



Brescia | Verona | Vicenza | Padova

Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova SpA

via Flavio Gioia, 71 37135 Verona

tel. +39 0458272222 Fax +39 0458200051

www.autobspd.it autobspd@autobspd.it direzione@pec.autobspd.it

FUNZIONE COSTRUZIONI AUTOSTRADALI



RIQUALIFICAZIONE DEI COLLEGAMENTI VIARI TRA IL CASELLO DELL' AUTOSTRADA A31 DI THIENE E LA S.P. NUOVA GASPARONA

PROGETTO DEFINITIVO

DATA Giugno 2019

CUP G11B0700038005

WBS -

COMMITTENTE

AUTOSTRADA BRESCIA-VERONA-VICENZA-PADOVA S.p.A
Funzione Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Arch. M. Panarotto

R.T.I.

Mandataria:

Mandanti:



RESPONSABILE INTEGRAZIONE
TRA LE VARIE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE
Ing. G. De Stavola

PROGETTISTA
Ing. R. Tonin

ELABORATO

GEOLOGIA E GEOTECNICA
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

SCALA -

NOME FILE U25-EFS0-EGT-SO_XXZZ00_Z-TR-CE-0001

| Project | Originator | Volume | Location | Type | Role | Number | Suitability | Revision |
|---------|------------|--------|-------------|------|------|--------|-------------|----------|
| U25 | EFS0 | EGT | SO_XXZZ00_Z | TR | CE | 0001 | D00S1 | P01 |

| Rev. | Data | Descrizione | Redazione | Controllo | Approvazione |
|------|------------|-----------------|-----------|-----------|--------------|
| 00 | 07.06.2019 | Prima Emissione | AZ | RT | GD |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Riqualificazione della viabilità esterna al casello dell'Autostrada A31 di Thiene

Servizi di progettazione definitiva ed
esecutiva, prestazioni specialistiche
connesse e di coordinamento della
sicurezza in fase di progettazione

Relazione geotecnica e sismica

CUP: G11B0 70003 80005

Committente:
Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova SpA

Capo Commessa: Arch. Mirco Panarotto

Progettista: Ingg. Gianmaria De Stavola – Rolando Tonin

Data: 07/06/2019, Rev. 00 (nb: prima emissione = Rev. 00)

Sommario

| | |
|---|----|
| PREMESSE..... | 3 |
| Oggetto e scopo | 3 |
| Normative e documenti di riferimento | 4 |
| DOCUMENTAZIONE E UBICAZIONE PROVE | 5 |
| SONDAGGI E RESTITUZIONE STRATIGRAFICA..... | 6 |
| Premessa | 6 |
| Sondaggio S1 (profondità di indagine – 20 metri dal p.c.) | 6 |
| Sondaggio S2 (profondità di indagine – 15 metri dal p.c.) | 8 |
| Sondaggio S3 (profondità di indagine – 15 metri dal p.c.) | 10 |
| Sondaggio S4 (profondità di indagine – 15 metri dal p.c.) | 12 |
| Sondaggio S5 (profondità di indagine – 20 metri dal p.c.) | 14 |
| RESTITUZIONE PROVE LEFRANC | 16 |
| DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DA PROVE IN SITO | 17 |
| Premessa | 17 |
| Parametri geotecnici | 18 |
| Peso del terreno..... | 18 |
| Densità relativa | 18 |
| Angolo di attrito | 18 |
| Modulo elastico del terreno | 19 |
| PROVE DI CARICO SU PIASTRA..... | 20 |
| Prova di carico su piastra PC1 | 20 |
| Prova di carico su piastra PC2..... | 21 |
| Prova di carico su piastra PC3..... | 22 |
| Prova di carico su piastra PC4 | 23 |
| Prova di carico su piastra PC5..... | 24 |
| PROVE IN LABORATORIO..... | 25 |
| Analisi granulometrica del terreno | 26 |
| Analisi granulometrica del terreno: S1 | 26 |
| Analisi granulometrica del terreno: S2..... | 28 |
| Analisi granulometrica del terreno: S3..... | 29 |
| Analisi granulometrica del terreno: S4..... | 30 |
| Analisi granulometrica del terreno: S5..... | 31 |

| | |
|---|----|
| Analisi granulometrica del terreno: Scavo 1-C1..... | 33 |
| Analisi granulometrica del terreno: Scavo 2-C2..... | 34 |
| Analisi granulometrica del terreno: Scavo 3-C3..... | 35 |
| Analisi granulometrica del terreno: Scavo 4-C4..... | 35 |
| Analisi granulometrica del terreno: Scavo 5-C5..... | 36 |
| Limiti di consistenza..... | 37 |
| Prova di costipamento | 39 |
| Prova CBR (California Bearing Ratio)..... | 42 |
| MODELLO GEOTECNICO..... | 45 |
| RISPOSTA SISMICA LOCALE | 45 |

PREMESSE

Oggetto e scopo

Il presente documento di carattere geotecnico risulta funzionale alle successive fasi di progettazione relative al miglioramento dei collegamenti viari tra il casello A31 di Thiene e la nuova strada provinciale Gasparona, nel comune di Vicenza.

Per conto della Società Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova S.p.a. è stata eseguita una indagine geognostica, geologica e geotecnica, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (NTC2018 “Norme tecniche per le costruzioni” – D.M. 17.01.2018).

Per la stesura della presente relazione tecnica si fa riferimento a quanto emerso a partire dalle recenti indagini (aprile 2019) da cui si andranno a definire i principali parametri geotecnici medi e caratteristici come richiesto dalla normativa.

Per procedere alle successive fasi di progettazione, sui risultati delle interpretazioni delle indagini, saranno definite le principali unità stratigrafiche e, successivamente, il modello geotecnico da considerare lungo le opere oggetto di studio.

In [Figura 1](#) un'immagine dell'area oggetto di studio.



Figura 1 Immagine satellitare area di intervento

Normative e documenti di riferimento

Tale relazione è stata redatta sulla base di quanto stabilito dalle seguenti norme e raccomandazioni tecniche:

- AGI - Giugno 1977 "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare esplicativa NTC2018 del 11 febbraio 2019
- Decreto Ministeriale Infrastrutture 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- A.N.I.S.I.G. "Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche";
- Capitolato per i "Servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, prestazioni specialistiche connesse, e di coordinamento della sicurezza in fase di progettazione", fornito da "Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova"

DOCUMENTAZIONE E UBICAZIONE PROVE

Le prove realizzate nella campagna di indagini, eseguita ad Aprile 2019 dalla ditta Geoservizi2 S.r.l., sono:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di -20.0 m dal piano campagna (sondaggi denominati S1 e S5), nel corso dei quali sono state eseguite 6 prove SPT (Standard Penetration Test), 3 per ogni verticale di indagine investigata, a profondità di -6.0m,-10.0m,-14.0m dal p.c.;
- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di -15.0 m dal piano campagna (sondaggi denominati S2, S3 e S4), nel corso dei quali sono state eseguite 6 prove SPT (Standard Penetration Test), 2 per ogni verticale di indagine investigata, a profondità di -9.0 m e -12.0m dal p.c.;
- n. 2 prove Lefranc a carico costante, nel sondaggio S3, per la determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno, a quote -3.0m e -12.0m dal p.c.
- n. 5 prove di carico su piastra su terreno naturale, messo alla luce in seguito a scavo di sbancamento della profondità di circa 50 cm
- prelievo di n. 5 campioni rimaneggiati di terreno, in corrispondenza di ciascuna prova di carico, per l'esecuzione di prove di compattazione Proctor e di punzonamento CBR

In corrispondenza delle quote di esecuzione delle 12 prove SPT nei sondaggi sono stati prelevati campioni rimaneggiati di terreno per l'analisi granulometrica in laboratorio. Di seguito si riporta in Figura 2 l'ubicazione delle prove realizzate in sito.

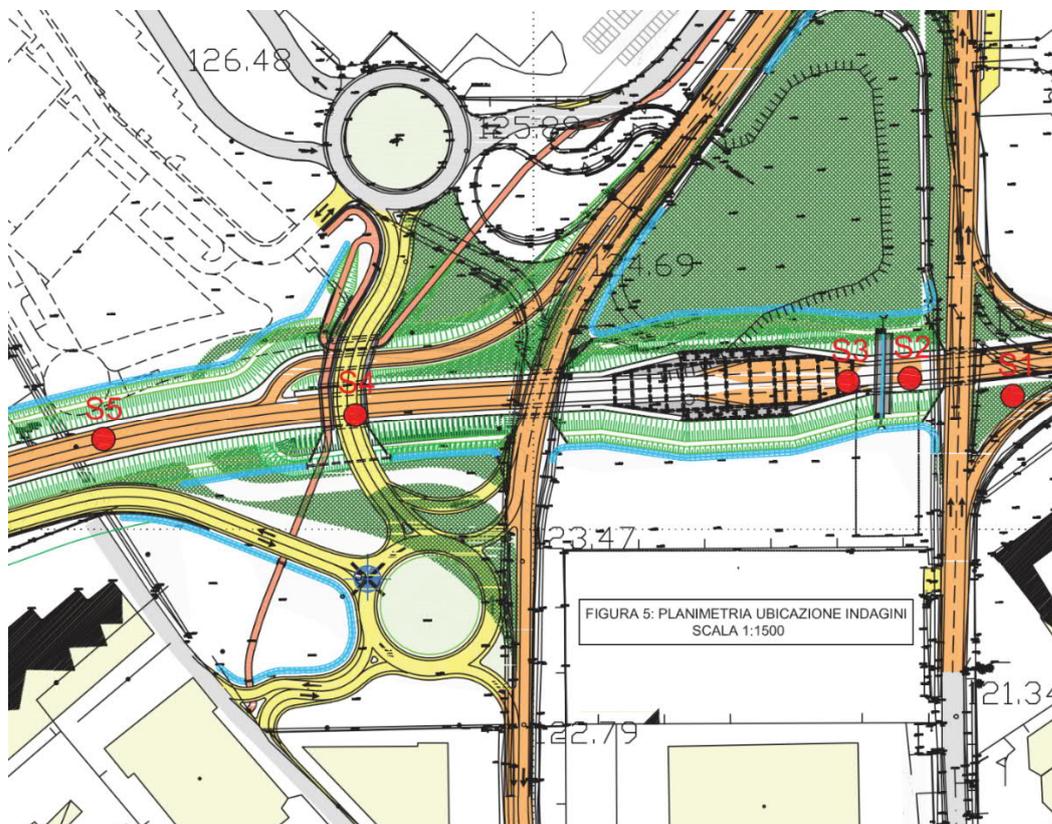


Figura 2 Ubicazione prove geotecniche in sito (campagna d'indagini 2019).

SONDAGGI E RESTITUZIONE STRATIGRAFICA

Premessa

Dai riscontri sui sondaggi è possibile definire l'andamento stratigrafico per le verticali indagate.

Nei paragrafi successivi si descrive quanto individuato in merito a geometria e descrizione litologica.

Sondaggio S1 (profondità di indagine – 20 metri dal p.c.)

Dai sondaggi analizzati si è riscontrata la seguente litologia:

Tabella 1 Schematizzazione degli strati di terreno individuati nel sondaggio S1

| Strato | Prof. [m da P.C.] | Spessore [m] | Descrizione |
|-------------|----------------------|-----------------|---|
| <u>S1-1</u> | 0.00 ÷ -0.40 | 0.40 | Limo argilloso ghiaioso |
| <u>S1-2</u> | -0.40 ÷ -0.50 | 0.10 | Ghiaia medio grossa con ciottoli |
| <u>S1-3</u> | -0.50 ÷ -0.70 | 0.20 | Limo ghiaioso |
| <u>S1-4</u> | -0.70 ÷ -2.00 | 1.30 | Ghiaia medio grossa con rari ciottoli in matrice sabbiosa |
| <u>S1-5</u> | -2.00 ÷ -7.00 | 5.00 | Ghiaia medio grossa con rari ciottoli con sabbia medio fine |
| <u>S1-6</u> | -7.00 ÷ -20.00 | 13.00 | Ghiaia medio grossa in matrice sabbioso limosa |

Non è stata riscontrata la presenza di falda freatica.

|  | | COMMITTENTE: AUTOSTRADA BS-PD-VR-VI S.P.A. CANTIERE: THIENE (VI) ESECUZIONE DAL 08/04/2019 AL 08/07/2019 QUOTA INIZIO: 122.13 m s.l.m. | | | | SONDAGGIO: S1 THIENE (VI) | | | | | | | |
|--|------------------|---|---------------|---|----|---|-------------------------------|------|--------|-------|-------------|---------------|------|
| ASSISTENTE: DOTT. M. PETTA OPERATORE: SIG. M. DE ROS PERFORATRICE: A 65 R | | CAMPIONI RIMANEGGIATI <input type="radio"/> da carotiere semplice <input type="radio"/> da S.P.T. | | CAMPIONI INDISTURBATI <input type="checkbox"/> con Shelby Tube <input checked="" type="checkbox"/> con Osterberg | | OSSERVAZIONI CAROTIERE SEMPLICE: Diametro 101 mm. RIVESTIMENTO METALLICO: Diametro 127 mm. MATERIALE RIPOSTO IN N. 4 CASSETTE CATALOGATRICI IN PVC E FOTOGRAFATO. | | | | | | | |
| QUOTE (m) | STRATI GRAFIA | DESCRIZIONE | STRATIGRAFICA | CAMPIONI | | | P.P. (kg/cm ²) | TOR. | S.P.T. | | STRUMENTAZ. | LIVELLO ACQUA | |
| | | | | prof. | t. | n. | | | H | N | | data | m |
| | | LIMO ARGILLOSO GHIAIOSO, COLORE MARRONE. | | | | | | | | | | 08/04 | ASS. |
| -0.40 | | -0.40 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON CIOTTOLI (DIAM. MAX 12 CM), SUBANGOLARE, COLORE GRIGIO. | | | | | | | | | | | |
| -0.50 | | -0.50 LIMO GHIAIOSO, COLORE MARRONE. | | | | | | | | | | | |
| -0.70 | | -0.70 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, IN MATRICE SABBIOSA, COLORE GRIGIO/MARRONE. | | | | | | | | | | | |
| 2 | -2.00 | -2.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, CON SABBIA MEDIO FINE, COLORE NOCCIOLA. | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | 6.00 | 50 | | | |
| | | | | | | | | | 6.15 | Rcm13 | | | |
| | | | | | | | | | 6.30 | | | | |
| | | | | | | | | | 6.45 | | | | |
| 7 | -7.00 | -7.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, IN MATRICE SABBIOSO LIMOSA, COLORE NOCCIOLA. | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | 10.00 | | | | |
| | | | | | | | | | 10.15 | 44 | | | |
| | | | | | | | | | 10.30 | 50 | | | |
| | | | | | | | | | 10.45 | Rcm11 | | | |
| 14 | | | | | | | | | 14.00 | | | | |
| | | | | | | | | | 14.15 | 31 | | | |
| | | | | | | | | | 14.30 | 43 | | | |
| | | | | | | | | | 14.45 | 50 | | | |
| | | | | | | | | | | Rcm4 | | | |
| 20 | -20.00 | -20.00 FINE SONDAGGIO A m. 20.00 | | | | | | | | | | | |

Sondaggio S2 (profondità di indagine – 15 metri dal p.c.)

Dai sondaggi analizzati si è riscontrata la seguente litologia:

Tabella 2 Schematizzazione degli strati di terreno individuati nel sondaggio S2

| Strato | Prof. [m da P.C.] | Spessore [m] | Descrizione |
|-------------|----------------------|-----------------|--|
| <u>S2-1</u> | 0.00 ÷ -0.50 | 0.50 | Terreno di riporto, argilla limosa deb. Ghiaiosa con frammenti di laterizi |
| <u>S2-2</u> | -0.50 ÷ -1.00 | 0.50 | Ghiaia medio grossa con ciottoli |
| <u>S2-3</u> | -1.00 ÷ -7.00 | 6.00 | Ghiaia medio fine con rari ciottoli con sabbia medio fine |
| <u>S2-4</u> | -7.00 ÷ -9.00 | 2.00 | Ghiaia medio grossa con sabbia |
| <u>S2-5</u> | -9.00 ÷ -15.00 | 6.00 | Ghiaia medio grossa in matrice sabbioso limosa |

Non è stata riscontrata la presenza di falda freatica.

|  | | COMMITTENTE: AUTOSTRADA BS-PD-VR-VI S.P.A. CANTIERE: THIENE (VI) ESECUZIONE DAL 05/04/2019 AL 05/04/2019 QUOTA INIZIO: 122.42 m s.l.m. | | | | SONDAGGIO: S2 THIENE (VI) | | | | | | |
|--|------------------|---|----------|---|----|---|------|--------|---|-------------|---------------|------|
| Via Senatore Fabbri, 18 31027 Lovadina di Spresiano (TV) Tel. 0422/881833 Fax 041/3001144 | | CAMPIONI RIMANEGGIATI <input type="radio"/> da carotiere semplice <input type="radio"/> da S.P.T. | | CAMPIONI INDISTURBATI <input type="checkbox"/> con Shelby Tube <input checked="" type="checkbox"/> con Osterberg | | OSSERVAZIONI CAROTIERE SEMPLICE: Diametro 101 mm. RIVESTIMENTO METALLICO: Diametro 127 mm. MATERIALE RIPIRTO IN N. 3 CASSETTE CATALOGATRICI IN PVC E FOTOGRAFATO. | | | | | | |
| ASSISTENTE: DOTT. M. PETTA OPERATORE: SIG. M. DE ROS PERFORATRICE: A 65 R | | | | | | | | | | | | |
| QUOTE (m) | STRATI GRAFIA | DESCRIZIONE STRATIGRAFICA | CAMPIONI | | | P.P. (kg/cm ²) | TOR. | S.P.T. | | STRUMENTAZ. | LIVELLO ACQUA | |
| | | | prof. | t. | n. | | | H | N | | data | m |
| | | TERRENO DI RIPIRTO: ARGILLA LIMOSA DEB. GHIAIOSA CON FRAMMENTI CM DI LATERIZI, COLORE MARRONE. -0.50 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, COLORE MARRONE. -1.00 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBORDINATAMENTE GROSSA (DIAM. MAX 5 CM), CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, CON SABBIA MEDIO FINE, COLORE GRIGIO/MARRONE. -7.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBORDINATAMENTE FINE, SUBANGOLARE, CON SABBIA, COLORE MARRONE/NOCCIOLA. -9.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBANGOLARE, IN MATRICE SABBIOSO LIMOSA, COLORE NOCCIOLA. -15.00 FINE SONDAGGIO A m 15.00 | | | | | | | | | 05/04 | ASS. |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |

Sondaggio S3 (profondità di indagine – 15 metri dal p.c.)

