Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

Comune di Merone

Via Appiani, 22
22046 Merone (CO)

Progetto

Relazione geologico-geotecnica a supporto del PRC del Comune di Merone (CO)

Oggetto

RELAZIONE TECNICA

(ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011 e del D.M. 17.01.2018)

Data:	27 agosto 2018
Riferimento:	2018 514-088
Revisione:	00

allegata alla delibera di approvazione C. C. n°

il tecnico _____ il sindaco _____

Viger Srl
CF, P. Iva n. 02748500135
Sede legale: via Morazzone 21
22100 Como

Sede amministrativa e gestionale:
via Cellini 16/C
22071 Cadorago (CO) Italia

Autore: mac

mod: nnn-95 rel_tecnica 09.dot

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

INDICE

1. PREMESSA 4

2. INQUADRAMENTO DEL SITO 5

2.1 INQUADRAMENTO URBANISTICO 6

FASCICOLO GEOLOGICO (A) 10

A1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO 11

A1.1 INQUADRAMENTO REGIONALE E DESCRIZIONE DEI LUOGHI 11

A1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 11

A1.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 15

A1.3.1 Pozzi presenti e piezometria 15

A1.4 INQUADRAMENTO PEDOLOGICO DEL SITO 16

A1.5 INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO 17

A1.6 DESCRIZIONE DEL LUOGO 18

A1.7 CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI OPERA E DELLA CLASSE D'USO 19

A2 INDAGINI IN SITO 20

A2.1 INDAGINE DIRETTA - PROVE PENETROMETRICHE 20

A2.1.1 Prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. 22

A2.2 INDAGINE DIRETTA – TRINCEA PER ANALISI GRANULOMETRICA 22

A2.2.1 Risultati prove granulometriche 24

A2.3 INDAGINE INDIRETTA – PROVE SISMICHE MASW 26

A2.3.1 Risultati e analisi del profilo sismico 27

A3 MODELLO GEOLOGICO 28

FASCICOLO GEOTECNICO (B) 29

B1 MODELLO GEOTECNICO 30

B.1.2 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO 30

B2 CALCOLO AZIONE SISMICA 32

B2.1 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO 32

B2.2 VALORI SISMICI DI SITO 32

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

B3 VERIFICA LIVELLI DI SICUREZZA **34**

B4 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI **34**

B4.1 CARICHI DI PROGETTO E IPOTESI PROGETTUALI DELLE FONDAZIONI 35

B5 VERIFICA DEI CEDIMENTI – VERIFICA AGLI SLE **37**

B6 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI **39**

B7 VERIFICA ESCLUSIONE FENOMENO DI LIQUEFAZIONE **40**

CONCLUSIONI **41**

BIBLIOGRAFIA **43**

AUTORI **44**

ALLEGATI **45**

1. PREMESSA

La presente relazione costituisce la sintesi delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite in previsione dell'intervento di ampliamento del Cimitero sito presso il Comune di Merone (Co).

Gli studi illustrati sono stati aggiornati ai sensi del recente D.M. 17/01/2018 *"Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»"*, pubblicate in G.U. n. 42 del 20/02/2018 ed entrate in vigore a partire dal 22/03/2018, e secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977).

Ai sensi della normativa vigente, la presente relazione si presenta divisa nel *fascicolo geologico* e nel *fascicolo geotecnico*; nel dettaglio, *il fascicolo geologico (A) è stato redatto in conformità di quanto richiesto dalla D.G.R. IX/2616/2011 e del D.M. 17/01/2018, mentre il fascicolo geotecnico (B) è stato redatto ai sensi del D.M. 17/01/2018*.

Il lavoro è stato impostato in tre fasi distinte e successive.

Una prima **fase di analisi** in cui è stata svolta una ricerca bibliografica sul territorio oggetto dell'incarico, una seconda **fase di campagna** in cui sono state effettuate indagini dirette ed indirette (nr. 3 prove penetrometriche, nr. 1 rilievo sismico tipo MASW ed una trincea che ha consentito il prelievo di nr. 2campioni di terreno per la successiva analisi granulometrica) con lo scopo di accertare le proprietà fisico-meccaniche del volume significativo.

Infine, è stata svolta una terza **fase di diagnosi e sintesi**, durante la quale i dati ottenuti in fase di analisi e di rilievo geognostico sono stati confrontati ed elaborati al fine di evidenziare i parametri più significativi dal punto di vista geologico-geotecnico.

2. INQUADRAMENTO DEL SITO

Il settore di indagine è posto nel settore nord-occidentale del territorio comunale di Merone, in Via A. Appiani, 50 (Strada Provinciale 47) ed è posto in un settore circa pianeggiante posto ad una quota media di circa 262 m s.l.m.

Nelle figure seguenti si individua l'area in esame sulla Carta Tecnica Regionale (Figura 1) e da foto satellitare (Figura 2).

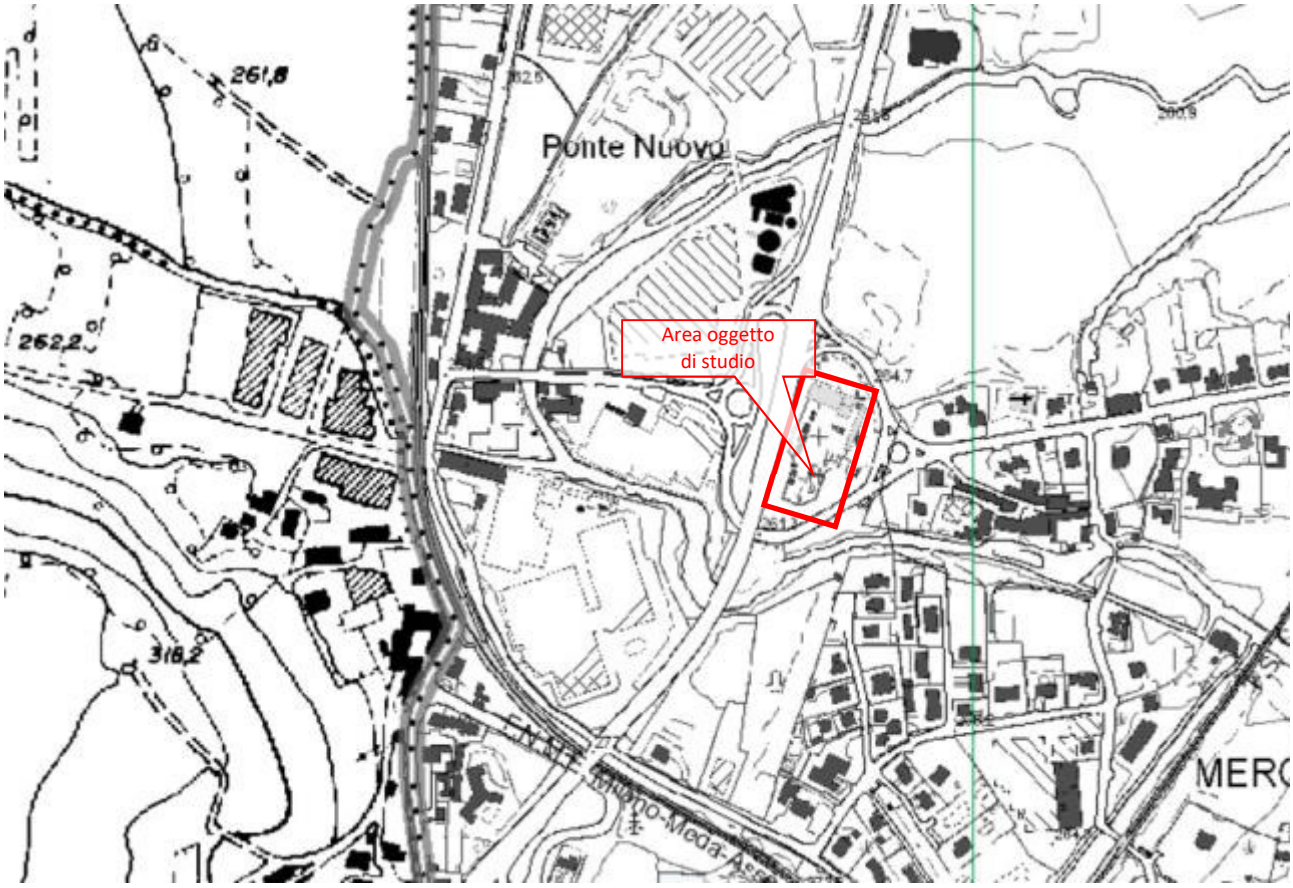


Figura 1 Localizzazione area di studio (estratto Carta Tecnica Regionale); Fonte: Regione Lombardia

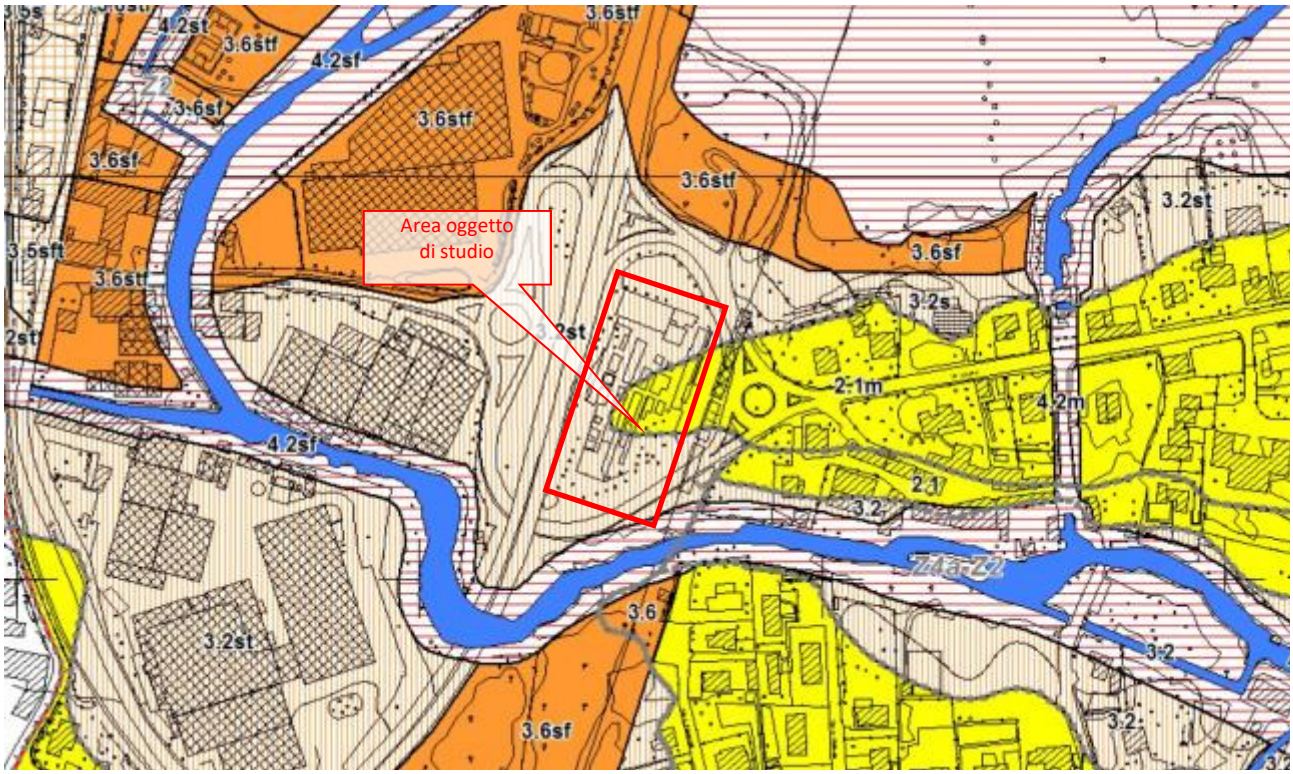
Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

Figura 2 Localizzazione del settore in cui è inserita l'area di studio (Fonte: Regione Lombardia)

2.1 INQUADRAMENTO URBANISTICO

In relazione ai criteri regionali che forniscono le linee guida per la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala locale, in raccordo con le disposizioni dell'art. 57 della L.R. 12/2005, l'area in esame, secondo quanto redatto nel PGT del Comune di Merone, ricade in due diverse classi di fattibilità:

- **classe di fattibilità geologica 2 *fattibilità con modeste limitazioni* - Sottoclasse 2.1: Aree con depositi a carattere locale e spessori variabili;**
- **classe di fattibilità geologica 3 *fattibilità con consistenti limitazioni* - Sottoclasse 3.2: Aree a bassa soggiacenza della falda** (cfr. Figura 3 – stralcio della tavola di fattibilità geologica).



