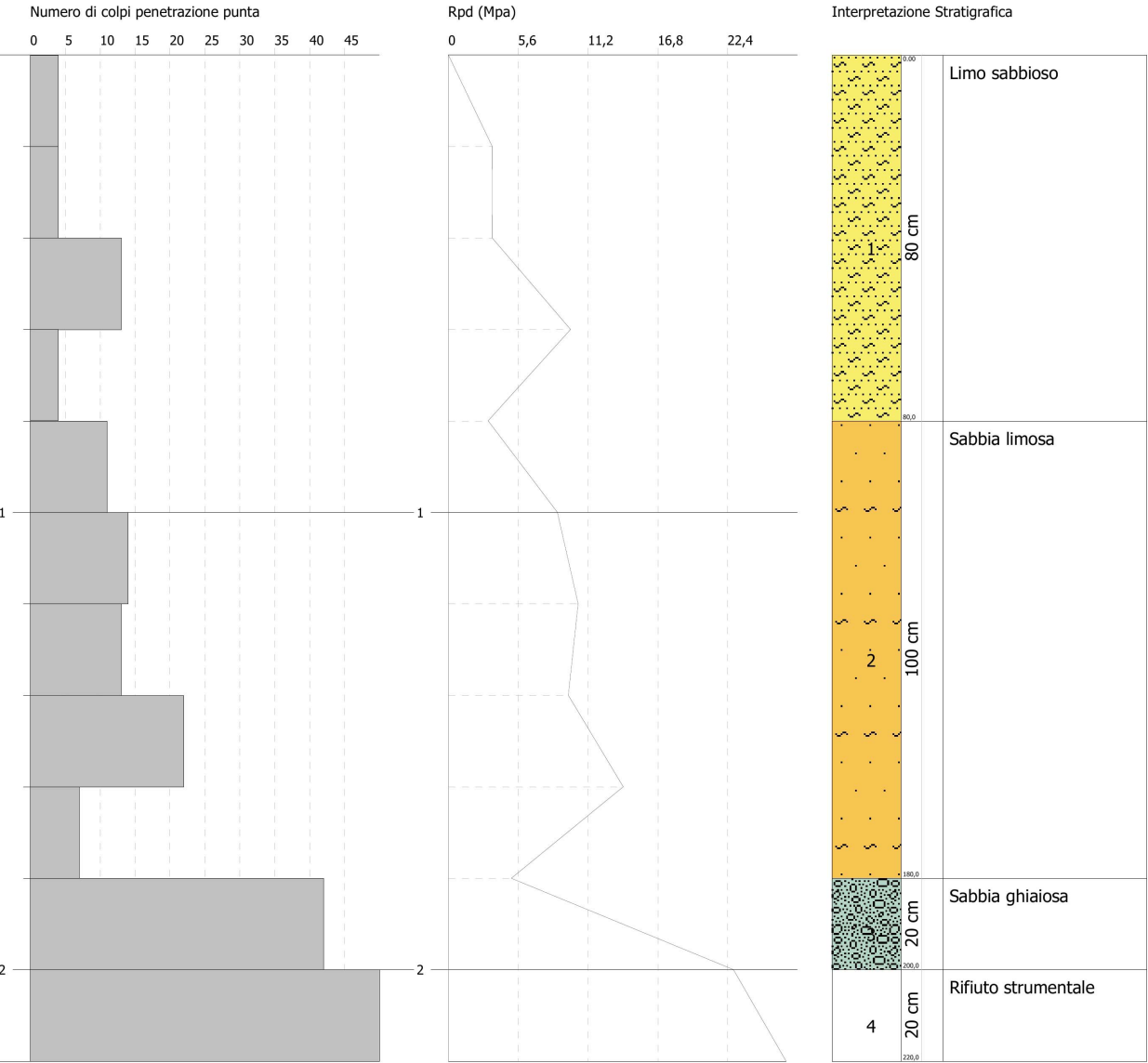
Data: 22/03/2019



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Lario Reti Holding
Descrizione:
Località: Via Belvedere - Valmadrera (LC)