Dai sondaggi analizzati si è riscontrata la seguente litologia:

Tabella 3 Schematizzazione degli strati di terreno individuati nel sondaggio S3

| Strato | Prof. [m da P.C.] | Spessore [m] | Descrizione |
|-------------|----------------------|-----------------|--|
| <u>S3-1</u> | 0.00 ÷ -0.80 | 0.80 | Terreno di riporto, argilla limosa con rari frammenti di laterizio |
| <u>S3-2</u> | -0.80 ÷ -1.50 | 0.70 | Ghiaia medio grossa in matrice sabbiosa |
| <u>S3-3</u> | -1.50 ÷ -4.30 | 2.80 | Ghiaia medio fine con rari ciottoli con sabbia |
| <u>S3-4</u> | -4.30 ÷ -5.00 | 0.70 | Ghiaia medio grossa in scasa matrice sabbiosa |
| <u>S3-5</u> | -5.00 ÷ -7.00 | 2.00 | Ghiaia medio grossa con sabbia |
| <u>S3-6</u> | -7.00 ÷ -10.00 | 3.00 | Ghiaia medio fine con elementi di ghiaia grossa e rari ciottoli |
| <u>S3-7</u> | -10.00 ÷ -15.00 | 5.00 | Ghiaia medio grossa in matrice sabbiosa |

Non è stata riscontrata la presenza di falda freatica.

Sondaggio S4 (profondità di indagine – 15 metri dal p.c.)

Dai sondaggi analizzati si è riscontrata la seguente litologia:

Tabella 4 Schematizzazione degli strati di terreno individuati nel sondaggio S4

| Strato | Prof. [m da P.C.] | Spessore [m] | Descrizione |
|-------------|----------------------|-----------------|---|
| <u>S4-1</u> | 0.00 ÷ -2.00 | 2.00 | Terreno di riporto, argilla limosa deb. ghiaiosa con frammenti di laterizio |
| <u>S4-2</u> | -2.00 ÷ -3.00 | 1.00 | Ghiaia medio grossa con ciottoli in scarsa matrice sabbiosa |
| <u>S4-3</u> | -3.00 ÷ -4.20 | 1.20 | Ghiaia medio fine con ciottoli con sabbia medio fine |
| <u>S4-4</u> | -4.20 ÷ -5.00 | 0.80 | Ghiaia medio fine sabbiosa |
| <u>S4-5</u> | -5.00 ÷ -10.00 | 5.00 | Ghiaia medio grossa con rari ciottoli in matrice sabbiosa |
| <u>S4-6</u> | -10.00 ÷ -15.00 | 5.00 | Ghiaia medio fine e rari ciottoli, in scarsa matrice sabbiosa |

Non è stata riscontrata la presenza di falda freatica.

|  | | COMMITTENTE: AUTOSTRADA BS-PD-VR-VI S.P.A. CANTIERE: THIENE (VI) | | | SONDAGGIO: S4 THIENE (VI) | | | | | | | | |
|---|------------------|--|---|---|--|----|-------------------------------|------|----------------------------------|------------------|-------------|---------------|------|
| Via Senatore Fabbri, 18 31027 Lovadina di Spresiano (TV) Tel. 0422/881833 Fax 041/3001144 | | ESECUZIONE DAL 02/04/2019 AL 02/04/2019 QUOTA INIZIO: 124.58 m s.l.m. | | | | | | | | | | | |
| ASSISTENTE: DOTT. M. PETTA OPERATORE: SIG. M. DE ROS PERFORATRICE: A 65 R | | CAMPIONI RIMANEGGIATI <input type="radio"/> da carotiere semplice <input type="radio"/> da S.P.T. | CAMPIONI INDISTURBATI <input type="checkbox"/> con Shelby Tube <input checked="" type="checkbox"/> con Osterberg | OSSERVAZIONI CAROTIERE SEMPLICE: Diametro 101 mm. RIVESTIMENTO METALLICO: Diametro 127 mm. MATERIALE RIPOSTO IN N. 3 CASSETTE CATALOGATRICI IN PVC E FOTOGRAFATO. | | | | | | | | | |
| QUOTE (m) | STRATI GRAFIA | DESCRIZIONE | STRATIGRAFICA | CAMPIONI | | | P.P. (kg/cm ²) | TOR. | S.P.T. | | STRUMENTAZ. | LIVELLO ACQUA | |
| | | | | prof. | t. | n. | | | H | N | | data | m |
| | | TERRENO DI RIPOSTO: ARGILLA LIMOSA DEB. GHIAIOSA, CON FRAMMENTI MM DI LATERIZI, COLORE MARRONE SCURO. | | | | | | | | | | 02/04 | ASS. |
| 2 | -2.00 | -2.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, IN SCARSA MATRICE SABBIOSA, COLORE GRIGIO/BIANCASTRO. | | | | | | | | | | | |
| | -3.00 | -3.00 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBORDINATAMENTE GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, CON SABBIA MEDIO FINE, COLORE GRIGIO/BIANCASTRO. | | | | | | | | | | | |
| 4 | -4.20 | -4.20 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBANGOLARE, SABBIOSA, COLORE GRIGIO. | | | | | | | | | | | |
| | -5.00 | -5.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 7 CM), SUBANGOLARE, IN MATRICE SABBIOSA, COLORE GRIGIO/NOCCIOLA. | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | -10.00 | -10.00 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBORDINATAMENTE GROSSA (DIAM. MAX 6 CM) E RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 9 CM), SUBANGOLARE/SUBARROTONDATA, IN SCARSA MATRICE SABBIOSA, COLORE GRIGIO. | | | | | | | 9.00 9.15 9.30 9.45 | 50 Rcm11 | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | |
| | -15.00 | -15.00 FINE SONDAGGIO A m. 15.00 | | | | | | | 12.00 12.15 12.30 12.45 | 44 50 Rcm9 | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | |

Sondaggio S5 (profondità di indagine – 20 metri dal p.c.)

Dai sondaggi analizzati si è riscontrata la seguente litologia:

Tabella 5 Schematizzazione degli strati di terreno individuati nel sondaggio S5

| Strato | Prof. [m da P.C.] | Spessore [m] | Descrizione |
|-------------|----------------------|-----------------|---|
| <u>S5-1</u> | 0.00 ÷ -2.60 | 2.60 | Terreno di riporto, limo ghiaioso con frammenti di laterizio |
| <u>S5-2</u> | -2.60 ÷ -3.00 | 0.40 | Ghiaia medio grossa con ciottoli deb. sabbiosa |
| <u>S5-3</u> | -3.00 ÷ -4.00 | 1.00 | Ghiaia medio fine e rari ciottoli in matrice sabbiosa |
| <u>S5-4</u> | -4.00 ÷ -5.30 | 1.30 | Ghiaia medio grossa con sabbia medio fine |
| <u>S5-5</u> | -5.30 ÷ -7.00 | 1.70 | Ghiaia medio grossa con sabbia medio fine |
| <u>S5-6</u> | -7.00 ÷ -14.00 | 7.00 | Ghiaia medio grossa con rari ciottoli, in matrice sabbioso limosa |
| <u>S5-7</u> | -14.00 ÷ -16.00 | 2.00 | Ghiaia medio grossa in matrice sabbiosa |
| <u>S5-8</u> | -16.00 ÷ -20.00 | 4.00 | Ghiaia da fine a grossa sabbiosa |

Non è stata riscontrata la presenza di falda freatica.

|  | | COMMITTENTE: AUTOSTRADA BS-PD-VR-VI S.P.A. CANTIERE: THIENE (VI) | | | SONDAGGIO: S5 THIENE (VI) | | | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|--|-------------------------------|------|--------|----|-------------|---------------|------|
| Via Senatore Fabbri, 18 31027 Lovadina di Spresiano (TV) Tel. 0422/881833 Fax 041/3001144 | | ESECUZIONE DAL 01/04/2019 AL 02/04/2019 QUOTA INIZIO: 125.76 m s.l.m. | | | | | | | | | | |
| ASSISTENTE: DOTT. M. PETTA OPERATORE: SIG. M. DE ROS PERFORATRICE: A 65 R | | CAMPIONI RIMANEGGIATI <input type="radio"/> da carotiere semplice <input type="radio"/> da S.P.T. | CAMPIONI INDISTURBATI <input type="checkbox"/> con Shelby Tube <input checked="" type="checkbox"/> con Osterberg | OSSERVAZIONI CAROTIERE SEMPLICE: Diametro 101 mm. RIVESTIMENTO METALLICO: Diametro 127 mm. MATERIALE RIPOSTO IN N. 4 CASSETTE CATALOGATRICI IN PVC E FOTOGRAFATO. | | | | | | | | |
| QUOTE (m) | STRATI GRAFIA | DESCRIZIONE STRATIGRAFICA | CAMPIONI | | | P.P. (kg/cm ²) | TOR. | S.P.T. | | STRUMENTAZ. | LIVELLO ACQUA | |
| | | | prof. | t. | n. | | | H | N | | data | m |
| | | TERRENO DI RIPOSTO: LIMO GHIAIOSO CON FRAMMENTI MM DI LATERIZI, COLORE MARRONE SCURO. | | | | | | | | | 02/04 | ASS. |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| -2.60 | | -2.60 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, DEB. SABBIOSA, COLORE GRIGIO/BIANCASTRO. | | | | | | | | | | |
| -3.00 | | -3.00 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBORDINATAMENTE GROSSA (DIAM. MAX 6 CM) E RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 10 CM), SUBANGOLARE, IN MATRICE SABBIOSA, COLORE NOCCIOLA/BIANCASTRO. | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| -4.00 | | -4.00 GHIAIA MEDIO FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBORDINATAMENTE GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBANGOLARE, CON SABBIA MEDIO FINE, COLORE NOCCIOLA. | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| -5.30 | | -5.30 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), SUBORDINATAMENTE FINE (DIAM. MAX 2 CM), SUBANGOLARE, CON SABBIA MEDIO FINE, COLORE GRIGIO/BIANCASTRO. | | | | | | 6.00 | 36 | | | |
| | | | | | | | | 6.15 | 49 | | | |
| | | | | | | | | 6.30 | 50 | | | |
| | | | | | | | | 6.45 | | Rcm11 | | |
| -7.00 | | -7.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 6 CM), CON RARI CIOTTOLI (DIAM. MAX 7 CM), SUBANGOLARE, IN MATRICE SABBIOSO LIMOSA, COLORE GRIGIO/NOCCIOLA. | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 10.00 | 33 | | | |
| | | | | | | | | 10.15 | 28 | | | |
| | | | | | | | | 10.30 | 28 | | | |
| | | | | | | | | 10.45 | 48 | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| -14.00 | | -14.00 GHIAIA MEDIO GROSSA (DIAM. MAX 5 CM), SUBORDINATAMENTE FINE, SUBANGOLARE/SUBARROTONDATA, IN MATRICE SABBIOSA, COLORE GRIGIO/NOCCIOLA. | | | | | | 14.00 | 31 | | | |
| | | | | | | | | 14.15 | 39 | | | |
| | | | | | | | | 14.30 | 39 | | | |
| | | | | | | | | 14.45 | 43 | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| -16.00 | | -16.00 GHIAIA DA FINE A GROSSA (DIAM. MAX 2 CM), SUBANGOLARE/SUBARROTONDATA, SABBIOSA, COLORE GRIGIO/NOCCIOLA. | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| -20.00 | | -20.00 FINE SONDAGGIO A m. 20.00 | | | | | | | | | | |

Nel corso dei sondaggi sono state effettuate prove di Standard Penetration Test a quote pari a -9.0m e -12.0m dal p.c. per i sondaggi S2, S3, S4 e a quote pari a -6.0m, -10.0m e -14.0m dal p.c. per i sondaggi S1 e S5.

La prova S.P.T., codificata dalla norma A.S.T.M. D1586-67, consiste nell'infiggere nel terreno il campionatore Raymond sul fondo del foro di sondaggio, per mezzo di un martino a sganciamento automatico del peso di 63.4 kg da un'altezza di caduta di 75 cm. Viene rilevato il numero di colpi N_{spt} necessario per la penetrazione di tre tratti consecutivi di 15 cm: il valore N_{spt} è dato dalla somma dei colpi ottenuti nel secondo e terzo tratto. La prova viene sospesa quando, per un tratto, il numero di colpi supera 50 (rifiuto).

Per quanto riguarda il numero di colpi ottenuti per ogni strato indagato si rimanda alla Tabella 7.

RESTITUZIONE PROVE LEFRANC

Nel corso del sondaggio a carotaggio continuo S3 sono state eseguite 2 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico costante, alle profondità di circa -3.0 m e -12.0 m dal piano campagna, al fine di determinare la conducibilità idraulica del terreno. La prova è stata eseguita a carico idraulico costante e consiste nell'instaurare un dislivello piezometrico tra l'interno del foro, appositamente realizzato, e il terreno circostante al fine di generare un moto di filtrazione. La determinazione del coefficiente di permeabilità k avviene a partire dalla registrazione della portata da immettere nel foro, necessaria per mantenere costante il dislivello tra foro e terreno.

Le prove sono state eseguite ad una profondità superiore alla superficie della falda freatica; il foro è stato quindi precedentemente "saturato" mediante l'iniezione di circa 3 m³ di acqua. I risultati hanno solo valore indicativo.

Di seguito si riportano i certificati delle prove e a seguire i risultati ottenuti.

| DATI GENERALI | | | | DATI GENERALI | | | |
|---|--|--------------------------------|----------|---|--|--------------------------------|----------|
| CANTIERE: THIENE (VI) | | SONDAGGIO: S3 | | CANTIERE: THIENE (VI) | | SONDAGGIO: S3 | |
| COMMITTENTE: AUTOSTRADA BS-PD-VR-VI S.P.A. | | PROVA N.: 1 | | COMMITTENTE: AUTOSTRADA BS-PD-VR-VI S.P.A. | | PROVA N.: 2 | |
| | | DATA: 03/04/2019 | | | | DATA: 03/04/2019 | |
| DATI CARATTERISTICI DELLA PROVA | | | | DATI CARATTERISTICI DELLA PROVA | | | |
| Profondità del foro L (m): | 3,10 | Diametro fusto (m): | 0,57 | Profondità del foro L (m): | 12,00 | Diametro fusto (m): | 0,57 |
| Profondità rivestimento P (m): | 2,70 | Altezza acqua (m): | 0,65 | Profondità rivestimento P (m): | 11,70 | Altezza acqua (m): | 0,48 |
| Lunghezza tratto di prova L- P (m): | 0,40 | Tempo (s): | 60 | Lunghezza tratto di prova L- P (m): | 0,30 | Tempo (s): | 60 |
| Diametro del foro D (mm): | 127 | Livello iniziale falda H (m) | 70,00 | Diametro del foro D (mm): | 127 | Livello iniziale falda H (m) | 70,00 |
| Tipo cavità filtrante (n. di codice-vd. tabella): | 8 | | | Tipo cavità filtrante (n. di codice-vd. tabella): | 8 | | |
| Natura stratigrafica del tratto di prova : | GHIAIA CON SABBIA | | | Natura stratigrafica del tratto di prova : | GHIAIA CON SABBIA | | |
| DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI FORMA F | | | | DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI FORMA F | | | |
| GEOMETRIA DELLA CAVITA' | | FORMULA (sec. Wilkinson, 1968) | COD. F | GEOMETRIA DELLA CAVITA' | | FORMULA (sec. Wilkinson, 1968) | COD. F |
| Filtro sferico in terreno uniforme | $F = 2^*3.14D$ | | 1 0,798 | Filtro sferico in terreno uniforme | $F = 2^*3.14D$ | | 1 0,798 |
| Filtro emisfer. al tetto di strato confinato | $F = 3.14D$ | | 2 0,399 | Filtro emisfer. al tetto di strato confinato | $F = 3.14D$ | | 2 0,399 |
| Fondo filtrante piano al tetto di str. confinato | $F = 2D$ | | 3 0,254 | Fondo filtrante piano al tetto di str. confinato | $F = 2D$ | | 3 0,254 |
| Fondo filtrante piano in terreno uniforme | $F = 2.75D$ | | 4 0,3493 | Fondo filtrante piano in terreno uniforme | $F = 2.75D$ | | 4 0,3493 |
| Filtro cilindrico al confine con strato imperm. | $F = 3^*3.14 L / L_0(3L/D + Radq(1 + (3L/D)^2))$ | | 7 1,2808 | Filtro cilindrico al confine con strato imperm. | $F = 3^*3.14 L / L_0(3L/D + Radq(1 + (3L/D)^2))$ | | 7 1,0639 |
| Filtro cilindrico in terreno uniforme | $F = 3^*3.14 L / L_0(1.5 L/D + Ra)$ | | 8 1,6695 | Filtro cilindrico in terreno uniforme | $F = 3^*3.14 L / L_0(1.5 L/D + Ra)$ | | 8 1,429 |

| CALCOLO DELLA PERMEABILITA' | | CALCOLO DELLA PERMEABILITA' | |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| Formula utilizzata: | $k_v = Q / (F^*h)$ | Formula utilizzata: | $k_v = Q / (F^*h)$ |
| Portata Q (m ³ /s) | 2,76E-03 | Portata Q (m ³ /s) | 2,04E-03 |
| Coefficiente di forma F (m) | 1,670 | Coefficiente di forma F (m) | 1,429 |
| Carico idraulico h (m) | 0,60 | Carico idraulico h (m) | 0,60 |
| PERMEABILITA' (cm/s) | 2,8E-01 | PERMEABILITA' (cm/s) | 2,4E-01 |

Figura 3 Certificati delle prove Lefranc a carico costante realizzati sul sondaggio S3

Tabella 6 Parametri di permeabilità a carico costante S3

| Unità stratigrafica | Profondità [m] | K [cm/sec] |
|---------------------|----------------|------------|
| S3-3 | 3.10 | 0.28 |
| S3-7 | 12.00 | 0.24 |

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DA PROVE IN SITO

Premessa

Come richiesto dalla normativa in vigore, è necessario intervenire sul valore medio al fine di determinare un opportuno valore caratteristico, inteso come stima ragionata e cautelativa del valore del parametro. In mancanza di una popolazione statistica adeguata, la definizione dei parametri caratteristici e la costruzione di un modello geotecnico avvengono considerando cautelativamente i minimi registrati dalle prove a fronte di valori medi superiori.

