



Dr. Geol. Francesco SERRA – GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –

Milano Tel.: 0363.79065; Fax.: 0363.707620 ; E-mail : geoserra@serrafra.191.it

CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190

LUMINAFERO SRL
INTERVENTO PRESSO IL CIMITERO DI TRIGINTO
COMUNE DI MEDIGLIA (MI)

Relazione geologica (R1+R3)
Relazione geotecnica (R2)

ai sensi delle normative vigenti



14 ottobre 2019

Commessa: 2026

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 2 di 46

Relazione geologica (R1+R3)

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
2. PROGRAMMA DI LAVORO	7
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	8
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	11
4.1 ASPETTI IDROLOGICI.....	11
4.2 ASPETTI IDROGEOLOGICI E SUPERFICIE PIEZOMETRICA	11
4.1 SUPERFICIE PIEZOMETRICA: FORMA, PROFONDITÀ ED OSCILLAZIONI	13
5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO	15
6. ASPETTI SISMICI	17
6.1 MODELLO SISMICO MONODIMENSIONALE E CALCOLO DELLE V_{s30}	18
6.2 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	22
6.3 CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	23
7. ASPETTI RELATIVI ALLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO.....	24
8. GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO	25

Relazione geotecnica (R2)

1 MODELLO GEOTECNICO.....	27
1.1 INTERPRETAZIONE PROVE SPT PREGRESSE	27
1.2 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	30
2. CAPACITÀ PORTANTE E CEDIMENTI	31
2.1 VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE	31
2.2 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI E ULTERIORI CRITICITÀ.....	33

Allegato A – Sondaggio geognostico

Allegato B – MASW

Allegato C – Analisi

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 3 di 46

RELAZIONE GEOLOGICA (R1 + R3)

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 4 di 46

1. PREMESSA ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La presente relazione illustra i risultati dello studio effettuato relativamente ad alcuni interventi migliorativi ed edili da realizzare nell'ambito del cimitero di Triginto nel territorio comunale di Mediglia.

Nel presente rapporto si considerano le problematiche geologiche, idrogeologiche e sismiche relative ai terreni di fondazione interessati dal progetto; la relazione è redatta ai sensi del D.M. 17.01.18 (Relazione geologica del progetto R1) e tiene conto della normativa regionale ed in particolare quanto previsto nella DGR IX/2616/2011 e nella DGR 2129/2014 e smi (Relazione geologica di fattibilità R3)

Di seguito quindi si riporta la collegata e successiva relazione geotecnica (relazione R2 ai sensi D.M. 17.01.18) che fornirà l'interpretazione delle indagini geognostiche, il modello geotecnico, le verifiche agli stati limite e le indicazioni progettuali di competenza.

Nei capitoli seguenti si illustreranno, dopo un breve inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, le indagini geognostiche pregresse disponibili e quelle appositamente realizzate e si procederà alla caratterizzazione tecnica dei terreni in funzione delle interazioni terreno-strutture, fornendo il modello geologico del sito ed il modello sismo-stratigrafico; nella successiva relazione geotecnica si proporrà infine il modello geotecnico, sino a fornire indicazioni relative alle tipologie fondazionali da utilizzare ed agli accorgimenti da adottare in sede progettuale ed esecutiva

Per l'ubicazione si veda la posizione del sito sia sullo stralcio della CTR in scala 1:10.000 (B6d4) di figura 1 sia sullo stralcio, più aggiornato, tratto da *Google Earth* (figura 2),

Per le caratteristiche del progetto si rimanda agli elaborati ed alle relazioni tecniche allegate al progetto.

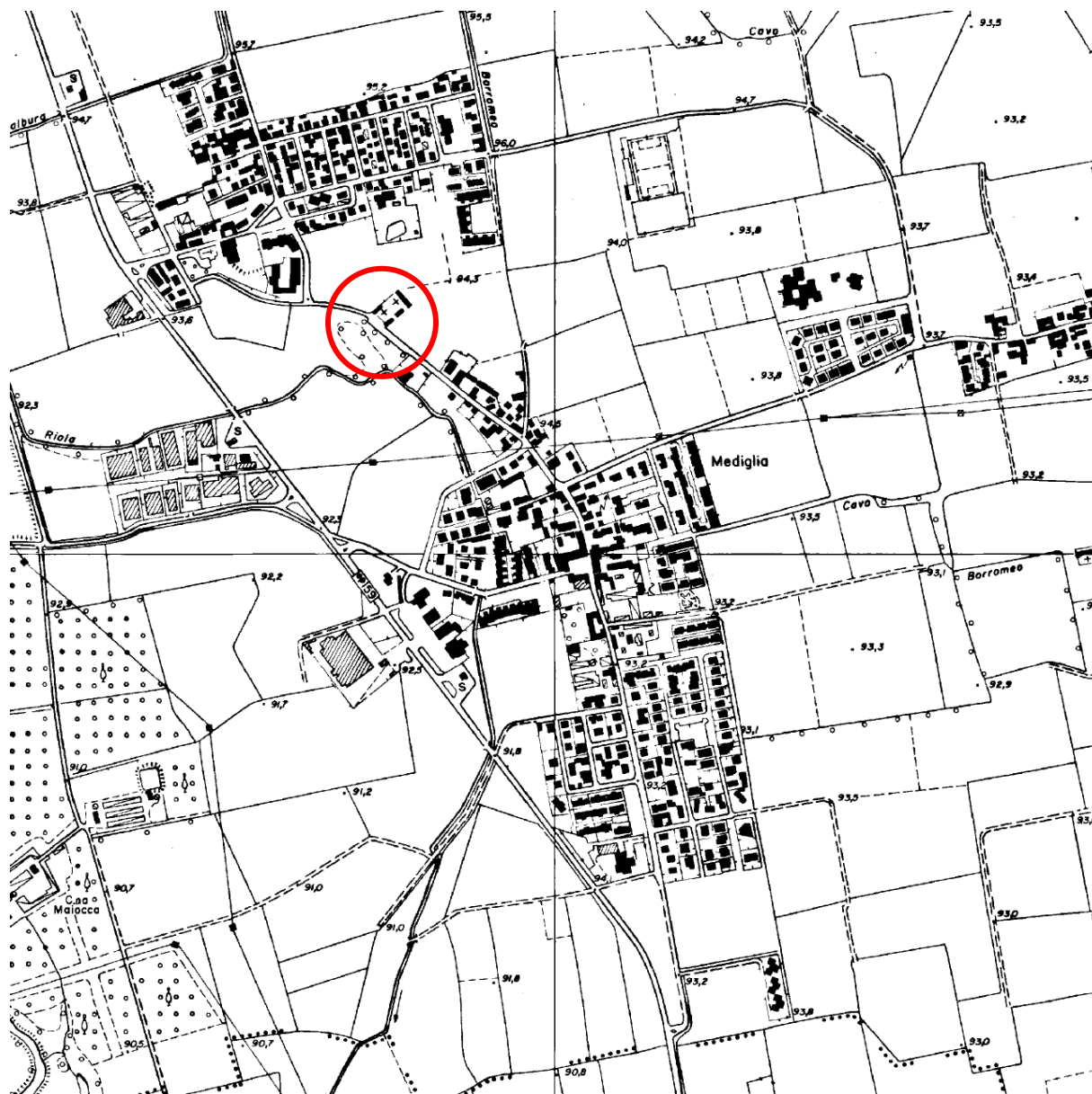
Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

Figura 1: mappa ubicazione dell'area oggetto della presente relazione sulla CTR .



Figura 2: mappa ubicazione dell'area oggetto su *Goggle Earth*.

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 7 di 46

2. PROGRAMMA DI LAVORO

Per fornire indicazioni utili per la progettazione sono stati eseguiti i seguenti passi in logica successione :

- una raccolta della documentazione esistente sull'area in esame con particolare riferimento alle problematiche geologico-tecniche ed idrogeologiche ed alle indagini geognostiche pregresse riutilizzabili;
- una raccolta della documentazione esistente ed a disposizione negli archivi societari relativa al contesto urbanistico-territoriale in cui l'area si inserisce (fra cui lo *Studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio a norma L.R. 12/05* realizzato dallo scrivente nel 2011 ed aggiornato dal dr :Marella nel 2015 ed il *Piano cimiteriale comunale*, redatto dallo scrivente nel 2008).
- un sopralluogo in sito per l'acquisizione di tutti i dati e di tutte le evidenze potenzialmente utili
- la valutazione (analisi, diagnosi e sintesi) degli elementi geognostici disponibili e/o raccolti, dimensionati in funzione delle caratteristiche delle opere da realizzarsi, finalizzata all'ottenimento delle informazioni litostratigrafiche e geotecniche relative ai terreni che verranno interessati dall'opera in progetto ed alla identificazione univoca del modello geologico e del modello geotecnico
- la caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni di fondazione, con una valutazione delle interazioni terreno-strutture e le relative indicazioni progettuali.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Mediglia appartiene geologicamente alla “Media Pianura Lombarda”, caratterizzata dalla presenza di depositi fluvio-glaciali della formazione nota in letteratura classica come “Fluvioglaciale Wurm Autoctono” e depositatesi a partire dal Pleistocene Superiore durante l’ultima fase glaciale detta appunto “wurmiana” (si veda Foglio 45 della Carta Geologica d’Italia 1:100.000 in figura 3).