LEGENDA

Classe 2 - fattibilità con modeste limitazioni

Colore giallo

2.1 Aree con depositi a carattere locale e spessorio variabili

Classe 3 - fattibilità con consistenti limitazioni

Colore arancione

3.1 Dossi rocciosi

3.2 Aree a bassa soggiacenza della falda

3.3 Aree con disomogeneità laterali e umidità superficiale

3.4 Aree colmate o rilevate

3.5 Aree esondate nella piena del 2002

3.6 Fasce B e C del PAI; fasce di rispetto fluviale di tipo 2*

Classe 4 - fattibilità con gravi limitazioni

Colore rosso

4.1 Aree potenzialmente franose; aree di cava

4.2 Fasce A del PAI; fasce di rispetto fluviale di tipo 1*

Suffissi utilizzati per i fattori di rischio diversi da quello che determina la sottoclasse

s presenza di caratteri geologico tecnici scadenti

t presenza di riempimenti, terrapieni, sottofondi ecc

m depositi caotici con prossibile presenza di variazioni laterali e verticali dei caratteri geotecnici (depositi morenici)

r morfologie in roccia; possibile presenza di roccia nello spessore interessato da eventuali fondazioni

f falda entro 3 m dalla superficie

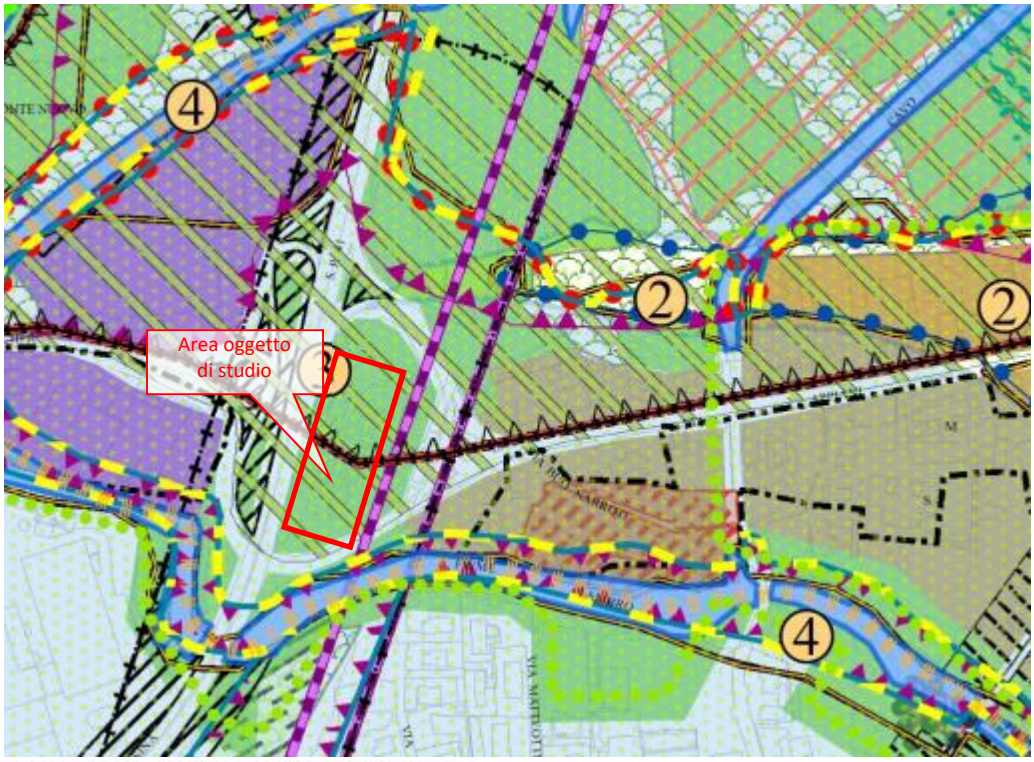
b fascia di rispetto fluviale di tipo 2; fascia B e C del PAI

** Le fasce di rispetto fluviale 1 e 2 sono determinate dallo Studio sul reticolo minore di competenza comunale e sono definite comprendendo anche le fasce del PAI. Per la loro definizione si rimanda al sopracitato Studio. Fino al momento dell'adozione dello stesso occorre applicare una fascia di 10 m sui corsi d'acqua ai sensi del RD 523/1904, e le fasce del PAI così come definite nella Variante relativa al "Fiume Lambro nel tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi", approvata con d.p.c.m. 10 dicembre 2004*

Figura 3 Stralcio della carta "Fattibilità geologica" e relativa legenda
(Fonte: Pgt del Comune di Merone)

Per quanto concerne i possibili vincoli insistenti presso il sito oggetto di indagine, come si evince dalla carta allegata al Documento di Piano vigente di seguito riportata (Carta 1.1.2 "Carta dei Vincoli amministrativi"), l'area di studio ricade all'interno della zona indicata in legenda come "Sistema delle aree fluviali e lacustri (art.10)", all'interno dell'"Ambito Parco Regionale (Lr. 86/83)" e in parte nell'area indicata come "Ambito a vincolo paesistico (L.1497/39)".

In relazione a possibili dissesti si evidenzia come l'area non ricade all'interno delle aree PAI e/o PGRA.



Piano territoriale di coordinamento del Parco regionale della Valle del Lambro (Approvato con Dgr. 28 Luglio 2000 n° 7/601)

- Perimetro Parco regionale (Lr. 86/83)
- Perimetro Parco naturale (Lr. 18/2005)
- Fiume Lambro e affluenti
- Sistema delle aree fluviali e lacustri (art. 10)
- Ambiti boscati (art. 15)
- Ambiti insediativi (art. 21)

Variante al Piano regolatore generale - 3^ Variante (Approvato con Dgr. n°VII/3851 del 16/03/2001)

- Perimetro centro edificato (art.18 L. 865/71)
- Fascia di rispetto cimiteriale (Dpr. 285/90 e art. 338 del R.D. 1265/34)
- Fascia di rispetto depuratore (Disp. Min. dei LL. PP. del 04/02/1977)
- Ambito a vincolo paesistico (L. 1497/39)
- Fascia di rispetto acque pubbliche entro 150m dalla riva dei fiumi e 300m dalla riva dei laghi (art. 1 L. 431/85)
- Fascia di rispetto teleferica

Componente geologica ai sensi della Lr. 41/97 e del Dgr. n°6/37918 del 06/08/1998 Aggiornamento giugno 2001

- (1) Classe 1 di fattibilità geologica Senza particolare limitazione
- (2) Classe 2 di fattibilità geologica Modeste limitazione
- (3) Classe 3 di fattibilità geologica Consistenti limitazioni
- (4) Classe 4 di fattibilità geologica Gravi limitazioni

Piano territoriale di coordinamento provinciale di Como (Approvato con delibera C.P. n°59/35993 del 02/08/2006)

- Stato ambientale delle acque superficiali Classe 3 - sufficiente (D.gls 152/99)

Fasce fluviali Pai (L. 183/89)

- Limite tra la Fascia A e la Fascia B
- Limite tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite esterno della Fascia C

Tav. A3 - Le aree protette

- Ambito Parco regionale (Lr. 86/83)
- Siti di interesse comunitario (Dir. 92/43/CEE)

Tav. A9 - I vincoli paesistico-ambientali

- Bellezze d'insieme (D.Lgs. n°42 del 22/01/2004)
- Territori contermini ai laghi (D.Lgs. n°42 del 22/01/2004)
- Fiumi, torrenti e corsi d'acqua pubblici e relative sponde (D.Lgs. n°42 del 22/01/2004)

Figura 4 Stralcio della carta "Carta dei Vincoli" e relative legende
(Fonte: PGT del Comune di Merone)

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

FASCICOLO GEOLOGICO (A)

A1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO

A1.1 INQUADRAMENTO REGIONALE E DESCRIZIONE DEI LUOGHI

Il territorio comunale si estende per una superficie di 3,28 km^2 ed è situato immediatamente a sud-ovest del Lago di Pusiano, ponendosi in posizione mediana tra lo stesso Lago di Pusiano e il Lago di Alserio.

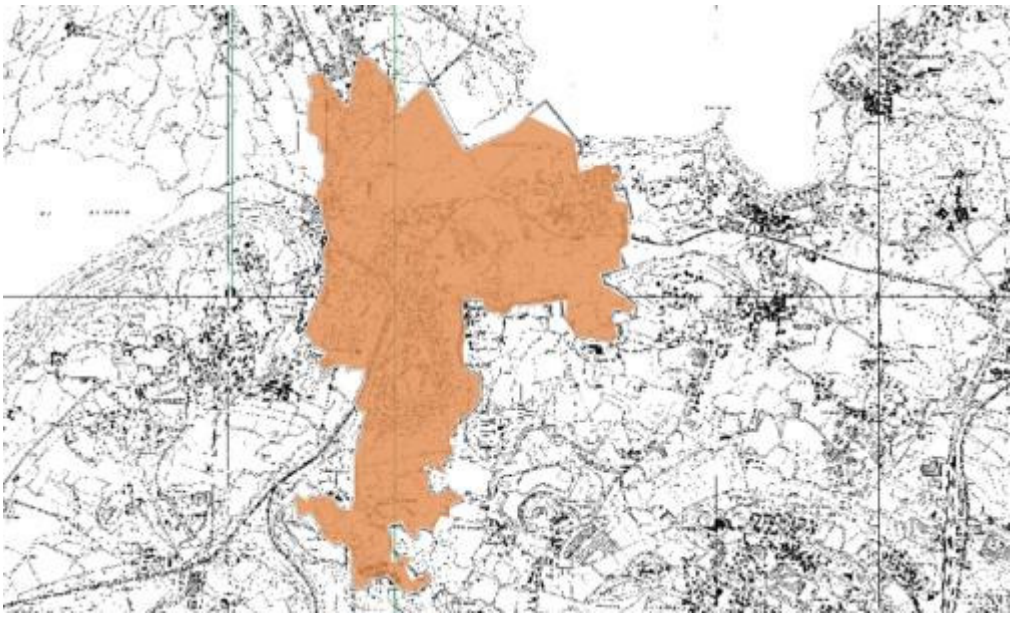


Figura 6 Ubicazione del Comune di Merone e sua estensione (Base CTR – Fonte: Geoportale Regione Lombardia)

A1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Considerando le informazioni riportate nello studio geologico allegato al PGT, si può evidenziare come dalla lettura del Foglio geologico Como della Carta Geologica d'Italia, che data al 1937, il territorio di Merone, Rogeno, e giù in Brianza fino a Bulciago ed oltre, è caratterizzato da ampi affioramenti di rocce clastiche prevalentemente grossolane (areniti e conglomerati) attribuite in passato al cd "Piano di Sirone" (De Alessandri), con sigla $\mathbf{C}^{2}_{a}$. A questo flysch (deposito pelagico generato da ripetute correnti di torbida di materiali terrigeni derivati da smantellamento di rilievi emersi), ne veniva fatto seguire un secondo, più marnoso, detto "Piano di Brenno", che però non veniva segnalato in affioramento. Compaiono invece, a sud di Brenno, zone con, probabilmente "scaglia Rossa" (**eo**). Questi materiali cretaceo-eocenici, risultano alternati nelle valli e piane interne a depositi alluvionali ($\mathbf{a}^{1}$). Lungo e attorno al Lambro, nella zona di Lurago e Lambrugo, abbondano le rocce conglomeratiche del Ceppo ($\mathbf{q}^{1}_{c}$). I materiali di origine glaciale sono segnalati, con abbondanza, solo ad ovest del Lambro (mo). E' una interpretazione che, come si sa, privile-

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

gia la descrizione dei materiali litoidi dei substrati geologici “prequaternari”, anche quando non visibili in superficie perché sepolti sotto coltri anche significative di materiali sciolti o cementati più recenti.

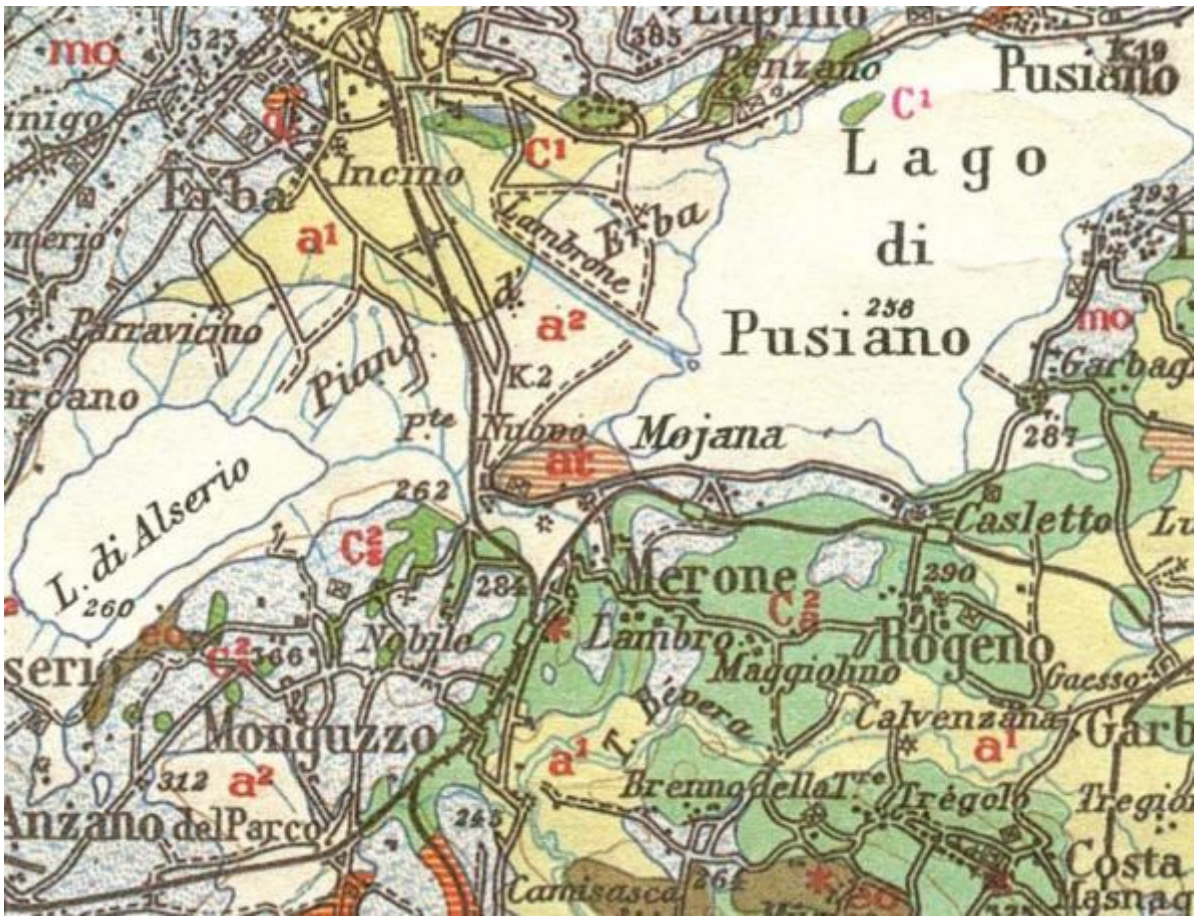


Figura 7 Estratto della Carta Geologica d’Italia con dettaglio sull’area del Comune di Merone (fonte: PGT Comune di Merone)

Informazioni di maggiore dettaglio possono essere desunte dalla documentazione realizzata nel 2001 a supporto del Piano Regolatore Generale nella quale si riprende un’interpretazione più recente che definisce genericamente come *glaciali* tutti i depositi ad est del Lambro, salvo una presunta area di affioramento della Arenaria di Sarnico (Figura 8).