Come si evince dagli strati identificati dai sondaggi, il terreno risulta essere pressoché omogeneo e caratterizzato da materiale granulare (ghiaia) in matrice sabbiosa. Al fine di definirne le caratteristiche geotecniche più accurate e veritiere possibili, si adottano le diverse correlazioni che la letteratura offre relativamente ai risultati delle prove SPT

(numero di colpi N_{spt}) e i diversi parametri geotecnici. Si riporta di seguito il numero di colpi N_{spt} relativi ad ogni unità stratigrafica investigata.

Tabella 7 Definizione dei numeri colpi N_{spt} relativamente al sondaggio e alla profondità

| Unità stratigrafica | Profondità prova [m] | N _{spt} = (N ₂ +N ₃) |
|---------------------|----------------------|--|
| S1-5 | 6.00-6.45 | RIFIUTO (>50) |
| S1-6 | 10.00-10.45 | RIFIUTO (>50) |
| S1-6 | 14.00-14.45 | RIFIUTO (>50) |
| S2-5 | 9.00-9.45 | RIFIUTO (>50) |
| S2-5 | 12.00-12.45 | RIFIUTO (>50) |
| S3-6 | 9.00-9.45 | 41+47=88 |
| S3-7 | 12.00-12.45 | RIFIUTO (>50) |
| S4-5 | 9.00-9.45 | RIFIUTO (>50) |
| S4-6 | 12.00-12.45 | RIFIUTO (>50) |
| S5-5 | 6.00-6.45 | RIFIUTO (>50) |
| S5-6 | 10.00-10.45 | 28+48=76 |
| S5-7 | 14.00-14.45 | 39+43=82 |

Parametri geotecnici

Peso del terreno

Il peso di volume del terreno in analisi γ è pari a circa 20 kN/m³ ed è desunto dalla esperienza dello scrivente relativamente a terreni di natura granulare.

Densità relativa

Viene utilizzata la formula di Yoshida e Kokusho per tutti i terreni granulari per definire la densità del terreno in funzione al numero di colpi ottenuti dalla prova SPT. Si prende come rappresentativo, a vantaggio della sicurezza, la condizione che genera il minor numero di colpi possibili e corrispondente alla prova SPT realizzata nel sondaggio S5 alla quota -10 m dal p.c. (76 colpi).

$$Dr = 0.25 * N_{spt}^{0.46} * (100 * \sigma'_{v0} / pa)^{-0.12} = 0.25 * 76^{0.46} * (100 * (20 * 10.45) / 100)^{-0.12} = 96\%$$

In cui pa è la pressione atmosferica pari a 100 kPa, se σ'_{v0} è espresso in kPa.

Angolo di attrito

La correlazione di De Mello permette la valutazione dell'angolo di attrito Φ in base alla tensione verticale efficace e al numero di colpi N_{spt}. Si prende come rappresentativa, a vantaggio della sicurezza, la condizione che genera il minor numero di colpi possibili e corrispondente alla prova Spt realizzata nel sondaggio S5 alla quota -10 m dal p.c. (76 colpi).

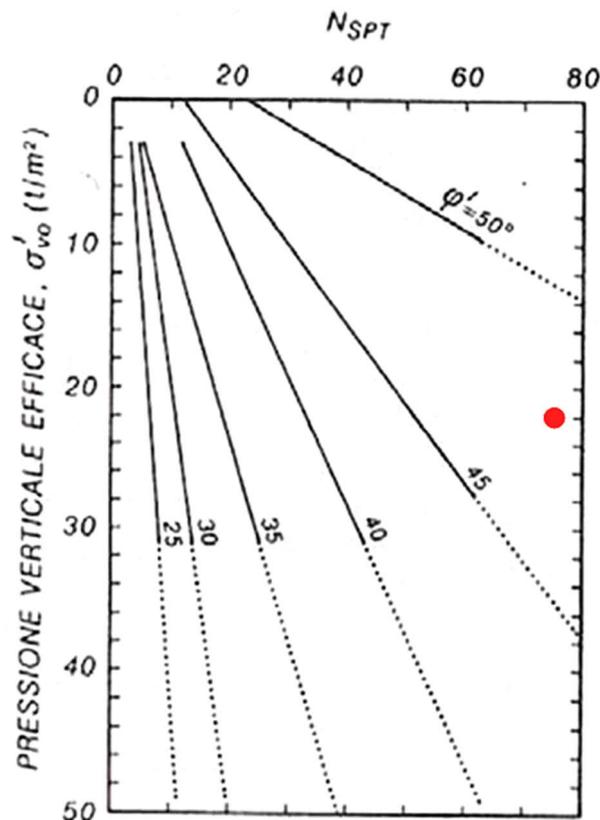


Figura 4 Relazione fra angolo di attrito e valori di N_{spt} (De Mello, 1971)

Dal grafico di De Mello si desume che il valore dell'angolo di attrito Φ è pari a 47° .
 Un altro metodo per la determinazione dell'angolo di attrito in condizioni di terreno ghiaioso sabbioso risulta essere la formula di Schmertmann che crea una correlazione tra l'angolo di attrito e la densità del terreno:
 $\Phi(^{\circ}) = 38 + 0.08 \cdot Dr = 38 + 0.08 \cdot 96 = 45^\circ$
 Si può assumere quindi un angolo di attrito che sia univoco a tutto il terreno e pari a 45° .

Modulo elastico del terreno

Viene di seguito definito il modulo elastico del terreno attraverso una serie di correlazioni proposte dalla letteratura. Si prende come rappresentativo, a vantaggio della sicurezza, la condizione che genera il minor numero di colpi possibili e corrispondente alla prova Spt realizzata nel sondaggio S5 alla quota -10 m dal p.c. (76 colpi).

$$E = 0.771 \cdot N_{spt} + 19.1 = 0.771 \cdot 76 + 19.1 = 77.7 \text{ Mpa (formula di D'Apollonia)}$$

$$E = 7(N_{spt})^{1/2} = 7 \cdot (76)^{1/2} = 61 \text{ MPa (formula di Terzaghi)}$$

$$E = 1.046 \cdot N_{spt} + 3.8 = 1.046 \cdot 76 + 3.8 = 83.3 \text{ Mpa (formula di Menzebach e Malev)}$$

Si assume un modulo elastico del terreno pari a 80 MPa per tener conto del fatto che le analisi sono realizzate prendendo come indicativo il valore minore ottenuto dalle prove e che, in tutte le altre prove, il numero di colpi risulta essere superiore.

PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Sono state realizzate 5 prove di carico su piastra con le modalità prescritte nella norma CNR 146/92. Le prove sono ubicate come definito nella planimetria e vengono realizzate a -0.50 metri dal piano campagna, su terreno naturale, al fine di definire il modulo di deformazione (compressibilità) del terreno stesso.

Le prove su piastra CBR consistono nel caricare per gradi una piastra circolare metallica, in questo caso di diametro $d=300$ mm, con un martinetto idraulico, in questo caso da 10 ton, contrastato dal peso della macchina operatrice. Gli spostamenti verticali della piastra vengono rilevati con 3 comparatori centesimali digitali disposti con angolo di 120° sulla piastra stessa. E' possibile da qui ricavarne pressioni e cedimenti verticali, al fine di definirne il modulo di deformazione M_d come segue:

$$M_d = (\Delta P / \Delta C) \times d \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

In cui si relaziona la variazione della pressione sulla piastra (ΔP) con il cedimento della piastra nell'intervallo di pressione considerato (ΔC) e con il diametro della piastra di prova ($d=300$ mm). Si riportano di seguito i risultati sia in forma di tabella che in forma di diagramma.

Prova di carico su piastra PC1

| carico N/mm ² | letture (0,01 mm) | | | cedimenti mm | tempo min |
|-----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 0,02 | 23,89 | 21,92 | 24,91 | 0,00 | 0 |
| 0,05 | 22,97 | 21,21 | 24,13 | 0,80 | 4 |
| 0,10 | 21,43 | 19,37 | 22,35 | 2,52 | 4 |
| 0,15 | 17,55 | 15,38 | 15,60 | 7,40 | 4 |
| 0,20 | 10,82 | 8,70 | 12,25 | 12,98 | 4 |
| 0,05 | 11,60 | 9,70 | 13,34 | 12,03 | 4 |
| 0,10 | 10,78 | 8,99 | 12,41 | 12,85 | 4 |
| 0,15 | 9,73 | 7,99 | 11,36 | 13,88 | 4 |

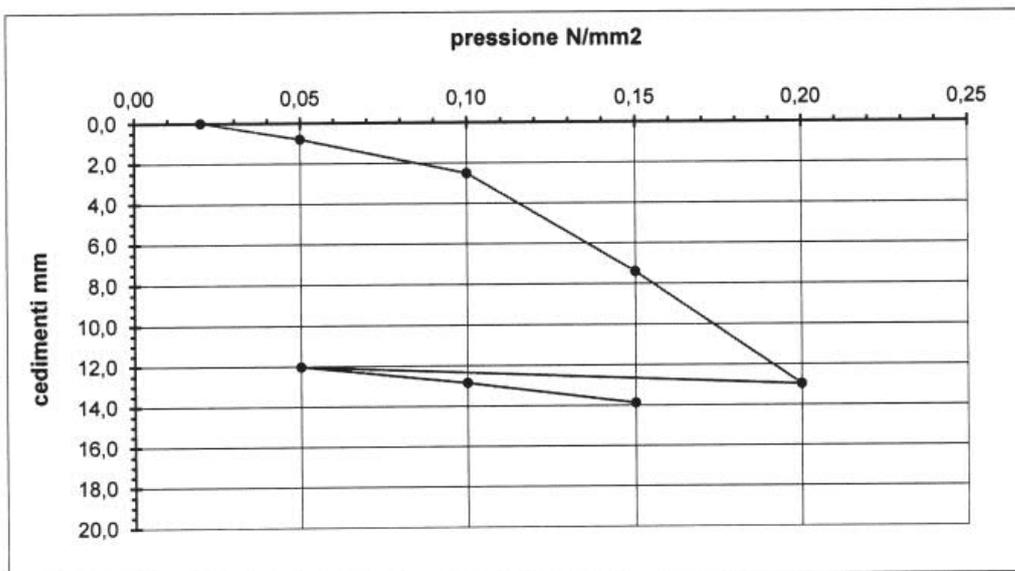


Figura 5 Risultati prova di carico su piastra

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il primo ciclo di carico, escludendo quindi la fase di scarico-ricarico del terreno, per la prova su piastra PC1 risulta essere pari a $M_d = (0.15 - 0.05) / (7.40 - 0.8) * 300 = 4.55 \text{ N/mm}^2 = 4550 \text{ kPa}$.

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il secondo ciclo di carico, considerando quindi un terreno già costipato, per la prova su piastra PC1 risulta essere pari a $M_d = (0.15 - 0.05) / (13.88 - 12.03) * 300 = 16.22 \text{ N/mm}^2 = 16220 \text{ kPa}$.

Prova di carico su piastra PC2

| carico N/mm ² | letture (0,01 mm) | | | cedimenti mm | tempo min |
|-----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 0,02 | 26,12 | 22,87 | 24,03 | 0,00 | 0 |
| 0,05 | 25,90 | 22,77 | 23,56 | 0,26 | 4 |
| 0,10 | 25,23 | 22,05 | 22,82 | 0,97 | 4 |
| 0,15 | 24,35 | 21,20 | 21,87 | 1,87 | 4 |
| 0,20 | 23,10 | 20,04 | 20,58 | 3,10 | 4 |
| 0,05 | 24,06 | 21,10 | 21,65 | 2,07 | 4 |
| 0,10 | 23,83 | 20,74 | 21,27 | 2,39 | 4 |
| 0,15 | 23,34 | 20,23 | 20,75 | 2,90 | 4 |

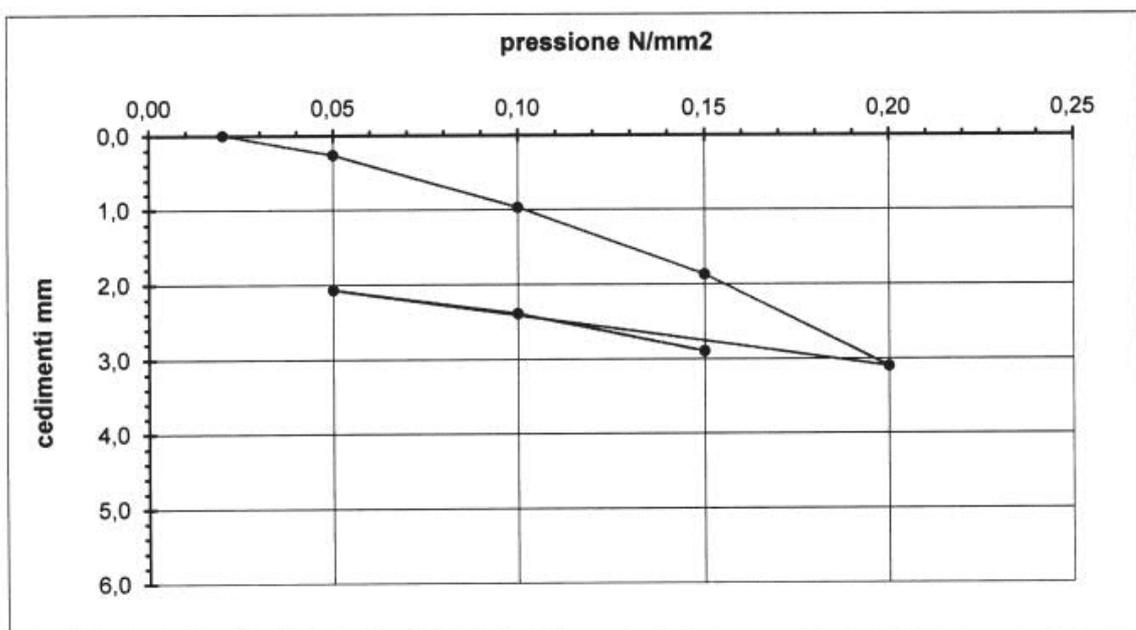


Figura 6 Risultati prova di carico su piastra

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il primo ciclo di carico, escludendo quindi la fase di scarico-ricarico del terreno, per la prova su piastra PC2 risulta essere pari a $M_d = (0.15 - 0.05) / (1.87 - 0.26) * 300 = 18.63 \text{ N/mm}^2 = 18630 \text{ kPa}$.

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il secondo ciclo di carico, considerando quindi un terreno già costipato, per la prova su piastra PC2 risulta essere pari a $M_d = (0.15 - 0.05) / (2.9 - 2.07) * 300 = 36.14 \text{ N/mm}^2 = 36140 \text{ kPa}$.

Prova di carico su piastra PC3

| carico N/mm ² | letture (0,01 mm) | | | cedimenti mm | tempo min |
|-----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 0,02 | 21,03 | 22,09 | 21,76 | 0,00 | 0 |
| 0,05 | 20,59 | 21,75 | 21,38 | 0,39 | 4 |
| 0,10 | 20,00 | 21,21 | 20,78 | 0,96 | 4 |
| 0,15 | 18,85 | 20,14 | 19,65 | 2,08 | 4 |
| 0,20 | 17,81 | 19,16 | 18,58 | 3,11 | 4 |
| 0,05 | 18,42 | 19,82 | 19,20 | 2,48 | 4 |
| 0,10 | 18,25 | 19,59 | 19,03 | 2,67 | 4 |
| 0,15 | 17,96 | 19,30 | 18,70 | 2,97 | 4 |

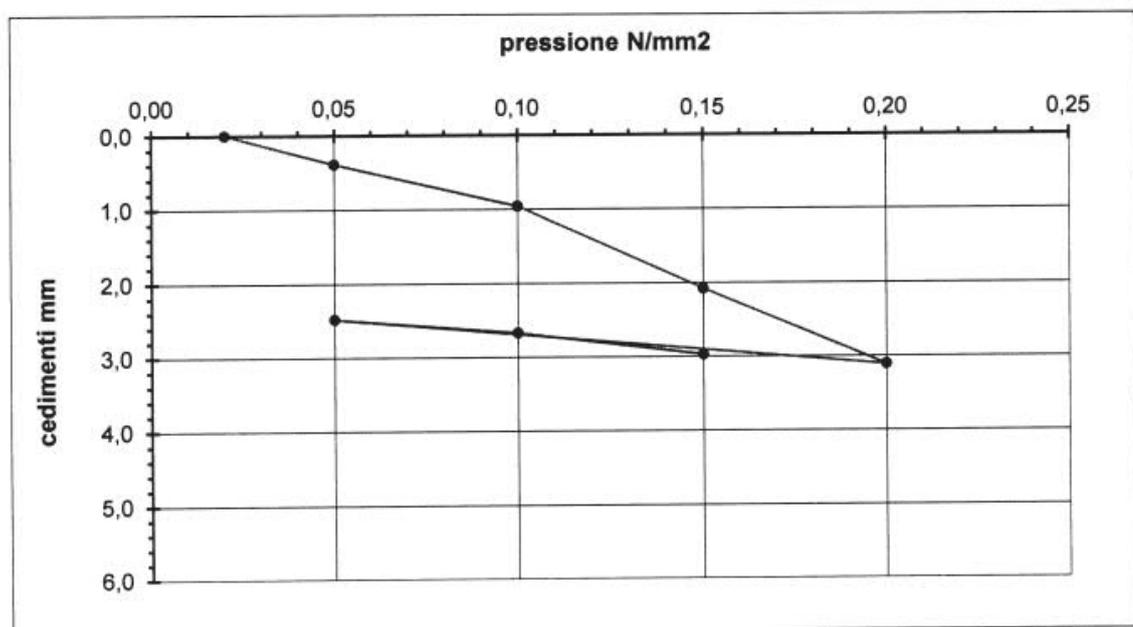


Figura 7 Risultati prova di carico su piastra

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il primo ciclo di carico, escludendo quindi la fase di scarico-ricarico del terreno, per la prova su piastra PC3 risulta essere pari a $M_d = (0.15 - 0.05) / (2.08 - 0.39) * 300 = 17.75 \text{ N/mm}^2 = 17750 \text{ kPa}$.

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il secondo ciclo di carico, considerando quindi un terreno già costipato, per la prova su piastra PC3 risulta essere pari a $M_d = (0.15 - 0.05) / (2.97 - 2.48) * 300 = 61.22 \text{ N/mm}^2 = 61220 \text{ kPa}$.