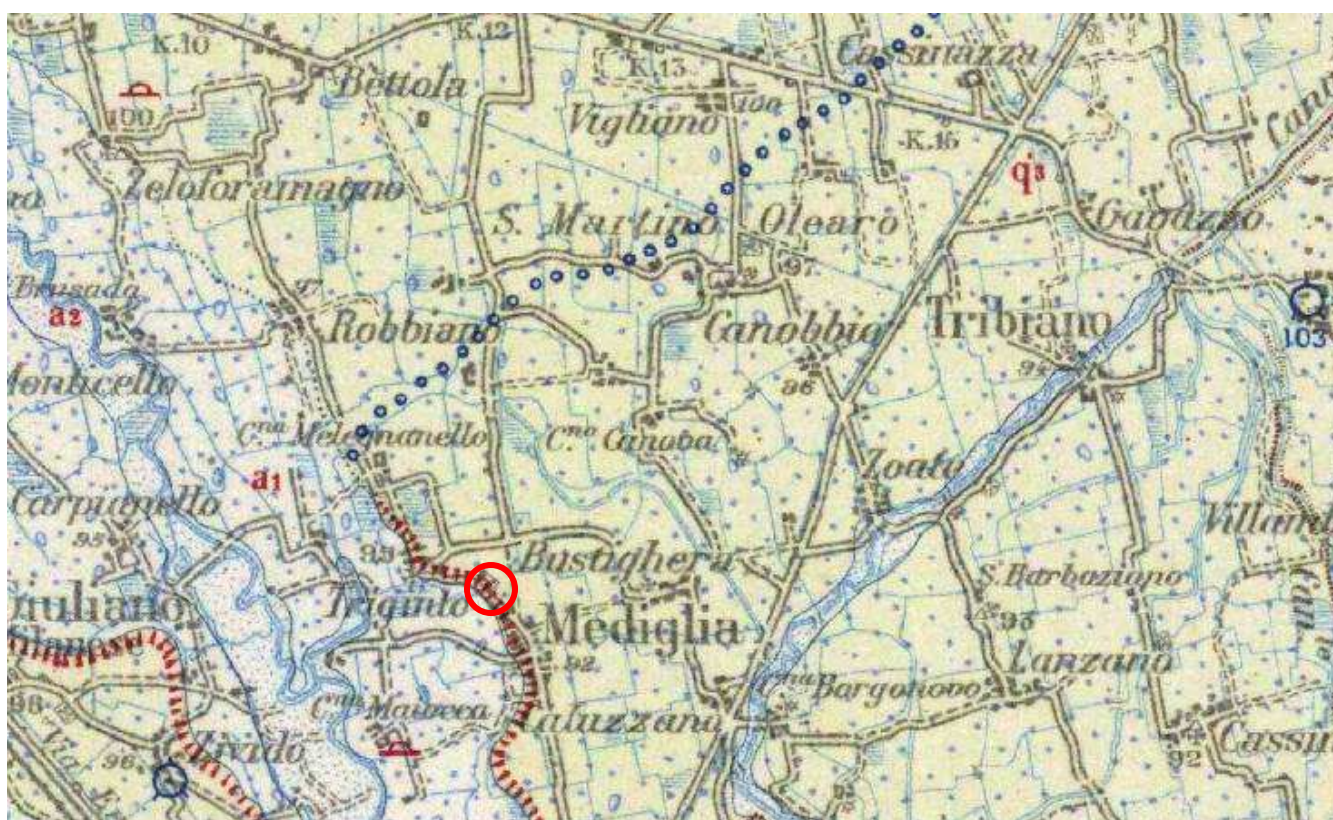


Figura 3 : Foglio 45 della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.

Tali depositi costituiscono il cosiddetto “Livello Fondamentale della Pianura” e sono il prodotto dello smantellamento delle cerchie moreniche poste a nord e portati a valle dalle acque di fusione dei ghiacciai.

Il territorio comunale di Mediglia rientra nella zona della media pianura la cui litologia costituita principalmente da sabbie e ghiaie limose con argilla, sabbie limose con ghiaia e limi sabbiosi, sottolineando il passaggio da porzioni della pianura prevalentemente ghiaiose a nord a prevalentemente sabbiose verso sud.

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 9 di 46

Si assiste ad un progressivo aggradamento delle litologie verso classi granulometriche più fini, rappresentate da ghiaie in predominante frazione sabbiosa e da sabbie, procedendo sia verso sud sia in profondità, legate alla diminuzione dell'energia idraulica dei corsi d'acqua glaciali che hanno formato la pianura.

Il contesto geologico stratigrafico si completa con la presenza di terreni alluvionali olocenici depositatesi in una fase successiva al wurm e direttamente legati all'azione dei corsi d'acqua presenti (fiume Lambro nel settore occidentale del territorio comunale e colatore Addetta nel settore orientale).

Essi tendono a disporsi lungo le direzioni delle attuali aste fluviali e si articolano secondo l'assetto tipico dei terrazzi, ovvero a forma di ripiani sovrapposti, di altezza limitata (a volte obliterati dall'intervento antropico), dovuti ad una successione spazio-temporale di episodi di alterna erosione e sedimentazione dei fiumi stessi; i fiumi subiscono nel tempo un fenomeno di migrazione il cui risultato è la formazione di unità alluvionali con età differente e collocate nello spazio in modo tale che le unità più antiche si trovino in posizione più esterna e rilevata rispetto all'alveo attuale del corso d'acqua.

I terrazzi fluviali risultano separati da scarpate ormai non più distinguibili chiaramente se non in prossimità del fiume Lambro, a causa del rimodellamento antropico.

I depositi alluvionali oltre a disporsi lungo ed attorno le valli fluviali attuali (fiume Lambro e Addetta), si trovano anche in altre porzioni del territorio a testimoniare la presenza di paleoalvei, ovvero antichi percorsi in cui le acque superficiali incanalate scorrevano nel passato, anche storico.

Se la situazione geologica generale risulta relativamente semplice, analizzando le litologie esistenti così come riportate nelle documentazioni tecniche disponibili, si nota che, a causa delle modalità con cui si sono formati questi depositi fluvio-glaciali e delle modifiche apportate successivamente dell'azione dei corsi d'acqua, sussistono variazioni locali delle granulometrie sia in senso orizzontale che verticale.

Un ulteriore fattore che ha complicato il contesto del territorio in esame, è legato all'attività agricola succedutasi nel tempo, che ha prodotto un rimaneggiamento dello strato superficiale, mischiando tale strato con le sottostanti ghiaie e sabbie, dando origine ad un primo livello di ghiaie giallastre più o meno argillose.

Le formazioni che interessano il sito, nella suddivisione classica, sono le seguenti:

- **Depositi fluvio-glaciali Wurmiani (q3):** costituiscono la maggior parte del territorio comunale e occupano le aree che formavano la piana fluvio-glaciale e fluviale

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 10 di 46

formatasi per colmamento durante l'ultima glaciazione (wurmiana); sono caratterizzati da depositi con granulometria decrescente passando da nord verso sud, ovvero da porzioni della pianura prevalentemente ghiaiose a prevalentemente sabbiose: nei settori settentrionali si rinvencono principalmente sabbie e ghiaie in matrice limosa debolmente argillosa, nei settori centrali sabbie limose con ghiaia ed in quelli meridionali sabbie e sabbie limose. A tali depositi si possono sovrapporre coperture di materiali limoso-argillosi a variabile contenuto in sabbie.

- **Alluvioni da antiche a recenti (a1):** aree terrazzate, valli di più recente scorrimento dei corsi idrici attualmente stabili e solo eccezionalmente inondabili, con evidenze di rimaneggiamento fluviale, nelle quali si evidenziano paleoalvei e terreni soggetti a deposizione palustre anche in tempi storici. Depositi costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie in quantità variabile e poco alterate, con lenti o livelli di materiale fine e coesivo, posti comunque a quote superiori rispetto al piano sul quale scorrono i corsi d'acqua attuali; morfologia terrazzata.

L'area oggetto della presente indagine si presenta come una superficie sub-pianeggiante posta ad una quota media di circa 94,0 m s.l.m., in un contesto prevalentemente agricolo a metà strada fra gli abitati di Mediglia e di Triginto.

Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento presente è un debole terrazzamento, verso sud-ovest, di poco superiore al metro, lungo il lato esterno della strada, con un andamento all'incirca parallelo a quella del fiume Lambro di cui rappresenta un antico limite. E' un elemento per buona parte obliterato dalla antropizzazione del sito.

Visto l'ubicazione del sito e lo stato dei luoghi non si evidenziano processi geomorfologici attivi in grado di interagire negativamente con le opere in progetto.

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 11 di 46

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

4.1 Aspetti idrologici

Dal punto di vista idrologico non esistono elementi di particolare interesse per il sito in oggetto.

4.2 Aspetti idrogeologici e superficie piezometrica

Per tutte le informazioni riguardanti la struttura idrogeologica del territorio di Mediglia, la falda freatica e gli acquiferi presenti nel sottosuolo del territorio ci si è basati oltre che dalle indagini effettuate in sito anche sulle numerose e particolareggiate documentazioni presenti in letteratura o nelle banche dati degli enti pubblici integrate con i dati provenienti dai pozzi pubblici presenti nel territorio comunale.

La ricostruzione della struttura idrogeologica della Provincia di Milano ha avuto nel passato come principale finalità quella di individuare la geometria e la litologia di quei corpi sedimentari che ospitano le falde captate da tempo nella pianura milanese e che rientrano nella terminologia classica di “acquifero tradizionale”: tale acquifero è stato sottoposto ad un intenso sfruttamento ed è stato caratterizzato da un progressivo degrado qualitativo. Ciò ha spinto ad utilizzare falde sempre più profonde e parallelamente a questa necessità quella di acquisire maggiori conoscenze della struttura profonda del sottosuolo e dei rapporti di intercomunicazione tra le varie falde presenti.

Diversi sono stati infatti gli approcci seguiti dai diversi autori che si sono occupati della descrizione della struttura idrogeologica del sottosuolo della pianura milanese: sono stati proposti criteri litologici (Martinis, Mazzarella, 1971), criteri stratigrafici (AGIP), e idro-stratigrafici (Francani, Pozzi, 1981), tali criteri sono riassunti nella figura 4.

Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

DENOMINAZIONI UTILIZZATE PER LA DESCRIZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO							
	UNITA' LITOLOGICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		UNITA' STRATIGRAFICHE	ETA'	UNITA' IDROGEOLOGICHE
	Mazzarella S. e Martinis B.		Francani V. e Pozzi R.		A.G.I.P.		Avanzini M. et Al.
     	LITOZONA GHIAIOSO-SABBIOSA	ACQUIFERO TRADIZIONALE	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Diluvium recente)	I ACQUIFERO	ALLUVIONE	PLEISTOCENE SUPERIORE	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSA
			FLUVIOGLACIALE RISS-MINDEL AUCT. (Dil. Medio-Antico)	II ACQUIFERO		PLEISTOCENE MEDIO	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSO-LIMOSA
			CEPPO AUCT.				UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI
	LITOZONA SABBIOSO-ARGILLOSA	ACQUIFERI PROFONDI	VILLAFRANCHIANO	III ACQUIFERO	SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE INFERIORE	UNITA' SABBIOSO-ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)
	LITOZONA ARGILLOSA					(CALABRIANO)	UNITA' ARGILLOSA (facies marina)

Figura 4: Schema strutturale del sottosuolo della Provincia di Milano (Avanzini et al. 1995)

Da tutto quanto sopra riportato si evince che lo schema idrogeologico di riferimento nel sito è indicativamente rappresentabile nelle seguenti tre litozone (dalla più superficiale):

- una litozona ghiaioso-sabbiosa (1) sede dell'acquifero tradizionale, suddiviso in una parte più superficiale (a falda libera – I acquifero) corrispondente ai depositi alluvionali e fluvioglaciali würmiani ed una parte più profonda (falda semi-confinata – II acquifero) con spessore variabile che nell'area raggiunge e supera i 35÷45 m di profondità, corrispondente a depositi fluvioglaciali più antichi (con presenza di conglomerati); le due parti risultano localmente separate da modesti spessori di depositi fini semi-permeabili o impermeabili, mentre tale litozona risulta separata dalla sottostante da un livello di argilla e limo abbastanza potente ma non sempre continuo arealmente;
- una litozona sabbioso-argillosa (2) costituita da intercalazioni variabili di limi con sabbie e raro ghiaietto, talora con presenza di torbe, con falde multistrato semiconfinato o confinato (III acquifero);
- una litozona argillosa profonda (3) costituita da depositi per lo più impermeabili con la presenza di acque salmastre.