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

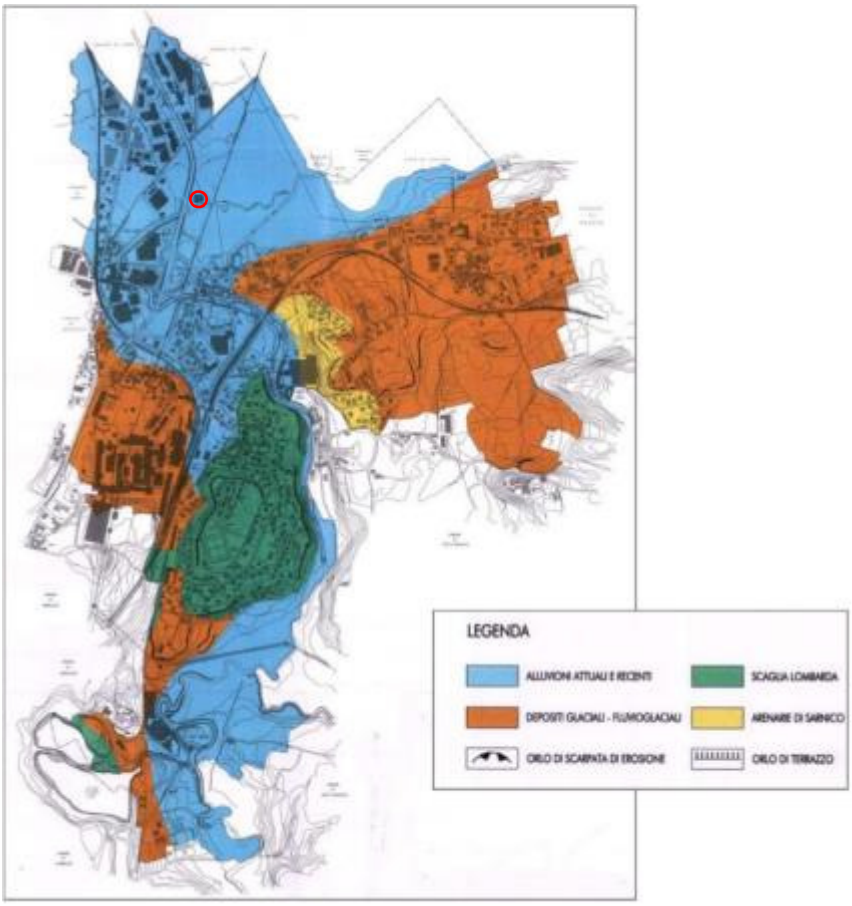


Figura 8 Estratto della Carta Geologica del Comune di Merone (fonte: PGT Comune di Merone). Nel cerchio rosso, la zona analizzata

Si può solo rilevare che gli affioramenti di rocce litoidi prequaternarie sono rappresentati da due tipi principali, cioè la "Scaglia lombarda" (Cretaceo sup. – Eocene inf.) e le "Arenarie di Sarnico". Queste rocce corrispondono, nel primo caso, alle rocce marnose del Piano di Brenno, e nel secondo, a quelle più areniti-che del Piano di Sirone. Tra i materiali del Quaternario si individuano attorno al colle di Monguzzo e lungo il Lambro il "Ceppo" in facies conglomeratiche prevalentemente. Altrove sono presenti depositi alluvionali e materiali glaciali, in questo caso segnalati anche ad est del Lambro. Infine sono presenti diffusi depositi lacustri limo-argillosi olocenici (tratteggio orizzontale) dai materiali di deposizione alluvionale (bianco).

Nel caso specifico dell'area rilevata, non si ha l'affioramento di litologie pre-quaternarie bensì di depo-siti lacustri o fluvio-lacustri, affioranti in corrispondenza delle aree piane prelacuali a nord dell'abitato. Si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi, limo-argillosi e torbosi sia, più estesamente, nell'area tra i la-ghi di Alserio e Pusiano, sia nella piana di Baggero e aree più a sud. Alcune informazioni sul sottosuolo, ri-cavate da sondaggi e prove geotecniche, evidenziano come i materiali alluvionali risultano fini per qualche

metro e poi, oltre i 5-7 m di profondità divengono più grossolani, mentre la soggiacenza della falda idrica a volte risulta molto prossima alla superficie.

Figura 8 Stralcio della "Carta geologica d'Italia", (Foglio 096 "Seregno") e relativa legenda

(Fonte: Geoportale Regione Lombardia)

A1.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

A1.3.1 Pozzi presenti e piezometria

L'area non ricade all'interno delle fasce di rispetto di pozzi idropotabili.

Si segnala che, nell'intero territorio di Merone, non vi sono, in realtà, pozzi in uso. L'assenza di questi ultimi, di conseguenza, rende impossibile una aggiornata ricostruzione della superficie piezometrica. Del resto, anche in precedenti studi, compreso lo studio geologico 2001 per il PRG, non è stato possibile effettuare misure e valutazioni arealmente significative.

A1.4 INQUADRAMENTO PEDOLOGICO DEL SITO

Nel presente capitolo si descrivono in sintesi i principali caratteri pedologici dei terreni affioranti presenti nell'area in esame, prendendo quale riferimento i dati di ricavati dalla tavola di inquadramento "Caratteri del sottosuolo" allegata al Pgt del Comune di Merone. Come si può notare dal dato a disposizione, la zona oggetto di studio ricade nell'area di delta conoide e piana lacustre, con granulometrie generalmente fini e presenza di falda superficiale a pochi metri dalla superficie; occorre sottolineare, tuttavia, che il dato di soggiacenza della falda indicato in Tavola va inteso come puramente indicativo dal momento che, come già specificato in precedenza, non si dispone di dati certi per un'accurata ricostruzione della superficie piezometrica nel territorio di Merone. I risultati delle indagini in sito effettuate dagli scriventi nell'ambito del presente studio (Capitolo A2), non hanno riscontrato alcuna evidenza di falda idrica nell'ambito delle profondità indagate (ca. 7 m dal p.c.).

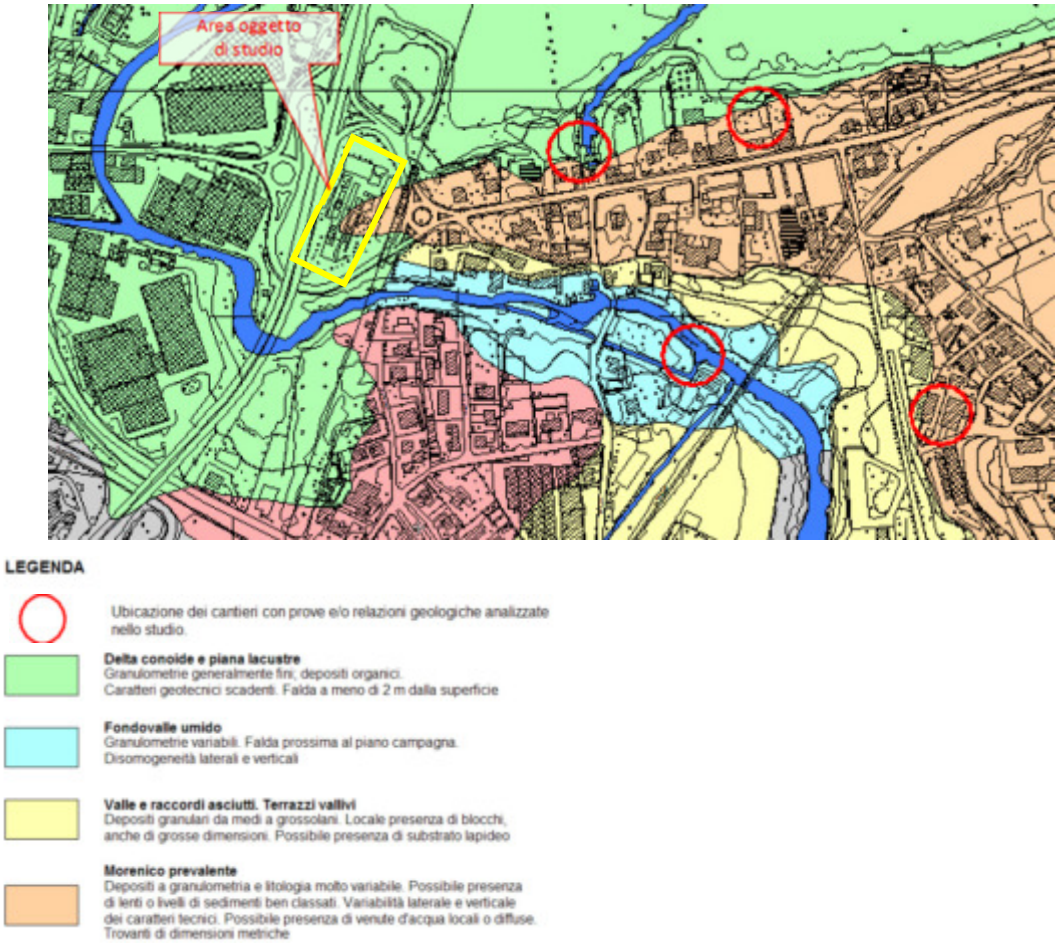


Figura 9 Stralcio della tavola "Caratteri del sottosuolo" (Fonte: Studio geologico a supporto del PGT del Comune di Merone)

Nel caso di Merone, la fortissima variabilità dei paesaggi, per presenza di rocce litoidi, materiali di varia natura, morfologie rilevate e forte trasformazione antropica, unita allo scarso peso della utilizzazione agricola estensiva del territorio e alla importanza delle aree naturali, rendono relativamente poco incisivo l'approfondimento delle conoscenze pedologiche a fini applicativi. Queste possono tuttavia essere significative per il riconoscimento e la definizione della natura ed età delle diverse superfici e per una migliore gestione delle trasformazioni ambientali e dei recuperi delle situazioni degradate.

A1.5 INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO

Con riferimento all'Allegato 1 dell'O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003, alla D.G.R. 7/14964 del 7/11/2003, alla D.G.R. X/2129/2014, alla D.G.R. X/5001 del 30.03.2016 e alla L.R. 33/2015 in materia di zonazione sismica, competenze trasferite ai comuni e normativa sulle costruzioni in zona sismica si precisa che il Comune di Merone (secondo quanto citato nella D.G.R. X/2129/2014) è classificato in zona sismica 4 (Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ag ≤ 0.05) e un AgMax stimata in 0,039866.

Legenda

Colore	PSL: sigla	PSL: situazione	Effetti previsti	Livello di approfondimento
	(-)	Nessun PSL	Nessun effetto	
	(-); (Z4c-Z5)	Nessun PSL; (Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi - Zona di contatto con terrpi diversi: dep. granular e substrato lapideo)	Nessun effetto; (Amplificazioni litologiche e geometriche-Comportamenti differenziali)	nessuno; (2 - escluse costruzioni su Z5)
	Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	instabilità	3
	Z2	Terreni altamente compressibili, terreni saturi	cedimenti e/o liquefazioni	2
	Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche	2
	Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo, acuminata - arrotondata	Amplificazioni topografiche	2
	Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	2
	Z4a-Z2	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi - Zone con terreni part. scadenti e/o con dep. granulari fini saturi	Amplificazioni litologiche e geometriche - Cedimenti e/o liquefazioni	2-3
	Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche	2
	Z4c-Z4a	Zona morenica con depositi granulari - Zona di fondovalle e pianura con depositi alluvionali e/o fluvioglaciali	Amplificazioni litologiche e geometriche	2

Figura 10. Stralcio della carta della Pericolosità sismica locale e relativa legenda (Fonte: Studio geologico a supporto del PGT)

In riferimento alla Pericolosità Sismica Locale di cui viene proposto uno stralcio in Figura 10, l'area oggetto di studio ricade in classe Z2, ovvero "Terreni altamente compressibili, terreni saturi suscettibili a cedimenti e-o liquefazioni".

A1.6 DESCRIZIONE DEL LUOGO

Il settore di indagine è posto nel settore nord-occidentale del territorio comunale di Merone; risulta delimitato ad ovest dalla Via Nuova Valassina mentre a sud da Via Appiani.

La quota topografica media del settore in esame varia da 261,3 a 264,7 m s.l.m.

L'area ricade in un settore prospiciente l'ambiente urbanizzato vero e proprio, e dalla bibliografia e dalle prove in situ si evince la presenza di depositi fluvio-lacustri costituiti da granulometrie generalmente fini.

Elementi geomorfologici: nessun processo attivo

Vincoli: l'area di indagine è indicata come "bellezza d'insieme" (art. 136 D.Lgs 42/2004)

- fascia di rispetto reticolo idrico principale o minore: non presente
- zone di rispetto captazioni idropotabili: non presente

Soggiacenza falda idrica sotterranea: mancanza di dati certi relativi alla piezometria (dalle prove in sito falda non presente nei primi 7 m dal p.c.)

A1.7 CLASSIFICAZIONE DEL TIPO DI OPERA E DELLA CLASSE D'USO

Per stabilire con quali modalità procedere nei calcoli geotecnici seguenti, è necessario classificare il tipo di opera e la classe d'uso della costruzione (vedasi capitolo 2 NTC-18), da cui si ottiene per il progetto in esame:

- Tipo di opera: *TIPO 2* (tabella 2.4.I - NTC-18) => "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari";
- Classe d'uso della costruzione in presenza di azioni sismiche, "con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso": *CLASSE II* (§2.4.2 -NTC-08) => "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali".

A2 INDAGINI IN SITO

L'analisi dell'area è stata effettuata con l'ausilio di metodi diretti e indiretti secondo il piano di indagine di seguito riportato:

- Indagini dirette:

- n. 3 prove penetrometriche dinamiche (per la cui descrizione si rimanda al paragrafo A2.1), spinte fino ad una profondità sufficiente per descrivere il sottosuolo con cui interagiranno le fondazioni dell'opera in progetto;
- n. 1 trincea per prelievo di campioni di terreno per analisi granulometrica

- Indagini indirette: n. 1 prova geofisica di sismica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) effettuata allo scopo principale di definire la categoria di sottosuolo dal punto di vista sismico, secondo le definizioni della Tabella 3.2.II delle NTC 2018, a partire dalla determinazione sperimentale delle velocità sismiche trasversali Vs.

A2.1 INDAGINE DIRETTA - PROVE PENETROMETRICHE

Come anticipato, nell'ambito dell'area in esame sono state effettuate n. 3 prove penetrometriche dinamiche distribuite in modo da caratterizzare i settori di interesse nei quali sono previsti rispettivamente un edificio di servizio (a lato dell'ingresso principale) e nuovi edifici a loculi (settore ovest c/o la Valassina).

Tali tipologie di prove consentono di determinare le caratteristiche di resistenza dei terreni attraversati, mentre per quanto riguarda la stratigrafia sono possibili soltanto valutazioni indirette. Infatti, questo tipo di indagine ha il pregio di fornire informazioni continue sulla resistenza alla penetrazione dinamica ma presenta un limite rilevante che consiste nel non poter dare indicazioni dirette inerenti la natura litologica del terreno investigato; a questa restrizione si è parzialmente ovviato tenendo in considerazione le informazioni bibliografiche disponibili che, tuttavia, non consentono di indicare con certezza la stratigrafia presente ottenibile, viceversa, solo con appositi carotaggi o saggi di scavo.