Prova di carico su piastra PC4

| carico N/mm ² | letture (0,01 mm) | | | cedimenti mm | tempo min |
|-----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 0,02 | 19,26 | 21,41 | 21,07 | 0,00 | 0 |
| 0,05 | 18,91 | 21,06 | 20,83 | 0,31 | 4 |
| 0,10 | 18,32 | 20,16 | 20,34 | 0,97 | 4 |
| 0,15 | 17,60 | 19,28 | 19,84 | 1,67 | 4 |
| 0,20 | 16,79 | 18,31 | 19,11 | 2,51 | 4 |
| 0,05 | 17,02 | 18,56 | 19,38 | 2,26 | 4 |
| 0,10 | 16,95 | 18,44 | 19,24 | 2,37 | 4 |
| 0,15 | 16,83 | 18,32 | 19,11 | 2,49 | 4 |

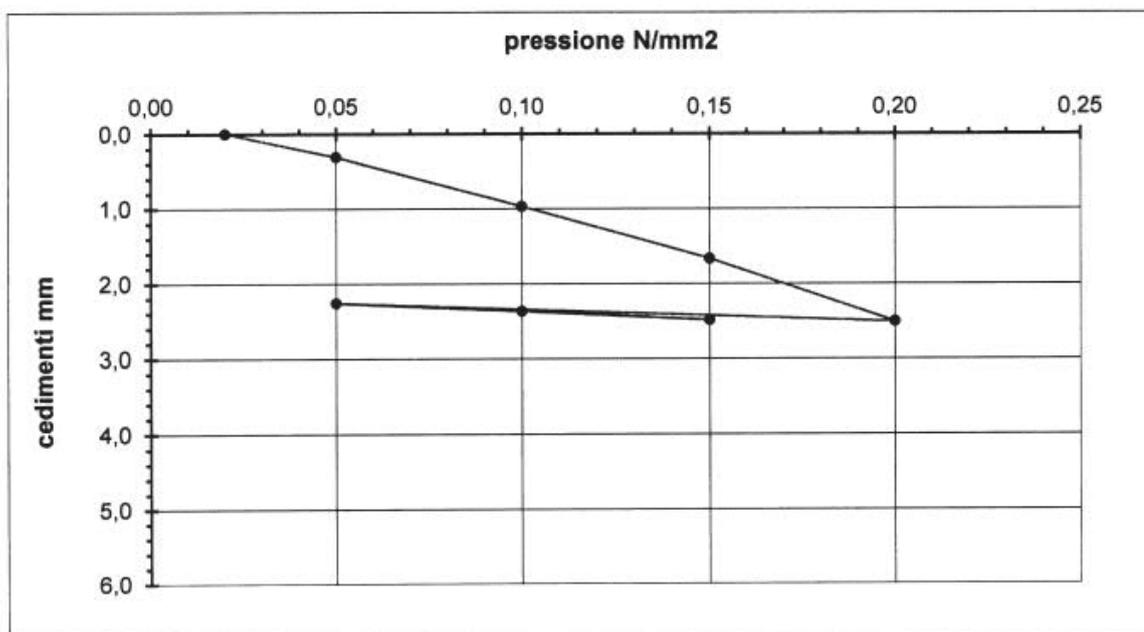


Figura 8 Risultati prova di carico su piastra

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il primo ciclo di carico, escludendo quindi la fase di scarico-ricarico del terreno, per la prova su piastra PC4 risulta essere pari a $M_d = (0,15 - 0,05) / (1,67 - 0,31) * 300 = 22,06 \text{ N/mm}^2 = 22060 \text{ kPa}$.

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il secondo ciclo di carico, considerando quindi un terreno già costipato, per la prova su piastra PC4 risulta essere pari a $M_d = (0,15 - 0,05) / (2,49 - 2,26) * 300 = 130,43 \text{ N/mm}^2 = 130430 \text{ kPa}$.

Prova di carico su piastra PC5

| carico N/mm ² | letture (0,01 mm) | | | cedimenti mm | tempo min |
|-----------------------------|-------------------|-------|-------|-----------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 0,02 | 23,90 | 25,05 | 23,30 | 0,00 | 0 |
| 0,05 | 23,10 | 24,65 | 22,89 | 0,54 | 4 |
| 0,10 | 21,88 | 23,56 | 21,90 | 1,64 | 4 |
| 0,15 | 19,85 | 21,56 | 20,02 | 3,61 | 4 |
| 0,20 | 18,05 | 19,65 | 18,21 | 5,45 | 4 |
| 0,05 | 18,51 | 20,10 | 18,68 | 4,99 | 4 |
| 0,10 | 18,27 | 19,96 | 18,55 | 5,16 | 4 |
| 0,15 | 17,98 | 19,58 | 18,21 | 5,49 | 4 |

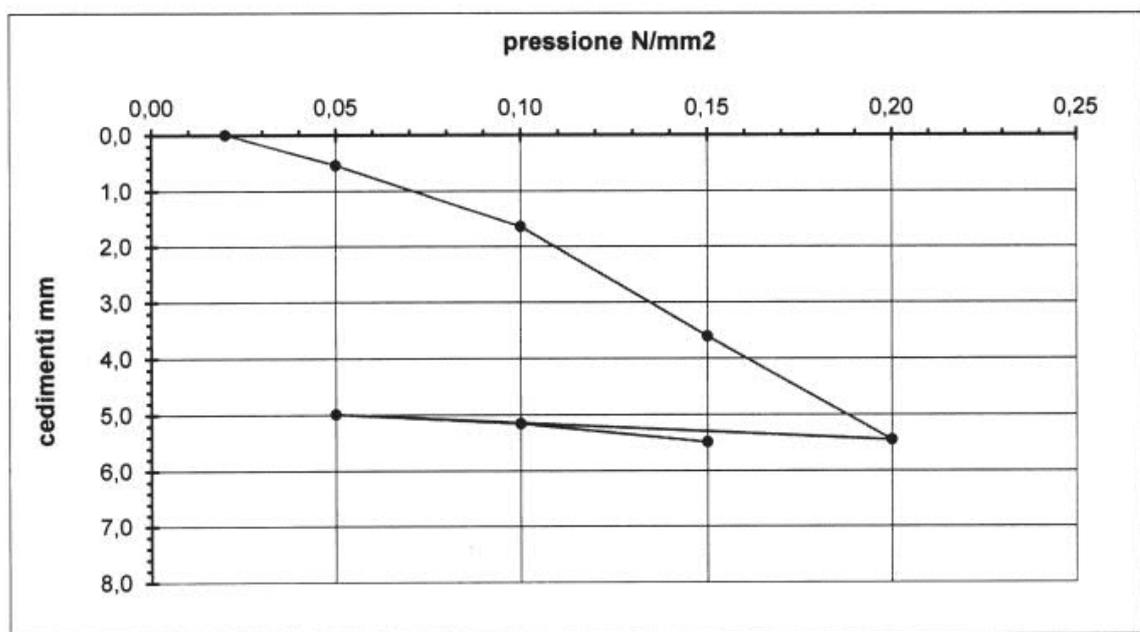


Figura 9 Risultati prova di carico su piastra

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il primo ciclo di carico, escludendo quindi la fase di scarico-ricarico del terreno, per la prova su piastra PC5 risulta essere pari a $M_d = (0,15 - 0,05) / (3,61 - 0,54) * 300 = 9,77 \text{ N/mm}^2 = 9770 \text{ kPa}$.

Il valore del modulo di deformazione M_d , definito per il secondo ciclo di carico, considerando quindi un terreno già costipato, per la prova su piastra PC5 risulta essere pari a $M_d = (0,15 - 0,05) / (5,49 - 4,99) * 300 = 60 \text{ N/mm}^2 = 60000 \text{ kPa}$.

A partire dai risultati della prova di carico su piastra è possibile definire il valore del modulo elastico E , definito come:

$$E = M_d * (1 - \nu^2) * C_d * C_z = 15 * (1 - 0,3^2) * 0,79 * 0,5 = 5,5 \text{ MPa}$$

Dove:

M_d = modulo di deformazione assunto con valore medio pari a circa 15 MPa

ν = coefficiente di Poisson, assunto pari a 0,3

C_d = fattore che tiene conto della forma e della rigidezza, assunto pari a 0,79

C_z = fattore di approfondimento, assunto pari a 0,5

PROVE IN LABORATORIO

Vengono di seguito riportati i risultati delle prove in laboratorio realizzate su provini di terreno. Alcuni campioni di terreno, prelevati in corrispondenza alle quote in cui sono state realizzate le prove Nspt, sono stati sottoposti a sola caratterizzazione granulometrica, altri campioni, prelevati in superficie, a quota -0.5 metri dal p.c., sono stati sottoposti a diverse prove in laboratorio. Nella Tabella 8 viene indicata la sigla del campione e le prove realizzate su di esso.

Tabella 8 Sigla del campione e del tipo di prova realizzata

| Sigla campione | Tipo di prova |
|----------------|--|
| S1-C1 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S1-C2 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S1-C3 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S2-C1 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S2-C2 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S3-C1 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S3-C2 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S4-C1 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S4-C2 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S5-C1 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S5-C2 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| S5-C3 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Granulometria per setacciatura (UNI EN 933-2) |
| Scavo 1 - C1 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Analisi granulometrica tramite setacciatura (UNI EN 933-2) • Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12) • Proctor Modificato (ASTM D1557) • CBR (CNR UNI 10009) |
| Scavo 2 - C2 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Analisi granulometrica tramite setacciatura (UNI EN 933-2) • Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12) • Proctor Modificato (ASTM D1557) • CBR (CNR UNI 10009) |

| | |
|--------------|--|
| Scavo 3 - C3 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Analisi granulometrica tramite setacciatura • Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12) • Proctor Modificato (ASTM D1557) • CBR (CNR UNI 10009) |
| Scavo 4 - C4 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Analisi granulometrica tramite setacciatura (UNI EN 933-2) • Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12) • Proctor Modificato (ASTM D1557) • CBR (CNR UNI 10009) |
| Scavo 5 - C5 | <ul style="list-style-type: none"> • Classificazione geotecnica visiva • Analisi granulometrica tramite setacciatura (UNI EN 933-2) • Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12) • Proctor Modificato (ASTM D1557) • CBR (CNR UNI 10009) |

Analisi granulometrica del terreno

L'analisi granulometrica prevede la classificazione del terreno in funzione alla dimensione delle particelle che compongono il terreno stesso. Tale procedura consiste nell'utilizzo di appositi setacci, disposti in serie, ognuno dei quali trattiene la frazione di solido i cui granuli hanno diametro maggiore dei fori del setaccio. Dopo avere impilato i setacci, un campione pesato di solido viene adagiato sul piatto superiore, che è rappresentato dal setaccio a maglia più larga. I piatti inferiori sono costituiti da setacci a maglia via via più fine, e il piatto alla base della colonna è costituito da un piatto, in cui vengono raccolti tutti i granuli con diametro minore dell'apertura della maglia del setaccio più basso (granuli con diametro $d < 0.063$ mm). La colonna di setacci viene scossa per permettere ai granuli di raggiungere il setaccio ad essi corrispondente. Si procede successivamente alla pesatura delle frazioni di solido trattenute in ciascun setaccio. Il peso di ciascuna frazione solida viene quindi rapportato al peso del solido totale, per ottenere la percentuale (in massa) di solido trattenuto in ciascun piatto.

Si costruisce quindi la curva granulometrica.

Analisi granulometrica del terreno: S1

Relativamente al sondaggio S1, sono state realizzate prove in laboratorio di tipo granulometrico su tre campioni di terreno, di altezza 1 metro, prelevati a quote -5.5m, -9.5m e -13.5m. Si riportano di seguito i grafici relativi alla analisi granulometrica dei tre provini.

S1-C1 (-5.5 METRI ÷ -6.5 METRI)

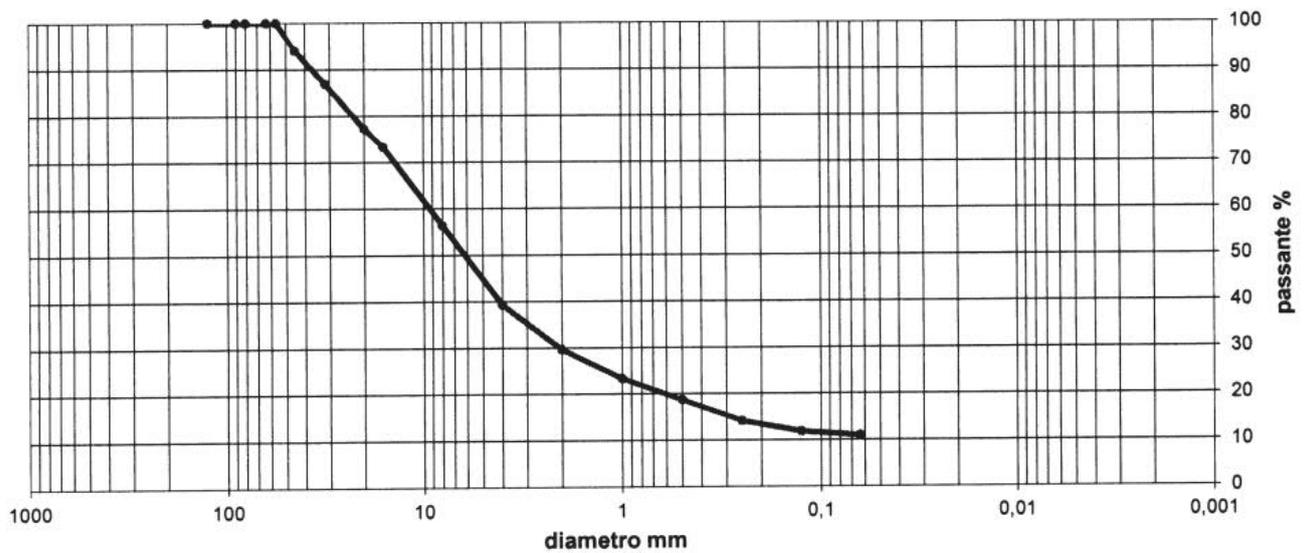


Figura 10 Curva granulometrica S1-C1

S2-C2 (-9.5 METRI ÷ -10.5 METRI)

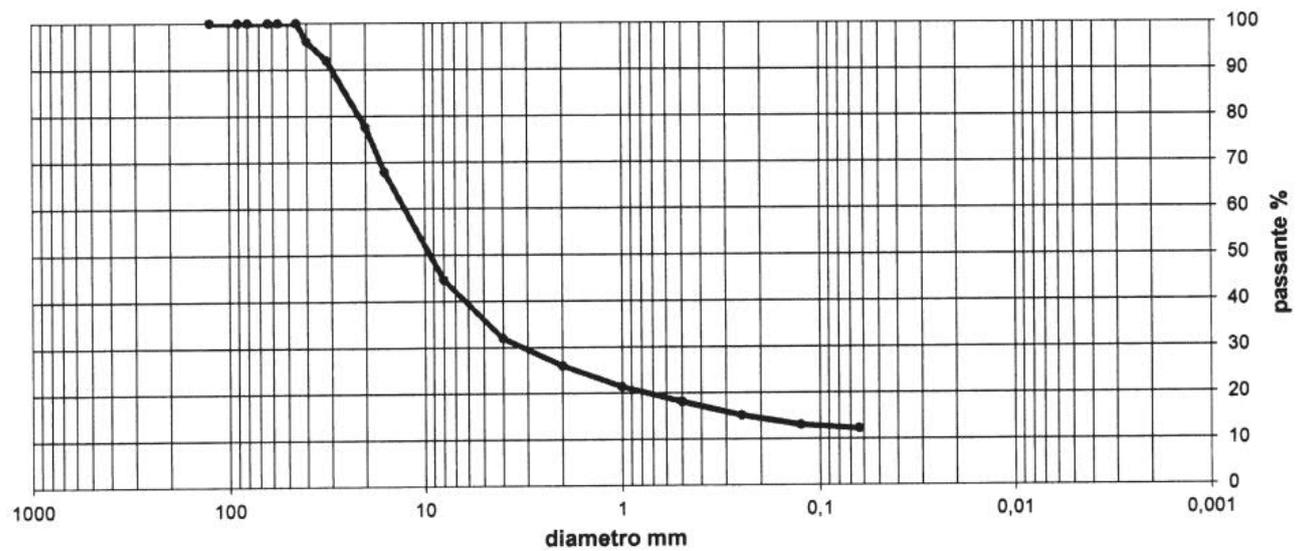


Figura 11 Curva granulometrica S1-C2

S3-C3 (-13.5 METRI ÷ -14.5 METRI)

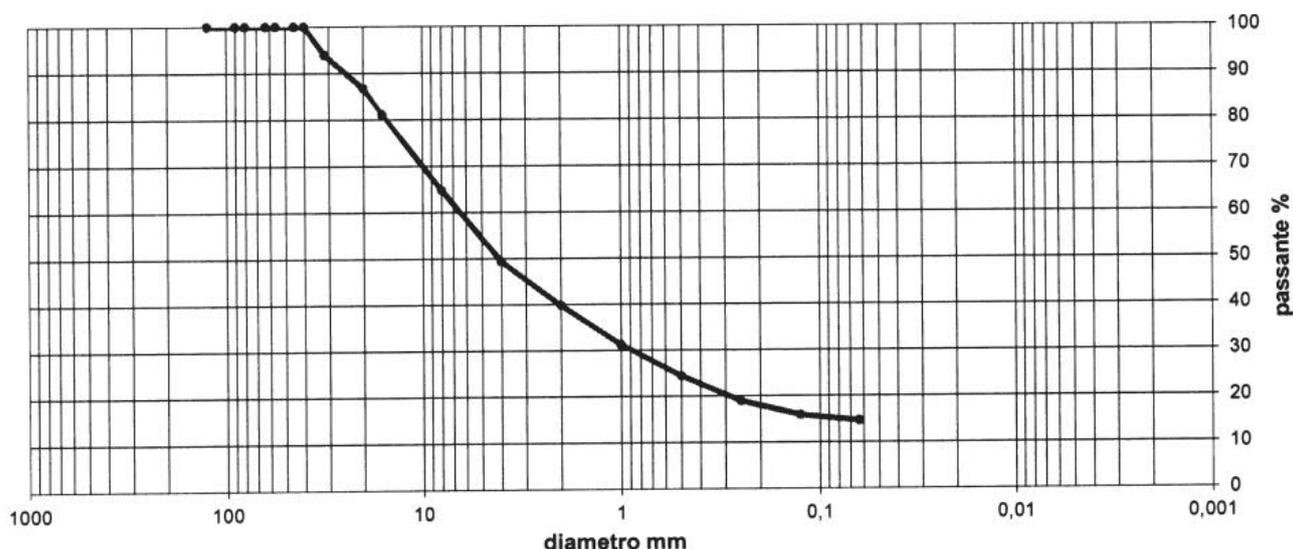


Figura 12 Curva granulometrica S1-C3

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui provini di terreno prelevati mettono in evidenza una componente di terreno prevalentemente ghiaioso-sabbioso, che confermano i risultati dei sondaggi. La percentuale di passante inferiore a 0.063 mm (limite di passaggio tra sabbia e limo) risulta essere ridotta.