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 13 di 46

4.1 Superficie piezometrica: forma, profondità ed oscillazioni

Nella figura 5 si riporta l'andamento della piezometria e la soggiacenza della falda freatica in metri s.l.m. tratta dallo studio geologico del PGT vigente da cui si ricava per il sito (posto ad una quota media di circa 94.0 m dal piano campagna) una profondità media intorno a 4,0 ÷ 6,0 m.

La superficie piezometrica, in prossimità dell'area in oggetto, si trova ad una quota media di circa 89,0÷90,0 m s.l.m.

Nel sito la direzione dell'acquifero sembrerebbe essere all'incirca da nord-est verso sud-ovest, in direzione della valle del Lambro.

Per quanto riguarda l'oscillazione dello stesso va fatto rilevare che l'escursione del livello è generalmente significativa in questo settore della pianura padana, sia a causa di elementi naturali (cicli di piovosità) che per motivi antropici (da una parte l'utilizzo di pozzi, dall'altra le immissioni dovute all'irrigazione).

Si può assumere l'escursione superiore a circa 1,5 metri con le massime quote raggiunte nei periodi di marzo aprile e, soprattutto, luglio-agosto (stagione irrigua).

I rilievi dei livelli di falda misurati nel tempo, a partire dal piezometro installato nel 2009 dallo scrivente alla data di esecuzione delle prove (26 gennaio 2009, in un periodo d falda relativamente profonda) confermano sostanzialmente questi valori (falda a profondità relativa, rispetto al piano di inizio dei pozzetti compresa fra – 4,1 e – 5,5 metri di soggiacenza); si tratta di livelli di ragionevole sicurezza rispetto alla possibilità di interazione della falda con le fondazioni in progetto.

E' comunque possibile, in particolari periodi osservare infiltrazioni sporadiche anche a quote superiori, magari a causa di ristagni di acque provenienti dalla superficie.

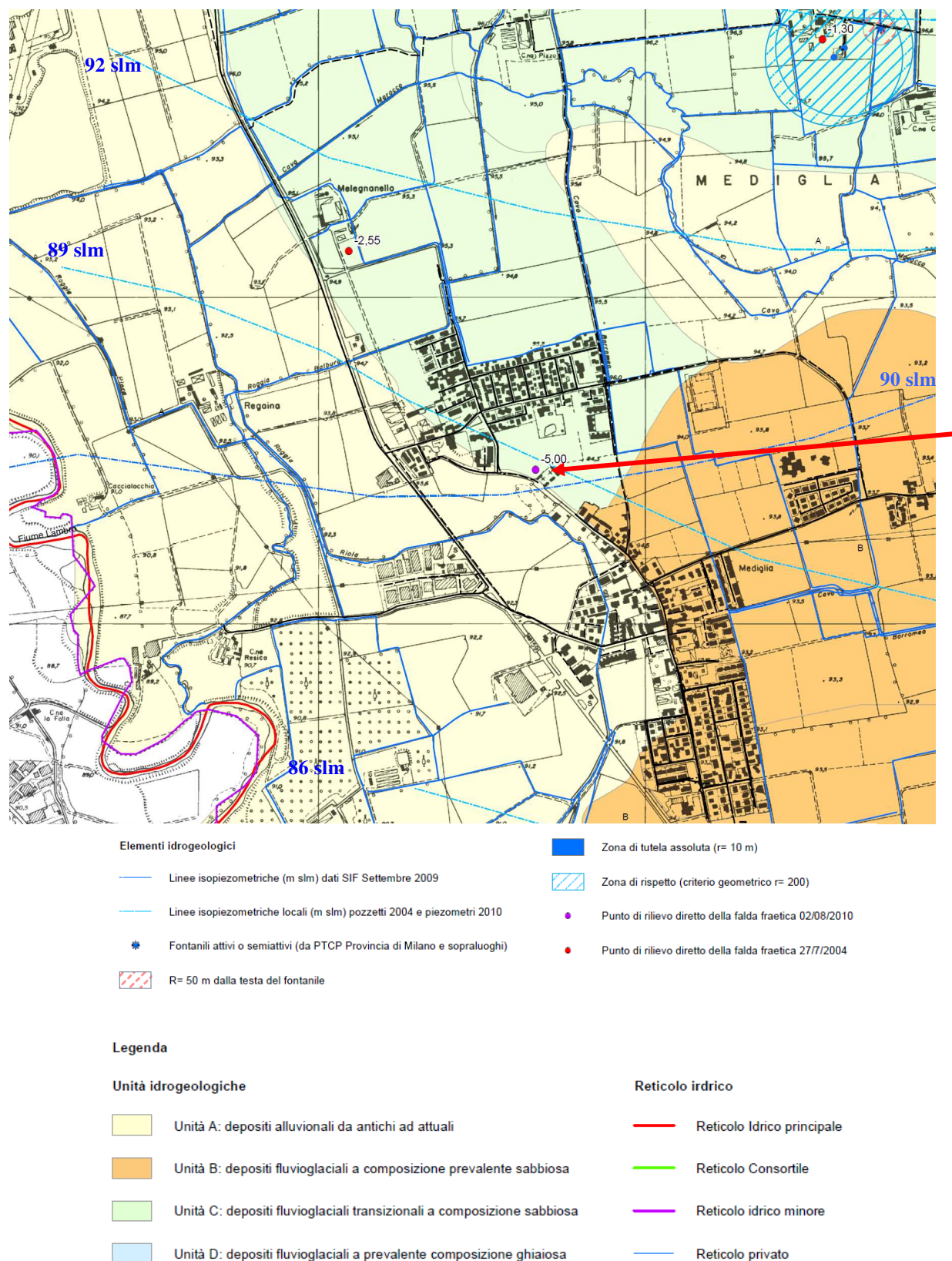
Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

Figura 5: Stralcio della carta idrogeologica tratta dallo studio geologico a supporto del PGT vigente.

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO

Per la definizione del modello geologico si sono utilizzate alcune indagini pregresse disponibili e si sono effettuati alcuni saggi esplorativi diretti.

In particolare si è rilevato molto utile il sondaggio geognostico realizzato dallo scrivente nel sito nell'ambito dello studio per il piano cimiteriale comunale eseguito ai sensi delle normative vigenti.

Nella figura 6 seguente si riporta l'ubicazione del sondaggio in oggetto. Nel sondaggio si sono inoltre prelevati rappresentativi campioni di terreni da sottoporre ad indagini di laboratorio terre. In allegato A si riportano i risultati ottenuti.

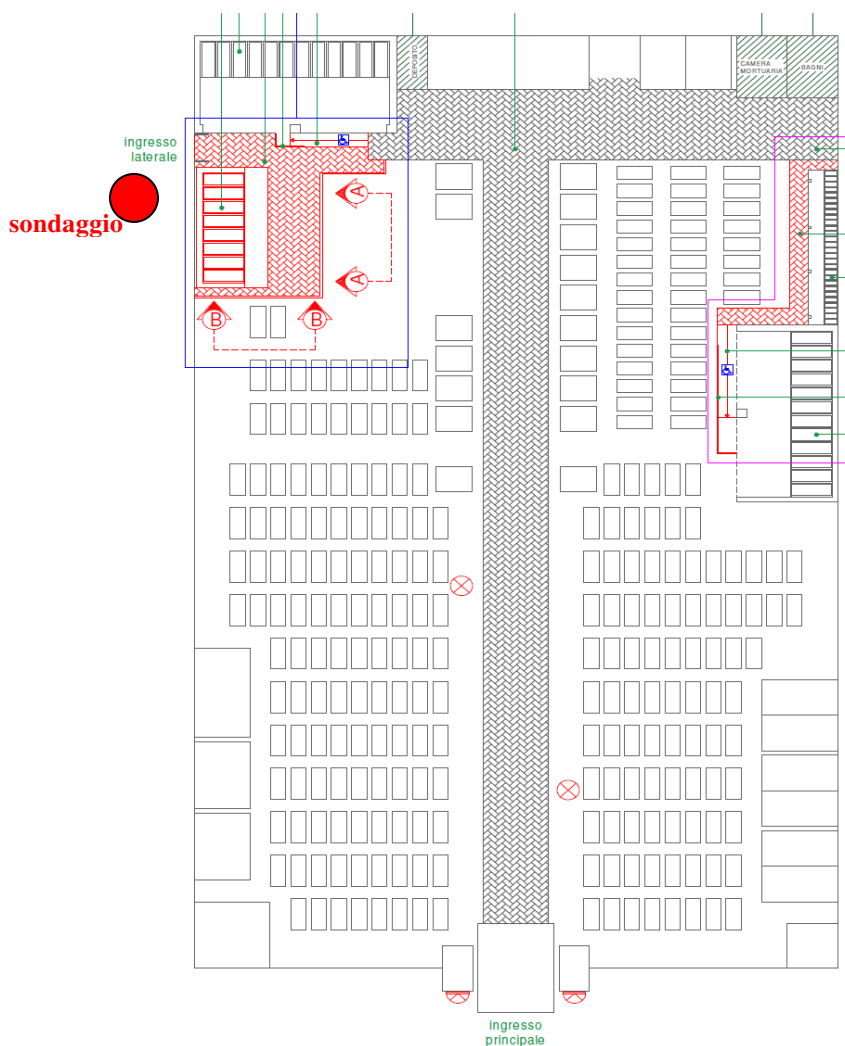


Figura 6 : planimetria con interventi ed ubicazione del sondaggio geognostico di riferimento (punto rosso).

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 16 di 46

Sulla base delle indagini geognostiche disponibili si è messo a punto il modello geologico di riferimento, che per l'area in esame può essere così schematizzato:

Unità geologica	Profondità [m] da p.c.	Litologia
0	0.00 ÷ ≈ 0.50	Riporti con spessore variabile
1	≈ 0,50 ÷ 1,40	Argilla limosa nocciola
2	1,40 ÷ 2,00	Sabbia e ghiaietto in matrice limosa nocciola
3	2,00 ÷ 3,10	Sabbia e ghiaia più o meno limosa
4	3,10 ÷ 3,90	Livello di limo giallastro passante a sabbia fine con ghiaia di colore giallastro
5	3,90 ÷ 30,00	Sabbie e ghiaie prevalenti più o meno ciottolose talora con intercalazioni più fini

Tabella 1: modello geologico di riferimento

Per quanto riguarda il livello di falda si può assumere un valore conservativo della soggiacenza di circa 3 metri, non interferente con i manufatti in oggetto.

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 17 di 46

6. ASPETTI SISMICI

L'emanazione dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 ha determinato la classificazione sismica del territorio nazionale attraverso la definizione di 4 zone sismiche.