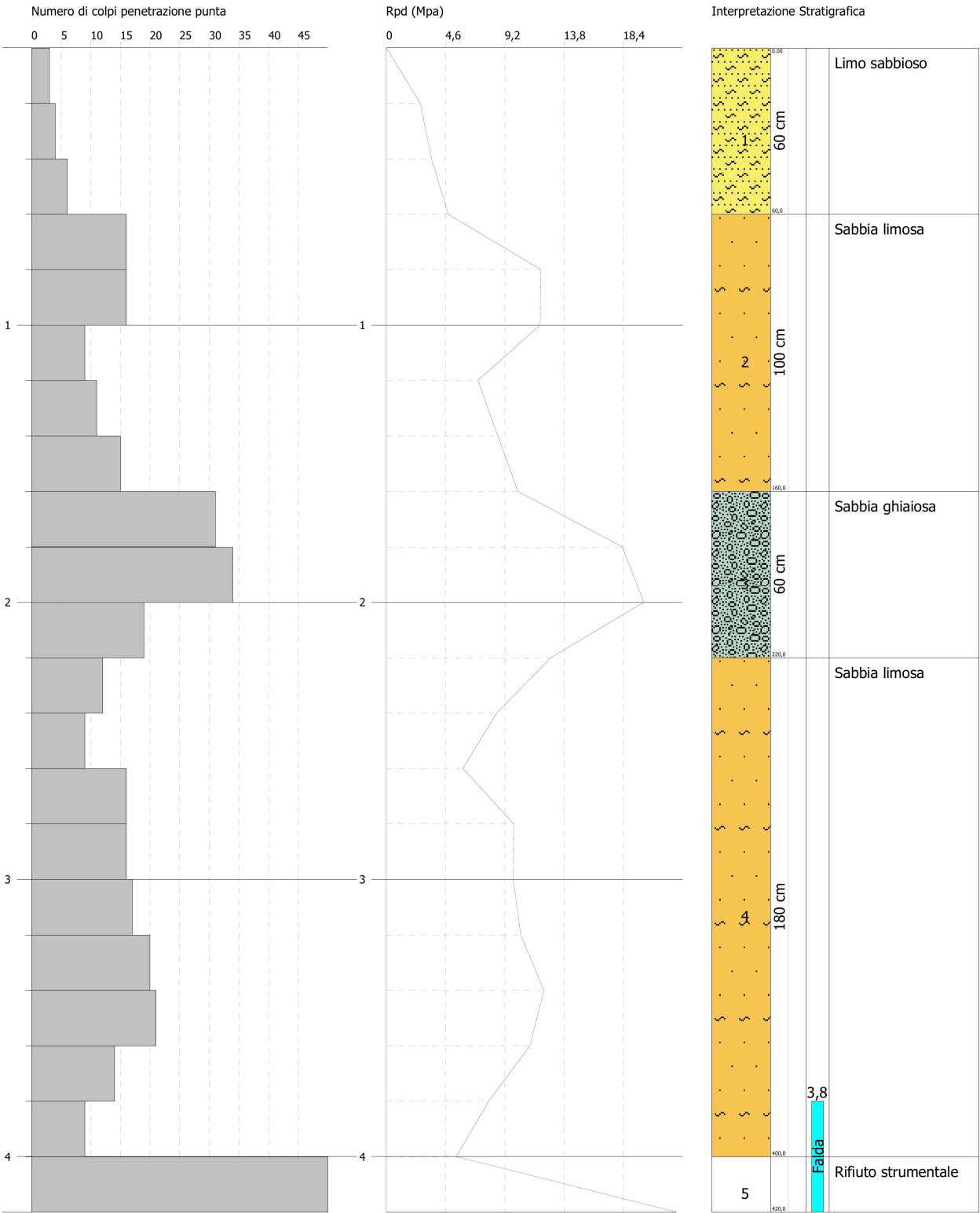
Data: 22/03/2019



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Lario Reti Holding
Descrizione:
Località: Via Belvedere - Valmadrera (LC)