Analisi granulometrica del terreno: S2

Relativamente al sondaggio S1, sono state realizzate prove in laboratorio di tipo granulometrico su due campioni di terreno, di altezza 1 metro, prelevati a quote -8.5m, e -11.5m. Si riportano di seguito i grafici relativi alla analisi granulometrica dei tre provini.

S2-C1 (-8.5 METRI ÷ -9.5 METRI)

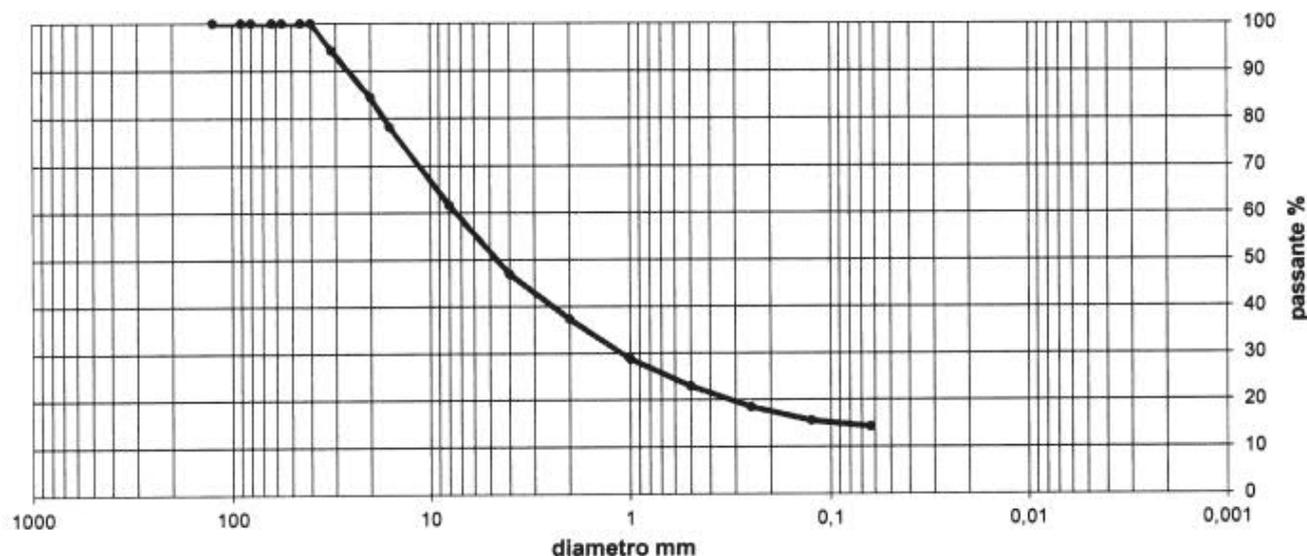


Figura 13 Curva granulometrica S2-C1

S2-C2 (-11.5 METRI ÷ -12.5 METRI)

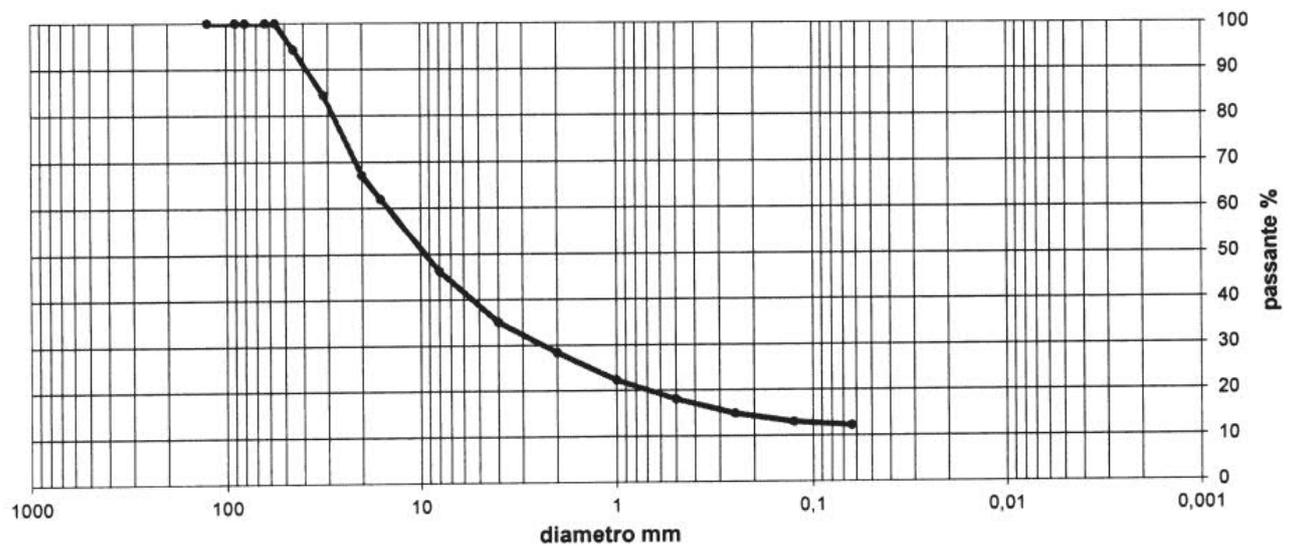


Figura 14 Curva granulometrica S2-C2

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui provini di terreno prelevati mettono in evidenza una componente di terreno prevalentemente ghiaioso-sabbioso, che confermano i risultati dei sondaggi. La percentuale di passante inferiore a 0.063 mm (limite di passaggio tra sabbia e limo) risulta essere ridotta.

Analisi granulometrica del terreno: S3

Relativamente al sondaggio S1, sono state realizzate prove in laboratorio di tipo granulometrico su due campioni di terreno, di altezza 1 metro, prelevati a quote -8.5m, e -11.5m. Si riportano di seguito i grafici relativi alla analisi granulometrica dei tre provini.

S3-C1 (-8.5 METRI ÷ -9.5 METRI)

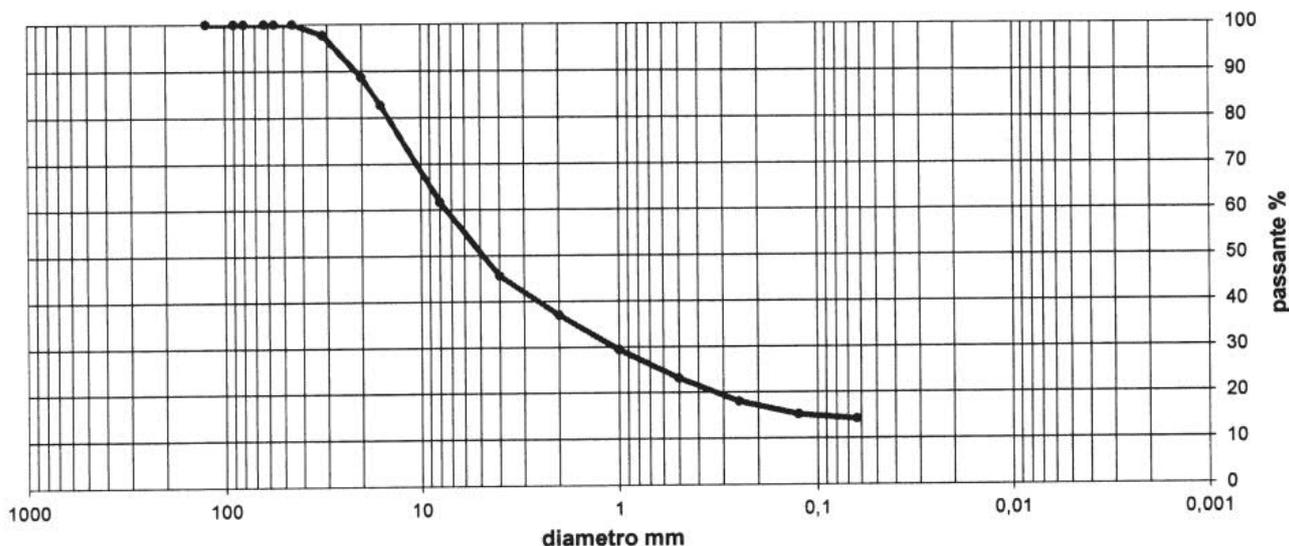


Figura 15 Curva granulometrica S3-C1

S3-C2 (-11.5 METRI ÷ -12.5 METRI)

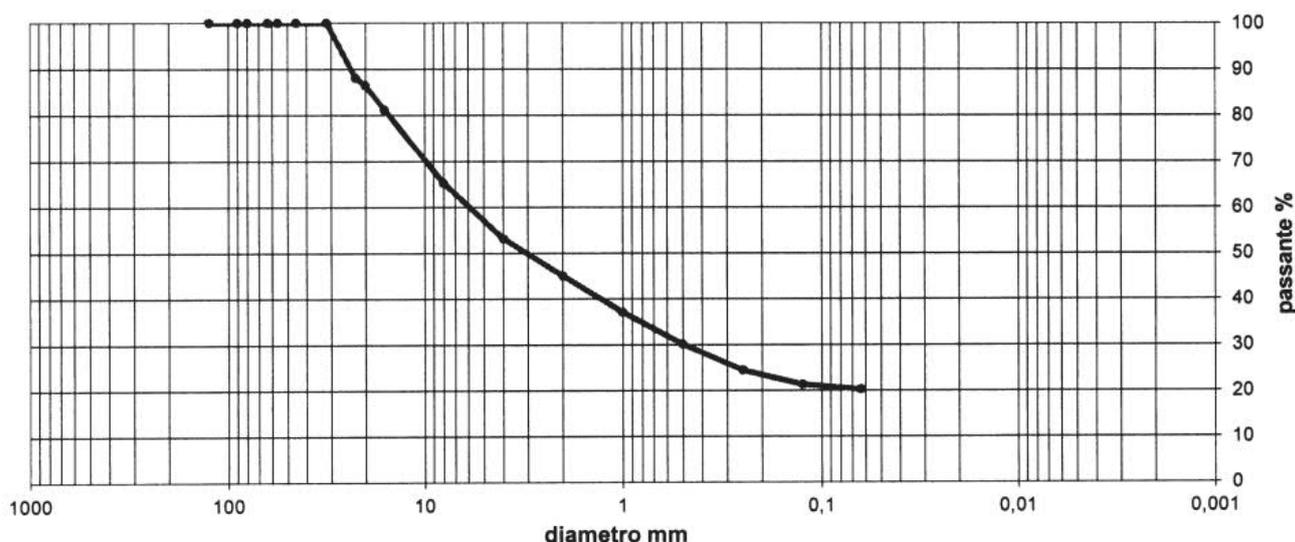


Figura 16 Curva granulometrica S2-C2

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui provini di terreno prelevati mettono in evidenza una componente di terreno prevalentemente ghiaioso-sabbioso, che confermano i risultati dei sondaggi. La percentuale di passante inferiore a 0.063 mm (limite di passaggio tra sabbia e limo) risulta essere ridotta.

Analisi granulometrica del terreno: S4

Relativamente al sondaggio S1, sono state realizzate prove in laboratorio di tipo granulometrico su due campioni di terreno, di altezza 1 metro, prelevati a quote -8.5m, e -11.5m. Si riportano di seguito i grafici relativi alla analisi granulometrica dei tre provini.

S4-C1 (-8.5 METRI ÷ -9.5 METRI)

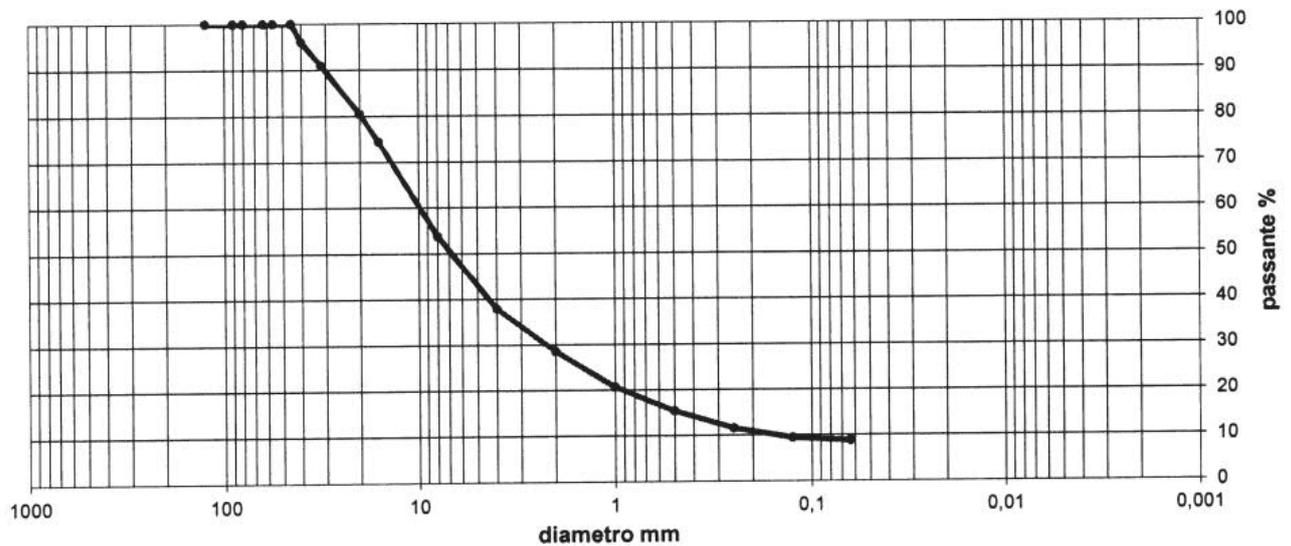


Figura 17 Curva granulometrica S4-C1

S4-C2 (-11.5 METRI ÷ -12.5 METRI)

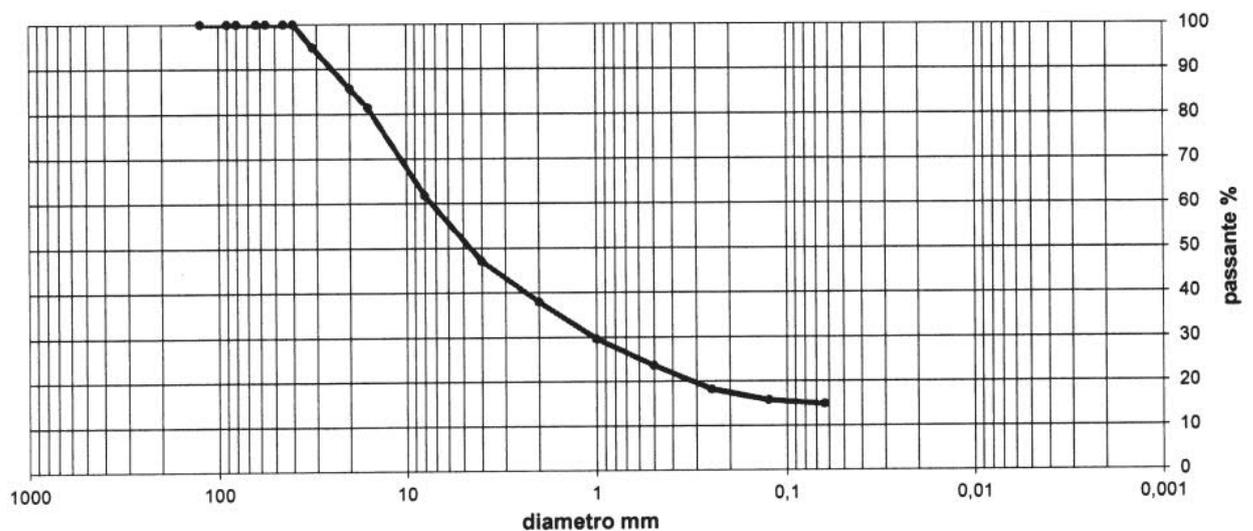


Figura 18 Curva granulometrica S4-C2

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui provini di terreno prelevati mettono in evidenza una componente di terreno prevalentemente ghiaioso-sabbioso, che confermano i risultati dei sondaggi. La percentuale di passante inferiore a 0.063 mm (limite di passaggio tra sabbia e limo) risulta essere ridotta.

Analisi granulometrica del terreno: S5

Relativamente al sondaggio S1, sono state realizzate prove in laboratorio di tipo granulometrico su tre campioni di terreno, di altezza 1 metro, prelevati a quote -5.5m, -

9.5m e -13.5m. Si riportano di seguito i grafici relativi alla analisi granulometrica dei tre provini.