Questa classificazione è stata recepita e completata dalla D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 (figura 6); secondo questa nuova classificazione il comune di Mediglia appartiene **alla zona sismica 3**; in particolare la delibera citata **definisce per Mediglia il valore di accelerazione massima pari a 0,062384.**

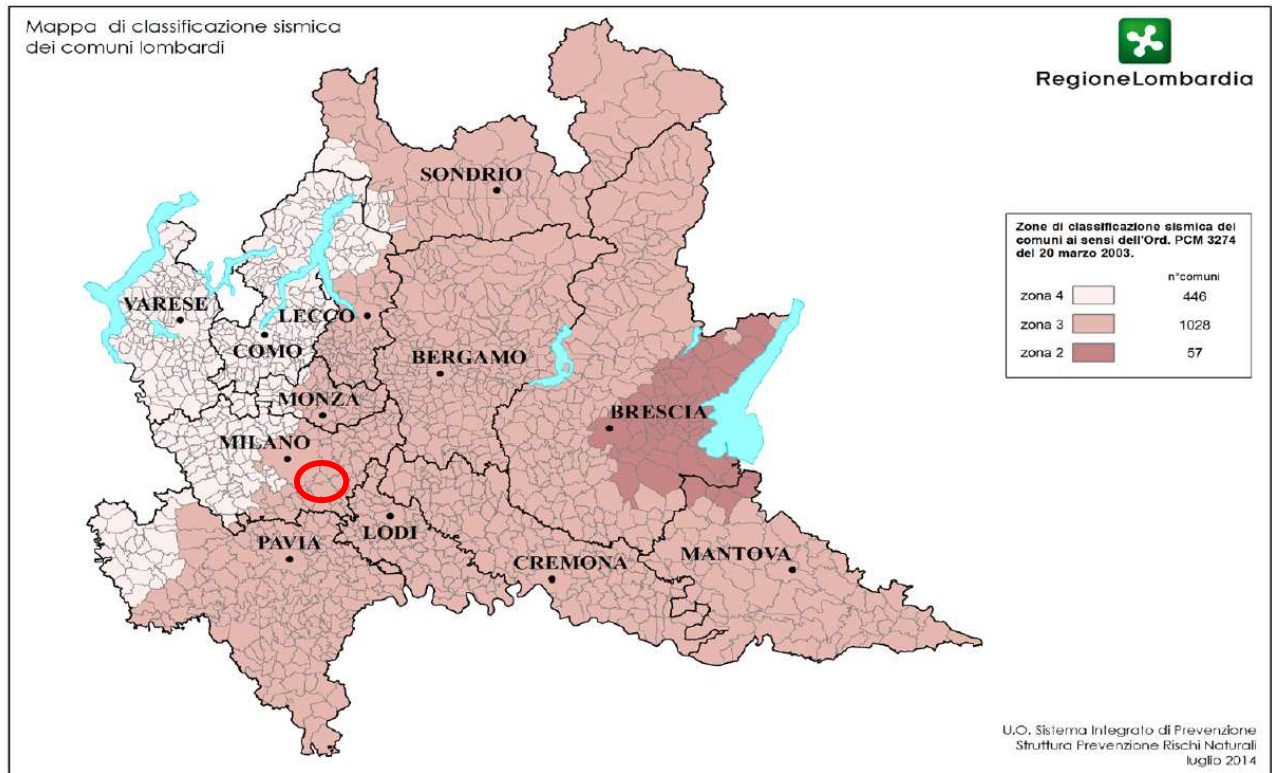


Figura 6: Classificazione sismica dei comuni della Lombardia (D.G.R. n.x/2129 2014).

Sulla base della normativa vigente e di quanto affermato nello studio geologico vigente si rileva che l'area in oggetto è interessata in particolare dall'amplificazione litologica relativa ai depositi alluvionali di pianura granulari e/o coesivi, appartenenti alla classe Z4a.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 17.01.2018 (nuove "Norme tecniche per le costruzioni", formula 3.2.1, paragrafo 3.2.2):

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori (nel nostro caso valido come H).

6.1 Modello sismico monodimensionale e calcolo delle V_{s30}

A partire dal profilo Vs-profondità ricavato dalla prova MASW eseguita dallo scrivente in vicinanza del sito e nello stesso contesto sismostratigrafico è possibile calcolare la categoria di sottosuolo con la formula sopra riportata ed effettuare l'analisi di secondo livello, a secondo del piano di posa fondazionale preso a riferimento.

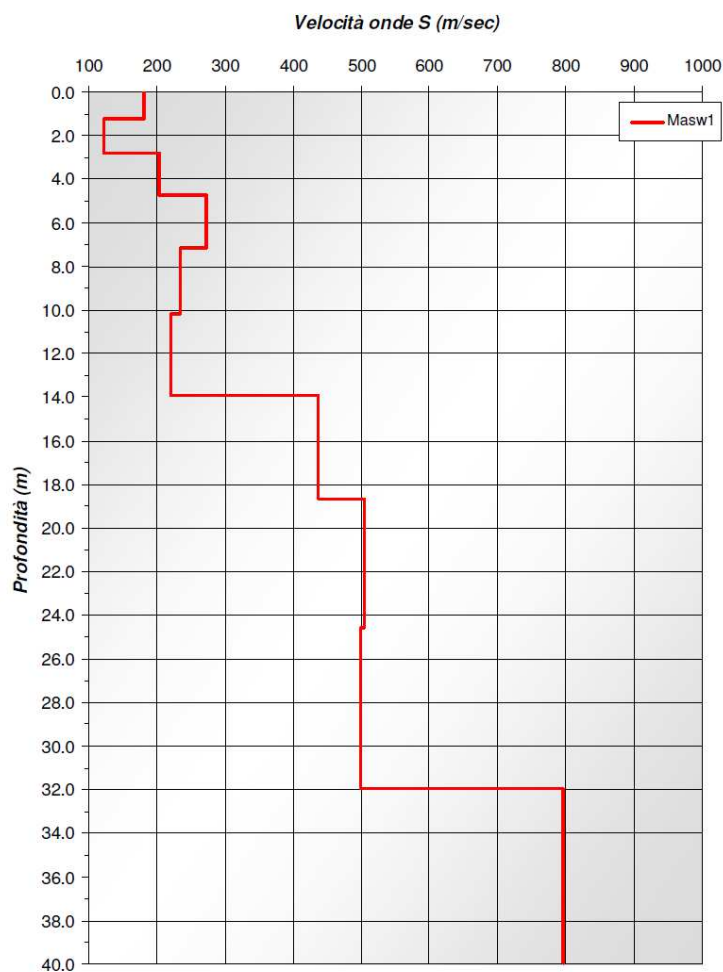


Figura 7: grafico velocità onde S (m/s) / profondità (m) della MASW 1 utilizzabile per il sito in oggetto

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 19 di 46

Per questa prova si ottiene (mantenendo come riferimento il piano campagna) :

$$V_{s30} = 332,20 \text{ m/s}$$

corrispondente alla categoria di Suolo C. (tabella 2 seguente).

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

Tabella 2 : categoria di suolo per il dimensionamento sismico secondo il capitolo 3.2.2 del DM. 17.01.2018 (NTC), tabella 3.2.II

Come già accennato, sulla base della normativa vigente e dello studio geologico allegato al PGT, si rileva che l'area in oggetto è interessata dall'amplificazione litologica relativa ai depositi alluvionali di pianura granulari e/o coesivi, appartenenti alla classe Z4a.

Essendo il comune di Mediglia in classe sismica 3, per le normative regionali vigenti è necessaria l'applicazione del secondo livello di indagine, per la valutazione della soglia sismica locale.

In conformità con quanto previsto dall'allegato 5 del DPR 2616/2011, e come riportato nello studio di secondo livello inserito nella relazione tecnica dell'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica “ della Variante generale del Piano di Governo del Territorio”:

Si è innanzitutto calcolato il periodo proprio del sito sulla base dei risultati della prova MASW di riferimento seconda la seguente espressione :

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI)	Pag. n° 20 di 46	
Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)		

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Si è scelta la scheda di riferimento sulla base della litologia più rappresentativa utilizzando anche la curva di validità da cui si evince come da utilizzare la litologia “sabbiosa”, (figura 8 e 9 seguente: si fa presente che l’analisi di secondo livello effettuata nel 2009 è obsoleta essendo state aggiornate le curve di riferimento ed essendo stato emanato il DM 14.01.2015) e la curva di riferimento numero 2, relativa ad edifici con periodo compreso fra 0,1÷0,5 s per un periodo del sito calcolato $T \approx 0,357$ si ottiene un valore massimo di $F_a \approx 1,68$.

Poiché il valore previsto del fattore di amplificazione di normativa per il comune di Mediglia categoria di suolo C e soglia compresa fra 0,1÷0,5 s è pari a $T_a = 1.8$ si ha che

Fattore di soglia calcolato \leq fattore di soglia comunale F_a

Per cui si ottiene che la normativa sismica nazionale è sufficiente per tener conto della amplificazione sismica locale a causa della litologia e quindi **si prescrive di adottare la categoria di suolo C nelle valutazioni progettuali delle strutture** (si veda in allegato C i dettaglio dell’analisi)

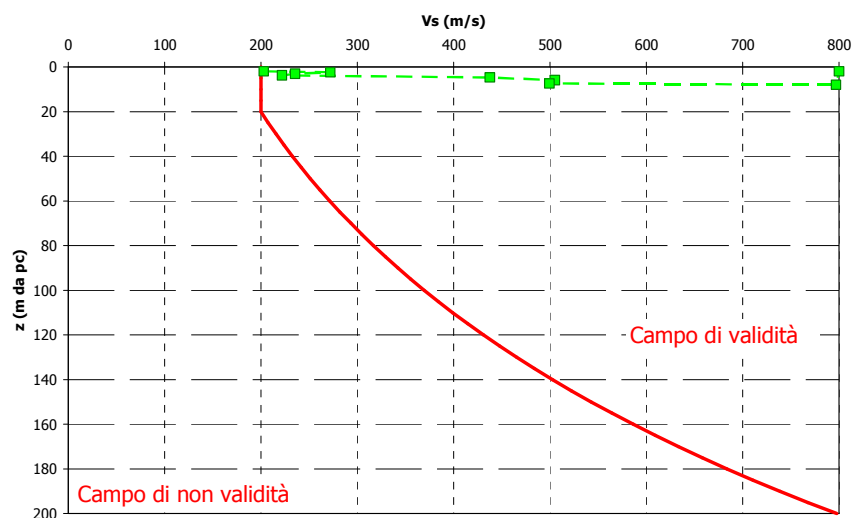


Figura 8 : campo di validità per la litologia “sabbiosa” ai sensi DGR 2616/2011

Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)**EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA****PARAMETRI INDICATIVI****GRANULOMETRIA:**

Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

NOTE:

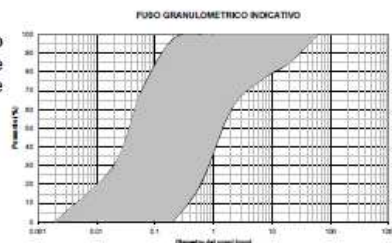
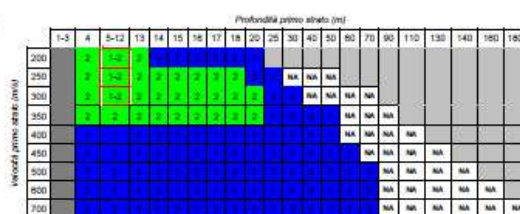
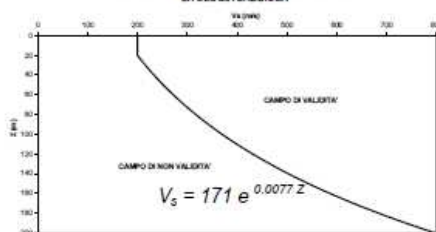
Comportamento granulare

Struttura granulo-sostenuta

Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%

Frazione ghiaiosa inferiore al 25%

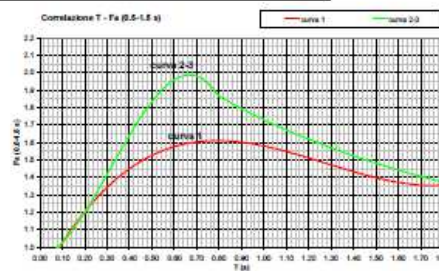
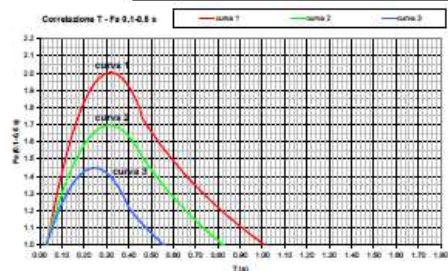
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

**ANDAMENTO DELLE V_s CON LA PROFONDITA'****LITOLOGIA SABBIOSA**

ove
la sigla NA indica $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1

CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggianti su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.09 \leq T \leq 0.50$ $F_{a(0.5)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.76$	$0.50 < T \leq 1.00$ $F_{a(0.5)} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $F_{a(0.5)} = 1.00$
2	$0.09 \leq T \leq 0.45$ $F_{a(0.5)} = -8.85 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 < T \leq 0.80$ $F_{a(0.5)} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $F_{a(0.5)} = 1.00$
3	$0.09 \leq T \leq 0.40$ $F_{a(0.5)} = -9.88 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.40 < T \leq 0.55$ $F_{a(0.5)} = 0.82 - 0.85 \ln T$	$T > 0.55$ $F_{a(0.5)} = 1.00$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.06 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.5)} = 0.57 T^2 - 2.19 T + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.06 \leq T < 0.80$ $F_{a(0.5)} = -6.11 T^2 + 5.79 T + 0.44 T + 0.93$	$0.80 \leq T \leq 1.80$ $F_{a(0.5)} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Figura 9 : scheda litologica di riferimento (allegato 5 alla DGR 2616/2011)

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 22 di 46

6.2 Verifica alla liquefazione

Le NTC attualmente in vigore propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni; in particolare la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze :

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,1 g
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna
- depositi costituiti da sabbie pulite con $NSPT_{(60)} > 30$ o $q_{c1N} > 180$
- distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici critici

Nel sito sono verificate più condizioni, in particolare la distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici critici, sulla base delle analisi granulometriche eseguite, di cui di seguito si riporta la sintesi dei risultati ; pertanto la verifica della liquefazione può essere omessa.

Sondaggio Mediglia Triginto		F	G	H
	m	1,50	2,50	3,10
Ghiaia	%	60,00	70,00	30,00
Sabbia	%	20,00	25,00	18,00
Limo+argilla	%	20,00	5,00	52,00
Limo	%			35,00
Argilla	%			17,00
Limite Liquido	%			38,0
Limite Plastico	%			20,0
Indice di Plasticità	%			18,0
Coefficiente uniformità				
Classificazione AGI		ghiaia sabbioso limoso argillosa	ghiaia sabbia con argilla	con ghiaia limoso sabbiosa
Classificazione ASTM	-	GM	GW	GP-GC
Liquefazione				
ESCLUSIONE per IP >10				X
ESCLUSIONE per FINI (0,005 mm) > 15%		X		X
ESCLUSIONE per GROSSOLANI (2 mm) > 67 %			X	
		NO	NO	NO

Tabella 3 : sintesi risultati analisi granulometriche

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 23 di 46

6.3 Categoria topografica

Come si evince facilmente dall'areofotogrammetrico comunale (in scala 1:5.000) l'area in oggetto ai sensi della tabella 3.2.III del capitolo 3.2.2 delle NTC2018 corrispondente alla categoria topografica T1 (con coefficiente topografico $S_T = 1,0$) .

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Tabella 4 : categorie di suolo secondo le NTC

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI)		Pag. n° 24 di 46
Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)		

7. ASPETTI RELATIVI ALLA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

Il sito in oggetto è stato inserito dallo studio geologico vigente in classe di fattibilità “3d”, aree con “fattibilità con consistenti limitazioni” (figura 10); queste limitazioni sono da collegarsi sostanzialmente *alla possibilità di bassa soggiacenza della falda freatica.*

Sulla base di quanto finora visto ed il contesto di riferimento e le caratteristiche del progetto in esame, si conferma la sua fattibilità in riferimento alle condizioni geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e sismiche del sito con le indicazioni riportate in questa relazione ed in quelle che deriveranno dalla relazione geotecnica R2 .



Sottoclasse 3d- Aree a bassa soggiacenza della falda



Sottoclasse 3a1- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico- Fascia B del PAI

Figura 10 : stralcio carta di fattibilità delle azioni di piano
(da tav. 8: Carta della Fattibilità Geologica, op. cit.)

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 25 di 46

8. GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

Ulteriore aspetto importante da considerare è la gestione degli eventuali materiali di scavo, in particolare in riferimento ad eventuali asporti e/o bonifiche di tipo geotecnico ed in rapporto all'iter prescelto per il titolo abitativo.

A questo proposito – in linea generale - si ricorda che l'operatore può scegliere di gestire i materiali da scavo risultanti da attività edilizie:

1. in qualità di rifiuti secondo le relative norme (avvio a recupero o smaltimento); ipotesi, da utilizzare senz'altro per le macerie.
2. reimpiegandoli nel medesimo sito di escavazione per rinterri, ai sensi dell'art. 185 comma 1 lettera c) del DLgs 152/06.
3. impiegandoli in altro sito o processo produttivo in qualità di "sottoprodotti".

La gestione delle terre e rocce da scavo è attualmente regolata dal DPR 13 giugno 2017 n. 120 pubblicato sulla GU n. 183 anno 158° del 7 agosto 2017 e vigente dal 22 agosto 2017.



<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 26 di 46

RELAZIONE GEOTECNICA (R2)

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 27 di 46

1 MODELLO GEOTECNICO

Per la realizzazione della caratterizzazione geotecnica e del conseguente modello geotecnico del sito ci si è basati sulle prove citate in precedenza ed in particolare sul sondaggio geognostico pregresso e sulle analisi granulometriche dei campioni raccolti.

Di seguito si illustrano le modalità utilizzate per l'analisi e l'interpretazione delle prove disponibili. Tutti i risultati, unitamente ai calcoli seguenti sono riportati in allegato C alla presente relazione

1.1 Interpretazione prove SPT pregresse

I valori di colpi/piede relativi alle Prova di Standard Penetration Test in foro di sondaggio (N_{SPT}) pregresse, relative al sondaggio citato in precedenza ed ad altri sondaggi disponibili e significativi per il sito (sempre riportati in allegato A) sono state trattate con le formule diffuse e consolidate, per la valutazione dei principali parametri geotecnici.

Per tenere conto dei fattori di variabilità connessi ai vari dispositivi di infissione e alla pressione efficace del terreno alla profondità di esecuzione della prova, è stato calcolato in funzione della profondità il valore normalizzato di NSPT, cioè $(N_1)_{60}$, ricavato dalla seguente espressione:

$$(N_1)_{60} = C_N (ER / 60) \cdot \lambda \cdot N_{SPT}$$

in cui:

$C_N = 1/\sigma'_{vo}{}^{(0.5)}$, coefficiente di correzione dipendente dal valore di σ'_{vo} [Liao & Whitman, 1986]

σ'_{vo} = pressione efficace alla quota della prova

ER = rendimento medio del dispositivo di infissione espresso in percentuale (per il presente caso: 60%);

λ = parametro che tiene conto della perdita di energia per la lunghezza delle aste.

Per le descrizioni litologiche ci si è basati sulle indicazioni per la classificazione in cantiere delle terre proposta dall'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I., 1977) e sulla classificazione AGI 1977 (si veda figura 11);

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)		Pag. n° 28 di 46

0.002	0.06	2	60	(ϕ , mm)
ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA	CIOTTOLI E BLOCCHI

Per classificare un terreno dal punto di vista della granulometria sono necessarie analisi granulometriche di laboratorio.

Note alla classifica granulometrica

Per l'identificazione di terreni composti da più frazioni si segue il criterio :
siano A, B, C , i nomi degli intervalli principali (argilla, limo); siano p_1, p_2, p_3 le percentuali di A, B, C , presenti nella terra in esame; se, per esempio $p_1 > p_2 > p_3$ il terreno viene denominato col nome della frazione A , seguito dai nomi delle frazioni B e C preceduti dalla congiunzione "con", se il corrispondente p è compreso tra il 50 e il 250/o, seguiti dal suffisso "oso" se p è tra il 25 e il 100/o; o infine seguiti dal suffisso "oso" e preceduti da "debolmente" se p è compreso tra il 10 e il 50/o. Si definisce terreno di granulometria uniforme se $D_{60}/D_{10} < 2$ dove D_{60} e D_{10} sono i diametri corrispondenti al 60 ed al 10% di passante rilevati dall'analisi granulometrica.

Si ricorda che esistono numerosi sistemi di classifica granulometrica, tra loro differenti per i limiti delle classi; (per un confronto vedi : Geotecnica, 1963)

Figura 11: Classificazione dei terreni secondo AGI, '77.