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche è stato utilizzato un penetrometro di tipo standard DPM30 avente le seguenti caratteristiche:

Attrezzatura	Sigla	[u.m.]	Quantità
Peso massa battente	M	kg	30
Altezza caduta libera	H	m	0,20
Peso sistema di battuta	Ms	kg	0,24
Diametro punta conica	D	mm	35,7
Area base punta conica	A	cm^2	10
Angolo apertura punta	α	°	60
Lunghezza delle aste	La	m	1
Peso aste per metro	Ma	kg	2,40

Attrezzatura	Sigla	[u.m.]	Quantità
Profondità Giunzione prima asta	P1	m	0,8
Avanzamento punta	δ	m	0,10
Energia specifica per colpo Qspt= 7,83 kg/cm^2	Q	kg/ cm^2	6,00
Coefficiente teorico di energia	βt	Q/Qspt	0,766

Per poter utilizzare i dati emersi dalle prove con le metodologie di correlazione di uso comune è necessario che i risultati siano espressi come numero colpi piede secondo lo standard Nspt (*Standard Penetration Test*); a tale riguardo si evidenzia come nel caso specifico sia opportuno introdurre un fattore di correzione pari circa a 0,766.

I risultati delle prove penetrometriche dinamiche consentono, a partire dai valori di Nspt e utilizzando apposite correlazioni empiriche, di risalire allo stato di addensamento dei terreni e alla definizione della resistenza al taglio dei materiali indagati.

È ugualmente importante la determinazione della resistenza dinamica alla penetrazione (Rdp), ottenibile ad esempio mediante l'algoritmo di Cestari (1990); tale dato consente tra l'altro un confronto tra i risultati di prove effettuate con strumentazioni diverse:

$$q_d = \frac{M^2 gH}{(M + M')Ae}$$

ove: q_d = resistenza dinamica alla compressione (Mpa);
M = massa del maglio (kg);
H = altezza di caduta del maglio (m);
M' = massa complessiva aste e testa di battuta;
g = accelerazione di gravità;
A = area della sezione trasversale della punta (m^2);
e = penetrazione media per colpo.

I log penetrometrici sono riportati in Allegato 2.

Di seguito sono riassunti i dati geometrici delle prove; non essendo stato eseguito un rilievo topografico di dettaglio si è preferito restituire i dati in termini di profondità (relativa) da piano campagna attuale sia per la falda sia per le profondità raggiunte durante l'esecuzione delle prove penetrometriche.

ID prova	Profondità prova (m dal p.c.)	Quota falda rilevata (m dal p.c.)
DP1	- 5,8	n.r.
DP2	- 6,8	n.r.
DP3	-5,8	n.r.

Nel corso delle indagini in sito le prove sono state spinte fino al raggiungimento di una profondità da p.c. attuale ritenuta sufficiente al fine di definire un modello del sottosuolo esaustivo: infatti, l'indagine svolta ha permesso di raggiungere la profondità massima di - 6,8 m da p.c. (prova 2).

A2.1.1 Prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T.

Il relativo diagramma di avanzamento, con tabulati numerici ed elaborazioni varie sono contenuti in Allegato 2.

Il terreno di fondazione è stato suddiviso secondo determinate classi di resistenza alla penetrazione dinamica, tenendo anche in considerazione le osservazioni riguardanti la stratigrafia derivante da fonti bibliografiche, e precisamente:

- N < 2: Limo
- 2<N < 3: Limi sabbiosi;
- N < 5: Sabbie;
- 5 < N < 10: Sabbia di media consistenza passante a sabbia grossolana;
- 10 <N < 15: Sabbia ghiaiosa da mediamente consistente a compatta.
- 15< N <20: Ghiaia sabbiosa da mediamente consistente a compatta.
- N > 20: Ghiaia da consistente a compatta.

A2.2 INDAGINE DIRETTA – TRINCEA PER ANALISI GRANULOMETRICA

Nella porzione sud orientale dell'area oggetto d'indagine è stata realizzata (tramite l'ausilio di un escavatore) una trincea di dimensioni 2,5 x 1,5 m e profondità massima di 2 metri, al fine di caratterizzare in modo uniforme il sito e di ottenere dati diretti riguardanti le caratteristiche del volume di terreno indagato.

Figura 11. Realizzazione della trincea tramite escavatore

La realizzazione di tale trincea ha permesso l'osservazione della stratigrafia sottesa alla superficie topografica:

- **0 – 1,0 m**: strato costituito da terreno di riporto con frequenti laterizi e ciottoli frammisti a matrice sabbioso-limosa. Colore bruno chiaro e percentuale di umidità bassa.

Figura 12. Dettaglio del cumulo di terreno relativo alla profondità compresa tra 0 e 1,0 m

- **1,0 – 2,0 m:** terreno naturale a granulometria limoso-sabbiosa con frazione ghiaiosa. Si segnala la presenza di trovanti di dimensioni pluridecimetriche.

Figura 13. Cumulo di terreno relativo alla profondità compresa tra 1,0 e 2,0 m

La realizzazione della trincea ha consentito il prelievo di n. 2 campioni per le prove granulometriche secondo il seguente schema:

n. progressivo	Intervallo di campionamento [m da p.c.]	Nome campione
1	1,50 – 1,75 m	C1 [1,50 – 1,75 m]
2	1,75 – 2,00 m	C2 [1,75 – 2,0 m]

L'ubicazione delle trincee viene riportata nella figura presente in Allegato 1C, mentre i Risultati di Prova delle analisi granulometriche sono riportati in Allegato 3.

Si evidenzia come tali profondità sono riferite alla probabile geometria delle fosse per inumazione, previste nella parte limitrofa del cimitero (come indicato dall'art. 15 comma 5 del R.R. 6/2004).

A2.2.1 Risultati prove granulometriche

Le curve granulometriche sono state ricostruite a partire dagli esiti delle prove granulometriche realizzate dal Laboratorio Iniziative Scientifiche S.r.l. sui campioni prelevati dai cumuli delle trincee esplorative; in dettaglio, gli esiti analitici presentano la percentuale del passante in funzione del diametro delle maglie dei setacci.

Le curve granulometriche, consentono di individuare le classi granulometriche costituenti i depositi del sito di indagine e di fornire una descrizione degli stessi. A partire dai dati è stato successivamente calcolato il coefficiente di uniformità (U), definito come il rapporto tra il diametro delle particelle corrispondenti al 60% del passante al setaccio e il diametro delle particelle in corrispondenza del 10% del passante.

Dall'analisi delle curve granulometriche rappresentate sono stati ottenuti i seguenti valori:

Nome campione	Classificazione (USCS)	D_{10}	D_{60}	U
C1 [1,50 – 1,75 m]	Sabbia limosa	0,01mm	0,3mm	30
C2 [1,75 – 2,0 m]	Limo sabbioso	0,01 mm	0,1 mm	10

La classificazione USCS mette in luce il fatto che in entrambi i casi i terreni analizzati presentano valori di permeabilità tendenzialmente bassa; la descrizione dei terreni, a granulometria prevalentemente fine è, inoltre, congruente con quanto atteso su base bibliografica.

Una delle caratteristiche del terreno ottenibili empiricamente a partire dall'esito delle analisi granulometriche eseguite è il coefficiente di permeabilità, ottenibile tra le formulazioni più note mediante l'applicazione della formula di Hazen:

$$k = C * D_{10}^2$$

ove:

k = coefficiente di permeabilità

C = costante di proporzionalità

D_{10} = diametro delle particelle corrispondenti al 10% del passante al setaccio

Tuttavia, per poter applicare la formula di Hazen ai terreni granulari sciolti, devono essere soddisfatte specifiche condizioni, ossia:

- 0,1 mm < D_{10} < 3 mm;
- U < 5.
- Nel caso vengano soddisfatte tali condizioni e k sia espresso in m/s e D_{10} in mm, in mancanza di ulteriori informazioni si può assumere C = 0,01.

Come si può desumere dai risultati illustrati nella tabella precedentemente riportata tuttavia la formula di Hazen non è applicabile al caso in esame in quanto D_{10} risulta inferiore a 0,1mm e il coefficiente di uniformità U non risulta inferiore a 5.

Pertanto, nel caso specifico risulta esauriente l'informazione relativa al coefficiente di uniformità (U).

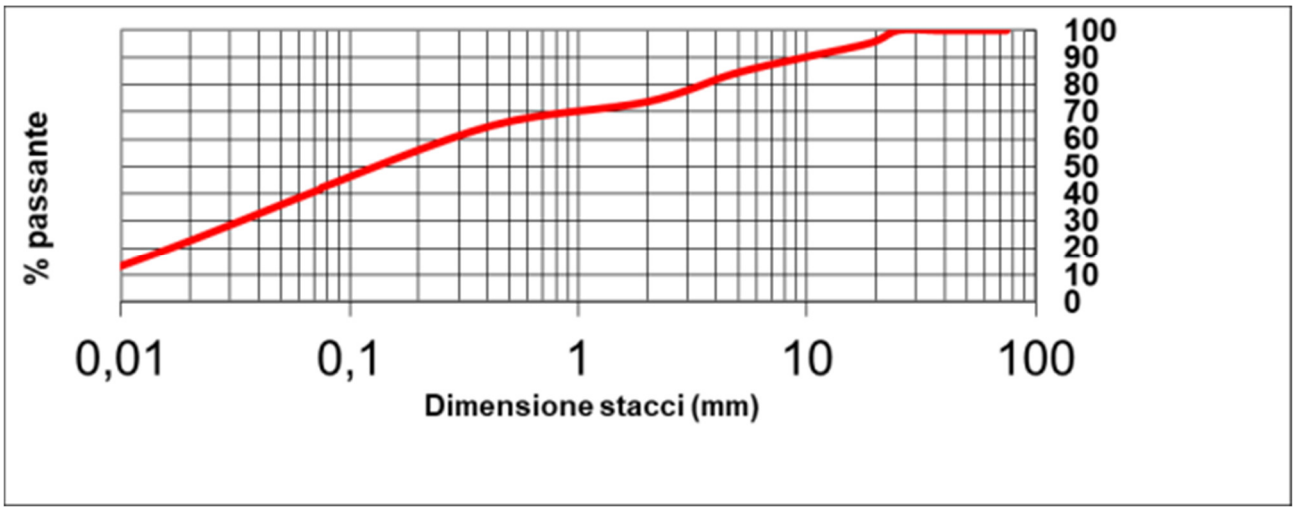


Figura 14. Curva granulometrica del campione C1

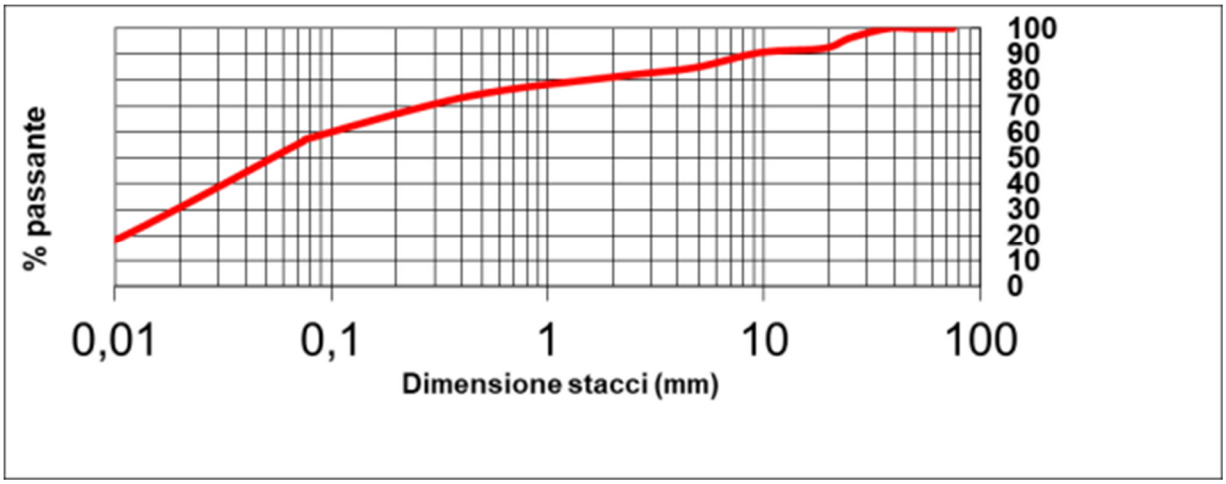


Figura 15. Curva granulometrica del campione C2

A2.3 INDAGINE INDIRETTA – PROVE SISMICHE MASW

Le indagini indirette di tipo sismico, di seguito descritte, sono state effettuate principalmente allo scopo di determinare in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio i primi 30 m di profondità, in modo da definire la categoria di sottosuolo di riferimento del sito in esame, in funzione delle verifiche da condurre in condizioni sismiche.

La metodologia utilizzata, il cosiddetto "metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)" è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata alla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive; si tratta, cioè, di onde con diversa lunghezza che si propagano con diverse velocità di fase e di velocità gruppo o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

La strumentazione utilizzata per questo tipo di analisi è la Echo 12/24 con geofoni disposti ad intervalli di 2 m per un totale di 22 metri di stendimento.

Per l'esecuzione delle misure sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazione ed attrezzature:

Apparecchiatura	Strumentazione per indagine sismica MASW	n.
Sistema acquisizione dati	Sismografo ECHO 12-24/2002 seismic unit Computer portatile hp per la registrazione delle onde	1 1
Sistema di ricezione	Geofoni con frequenza pari a 14 Hz Cavo di collegamento per geofoni – 12 prese con spaziatura 5 ml	12 1
Trigger	Dispositivo inerziale meccanico montato su mazza battente	1
Sistema energizzante	Massa battente da 8 kg	1

Successivamente, i dati ottenuti in campagna sono stati analizzati col supporto del software specifico EasyMASW, fornendo gli spessori degli strati e le velocità delle onde di taglio (onde S) che caratterizzano il sottosuolo.

A2.3.1 Risultati e analisi del profilo sismico

In Allegato 4 sono riportate le elaborazioni relative alla prova MASW eseguita in data 26 Luglio 2018 presso il sito oggetto di indagine.

A partire da tale ricostruzione è stata calcolata la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,30}$ che, applicando la formula 3.2.1 delle NTC 2018 (paragrafo 3.2.2 *"Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche"*), è risultata pari a 378,2 m/s, **consentendo di attribuire il sottosuolo alla categoria B** che comprende *"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."*.