S5-C1 (-5.5 METRI ÷ -6.5 METRI)

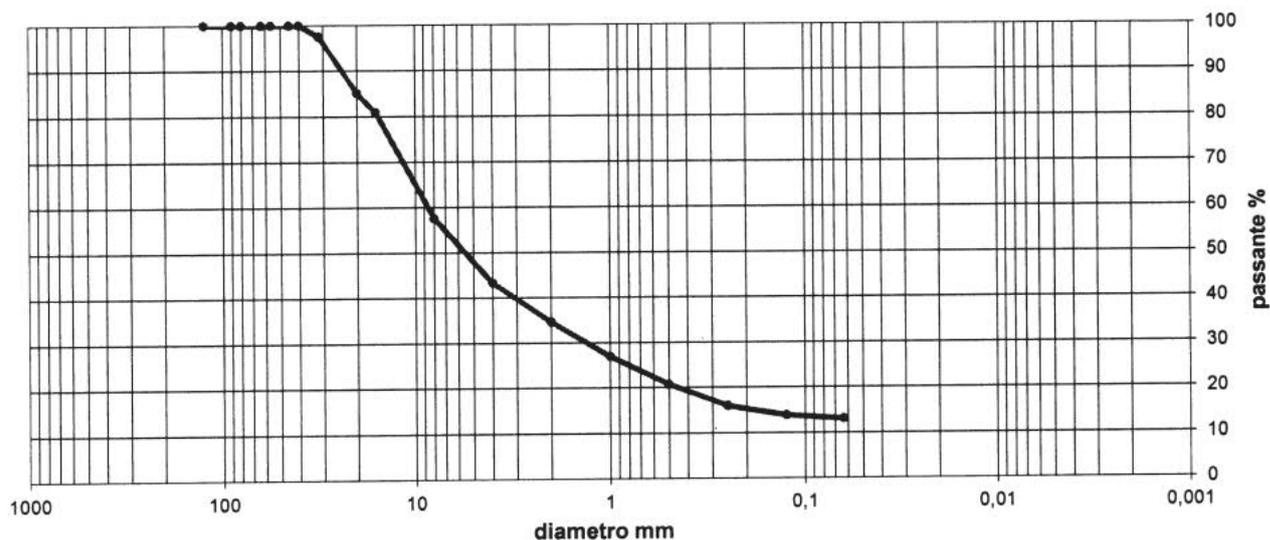


Figura 19 Curva granulometrica S5-C1

S5-C2 (-9.5 METRI ÷ -10.5 METRI)

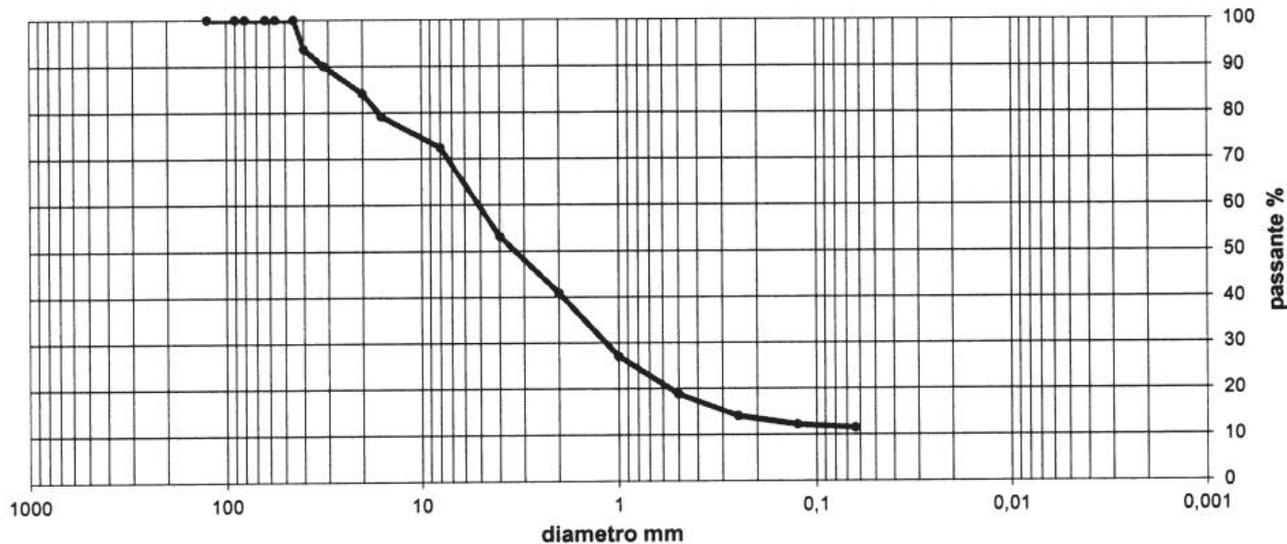


Figura 20 Curva granulometrica S5-C2

S5-C3 (-13.5 METRI ÷ -14.5 METRI)

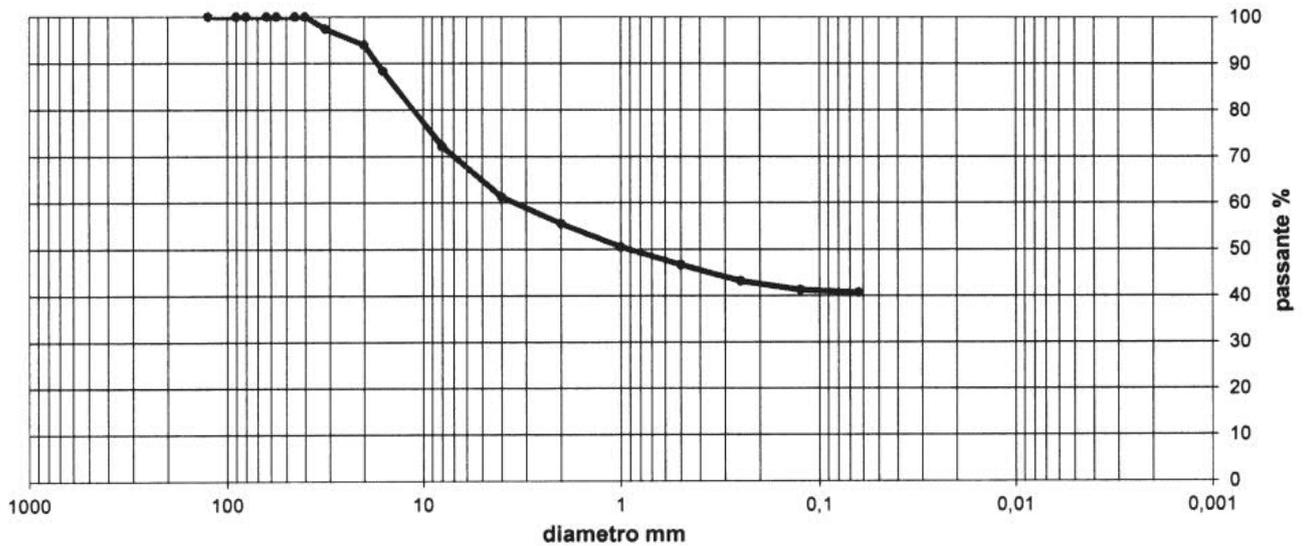


Figura 21 Curva granulometrica S5-C3

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui provini di terreno S5-C1 e S5-C2 prelevati mettono in evidenza una componente di terreno prevalentemente ghiaioso-sabbioso, che confermano i risultati dei sondaggi. La percentuale di passante inferiore a 0.063 mm (limite di passaggio tra sabbia e limo) risulta essere ridotta.

Il provino S5-C3, da analisi granulometrica, risulta essere composto da ghiaia (circa 45%), sabbia (circa 15%) e una buona percentuale di limo sabbioso (circa il 40%). Si calcola quindi l'angolo di attrito nel caso in cui il terreno risulta essere composto da sabbia grossa ghiaiosa, attraverso la formula di Schmertmann valida per questo tipo di terreno:

$$\Phi (^{\circ}) = 34.5 - 0.10 \cdot D_r = 34.5 + 0.1 \cdot 96 = 44^{\circ}$$

L'assunzione di un angolo di attrito pari a 45° risulta essere validata anche per terreno composto da ghiaia con limo, come nel caso analizzato.

Analisi granulometrica del terreno: Scavo 1-C1

Relativamente allo Scavo 1 -C1, è stata realizzata una analisi granulometrica su un campione di terreno di altezza 0.2 metri, prelevati a quote -0.5 m dal p.c. Si riporta di seguito la curva granulometrica.

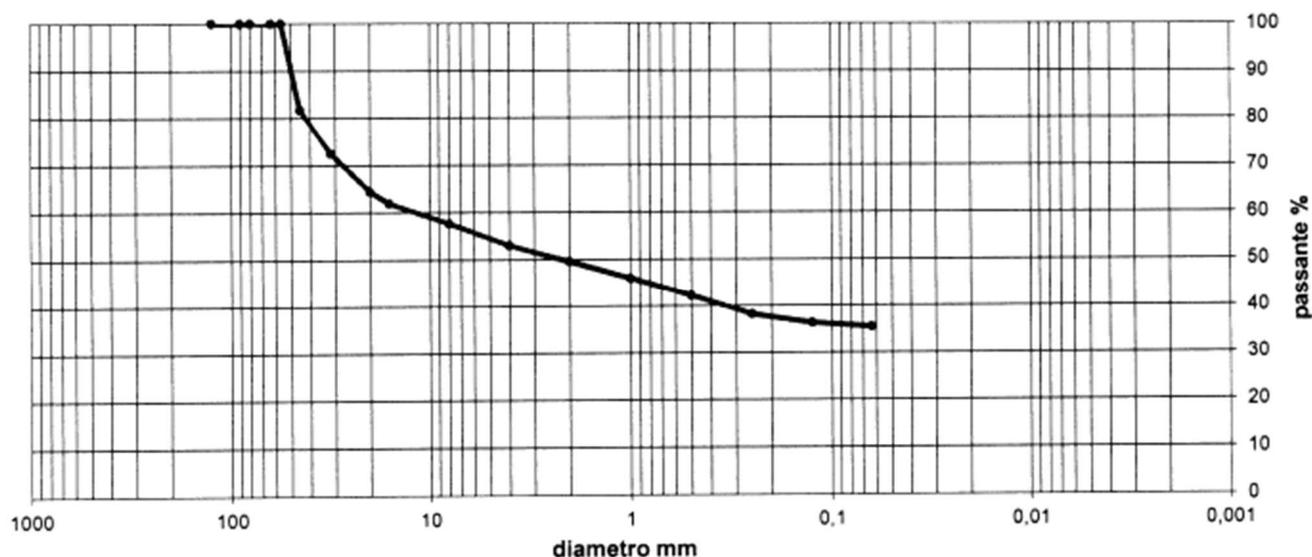


Figura 22 Curva granulometrica Scavo 1 - C1

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui campioni di terreno superficiali mettono in evidenza una componente prevalentemente grossolana composta da ghiaia (circa 50%) e sabbia (circa 14.5%), in cui però non manca una buona percentuale di frazione fine (circa 35.5%): questa condizione risulta essere rappresentativa del terreno di riporto superficiale.

Analisi granulometrica del terreno: Scavo 2-C2

Relativamente allo Scavo 2-C2, è stata realizzata una analisi granulometrica su un campione di terreno di altezza 0.2 metri, prelevati a quote -0.5 m dal p.c. Si riporta di seguito la curva granulometrica.

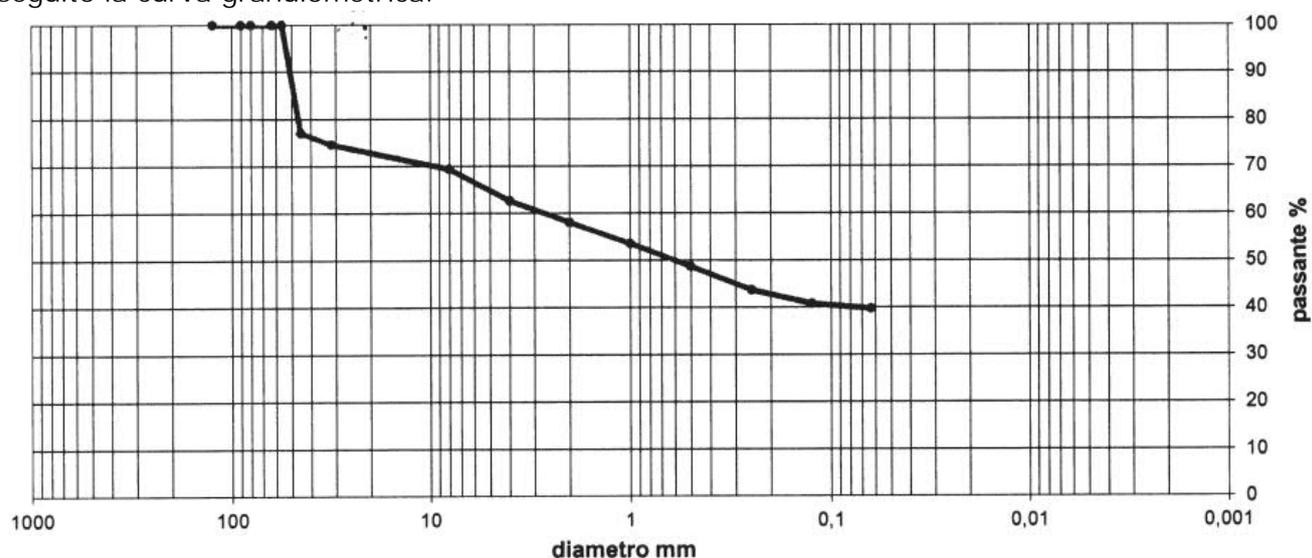


Figura 23 Curva granulometrica Scavo 2 - C2

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui campioni di terreno superficiali mettono in evidenza una componente prevalentemente grossolana composta da ghiaia (circa 42%)

e sabbia (circa 18.3%), in cui però non manca una buona percentuale di frazione fine (circa 39.7%): questa condizione risulta essere rappresentativa del terreno di riporto superficiale.

Analisi granulometrica del terreno: Scavo 3-C3

Relativamente allo Scavo 3-C3, è stata realizzata una analisi granulometrica su un campione di terreno di altezza 0.2 metri, prelevati a quote -0.5 m dal p.c. Si riporta di seguito la curva granulometrica.

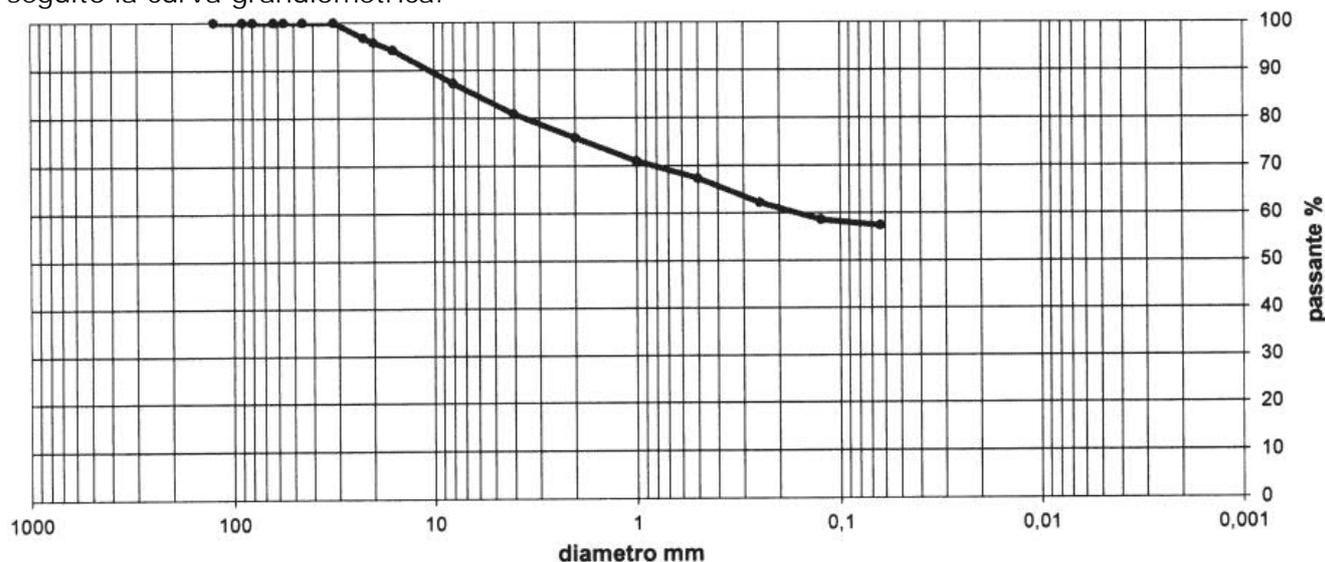


Figura 24 Curva granulometrica Scavo 3 - C3

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui campioni di terreno superficiali mettono in evidenza una componente prevalentemente fine limo+argilla (circa 57.3%), ghiaia (circa 24%) e sabbia (circa 18.7%): questa condizione risulta essere rappresentativa del terreno di riporto superficiale

Analisi granulometrica del terreno: Scavo 4-C4

Relativamente allo Scavo 4-C4, è stata realizzata una analisi granulometrica su un campione di terreno di altezza 0.2 metri, prelevati a quote -0.5 m dal p.c. Si riporta di seguito la curva granulometrica.

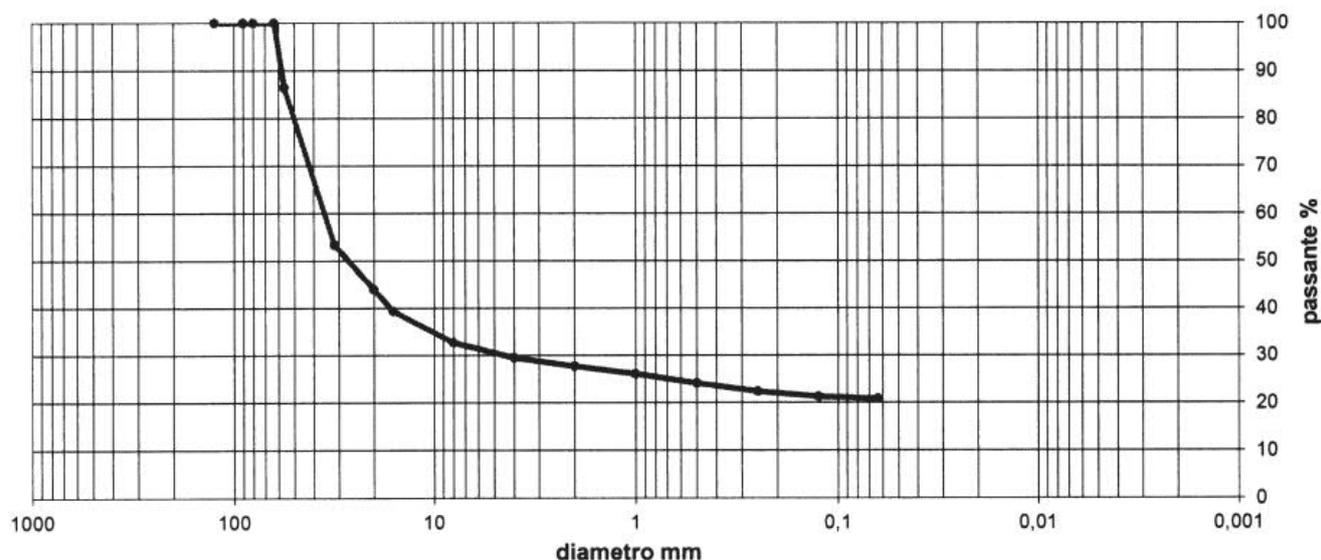


Figura 25 Curva granulometrica Scavo 4 – C4

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui campioni di terreno superficiali mettono in evidenza una componente prevalentemente grossolana composta da ghiaia (circa 72%) e sabbia (circa 6.9%), con una ridotta percentuale di frazione fine (circa 20.8%): questa condizione risulta essere rappresentativa del terreno di riporto superficiale.

Analisi granulometrica del terreno: Scavo 5-C5

Relativamente allo Scavo 5-C5, è stata realizzata una analisi granulometrica su un campione di terreno di altezza 0.2 metri, prelevati a quote -0.5 m dal p.c. Si riporta di seguito la curva granulometrica.