Per quanto riguarda la valutazione della densità relativa D_r ci si è basati sul metodo proposto da Gibbs e Holtz, confrontato con i metodi proposti da Kulhawy e Mayne (1990) ;

Per quanto riguarda la stima del valore dell'angolo di attrito ϕ' ci si è basati sul metodo proposto da De Mello confrontato con quello ricavato mediante la correlazione di Schmertmann (1975) e la relazione di Kulhawy and Maine (1990);

Per la determinazione del modulo elastico E' dei materiali granulari si è utilizzata la formula di Berardi e Lancellotta (1991), utilizzando la seguente espressione:

$$E' = K_E \cdot p_a \cdot \left[\frac{\sigma'_{vo}}{p_a} \right]^{0.5}$$

in cui

K_E = numero del modulo, funzione della densità relativa per $D_r \approx 30\%$ si può assumere $K_E = 300$ (vedi figura 12)

p_a = pressione di riferimento

σ'_{vo} = pressione efficace alla quota della prova

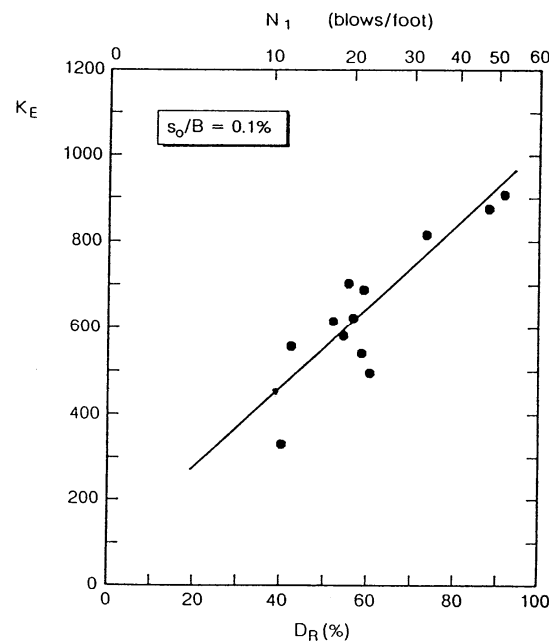
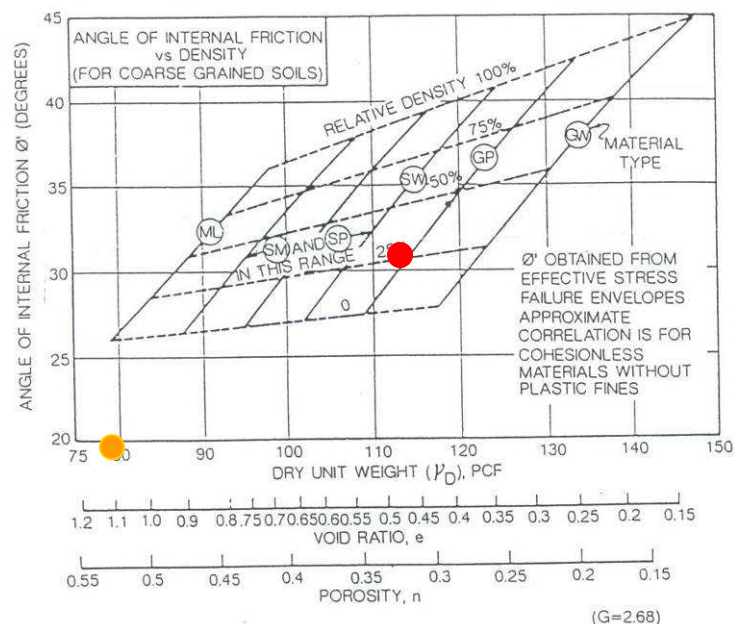
Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

Figura 12 : Correlazione tra il "numero del modulo", K_E , e la densità relativa, D_R

In generale per l'identificazione dei parametri di caratterizzazione si è anche tenuto conto del grafico riportato nella successiva figura 13, dove sono messe in relazione l'angolo d'attrito con la litologia e la densità dei materiali incoerenti (norme Navfac)



● = unità A ● = unità B

Figura 13 : grafico del rapporto fra angolo d'attrito, densità e litologia (secondo norme NAVFAC)

1.2 Modello geotecnico di riferimento

Il modello geotecnico di riferimento per l'area in esame **SEMPRE CONSIDERANDO COME QUOTA ZERO L'ATTUALE QUOTA DEL PIANO CAMPAGNA ALL'ENTRATA SECODNARIA** può essere così schematizzabile:

Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Dr [%]	ϕ' (°)	Cu (kPa)	E' (MPa)	Profondità da piano campagna [m]	Litologia
R	nd	nd	nd	nd	nd	0.00 ÷ ≈ 0,5/1,0	Riporti con spessore variabile
A	≈18.0	10÷20	13-16	10-50	5÷15	≈0,5-1,0÷1,40	Argilla limosa nocciola
B	≈18.5	35÷55	27-30	0	20÷40	1,40÷ 10.00	Sabbie e ghiaie prevalenti più o meno limose ed argillose con porzione fine in diminuzione in profondità

Tabella 5 : modello geotecnico

Falda di progetto : 3,5 m da piano campagna

In linea di massima quindi :

- si consiglia di eseguire le fondazioni delle opere all'interno dell'unità B sabbiosa e ghiaiosa che ha caratteristiche mediamente migliori e meno soggetta a cedimenti, e che è ubicata a circa 1,4 metri dal piano campagna esterno nel punto di esecuzione del sondaggio,
- in ogni caso, in sede esecutiva andrà verificato direttamente a scavo aperto se i terreni sono congruenti all'ipotesi qui riportata

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 31 di 46

2. CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI

2.1 Valutazione della capacità portante

La valutazione della capacità portante limite, nell'ipotesi di fondazioni dirette su terreni non coesivi, è stata eseguita utilizzando la formula generale di Brinch-Hansen (1970), modificata da Lancellotta (1987), con riferimento alla fondazione equivalente (definita come la parte della fondazione reale rispetto alla quale la risultante dei carichi é baricentrica):

$$Q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' \cdot B_e \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

dove:

Q_{lim} =capacità portante ultima del terreno di fondazione.

γ' =peso di volume sommerso del terreno.

B_e =dimensione minore della fondazione equivalente.

N_γ, N_q, N_c =fattori adimensionali di capacità portante legati all'angolo di attrito interno.

s_γ, s_q, s_c =fattori correttivi che tengono conto della forma della fondazione.

i_γ, i_q, i_c =fattori correttivi dovuti all'inclinazione del carico.

d_γ, d_q, d_c =fattori correttivi che tengono conto della profondità del piano di imposta.

b_γ, b_q, b_c =fattori correttivi in presenza di elevata componente orizzontale

g_γ, g_q, g_c =fattori correttivi in caso di pendio inclinato

q' =pressione verticale efficace agente attorno alla fondazione, alla quota del suo piano di imposta.

I calcoli verranno eseguiti per fondazioni dirette con il metodo agli SLU secondo l'attuale normativa.

Affinché una fondazione sia verificata nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo Stato Limite Ultimo.

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 32 di 46

Come indicato dal DM. 17.01.2018 (NTC2018) si fa riferimento all'approccio 2 (DA2, della normativa citata, A1+M1+R3), dove si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni A, per la resistenza dei materiali M e la resistenza globale R.

Si ricorda che le verifiche da effettuare dovranno rispettare la condizione :

$$E_d \leq R_d$$

Dove :

E_d = valore di progetto dell'azione

R_d = valore di resistenza del terreno

Per i dimensionamenti geotecnici vanno utilizzati i valori riportati nel modello geotecnico del presente studio (tabella 5 precedente).

Per l'effettuazione dei calcoli è stabilire la quota di appoggio fondazioni in funzione delle necessità progettuali ed in particolare il valore dell'immorsamento D (si veda la figura 14 seguente per il significato di questo parametro), anche in relazione alle previste dimensioni delle opere.

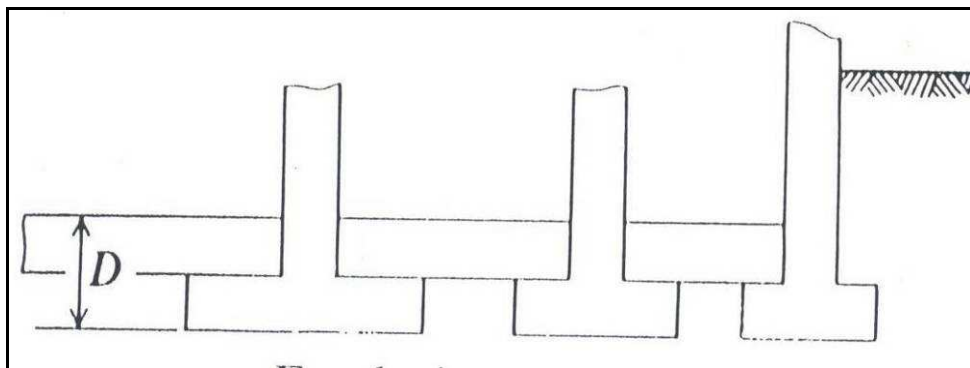
Di seguiti si riportano ad esempio i calcoli relativi ad una fondazione ubicata **a 1,4 m dal p.c. all'interno dell'unità sabbiosa B**, utilizzando un angolo di attrito medio pari a 27° ed un immorsamento D medio di circa cinquanta centimetri per alcune ipotetiche larghezze fondazionali che andranno verificate una volta decisi i relativi aspetti progettuali al momento non noti allo scrivente.

<i>B</i>	<i>L</i>	<i>D</i>	<i>B*</i>	<i>Q_{lim} [kPa]</i>	<i>R3</i>	<i>rd [kPa]</i>
0,5	0,5	0,5	0,3	270,82	2,30	117,75
0,7	0,7	0,5	0,5	262,61	2,30	114,18
1,0	2,0	0,5	0,7	252,70	2,30	109,87

Parametri geotecnici del terreno

γ	18,5	KN/m ³
ϕ	27	0,4712
coesione	0	

Tabella 6 : valori indicativi preliminari capacità portante agli stati limite per fondazioni su unità B ($\geq 1,4$ m da p.c.).

**Figura 14** : Definizione del parametro D.

Si ricorda che in sede esecutiva andrà comunque verificato che tutta l'impronta fondazionale abbia una litologia corrispondente a quella ipotizzata e riscontrata nei sondaggi eseguiti.

I valori di capacità portanti nel caso di fondazioni sull'unità A sarebbe infatti inferiori, a parità di dimensioni (si veda allegato C).

Si ricorda che al variare della larghezza delle fondazioni e della profondità D i valori di R_d si modificano anche notevolmente.

Si ricorda infine che andrà verificato sulla base delle effettive azioni calcolate dal progettista delle strutture il non superamento dei valori di resistenza del terreno R_d (SLV; SLC).

2.2 Valutazione dei cedimenti e ulteriori criticità

Per quanto riguarda i cedimenti, sarà necessario che si verifichi la capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) ed il particolare che la soglia di deformazioni delle strutture (C_d) definita dal progettista delle strutture sia superiore al valore E_d dei cedimenti, sulla base delle azioni calcolate previste

$$C_d \geq E_d$$

In prima approssimazione, se i valori delle azioni di carico saranno congruenti con le resistenze dei terreni individuate e si appoggeranno le fondazioni sull'unità geotecnica B, i cedimenti saranno trascurabili e per buona parte smaltiti già nel momento dell'applicazione dei carichi. Si ricorda che eventuali nuove fondazioni di struttura da realizzarsi in contiguità con fondazioni di opere esistenti, subiranno inevitabilmente una storia tensionale diversa e quindi produrranno sicuramente cedimenti differenziali di cui dovrà tenere conto il progettista delle strutture.