Le geometrie dello stendimento effettuato sono di seguito riassunte:

Lunghezza del profilo (m)	22
Numero dei geofoni	12
Spaziatura dei geofoni (m)	2
Numero delle energizzazioni	4

Per quanto concerne il modello di velocità delle onde sismiche di taglio ottenuto dalla prova eseguita è stato possibile ricostruire il modello del sottosuolo (in termini di sismostrati) riportato in Allegato 4.

A3 MODELLO GEOLOGICO

Sulla base delle informazioni reperite in letteratura integrate con i parametri determinati nel corso delle prove dirette sono state definite le principali caratteristiche dei terreni oggetto d'indagine che hanno condotto ad un modello geologico del primo sottosuolo in seguito descritto.

La tipologia delle prove effettuate non ha consentito di aggiungere ulteriori informazioni rispetto a quanto noto dalla letteratura, anche se ha permesso di evidenziare, in maniera diretta ed indiretta, una situazione sostanzialmente omogenea per quanto concerne la successione nel primo sottosuolo.

Si ritiene, infatti, anche ai fini della successiva ricostruzione geotecnica, di considerare la presenza in superficie di terreni in prevalenza limosi da medi a sciolti non cementati e non alterati che passano più in profondità a depositi più consistenti a compatti con litologie verosimilmente del tipo sabbie-ghiaiose/ghiaie-sabbiose. Sono presenti livelli decimetrici molto compatti dovuti alla presenza di ciottoli e/o trovanti.

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

FASCICOLO GEOTECNICO (B)

B1 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base della ricostruzione riportata nel Modello Geologico integrata con i risultati delle prove penetrometriche eseguite sono state determinate le principali caratteristiche geotecniche degli orizzonti presenti nel primo sottosuolo. Nel dettaglio, le prove penetrometriche hanno permesso di determinare le caratteristiche geotecniche per un volume ritenuto "significativo" al fine di fornire informazioni utili in merito alle potenziali interazioni tra le fondazioni in progetto e il terreno di fondazione stesso.

Di seguito si sintetizzano le principali caratteristiche del modello geotecnico individuato per il sottosuolo del sito oggetto di indagine, fornendo un'ipotesi interpretativa di quella che può essere una possibile stratigrafia del sottosuolo, a partire dai dati indiretti delle prove penetrometriche:

- le prove penetrometriche sono state spinte fino al raggiungimento di una profondità da p.c. attuale ritenuta sufficiente al fine di definire un modello del sottosuolo esaustivo: infatti, le prove hanno permesso di raggiungere una profondità massima pari a -6,8 m da p.c. ;
- Fino ad una profondità di circa 1,00 metri da p.c. è stata riscontrata la presenza di un livello superficiale (Orizzonte A, A', A'') costituito anche da materiale di riporto (laterizi, ciottoli, blocchi di cemento); l'NSPT medio è variabile tra 13 e 4.
- procedendo lungo il profilo si riscontra la presenza di un orizzonte caratterizzato da Nspt medio compreso tra 3 e 6 (orizzonte X), rilevato esclusivamente in corrispondenza delle prove DP2 e DP3 e che verosimilmente è assimilabile ad un deposito limoso/sabbioso che si estende fino a 2,40-3,00 m di profondità.
- si riscontra invece unicamente in corrispondenza della prova DP1 un orizzonte B caratterizzato da Nspt medio pari a 10 e con migliori caratteristiche geometriche (profondità dell'orizzonte 1,0-4,20 m)
- in entrambe i settori, muovendosi in profondità, si identifica l'orizzonte C, avente buone caratteristiche geotecniche e Nspt medio variabile da 14 a 27; l'orizzonte si estende fino ad una profondità di circa 5,20-5,80 m.
- da ultimo, si è identificato per le prove DP2 e DP3 un orizzonte D, che chiude la sequenza indagata e che presenta un ulteriore miglioramento delle caratteristiche geotecniche con un Nspt medio tra 28 e 33; in corrispondenza della prova DP2 tale orizzonte si estende fino ad una profondità di 6,80 m (massima profondità indagata).

B.1.2 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano le tabelle di sintesi dei parametri geotecnici, ottenuti come interpretazione delle prove, ed effettuate mediante l'ausilio del software Geostru Dynamic Probing.

Prova Penetrometrica n. 1

ID strato	Profondità base strato (m da p.c.)	Spessore strato (m)	Nspt medio	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	ϕ (°)	Classificazione AGI (1977)
A'	0,50	0,50	13	18,04	19,02	31	Moderatamente addensato
A''	1,0	0,50	4	14,51	18,44	28	Sciolto
B	4,20	3,20	10	16,87	18,83	30	Poco addensato
C	5,80	1,60	27	20,59	19,81	35	Moderatamente addensato

Prova Penetrometrica n. 2

ID strato	Profondità base strato (m da p.c.)	Spessore strato (m)	Nspt medio	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso unità di volume saturo (kN/m³)	ϕ (°)	Classificazione AGI (1977)
A	1,10	1,10	5	16,03	18,53	28	Poco addensato
X	3,00	1,90	3	14,02	18,34	27	Sciolto
C	5,90	2,90	14	18,04	19,02	31	Moderatamente addensato
D	6,80	0,90	28	20,69	19,91	35	Moderatamente addensato

Prova Penetrometrica n. 3

ID strato	Profondità base strato (m da p.c.)	Spessore strato (m)	Nspt medio	Peso unità di volume (kN/m3)	Peso unità di volume saturo (kN/m3)	ϕ (°)	Classificazione AGI (1977)
A	0,90	0,90	6	15,40	18,24	29	Poco addensato
X	2,40	1,50	6	15,40	20,69	29	Poco addensato
C	5,20	2,80	23	20,01	19,12	34	Moderatamente addensato
D	5,80	0,60	33	21,18	20,10	37	Addensato

B2 CALCOLO AZIONE SISMICA

B2.1 DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO

Come anticipato nel capitolo relativo alla descrizione delle indagini condotte presso il sito di interesse, nel corso del presente incarico è stata realizzata una indagine sismica mediante esecuzione di una prova con metodologia MASW finalizzata alla determinazione della categoria del sottosuolo presso il sito di indagine risultata nell'assegnazione della *categoria D sulla base del valore di $V_{s,30}$ ottenuto*.

Nell'ambito del presente studio la categoria di sottosuolo risultante è la D; di seguito si riporta, la definizione associata alla categoria di sottosuolo C secondo quanto contenuto nel D.M. 17/01/2018 *"Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»"*:

Categoria	Definizione
B	*"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consi-stenti, 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"*.

B2.2 VALORI SISMICI DI SITO

I dati di base, ottenuti con il procedimento descritto nei paragrafi precedenti, per le verifiche di stabilità da effettuare in condizioni dinamiche sono di seguito descritti:

<u>Coordinate geografiche</u>

ottenute mediante l'ausilio del programma *Geostru PS Parametri sismici*:

- Latitudine WGS84 =Lat 45,788525
- Longitudine WGS84 = 9,243952

<u>Tipo di opera</u>

- Tipo di opera: 2 - "costruzioni con livelli di prestazioni ordinari" → V_n = ≥ 50 anni (tab. 2.4.I)
- Classe d'uso: classe II → C_u = 1.0 (tab. 2.4.II)
- Periodo di riferimento sismico $V_r = V_n * C_u = 50 * 1 = 50$ anni
- Probabilità di superamento P_{vr} (SLV) = 475 anni (10%) (tab. 3.2.I)

<u>Fattori amplificazione sismica</u>

- Categoria di sottosuolo: B
- Categoria topografica: T1 (essendo l'area di studio pressoché sub-pianeggiante) (tab. 3.2.III)

da cui si ottengono i seguenti parametri

- Ss (amplificazione stratigrafica) = 1,2 (tab. 3.2.IV)
- Cc (coefficiente funzione categoria) = 1,44 (tab. 3.2.IV)
- St (amplificazione topografica) = 1,0 (3.2.V)

Parametri sismici del sito di riferimento (SLV – 475 anni):

- ag = 0,042 g
- F_0 = 2,640
- Tc* (sec) = 0,280 s

Da cui si ottengono i seguenti coefficienti di sito:

- a_{max} = 0,499
- beta = 0,200
- k_h = 0,010
- k_v= 0,005

B3 VERIFICA LIVELLI DI SICUREZZA

La verifica di capacità portante e dei cedimenti è stata effettuata utilizzando i criteri previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14.01.2008, adottando in particolare le indicazioni contenute nel §6.4 relativa alle fondazioni superficiali, eseguendo le verifiche di sicurezza agli stati limite mediante l'applicazione di criteri propri dei metodi semiprobabilistici, normati nelle NTC2008, e basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza, per le azioni A (γF), i parametri geotecnici M (γM) e le resistenze R (γR), con i criteri che verranno successivamente illustrati.

B4 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Secondo le NTC2008, la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

Lo stato limite è "la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata".

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio* (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio; il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.
- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi* (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera; il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

Le fondazioni superficiali devono essere verificate almeno con riferimento a meccanismi di rottura per carico limite e stabilità globale.

La verifica a rottura per carico limite è effettuata utilizzando l'Approccio 1 con le relative combinazioni riferite rispettivamente alle verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO);

dove, in base alle definizioni di tali stati limite (C6.2.3.1):

- STR: raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;
- GEO: raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata necessariamente secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (GEO).

Per la valutazione della capacità portante si sono utilizzati e confrontati tra loro i principali metodi utilizzati dalla comunità scientifica quali Terzaghi (1955), Meyerhof (1963), Hansen (1970), Vesic (1975), Brich–Hansen (EC7 - EC8).

Di seguito è riportata la soluzione di *Brinch-Hansen* (1961, 1970); per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue:

$$\frac{R}{A'} = c' \times N_c \times s_c \times i_c + q' \times N_q \times s_q \times i_q + 0.5 \times \gamma' \times B' \times N_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma$$

dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\varphi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\varphi'$$

Seguono i vari fattori di forma e quelli di inclinazione della risultante dovuta al carico. Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

B4.1 CARICHI DI PROGETTO E IPOTESI PROGETTUALI DELLE FONDAZIONI

Nei calcoli, effettuati con l'ausilio di un software dedicato (LoadCap 2018), sono stati utilizzati i parametri geotecnici esposti nel precedente paragrafo; in assenza di una definizione di dettaglio dei carichi attesi, sono stati calcolati i valori delle pressioni normali di progetto che possono essere ritenute compatibili sia con le caratteristiche geotecniche del sottosuolo interessato che riconducibili agli intervalli di carichi ipotizzabili in base alle tipologie edificatorie previste.

In particolare, sono stati ipotizzati due tipologie di fondazione:

- ✓ Platea, sia per il caso dell'edificio di servizio e dei loculi posti accanto ad esso a breve distanza dall'ingresso, sia per i loculi posti in corrispondenza del lato superiore del cimitero (lato prospiciente Via Nuova Valassina)
- ✓ Trave rovescia, ipotizzata solo per il caso dei loculi prospicienti a Via Nuova Valassina (lato superiore del cimitero)

Il piano di posa delle fondazioni, considerando la situazione specifica dei luoghi e le caratteristiche progettuali dell'edificio è stato ipotizzato a 1,5 m dal p.c..

Le ipotesi sono pertanto riassumibili secondo lo schema seguente:

Edificio in progetto	Ipotesi progettuale	Profondità piano di posa (m dal p.c.)	Unità geotecnica
Edificio di servizio e loculi	1 – platea con larghezza 4.00 m	-1,50 m	B
Loculi (c/o Valassina)	2 – platea con larghezza 3.00 m	-1,50 m	X
	3 – trave rovescia con larghezza 1,50 m	-1,50 m	X

Anche se necessariamente generiche si ritiene che le valutazioni effettuate potranno guidare in modo corretto i progettisti nella futura scelta della tipologia e del posizionamento delle fondazioni.

Per quanto concerne la combinazione delle azioni, per mera comodità di calcolo sono state assunte delle ipotesi di base che considerano carichi permanenti nell'ordine di 100 kN/m^2; tali valori sono stati successivamente rielaborati al fine di ottenere i carichi da introdurre nei calcoli nelle diverse combinazioni delle azioni secondo il seguente schema:

	Edificio di servizio + loculi		Loculi (lato ViaNuova Valassina)
	Ipotesi 1: platea b=400 cm	Ipotesi 2: platea b=300 cm	Ipotesi 3: trave rovescia b=150 cm
Combinazione fondamentale statica SLU [STR (A1+M1+R1)]	130 kN/ m^2		
Combinazione fondamentale statica SLU [GEO (A2+M2+R2)]	100 kN/m^2		
Combinazione sismica SLV	100.50 kN/m^2		
Combinazione frequente SLE	100 kN/m^2		

I calcoli sono stati effettuati adottando entrambe le combinazioni dell'approccio 1 in condizioni statiche e con le correzioni sismiche (metodo NTC2008) per lo stato limite SLV.

B5 VERIFICA DEI CEDIMENTI – VERIFICA AGLI SLE

Dato che i valori esposti nel capitolo precedente si riferiscono a condizioni di equilibrio limite determinate sulla base dell'angolo di attrito di picco, ne segue che gli assestamenti necessari alla mobilizzazione di tali valori potrebbero risultare non compatibili con la stabilità della struttura e le prestazioni attese per l'opera stessa; ne segue quindi la necessità di una verifica dei cedimenti, che è stata effettuata considerando i carichi definiti mediante la combinazione frequente SLE definita nel precedente capitolo.

Per ciascuno stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione

$$Ed \leq Cd$$

dove:

- Ed è il valore di progetto dell'effetto delle azioni
- Cd è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni che deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione

Per le opere e i sistemi geotecnici, gli SLE, si riferiscono al raggiungimento di valori critici di spostamenti e rotazioni, assoluti e/o relativi e distorsioni che possano compromettere la funzionalità dell'opera.

Come valori ammissibili di riferimento possono essere assunti gli intervalli compresi tra 2.5 e 5 cm riferito ad opere con murature portanti, piuttosto che quelli compresi tra 5 e 10 cm riferiti ad opere con strutture intelaiate, secondo le indicazioni della tabella riportata di seguito e tratta da Cestelli Guidi, 1981.