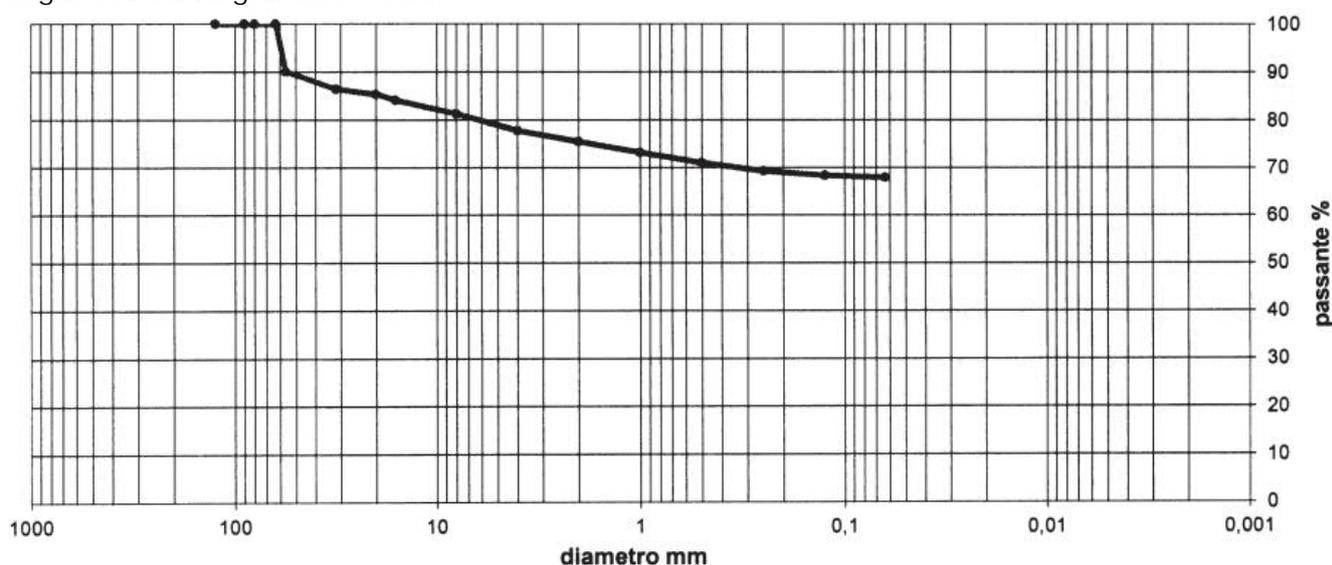


Figura 26 Curva granulometrica Scavo 5 – C5

I risultati della analisi granulometrica realizzata sui campioni di terreno superficiali mettono in evidenza una componente prevalentemente fine limo+argilla (circa 67.8%), ghiaia (circa

24.5%) e sabbia (circa 7.7%): questa condizione risulta essere rappresentativa del terreno di riporto superficiale

Limiti di consistenza

Vengono prelevati dei campioni di terreno a quota -0.5 metri dal p.c. e vengono definiti i limiti di Atterberg su provini di terreno.

I limiti di consistenza o di Atterberg sono i valori del contenuto d'acqua che caratterizzano i passaggi di stato in un terreno coesivo; nel passaggio dallo stato liquido a quello plastico si parla di limite di liquidità (LL), dallo stato plastico a quello semisolido si parla di limite di plasticità (LP), dallo stato semisolido a quello solido si parla di limite di ritiro (LR).

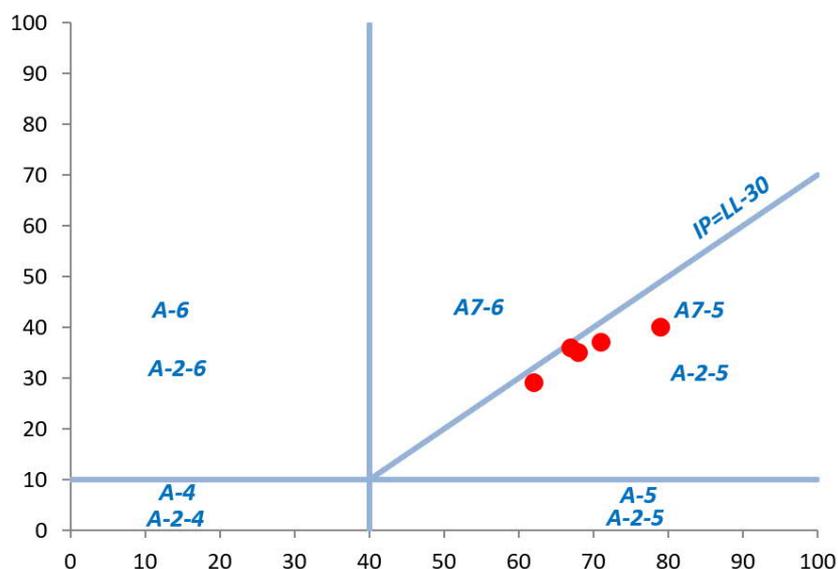
A partire da questi valori del contenuto d'acqua si può determinare il valore dell'indice di plasticità I_p che è la differenza tra limite liquido e limite plastico.

Le prove per la determinazione dei limiti di consistenza sono effettuate secondo le specifiche UNI CEN ISO/TS 17892-12, e i risultati ottenuti sono riportati in Tabella 9. Come si evince dai risultati ottenuti in laboratorio, i terreni più superficiali sono caratterizzati da presenza di frazione fine e l'interpretazione delle prove di laboratorio confermano depositi di argille di media plasticità.

Tabella 9 Definizione dei limiti di Atterberg per i provini analizzati

| Sigla campione | LL [%] | LP [%] | IP [%] |
|----------------|--------|--------|--------|
| Scavo 1-C1 | 68 | 33 | 35 |
| Scavo 2-C2 | 67 | 31 | 36 |
| Scavo 3-C3 | 79 | 39 | 40 |
| Scavo 4-C4 | 71 | 34 | 37 |
| Scavo 5-C5 | 62 | 33 | 29 |

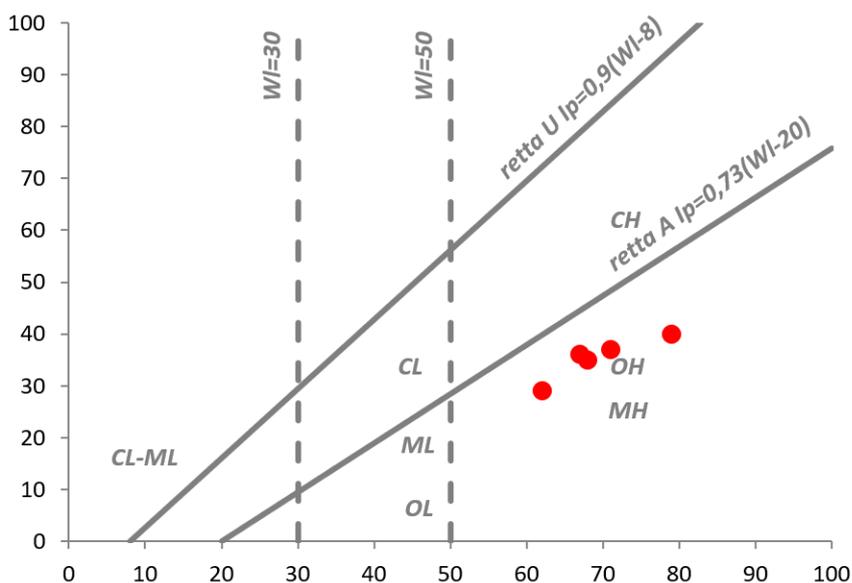
AASHTO



| Classificazione generale: | Materiali granulari (passante al setaccio N.200 ≤ 35%) | | | | | | | Limi-Argille (passante al setaccio N.200 ≥ 35%) | | | | |
|---|---|-------|--------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--|------|---------|-----------------|--|
| | A-1 | | A-3 | A-2 | | | | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | |
| Classificazione di gruppo: | A-1-a | A-1-b | | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 | | | | A-7-5* A-7-6 | |
| Analisi granulometrica: | | | | | | | | | | | | |
| % passante al setaccio: | | | | | | | | | | | | |
| - N.10 (2mm) | ≤ 50 | | | | | | | | | | | |
| - N.40 (0.12 mm) | ≤ 30 | ≤ 50 | ≥ 51 | | | | | | | | | |
| - N.200 (0.074 mm) | ≤ 15 | ≤ 25 | ≤ 10 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≤ 35 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | ≥ 36 | |
| Limiti di Atterberg determinati sul passante al setaccio N.40 (0.42 mm): | | | | | | | | | | | | |
| - w_L (%) | | | Non plastico | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | ≤ 40 | ≥ 41 | |
| - I_p (%) | ≤ 6 | | | ≤ 10 | ≥ 10 | ≤ 11 | ≥ 11 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 11 | ≥ 11 | |
| Indice di gruppo (I): | 0 | | 0 | 0 | | ≤ 4 | | ≤ 8 | ≤ 12 | ≤ 16 | ≤ 20 | |
| Materiale costituente: | Ghiaia (pietrame) con sabbia | | Sabbia | Ghiaia e sabbia limosa o argillosa | | | | Limi | | Argille | | |
| Materiale come sottofondo: | Da eccellente a buono | | | | | | | Da buono a scarso | | | | |

Figura 27 Classificazione AASHTO del terreno

CARTA DI PLASTICITÀ



CARTA DI PLASTICITÀ'

Legenda:

- ML Limi inorganici, limi argillosi, sabbie molto fini limose
- CL Argille inorganiche di media-bassa plasticità; argille limose sabbiose o ghiaiose
- OL Limi organici e argille; limi organici di bassa plasticità
- MH Limi inorganici, limi argillosi
- CH Argille inorganiche di bassa plasticità
- OH Argille inorganiche e argille limose di media-alta plasticità

Figura 28 Carta di plasticità di Casagrande

Prova di costipamento

La prova di costipamento (prova PROCTOR,) viene realizzata su provini di terreno prelevati a quota -0.5 metri dal p.c. e viene eseguita facendo riferimento alla direttiva A.A.S.H.T.O. La prova di costipamento permette di definire l'influenza del contenuto d'acqua e dell'energia applicata, per il costipamento del terreno, sul comportamento del materiale. La prova consiste nel disporre a strati una certa quantità di terreno preventivamente essiccato o bagnato in un cilindro metallico di dimensioni standard. Successivamente si procede alla compattazione del terreno attraverso la caduta di un pestello per un numero prefissato di colpi (25). L'operazione viene ripetuta per un certo numero di stati (in questo caso 5, essendo una prova PROCTOR modificata) per riempire il cilindro fino ad una quota prestabilita. Successivamente a ciò si estrae il terreno dal cilindro, si pesa e si determina il contenuto d'acqua. Mediante il peso del terreno P e il volume V si ricava il peso di volume Y e, avendo determinato il contenuto d'acqua w , si può ricavare il peso di volume secco Y_d .

I risultati della prova Proctor vengono riportati di seguito.

SCAVO 1- C1

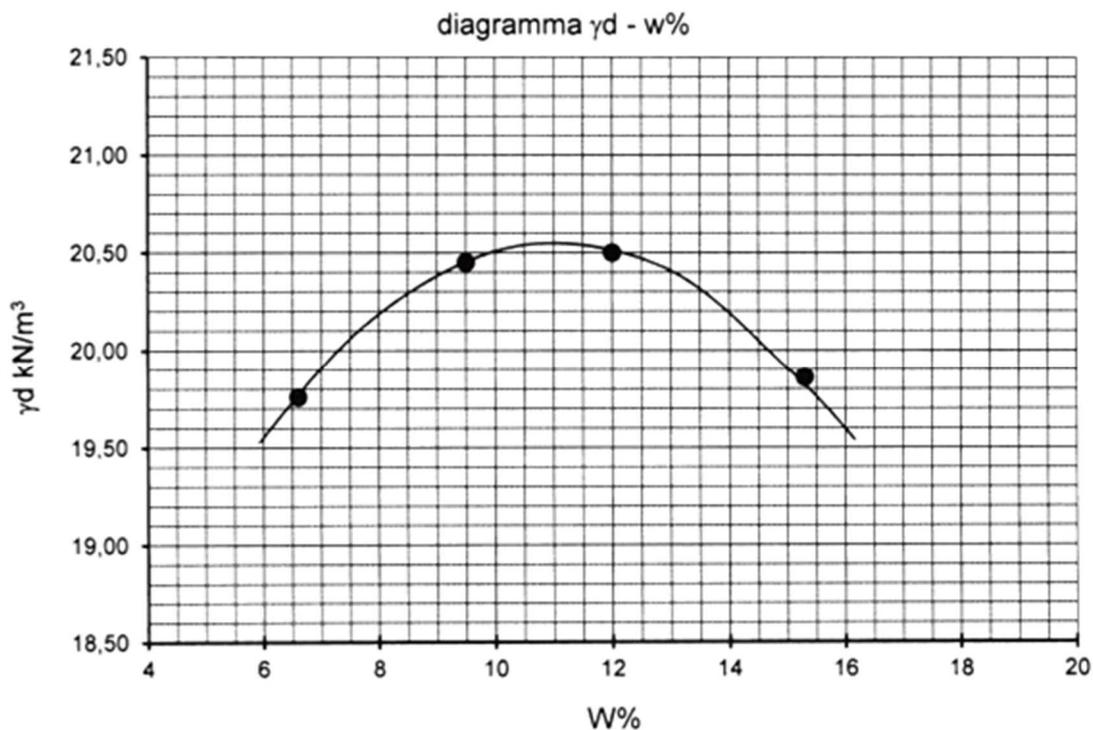


Figura 29 Prova di costipamento SCAVO 1-C1

Al contenuto di acqua w ottimale, pari a 11.2%, corrisponde il massimo valore del peso di volume secco Y_d , pari a 20.53 kN/m³.

SCAVO 2- C2

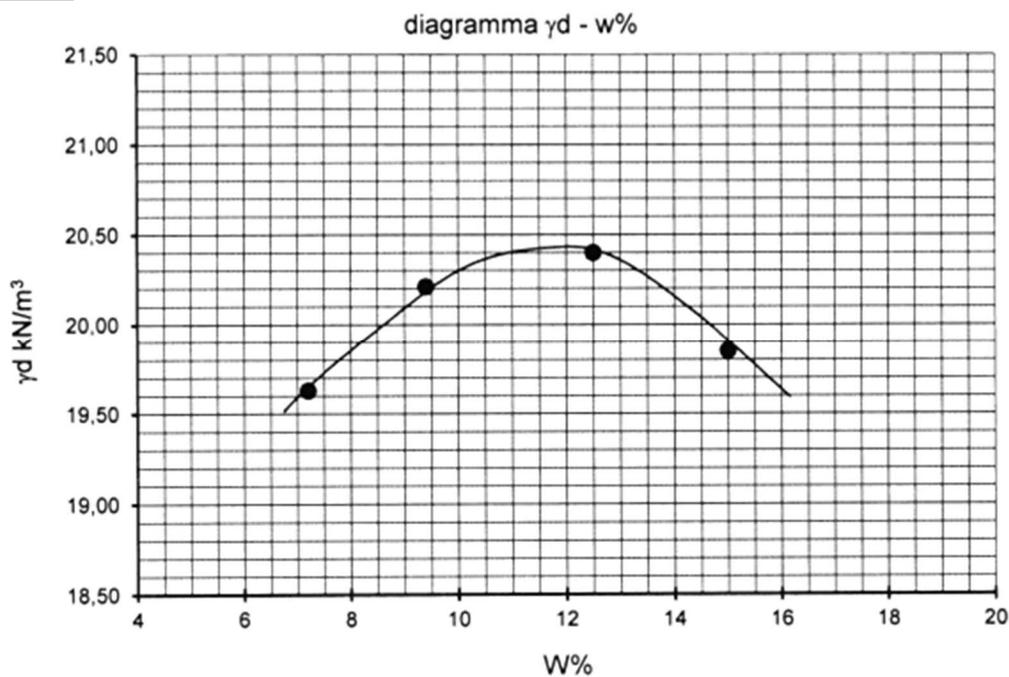


Figura 30 Prova di costipamento SCAVO 2-C2

Al contenuto di acqua w ottimale, pari a 12%, corrisponde il massimo valore del peso di volume secco γ_d , pari a 20.46 kN/m³.

SCAVO 3-C3

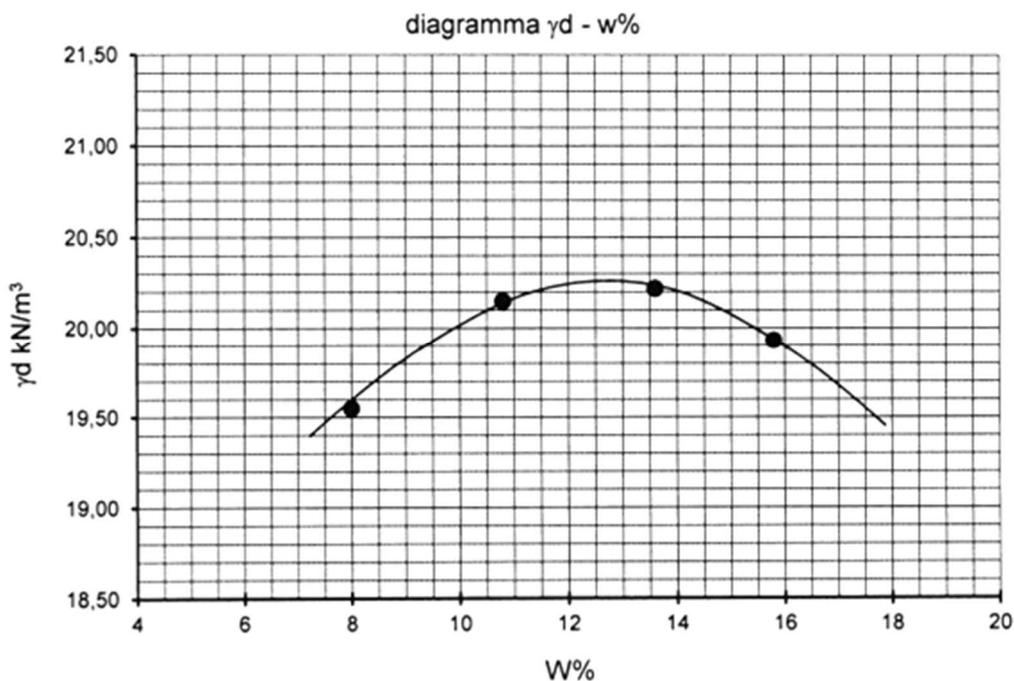


Figura 31 Prova di costipamento SCAVO 3-C3

Al contenuto di acqua w ottimale, pari a 12.7%, corrisponde il massimo valore del peso di volume secco γ_d , pari a 20.26 kN/m^3 .