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 34 di 46

Si segnala che, vista la natura decisamente poco permeabile dei livelli più superficiali, si potrebbe in certe occasioni rilevare la presenza di acque circolanti nel primo sottosuolo con ristagni che possono avere relativamente tempi di dispersione, vista la mancanza di drenaggi naturali; è un elemento da considerare e tenere presente sia in sede di cantiere che di esercizio.



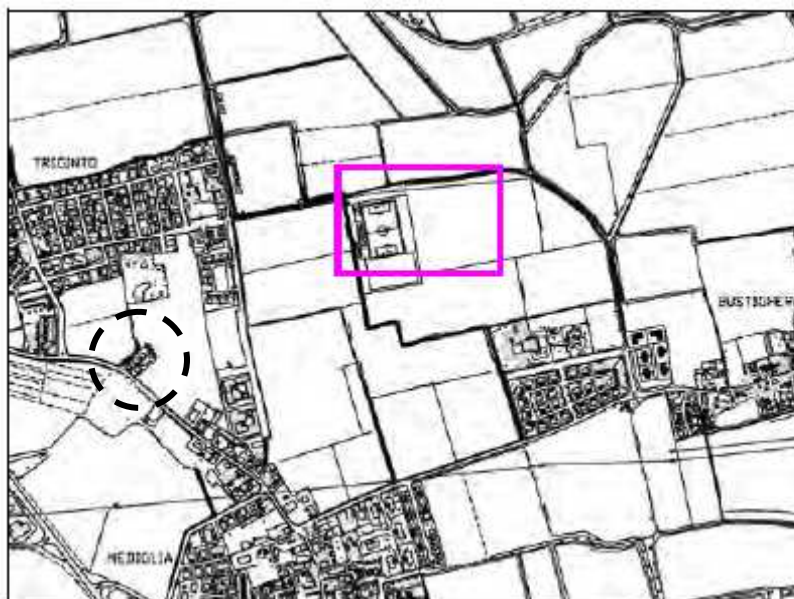
<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 35 di 46

ALLEGATO A - SONDAGGIO GEOGNOSTICO -

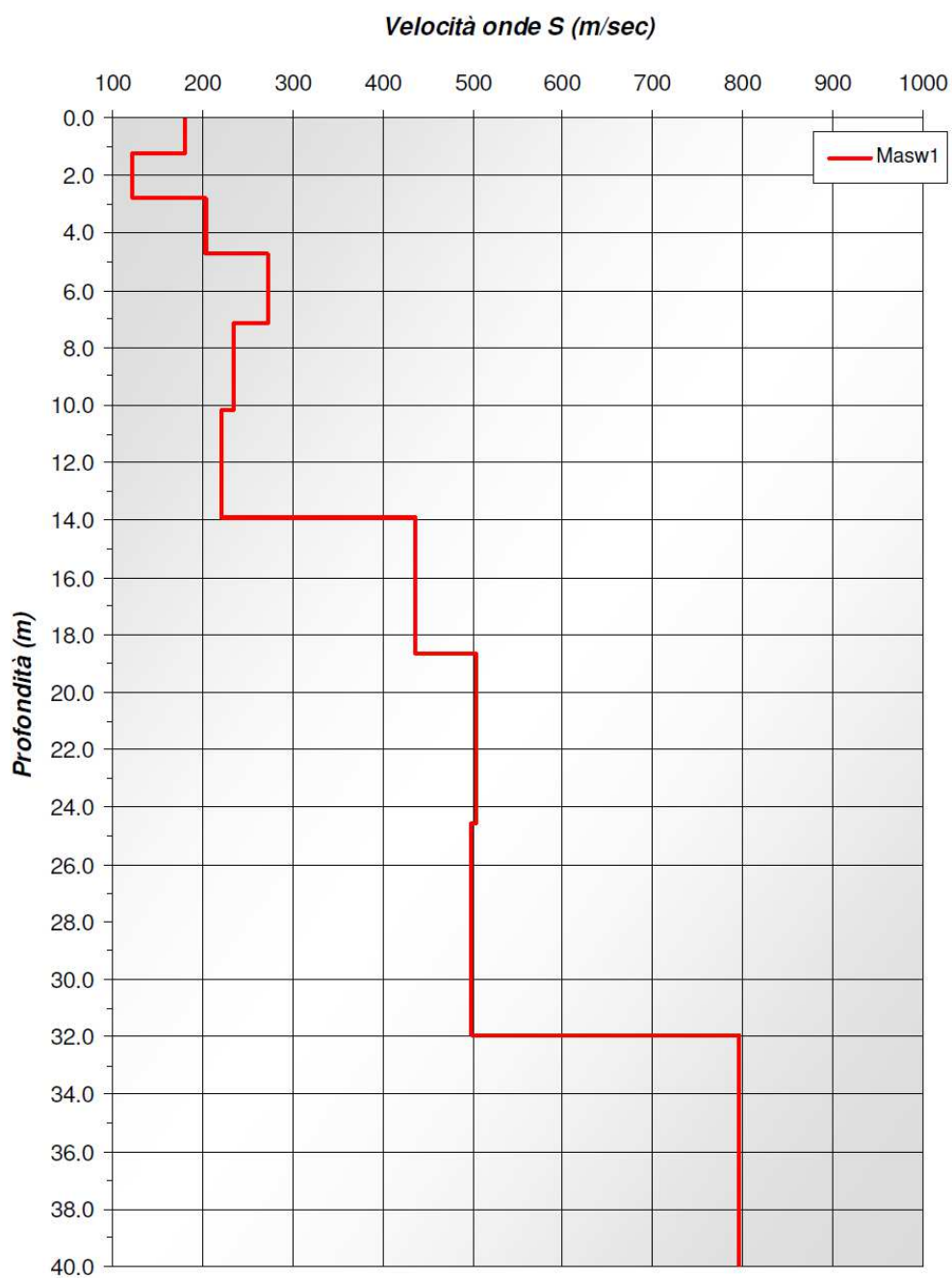
SONDAGGIO 'MEDIGLIA'					
COMMITTENTE :		Comune Mediglia	COMMESSA :		1083
LOCALITA' :		Cimitero di Mediglia	QUOTA :		Piano Campagna
DATA :		26/01/2009	RILEVATORE :		Dr. F. M. Serra
PROFONDITA'	DESCRIZIONE	SPT	Campioni	Falda	Piez.
	Suolo	4/7/2			Tratto cieco
-0.5 m	Argilla limosa nocciola				
- 1.0 m					
- 1.5 m	Sabbia e ghiaietto in matrice argillosa nocciola		F		
- 2.0 m					
- 2.5 m	Sabbia e ghiaia più o meno limosa di colore sabbia				
- 3.0 m					
	Limo giallastro			G	
- 3.5 m	Sabbia fine e media con ghiaia di colore grigio giallastro			H	
- 4.0 m					
- 4.5 m	Sabbia e ghiaia				
- 5.0 m					
				- 4,01 m	Tratto fenestrato

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 37 di 46

ALLEGATO B - MASW –

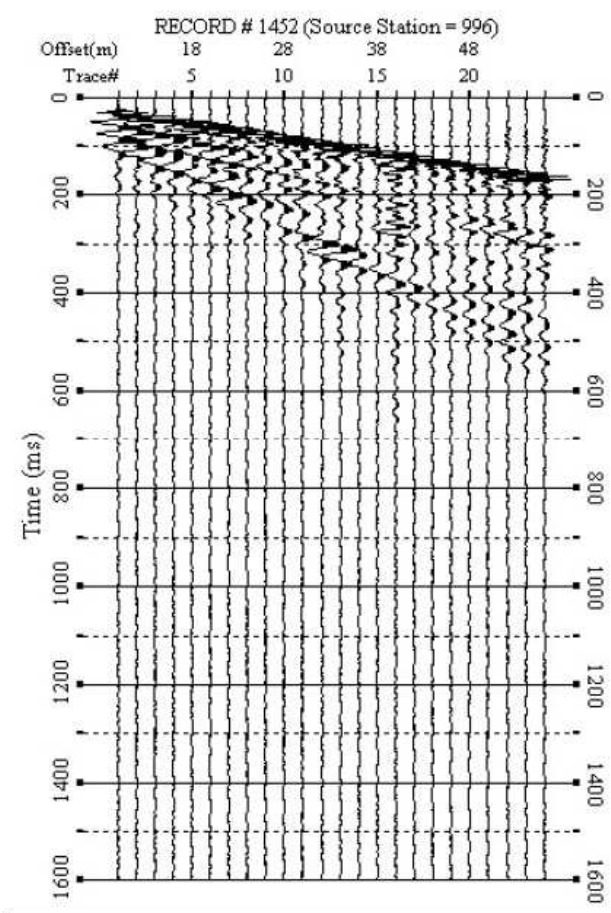
**MASW 1**

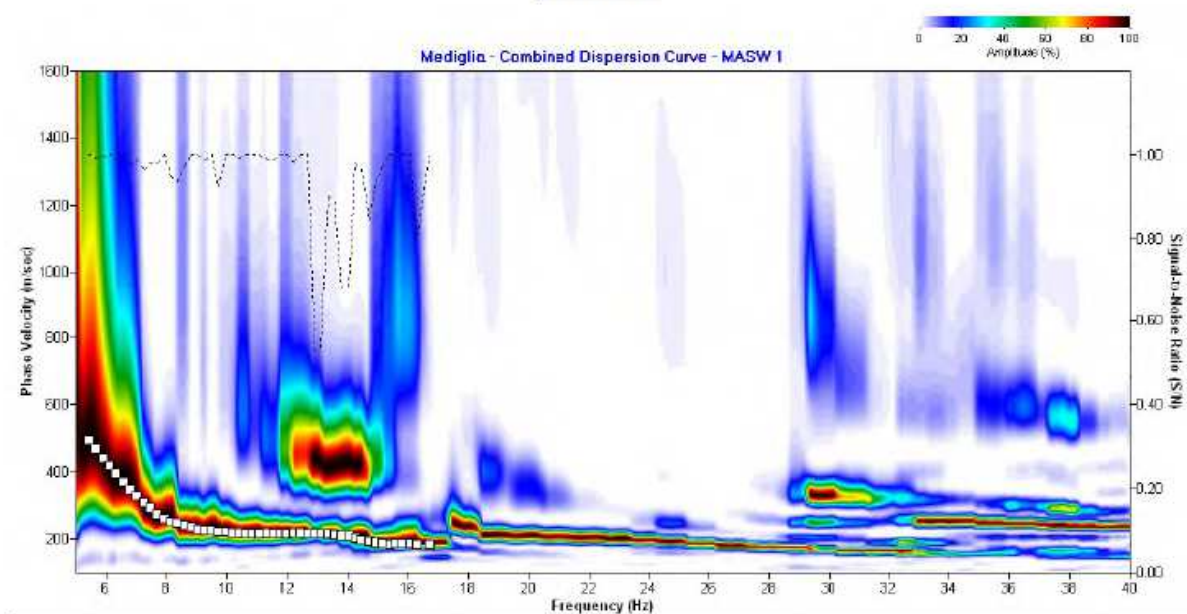
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	1.24	180.46	1.24
2	1.55	123.02	2.79
3	1.94	202.92	4.72
4	2.42	272.00	7.14
5	3.02	235.39	10.16
6	3.78	221.63	13.94
7	4.72	437.54	18.67
8	5.91	504.91	24.57
9	7.38	499.39	31.95
10	7.99	796.73	39.94

Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

SIGNA srl – Indagini geofisiche	Data	16/09/07
	N. Commessa	26-7
	C. Documento	01
Indagine geofisica con la metodologia MASW	Revisione	A (DG)
	Nome file	RelazioneMASW-Mediglia.d

Registrazione MASW1

CURVA DI DISPERSIONE COMBINATA**MASW 1**

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 42 di 46

ALLEGATO C - ANALISI -

Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

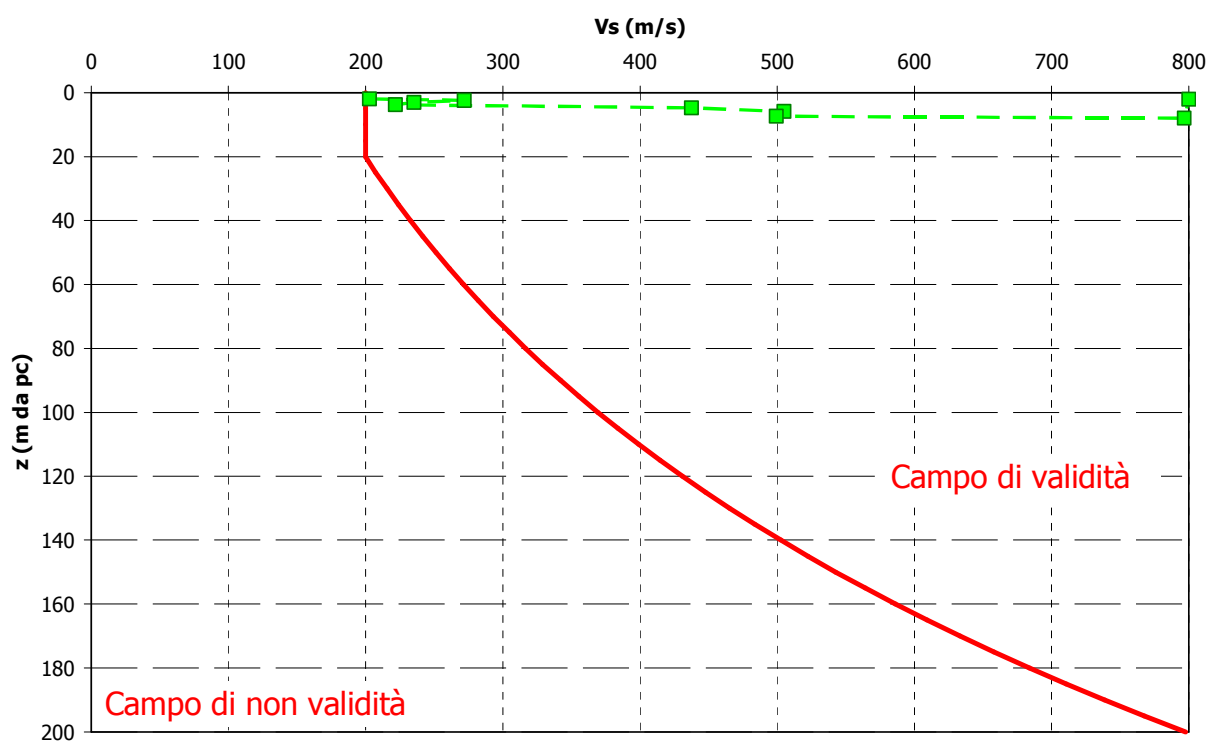
2026 CIMITERO Triginto Mediglia

Sondaggio	Prof.	SPT	sigma'-v	Cn	(N1)-60	λ	(N1)-60	Dr	d ₅₀	zw
	(m)	(colpi/m)	kPa						(mm)	
S1	2,00	9	36,00	1,27	11,44	0,75	8,58	35,65	2,0	4,00
SA	2,40	21	43,20	1,23	25,90	0,75	19,43	53,64	2,0	
SB	2,60	13	46,80	1,22	15,80	0,75	11,85	41,89	2,0	

2026 CIMITERO Triginto Mediglia

Sondaggio	Prof.	SPT	ϕ'	ϕ'	ϕ'	1.7/(sv+0.7)	Na	R	KE	E'	E'25
	(m)	(colpi/m)	Schmert.	De Mello	Road					Mpa	Mpa
S1	2,00	9	33,0	27,0	26,3	1,60	14,43	0,16	420,8	25,2	33,7
SA	2,40	21	35,5	30,1	32,1	1,50	31,54	0,35	582,8	38,3	64,3
SB	2,60	13	33,9	28,2	28,3	1,46	18,92	0,21	477,0	32,6	44,0

Rielaborazione SPT



Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)

MASW 1 - Modello 1D

Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità	Hi/Vi	Vsi*Hi
1	1,2	180	1,03	0,00687	223,77
2	1,6	123	2,58	0,01260	190,68
3	1,9	203	4,52	0,00956	393,66
4	2,4	272	6,94	0,00890	658,24
5	3,0	235	9,96	0,01283	710,88
6	3,8	222	13,74	0,01706	837,76
7	4,7	438	18,46	0,01079	2065,19
8	5,9	505	24,37	0,01171	2984,02
9	7,4	499	31,75	0,01478	3685,50
10	8,0	797	39,74	0,01003	6365,87
11	1,0	798	40,74	0,00125	798,00
12	1,0	799	41,73	0,00124	791,01
0,01		800,00	40,75	8,00	

Calcolo primo strato di 4 metri (p.c.)

spessore h	profondità	Vs [m/s]	Vs*h
1,2	1,2	180	216,55
1,6	2,8	123	196,83
1,2	4,0	203	243,50
0,0	4,0	272	0,00
Σ			656,89
4,0	Vs 1° strato di 4,0 m		164,2

$$\Sigma H_i = 41,95$$

$$\Sigma V_{si} \cdot h_i = 19712,58$$

$$T = 0,3570922$$

SABBIOSA

CALCOLO CURVA: DUE

0,1-0,5 s

$$F_a = -1,77 - 0,38 \ln T$$

$$F_a = -8,65 T^2 + 5,44 T + 0,84$$

0,5-1,5 s

$$F_a = -6,11 T^3 + 5,79 T^2 + 0,44 T + 0,93$$

$$F_a = -6,11 T^3 + 5,79 T^2 + 0,44 T + 0,93$$

SOGLIE COMUNE DI	MEDIGLIA			
	B	C	D	E
0,1-0,5 s	1,4	1,8	2,2	2,0
0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

0,000	1,6795782
1,500	1,362898

MASW 1

Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	1.24	180.46	1.24
2	1.55	123.02	2.79
3	1.94	202.92	4.72
4	2.42	272.00	7.14
5	3.02	235.39	10.16
6	3.78	221.63	13.94
7	4.72	437.54	18.67
8	5.91	504.91	24.57
9	7.38	499.39	31.95
10	7.99	796.73	39.94

Rielaborazione MASW

<i>Dr. Geol. Francesco SERRA</i>	<i>Com. 2026</i>	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 45 di 46

Dr. Geol. Francesco SERRA – Studio di GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –
Viale Dante Alighieri 6– 26027 Rivolta d'Adda (Cr) Tel.: 0363.79065; Fax.: 0363.707620 ; Cell.: 348-2268926;
E-mail : geoserra@serrafra.191.it CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190

Committente : Luminofero srl
Località : cimitero di Triginto, Mediglia (MI)
Data : ottobre 2019
Comm.: 2026
Valutazione della Capacità Portante UNITA' A

<p align="center">Formula di Brinch-Hansen</p> $q_{lim} = 0,5 * \gamma' * (B^*) * N_y * s_y * i_y + q' * N_q * s_q * d_q * i_q + c' * N_c * s_c * d_c * i_c$

<i>B</i>	<i>L</i>	<i>D</i>	<i>B*</i>	<i>Q_{lim} [kPa]</i>	<i>R3</i>	<i>rd [kPa]</i>
0,5	0,5	0,5	0,3	103,32	2,30	44,92
0,7	0,7	0,5	0,5	95,56	2,30	41,55
1,0	2,0	0,5	0,7	82,81	2,30	36,01

Parametri geotecnici del terreno

γ	18	KN/m ³
ϕ	13	0,2269
coesione	5	

APPROCCIO 2 (geo) DM 14.01.08

Fattori adimensionali di capacita' portante

<i>N_y</i>	<i>N_c</i>	<i>N_q</i>
2,0	4,20	3,3

Fattori correttivi dovuti alla forma della

<i>s_y</i>	<i>s_c</i>	<i>s_q</i>
0,7	1,52	1,2
0,7	1,52	1,2
0,9	1,26	1,1

Fattori correttivi che tengono conto del piano

1,5	1,6	1,4
1,1	1,4	1,3
0,8	1,3	1,2

Dr. Geol. Francesco SERRA	Com. 2026	Data: 14.10.2019
LUMINAFERO SRL – Intervento presso il cimitero di Triginto Comune di Mediglia (MI) <i>Relazione geologica (R1+R3) - Relazione geotecnica (R2)</i>		Pag. n° 46 di 46

Dr. Geol. Francesco SERRA – Studio di GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –
Viale Dante Alighieri 6– 26027 Rivolta d'Adda (Cr) Tel.: 0363.79065; Fax.: 0363.707620 ; Cell.: 348-2268926;
E-mail : geoserra@serrafra.191.it CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190

Committente : Luminofero srl
Località : cimitero di Triginto, Mediglia (MI)
Data : ottobre 2019
Comm.: 2026
Valutazione della Capacità Portante UNITA' B

Formula di Brinch-Hansen $q_{lim} = 0,5 * \gamma' * (B^*) * N_y * s_y * i_y + q' * N_q * s_q * d_q * i_q + c' * N_c * s_c * d_c * i_c$
--

B	L	D	B*	Q _{lim} [kPa]	R3	rd [kPa]
0,5	0,5	0,5	0,3	270,82	2,30	117,75
0,7	0,7	0,5	0,5	262,61	2,30	114,18
1,0	2,0	0,5	0,7	252,70	2,30	109,87

Parametri geotecnici del terreno

γ	18,5	KN/m ³
ϕ	27	0,4712
coesione	0	

APPROCCIO 2 (geo) DM 14.01.08

Fattori adimensionali di capacità portante

N _y	N _c	N _q
14,5	26,44	13,2

Fattori correttivi dovuti alla forma della

s _y	s _c	s _q
0,7	1,33	1,3
0,7	1,33	1,3
0,9	1,17	1,2

Fattori correttivi che tengono conto del piano

1,5	1,6	1,5
1,1	1,4	1,3
0,8	1,3	1,2