Tipo di movimento	*Fattore di limitazione*	*Valore ammissibile*
Cedimento	Collegamento a reti di servizi Accesso Probab. di cedimenti differenziali • murature portanti • strutture intelaiate • ciminiere, silos	15 ÷ 30 cm 30 ÷ 60 cm 2,5 ÷ 5 cm 5 ÷ 10 cm 7,5 ÷ 30 cm
Rotazione rigida (*tilt*)	Stabilità al ribaltamento Rotazione di ciminiere, torri operatività di macchine • macchine tessili • turbogeneratori Binari di carro ponte Drenaggio di sup. pavimentate	Dipende dall'altezza e dal peso 0,04 *H* 0,003 *L* 0,0002 *L* 0,003 *L* 0,01 ÷ 0,02 *L*
Cedimenti differenziali	Murature portanti multipiano Murature portanti ad un piano Lesioni di intonaci Telai in c.a. Pareti di strutture a telaio in c.a. Telaio in acciaio Strutture semplici in acciaio	0,0005 ÷ 0,001 *L* 0,001 ÷ 0,02 *L* 0,001 *L* 0,0025 ÷ 0,004 *L* 0,003 *L* 0,002 *L* 0,005 *L*

L = distanza fra due pilastri adiacenti.
I valori ammissibili più elevati si riferiscono a strutture più flessibili ed a condizioni di sottosuolo uniformi; i più ridotti a strutture rigide e condizioni di sottosuolo irregolari.

Nella verifica relativa al raggiungimento dello SLE, i parametri geotecnici di progetto utilizzati nei calcoli sono uguali a quelli caratteristici, non intervenendo pertanto alcun coefficiente parziale di riduzione degli stessi.

In sintesi i coefficienti parziali sono pari ad 1:

A*i*=1

M*i*=1

R*i*=1

Le determinazioni sono state eseguite con l'equazione di Burland e Burbidge (1984) che consente di valutare i cedimenti direttamente a partire dai dati di una prova penetrometrica dinamica.

Di seguito l'espressione del cedimento secondo Burland e Burbidge (1984):

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{vo} \cdot B^{0,7} \cdot \frac{I_C}{3} + (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B^{0,7} \cdot I_C \right] =$$

ove:

S = cedimento (mm)

= fattori correttivi che tengono conto della forma, dello spessore dello strato com-primibile e della componente viscosa dei cedimenti;

= pressione litostatica alla quota di fondazione;

q' = carico di esercizio;

B = larghezza fondazione;

Ic = indice comprimibilità.

Questo metodo consente di calcolare la capacità portante ammissibile di progetto per fondazioni di dimensioni variabili da 0.80 a 135 m ipotizzando un cedimento massimo ammissibile del complesso terreno-fondazione variabile da 10 a 50 mm dopo un periodo di 30 anni (Peck, 1967).

Partendo dai dati delle prove penetrometriche dinamiche sono stati dunque calcolati, i valori di *cedimento massimo,* calcolato sulla base di un carico di esercizio.

B6 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Il software utilizzato, LoadCap2014 della Geostru, ha consentito di calcolare, per ogni combinazione, i seguenti parametri:

- Carico limite – Qult [kN/m^2]
- Carico di progetto – Rd [kN/m^2] calcolato come rapporto tra Qult e coefficiente di riduzione della capacità portante verticale, assimilabile alla portata ammissibile
- Tensione di progetto – Ed [kN/m^2] definito in input dal progettista
- Fattore di sicurezza definito come Fs=Qult/Ed
- Condizioni di verifica Rd>Ed
- Cedimenti

Sulla base delle ipotesi progettuali esposte nei paragrafi precedenti, implementati mediante l'utilizzo del software descritto, sono stati ottenuti i risultati descritti e schematizzabili come nella tabella seguente.

Nella tabella sono stati inseriti i cedimenti attesti, applicando il citato metodo di Burland e Burbidge, i valori sono stati stimati utilizzando per ciascuna ipotesi progettuale la pressione di progetto Rd risultante dai calcoli esposti in precedenza:

Ipotesi	**Larghezza (B)**	**Resistenza di progetto**	**Cedimenti attesi Burland-Burbidge (applicando una tensione pari alla resistenza di progetto)**	**Cedimenti attesi Burland-Burbidge (applicando una tensione di 100 KN/m^2)**
1	300 cm	184,95 kN/m^2	63,92 mm	31,14 mm
2	400 cm	190,12 kN/m^2	226,27 mm	107,56 mm
3	150 cm	158,35 kN/m^2	133,82 mm	78,05 mm

Si può, dunque, osservare come l'entità dei cedimenti attesi applicando le resistenze di progetto non possa essere considerato trascurabile, soprattutto per il caso dei loculi in progetto prospicienti a Via Nuova Valassina; pertanto è stata effettuata una ulteriore valutazione con il carico "standard" di 100 Kn(m^2)
Sarà dunque compito del progettista eseguire le opportune valutazioni, tenendo in considerazione i risultati esposti e le criticità evidenziate.

B7 VERIFICA ESCLUSIONE FENOMENO DI LIQUEFAZIONE

Ai sensi della normativa tecnica vigente, il sito oggetto del presente studio deve essere stabile nei confronti della liquefazione, ossia rispetto ai fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o all'accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Qualora il terreno indagato dovesse risultare suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti dovessero apparire tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorrerebbe procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o a trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. Inoltre, in assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiederebbe comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Nel dettaglio del sito di interesse, in applicazione di quanto indicato dalla normativa vigente (punto 7.11.3.4 del D.M. 17/01/2018) in merito alla stabilità nei confronti della liquefazione, nell'ambito della redazione del presente studio si è valutato di omettere la verifica a liquefazione in relazione alla sussistenza in corrispondenza del sito di interesse delle seguenti circostanze:

- *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g*.

CONCLUSIONI

Il settore di indagine è posto all'interno del Comune di Merone, nel settore nord-occidentale del territorio comunale in Via A. Appiani 50 ad una quota di circa 262 m s.l.m.

Per quanto concerne i dissesti di natura idrogeologica si evidenzia come l'area non ricada all'interno delle aree in dissesto PAI e/o PGRA.

Nel caso specifico dell'area rilevata, non si ha l'affioramento di litologie pre-quaternarie bensì di depositi lacustri o fluvio-lacustri, affioranti in corrispondenza delle aree piane prelacuali a nord dell'abitato. Si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi, limo-argillosi e torbosi; ulteriori informazioni bibliografiche sul sottosuolo, ricavate da sondaggi e prove geotecniche, indicano la presenza di materiali alluvionali fini per almeno i primi 5-7 m di spessore.

Il settore del cimitero è interessato da due distinte sottoclassi di fattibilità geologica, **classe di fattibilità geologica 2 fattibilità con modeste limitazioni Sottoclasse 2.1 (Aree con depositi a carattere locale e spessori variabili)** e **fattibilità geologica 3 fattibilità con consistenti limitazioni Sottoclasse 3.2 (Aree a bassa soggiacenza della falda).**

Le indagini svolte dagli scriventi hanno consentito di effettuare una specifica caratterizzazione geotecnica dell'area in cui è in progetto la realizzazione dell'intervento in oggetto evidenziando mediocri caratteristiche geotecniche all'incirca nei primi 3 m di profondità dove, anche in base alle evidenze delle analisi granulometriche svolte appositamente, si riscontra la presenza di terreni di natura in prevalenza fine (limo-sabbioso, sabbia-limosa).

Nell'ambito delle profondità indagate (massimo ca. 7 m dal p.c.) non è stata riscontrata la presenza di falda.

Le risultanze dei calcoli effettuati, anche se di natura necessariamente preliminare, hanno evidenziato in particolare elevati valori dei cedimenti che dovranno essere tenuti in debito conto dai progettisti.

In relazione alle caratteristiche tessiturali dei terreni, nell'ottica della loro destinazione a campi di inumazione, facendo riferimento all'Art.15 dell' "Ordinamento ed Organizzazione dei Servizi Sanitari e Assistenziali" (R.R. 9 novembre 2004, n.6 – Servizi Sociali e Assistenza) si deve considerare che il fondo della fossa per inumazione dovrà distare almeno 0,50 metri dalla falda freatica; nel caso in esame non essendo stata riscontrata alcuna presenza idrica, si ritiene pertanto che i luoghi siano compatibili. Tuttavia considerando l'assenza di ulteriori informazioni storiche sull'area e tenuto conto dell'abbondante presenza di materiale fine non si può escludere la formazione di falde sospese di carattere temporaneo.

Sempre in relazione alle necessità del campo ad inumazione, occorre considerare che la struttura del terreno indagato presenta una permeabilità bassa e pertanto non è da ritenersi ottimale ai fini della tempistica del processo di mineralizzazione dei cadaveri.

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

BIBLIOGRAFIA

DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNODEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57, COMMA1, DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N. 12 (Settembre 2008)	*Comune di Merone*

AUTORI

Viger srl

Sede legale: Via Morazzone 21 — 22100 Como (CO)

Sede operativa: Via Cellini, 16/C — 22071 Cadorago (CO)

tel. 031.564.933 Fax 031.729.311.44

E-mail: viger@v-ger.it

http://www.vigersrl.it/

Dr. Geol. Vittorio Bruno

Iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia al n. 840

Iscritto ALBO Consulenti Tecnici Ufficio del Tribunale di COMO

Dr. Geol Marco Cattaneo

Iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia al n. 958

27 agosto 2018

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

ALLEGATI

1. **A.** Ubicazione punto di indagine per prova MASW
   B. Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche
   C. Ubicazione trincea per analisi granulometrica
2. Risultati prove penetrometriche S.C.P.T
3. Rapporti di Prova Analisi Granulometriche
4. Profilo sismico – Risultati indagine MASW
5. Moduli di dichiarazione/asseverazione del geologo (Modulo 9 e Modulo 10 – D.G.R. X/5001/2016)

Allegato 1A. Ubicazione stendimento per prova MASW

Legenda **(Indagini Luglio 2018)**

Stendimento MASW

Cartografia di base: Database Topografico regionale (DBT)
Fonte: Geoportale Regione Lombardia

Allegato 1B. Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche

Legenda (Indagini Luglio 2018)

Prove Penetrometriche

Cartografia di base: Database Topografico regionale (DBT)
Fonte: Geoportale Regione Lombardia

Allegato 1C. Ubicazione trincea per analisi granulometriche

Legenda **(Indagini Luglio 2018)**

Trincea esplorativa

Cartografia di base: Database Topografico regionale (DBT)
Fonte: Geoportale Regione Lombardia

Allegato 2. Prove penetrometriche SCPT

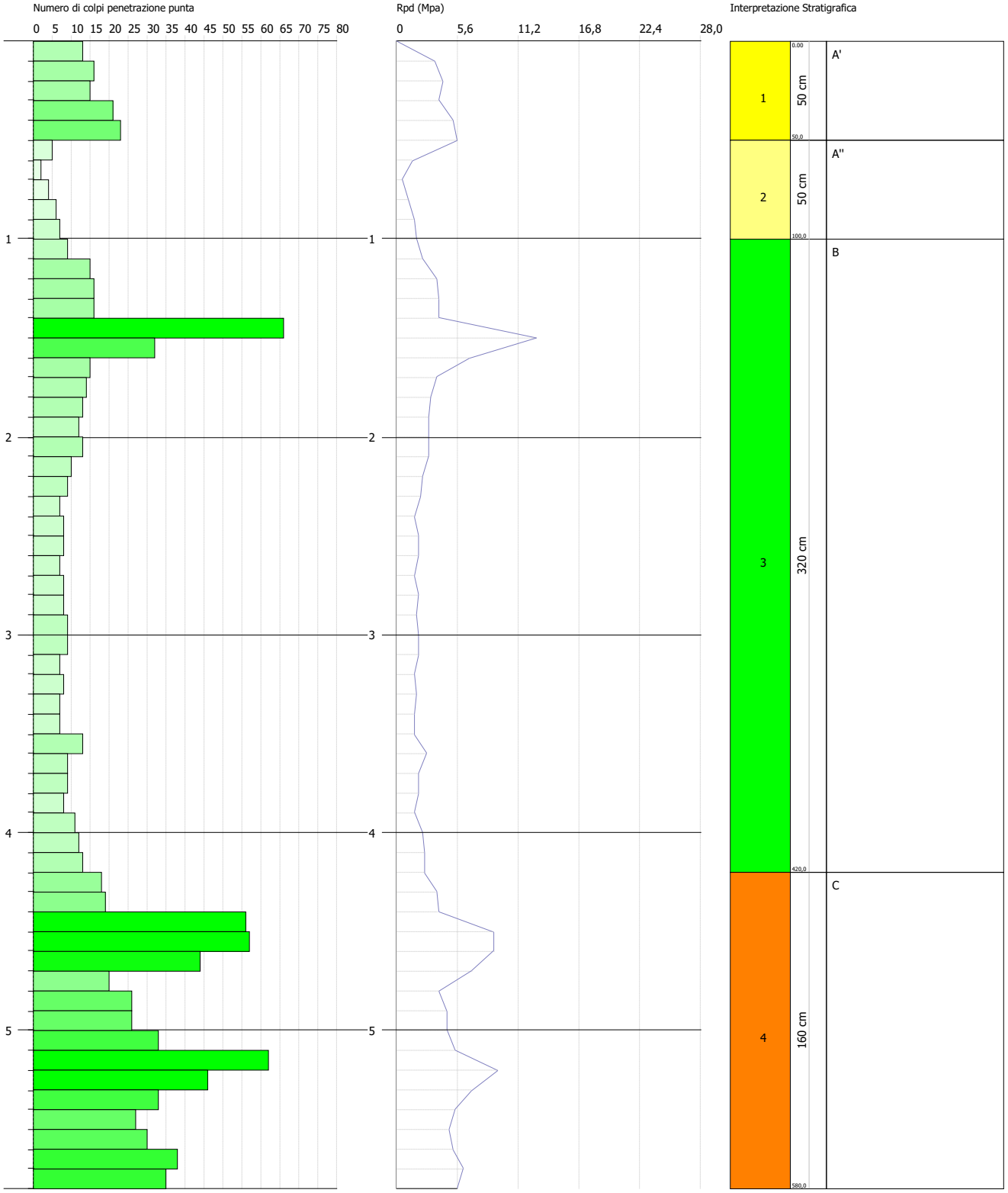
Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 07/08/2018