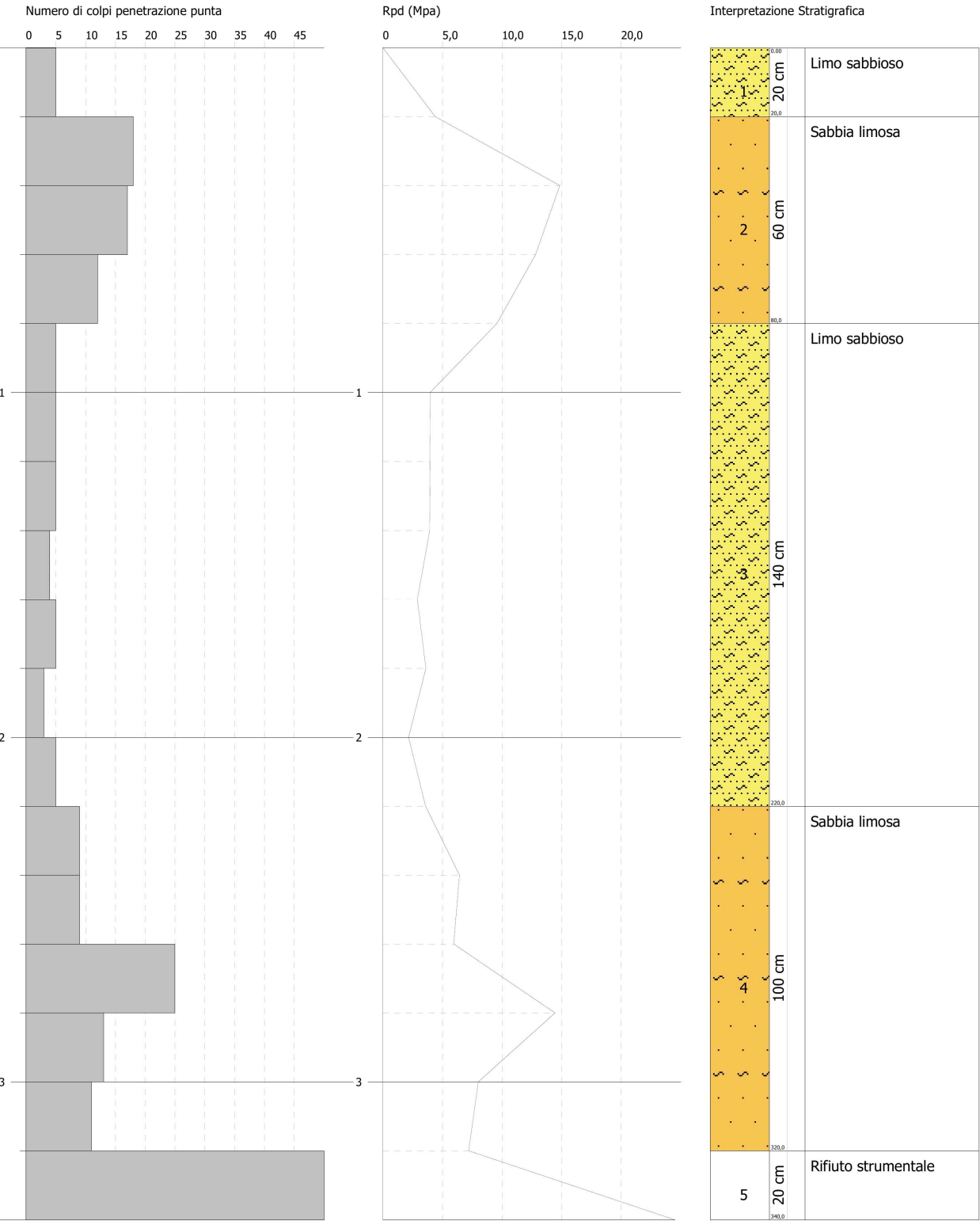
Data: 22/03/2019



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Lario Reti Holding
Descrizione:
Località: Via Belvedere - Valmadrera (LC)

Data: 22/03/2019



PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

Committente: LARIO RETI HOLDING	
Riferimento: VIA BELVEDERE	Prova: 1
Località: VALMADRERA (LC)	Data: 22/03/2019
Sondaggio:	Orario prova: 16:00

[illegible]