Scala 1:30



Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

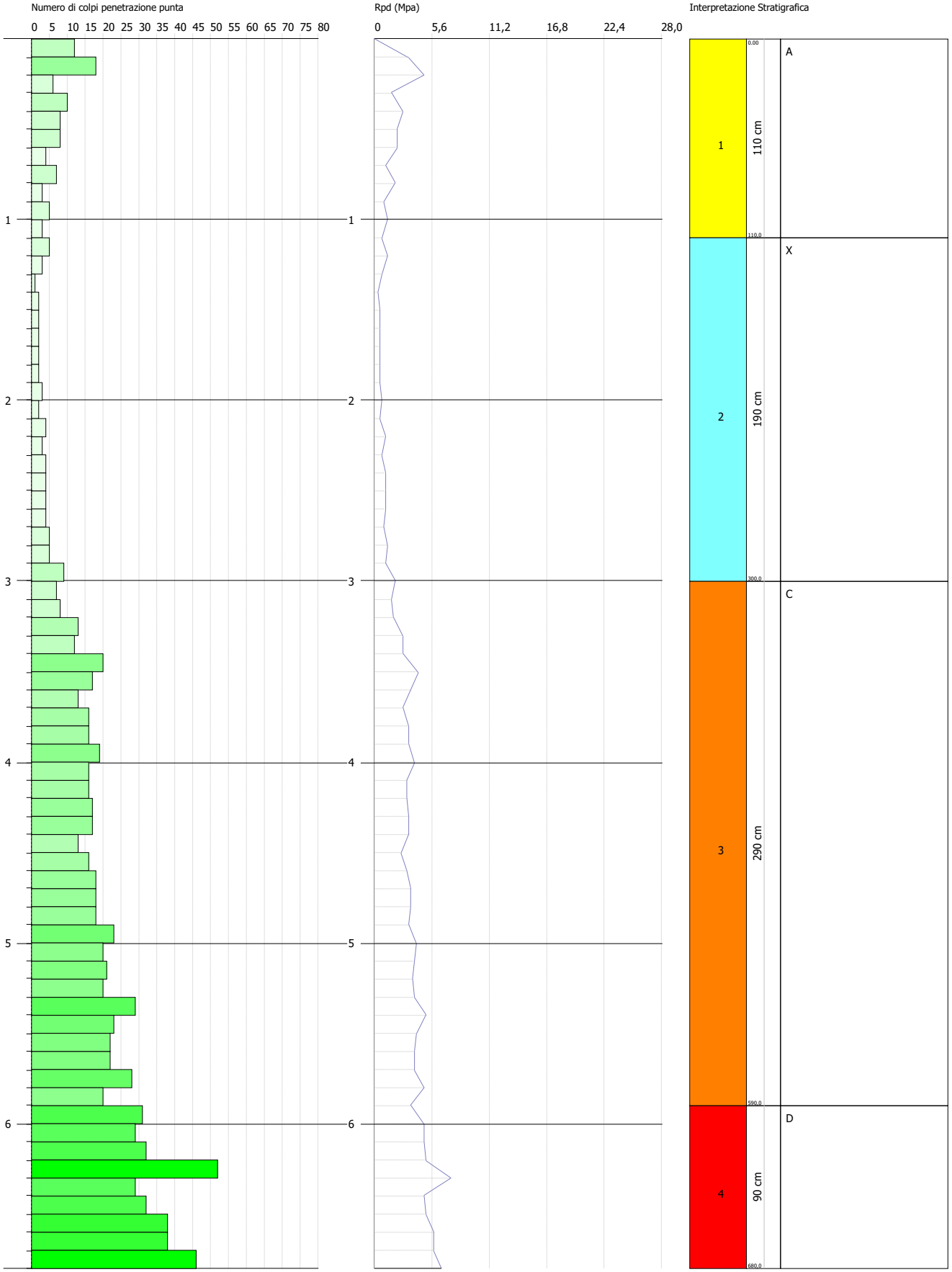
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP2
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 07/08/2018

Scala 1:31



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Comune di Merone Prot. n. 7062 del 27-08-2018 arrivo Cat. 10 Cl. 1

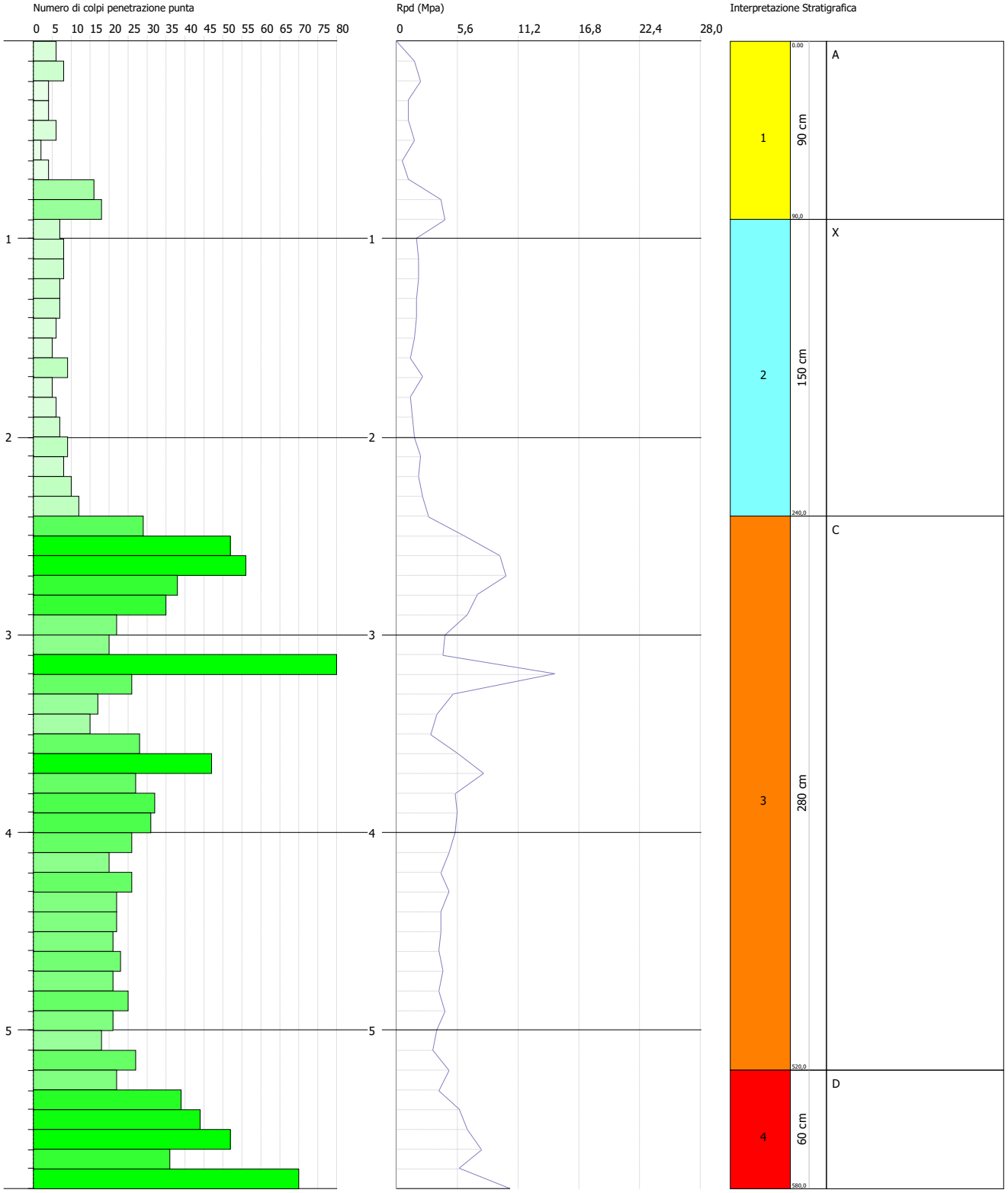
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP3
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 07/08/2018

Scala 1:30



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Allegato 3 Rapporti di Prova Analisi Granulometriche

INIZIATIVE SCIENTIFICHE SRL
www.iniziativescientifiche.com

Laboratorio d' analisi con sistema di qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015 da SGS N.IT02/0142
Servizi di analisi chimiche e prove fonometriche

RAPPORTO DI PROVA
DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA DI UN SUOLO
Particle Size Analysis of Soils – ASTM D422

Allegato 1 al Rapporto di Prova IS 1529/2018

Metodo Applicato	**ASTM D422**
Cliente	**VIGER SRL**
Riferimento Ordine	**2018 514-088**
Descrizione del campione sottoposto ad analisi	**C1 – 1,50 / 1,75 mt**

Data esecuzione prelievo	11/07/2018	Responsabile prelievo	Committente
Sito di prelievo	Via Appiani, 50 – Comune di Merone (CO)	Data ricevimento campione	11/07/2018
Data esecuzione prova	07/08/2018	Esecutore prova	Federico Borgia
Rapporto di prova	IS 1529/2018	Riferimento campione	IS 1529/2018

DATI DELLA PROVA

Diametro massimo delle particelle (mm)	**< 25**
Dimensione staccio ASTM	**% Passante**
75 mm	**100**
50 mm	**100**
37,5 mm	**100**
25 mm	**100**
19 mm	**95,4**
9,5 mm	**89,9**
4,75 mm	**84,0**
2 mm	**73,8**
425 µm	**65,2**
75 µm	**42,2**

Analisi idrometrica
Sistema di dispersione utilizzato : A → coppa di agitazione
Agente disperdente utilizzato : soluzione di sodio esametafosfato 40 g/l

Particelle inferiori a 74 µm	**41,6 %**
Particelle inferiori a 5 µm	**5,2 %**
Particelle inferiori a 1 µm	**1,6 %**

TECNICO ANALISI	**RESPONSABILE LABORATORIO**	**RESPONSABILE CONTROLLO QUALITA'**
F. Borgia	Dott. S. Barone	F. Borgia

I dati del presente report si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.
Non è consentita la riproduzione parziale del report, salvo specifici accordi.
I residui dei campioni non alterabili vengono conservati per i 30 gg successivi alla trasmissione dei risultati

Laboratorio d'analisi INIZIATIVE SCIENTIFICHE S.R.L.
Sede operativa e laboratorio Via Vincenzo Monti, 18 - 20028 - San Vittore Olona (MI)
Tel/Fax 0331422046 - Mail laboratorio@iniziativescientifiche.com - Web www.iniziativescientifiche.com
C.C.I.A.A. N. 163434 - Iscr. Trib. Novara N. 12204 - Cap. Soc. Euro 10.400,00 - C.F. 05268550018 - P. Iva 01334850037

INIZIATIVE SCIENTIFICHE SRL
www.iniziativescientifiche.com

Laboratorio d' analisi con sistema di qualità certificato
UNI EN ISO 9001:2015 da SGS N.IT02/0142
Servizi di analisi chimiche e prove fonometriche

RAPPORTO DI PROVA
DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA DI UN SUOLO
Particle Size Analysis of Soils – ASTM D422

Allegato 1 al Rapporto di Prova IS 1530/2018

Metodo Applicato	**ASTM D422**
Cliente	**VIGER SRL**
Riferimento Ordine	**2018 514-088**
Descrizione del campione sottoposto ad analisi	**C2 – 1,75 / 2,0 mt**

Data esecuzione prelievo	11/07/2018	Responsabile prelievo	Committente
Sito di prelievo	Via Appiani, 50 – Comune di Merone (CO)	Data ricevimento campione	11/07/2018
Data esecuzione prova	07/08/2018	Esecutore prova	Federico Borgia
Rapporto di prova	IS 1530/2018	Riferimento campione	IS 1530/2018

DATI DELLA PROVA

Diametro massimo delle particelle (mm)	**< 37,5**
Dimensione staccio ASTM	**% Passante**
75 mm	**100**
50 mm	**100**
37,5 mm	**100**
25 mm	**96,3**
19 mm	**92,3**
9,5 mm	**90,6**
4,75 mm	**84,8**
2 mm	**81,2**
425 µm	**73,7**
75 µm	**57,1**

Analisi idrometrica
Sistema di dispersione utilizzato : A → coppa di agitazione
Agente disperdente utilizzato : soluzione di sodio esametafosfato 40 g/l

Particelle inferiori a 74 µm	**56,4 %**
Particelle inferiori a 5 µm	**7,4 %**
Particelle inferiori a 1 µm	**2,2 %**

TECNICO ANALISI	**RESPONSABILE LABORATORIO**	**RESPONSABILE CONTROLLO QUALITA'**
F. Borgia	Dott. S. Barone	F. Borgia

I dati del presente report si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a prova.
Non è consentita la riproduzione parziale del report, salvo specifici accordi.
I residui dei campioni non alterabili vengono conservati per i 30 gg successivi alla trasmissione dei risultati

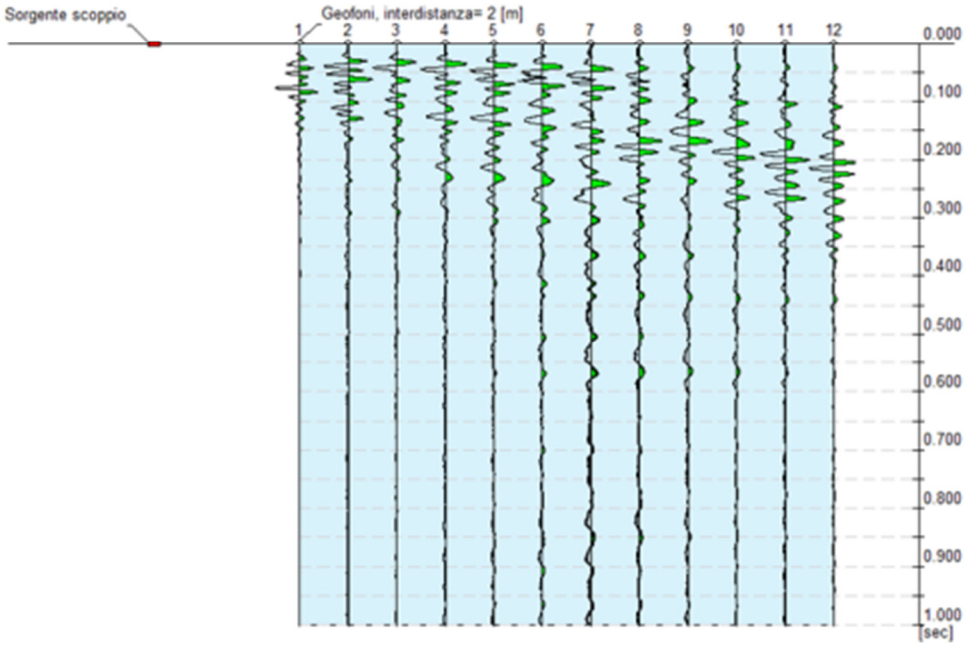
Laboratorio d'analisi INIZIATIVE SCIENTIFICHE S.R.L.
Sede operativa e laboratorio Via Vincenzo Monti, 18 - 20028 - San Vittore Olona (MI)
Tel/Fax 0331422046 - Mail laboratorio@iniziativescientifiche.com - Web www.iniziativescientifiche.com
C.C.I.A.A. N. 163434 - Iscr. Trib. Novara N. 12204 - Cap. Soc. Euro 10.400,00 - C.F. 05268550018 - P. Iva 01334850037

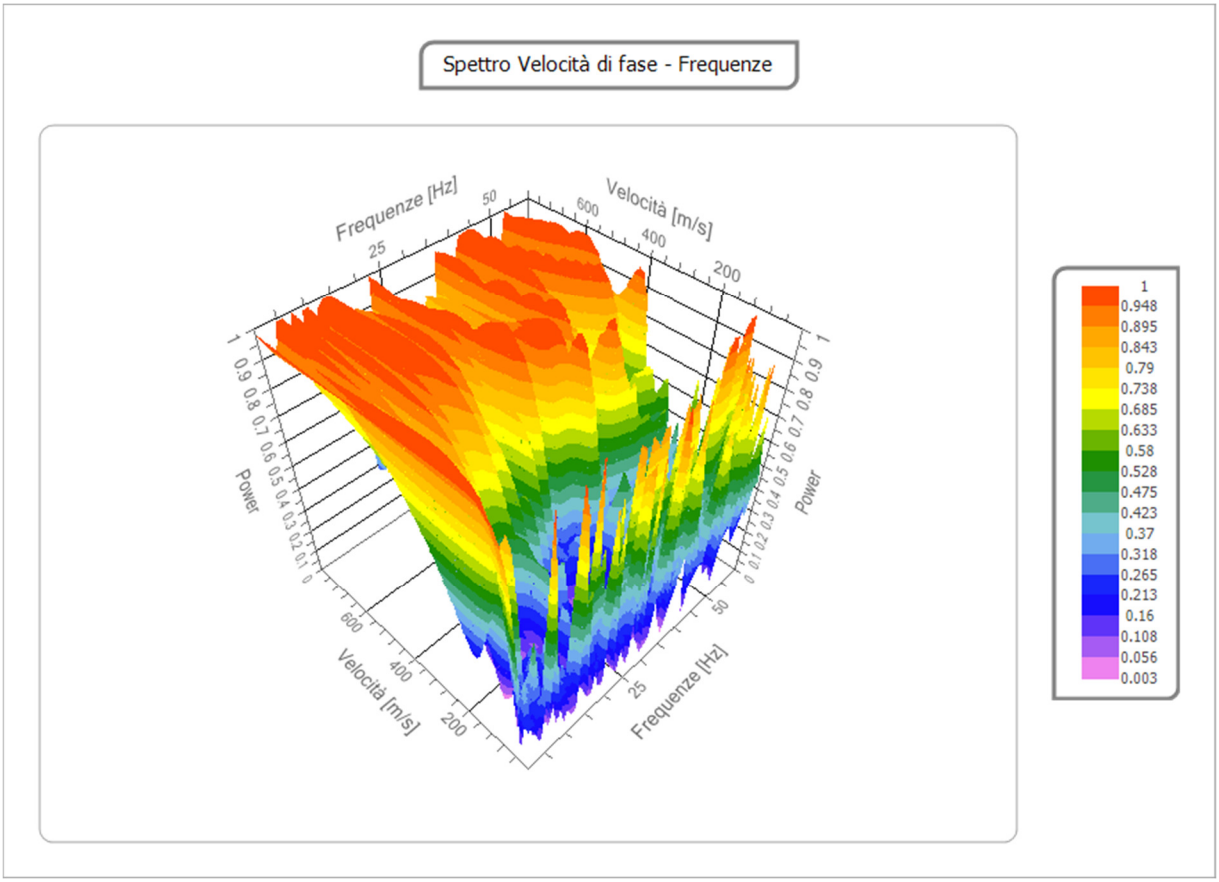
Allegato 4. Profilo sismico – Risultati indagine MASW

Tracce

N. tracce	**12**
Durata acquisizione [msec]	**1002.3**
Interdistanza geofoni [m]	**2.0**
Periodo di campionamento [msec]	**0.131**

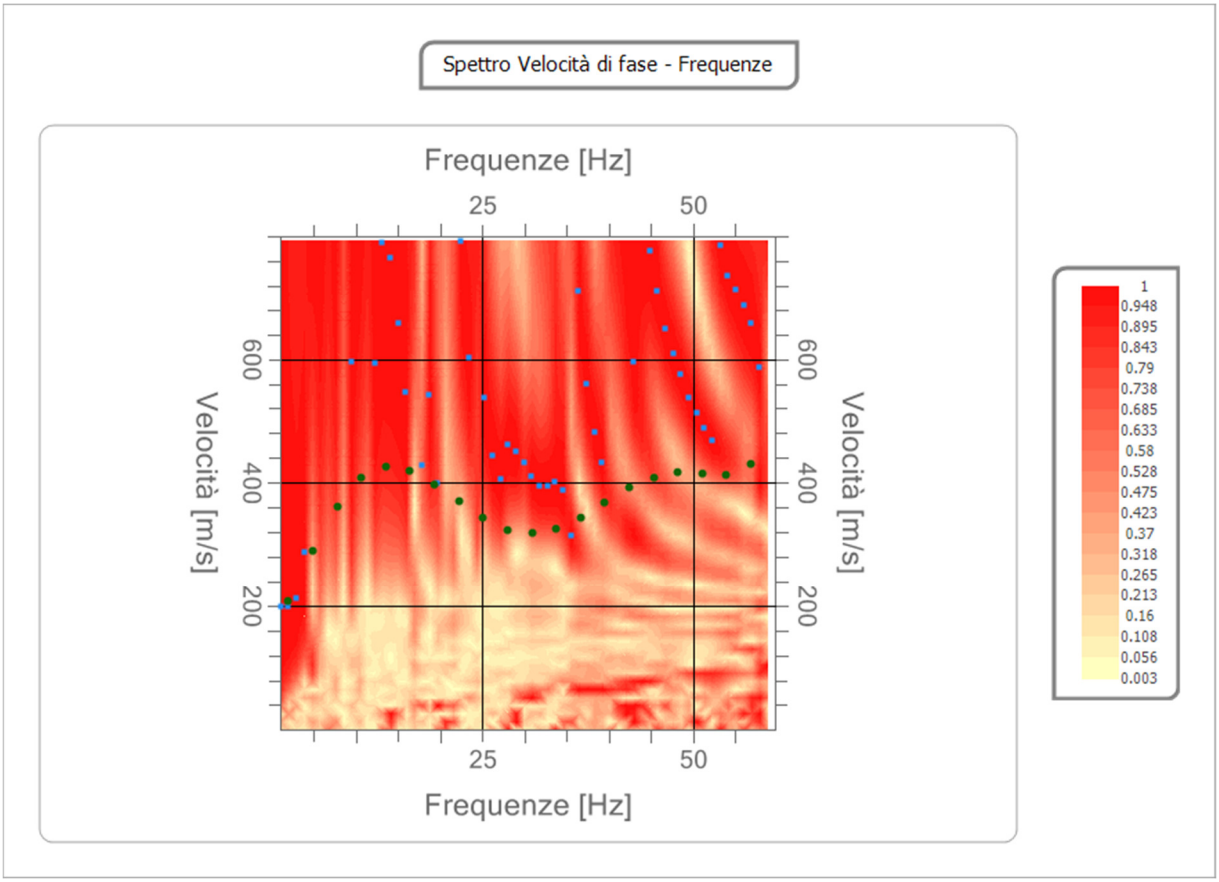
Committente: Comune di Merone
Operatore: Dott. Danilo Controversio
Responsabile: Dott. Geol. Giorgio Cardin
Data: 26/07/2018





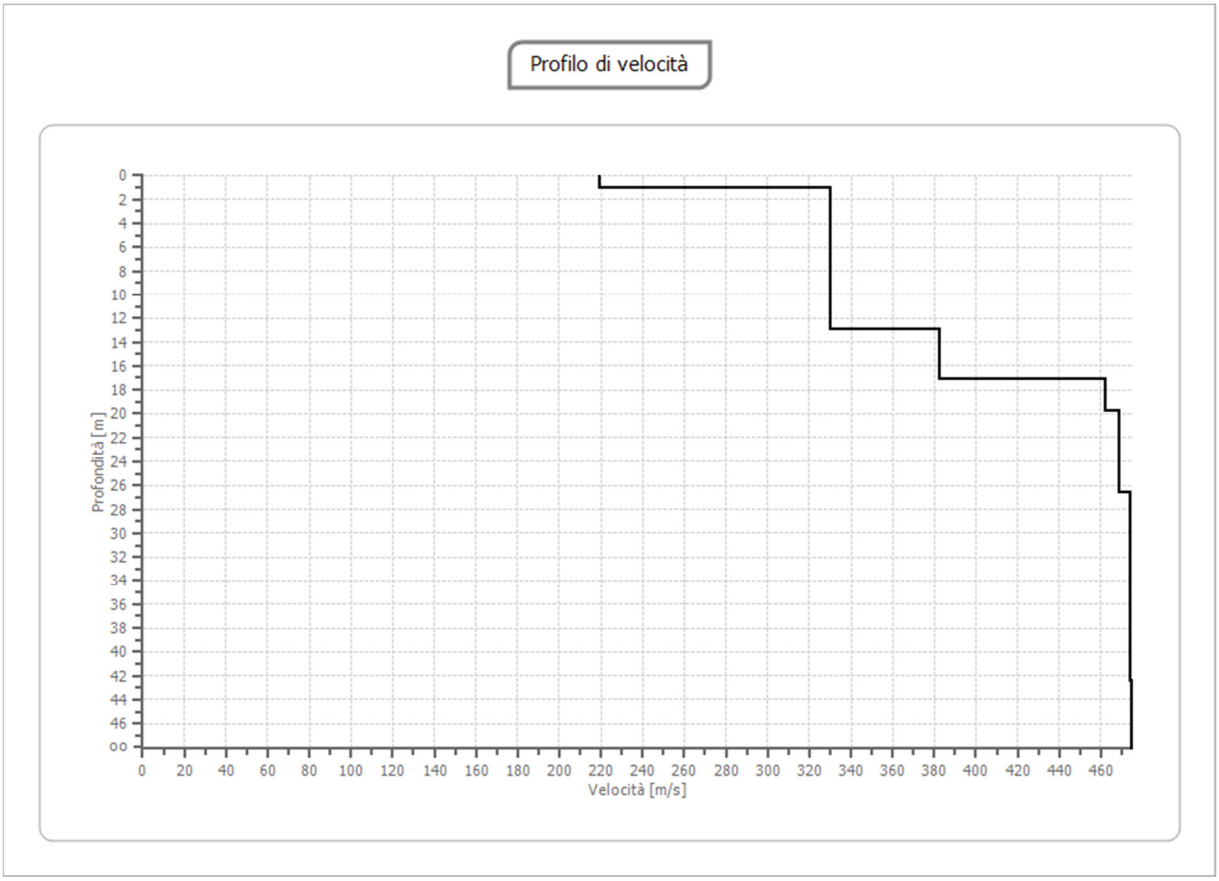
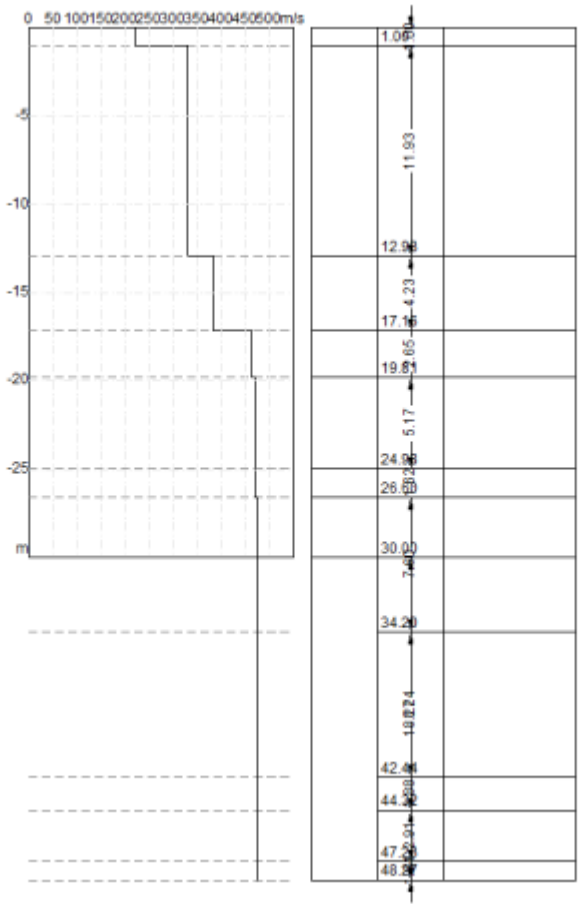
Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	2.0	206.4
2	4.9	291.0
3	7.7	362.0
4	10.6	407.5
5	13.5	425.3
6	16.4	419.4
7	19.3	397.7
8	22.2	369.3
9	25.1	342.7
10	28.0	324.5
11	30.8	318.6
12	33.7	325.8
13	36.6	343.8
14	39.5	367.8
15	42.4	391.6
16	45.3	409.3
17	48.2	416.9
18	51.1	415.3
19	54.0	413.1
20	56.8	429.7



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1800.0	0.3	No	410.8	219.6
2		12.93	11.93	1800.0	0.3	Si	617.2	329.9
3		17.16	4.23	1800.0	0.3	Si	715.6	382.5
4		19.81	2.65	1800.0	0.3	Si	864.6	462.1
5		24.98	5.17	1800.0	0.3	Si	876.5	468.5
6		26.60	1.62	1800.0	0.3	Si	876.5	468.5
7		34.20	7.60	1800.0	0.3	Si	887.2	474.2
8		42.44	8.24	1800.0	0.3	Si	887.2	474.2
9		44.32	1.88	1800.0	0.3	Si	887.7	474.5
10		47.23	2.91	1800.0	0.3	Si	887.6	474.4
11		48.27	1.04	1800.0	0.3	Si	887.7	474.5
12		oo	oo	1800.0	0.3	Si	887.7	474.5


Profilo di velocità
Profondità [m]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46
oo
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460
Velocità [m/s]

SISMOSTRATIGRAFIA