SCAVO 4- C4

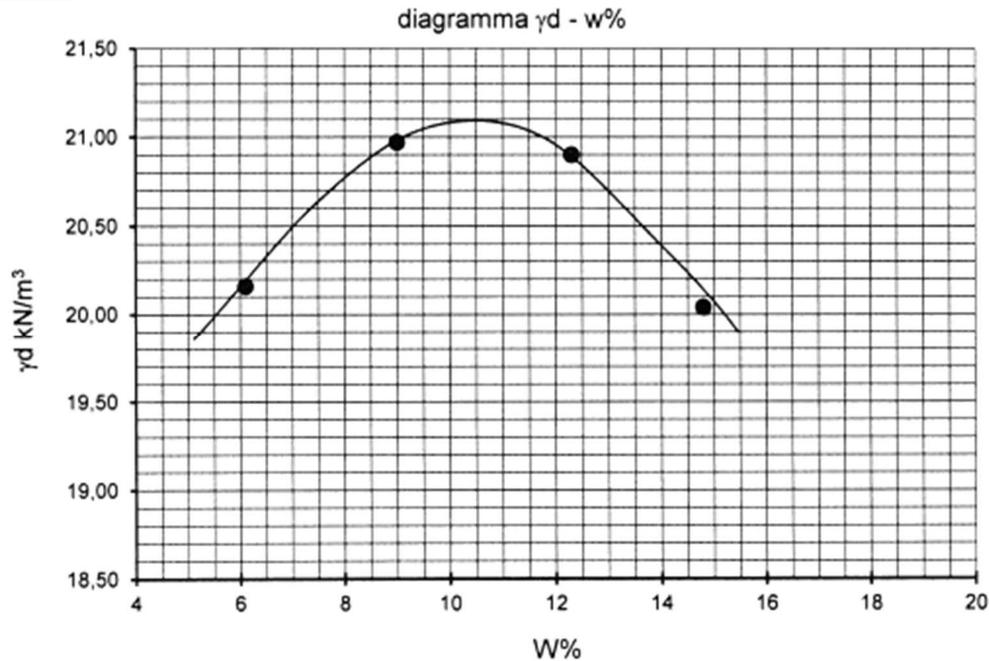


Figura 32 Prova di costipamento SCAVO 4-C4

Al contenuto di acqua w ottimale, pari a 10.5%, corrisponde il massimo valore del peso di volume secco γ_d , pari a 21.10 kN/m^3 .

SCAVO 5- C5

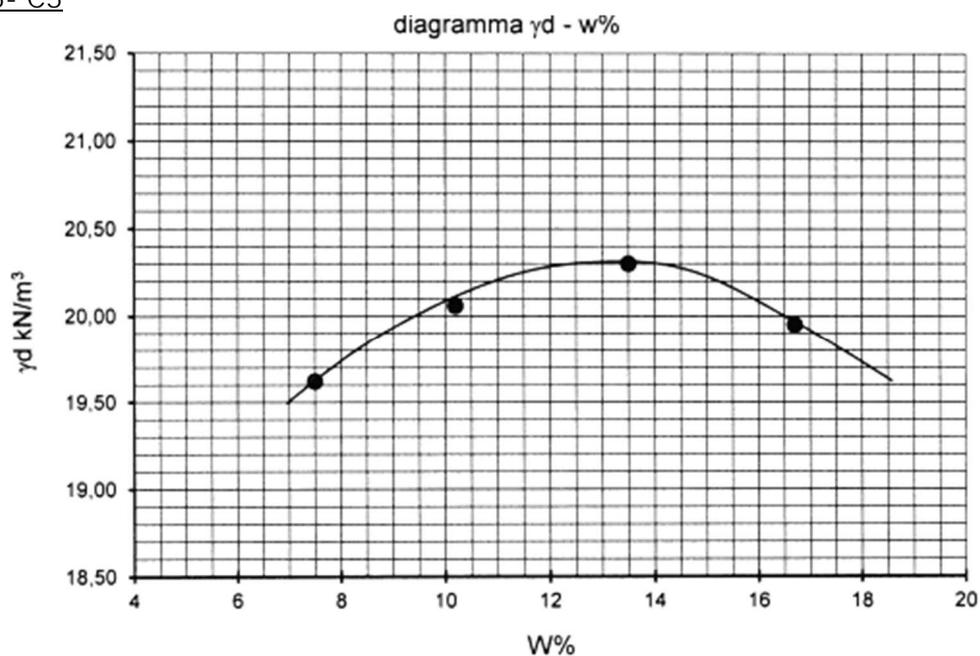


Figura 33 Prova di costipamento SCAVO 4-C4

Al contenuto di acqua w ottimale, pari a 13.5%, corrisponde il massimo valore del peso di volume secco Y_d , pari a 20.30 kN/m³.

Dai risultati ottenuti dalla prova Proctor, realizzata sui provini analizzati, si può confermare l'assunzione di un valore di Y pari a 20 kN/ m³.

Prova CBR (California Bearing Ratio)

La prova CBR è una prova che permette di valutare l'idoneità di un terreno alla realizzazione di sottofondi e rilevati stradali. La prova consiste nel fare penetrare un pistone di diametro standard, ad una velocità predefinita e costante, e nella misura della pressione necessaria per eseguire la perforazione (che deve raggiungere un valore massimo di 12.7 mm).

Da ciascuna curva di penetrazione si ottiene il carico corrispondente alla penetrazione della punta del pistone di 2.5 mm che, rapportato al carico di riferimento, permette di ottenere l'indice CBR.

In questa fase, tale prova non fornisce informazioni relativi alla natura e alle caratteristiche geotecniche del terreno.

SCAVO 1- C1

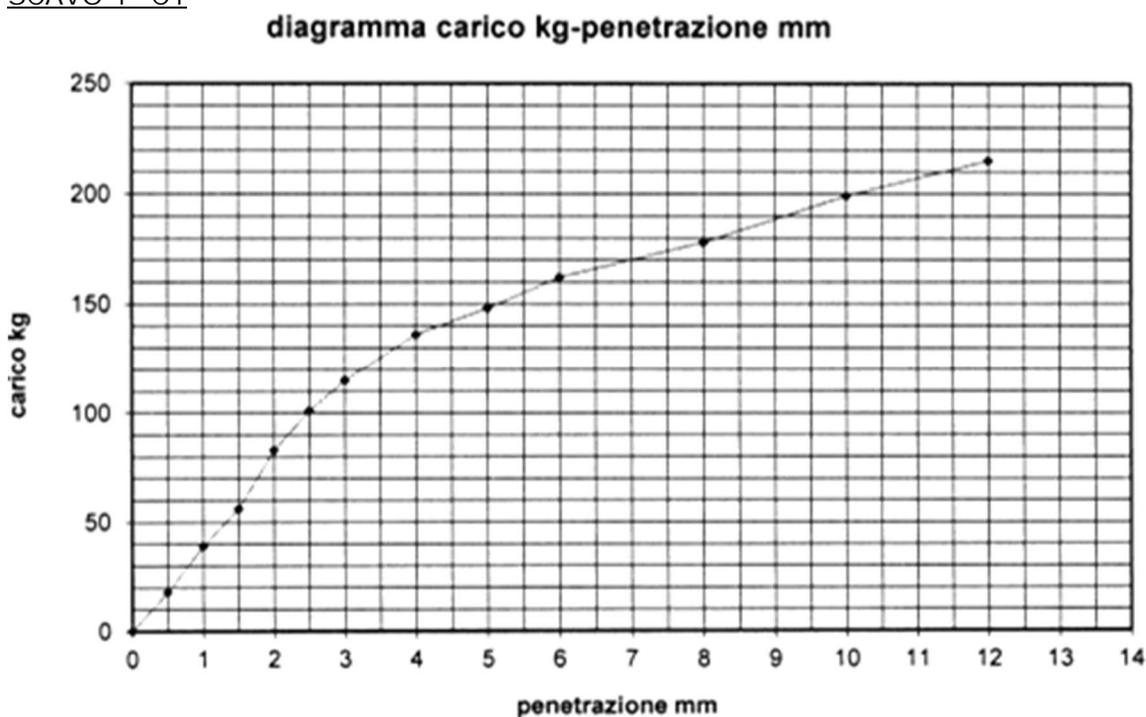


Figura 34 Diagramma carico-penetrazione (SCAVO 1-C1)

L'indice CBR risulta essere pari a 7%.

SCAVO 2- C2

diagramma carico kg-penetrazione mm

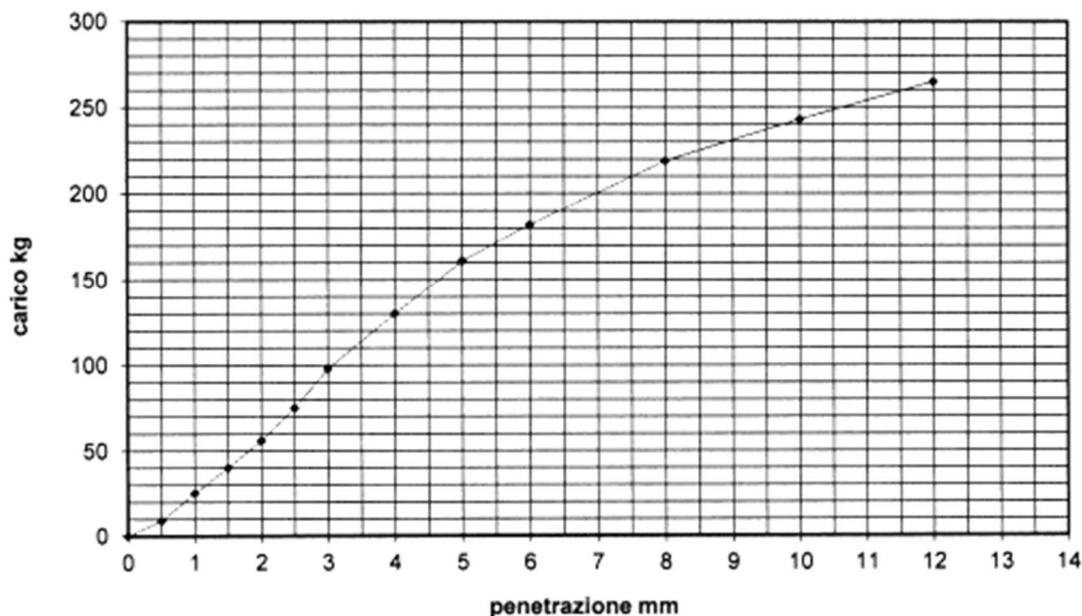


Figura 35 Diagramma carico-penetrazione (SCAVO 2-C2)

L'indice CBR risulta essere pari a 8%.

SCAVO 3- C3

diagramma carico kg-penetrazione mm

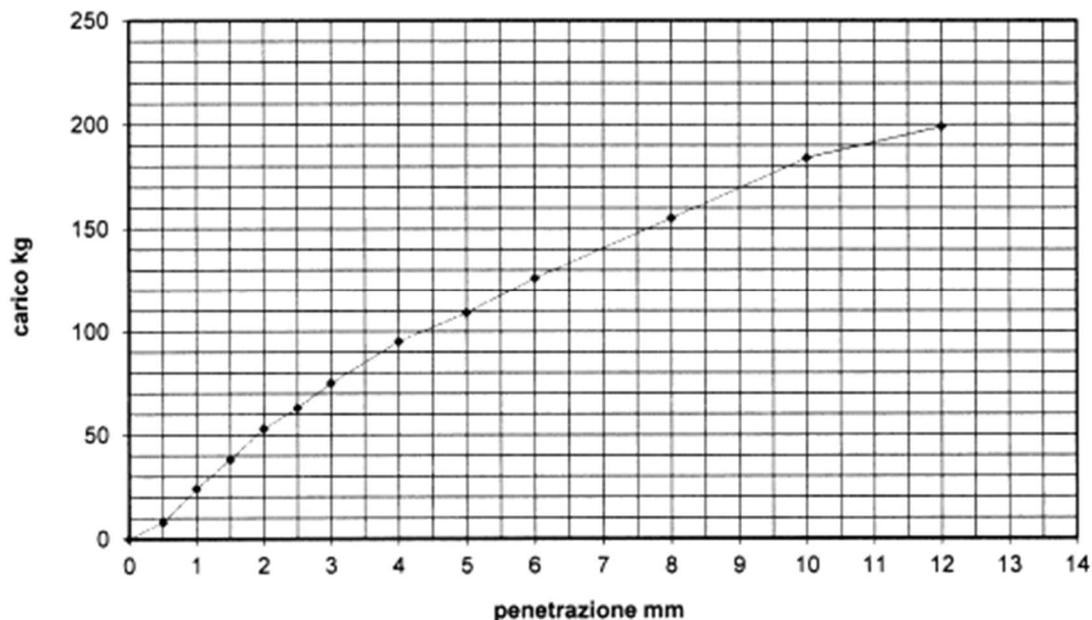


Figura 36 Diagramma carico-penetrazione (SCAVO 3-C3)

L'indice CBR risulta essere pari a 5%.

SCAVO 4- C4

diagramma carico kg-penetrazione mm

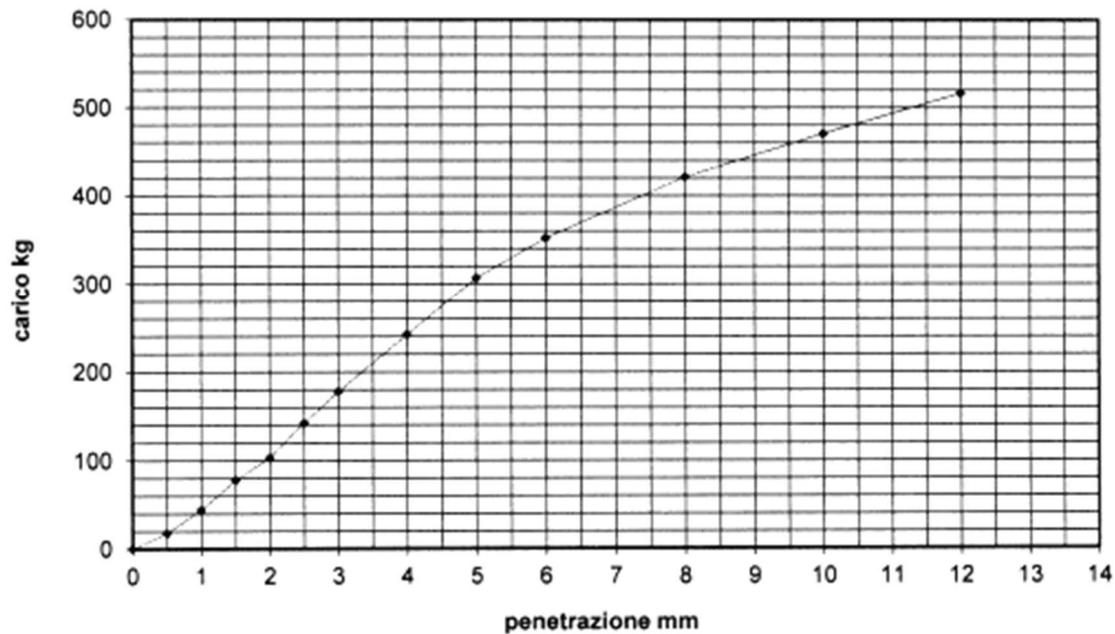


Figura 37 Diagramma carico-penetrazione (SCAVO 4-C4)

L'indice CBR risulta essere pari a 15%.

SCAVO 5- C5

diagramma carico kg-penetrazione mm

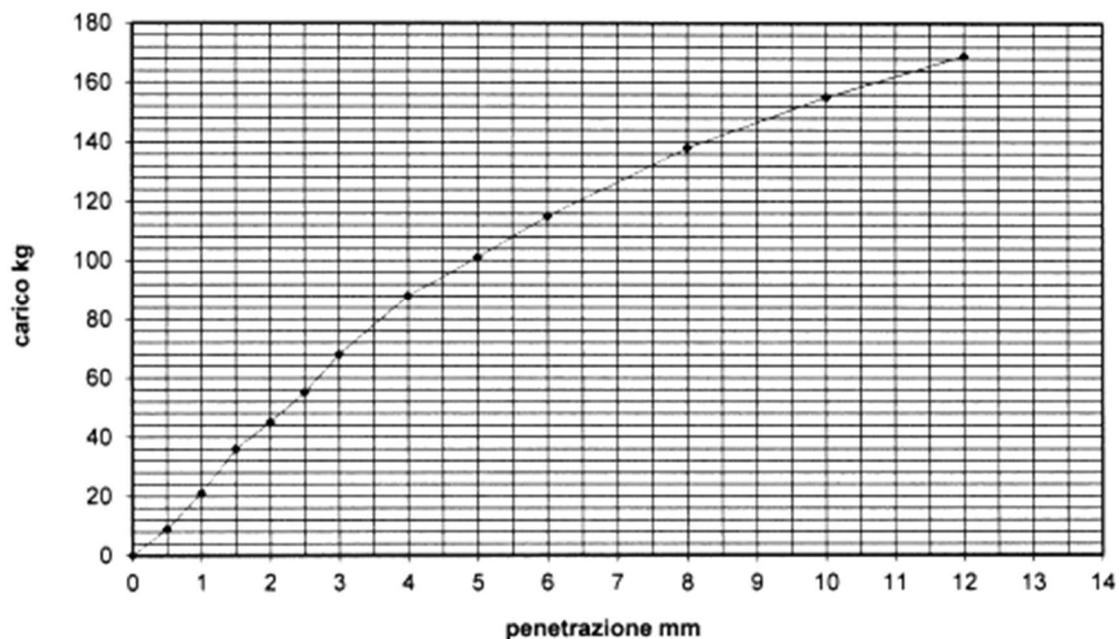


Figura 38 Diagramma carico-penetrazione (SCAVO 5-C5)

L'indice CBR risulta essere pari a 5%.

MODELLO GEOTECNICO

Si definisce di seguito il modello geotecnico assunto per il dimensionamento e le verifiche delle opere future nell'area in oggetto. Dai risultati ottenuti dalle prove in sito e dalle prove in laboratorio si evince che il terreno superficiale (terreno di riporto) è composto da materiale granulare misto coesivo (ghiaia sabbiosa con buona percentuale di limo+argilla). Il terreno più in profondità è invece caratterizzato da una matrice prevalentemente ghiaiosa con caratteristiche meccaniche buone. Le opere future verranno realizzate in gran parte in trincea; si assume quindi che il terreno coinvolto sia solamente quello ghiaioso definito dalle prove SPT. Le caratteristiche di resistenza del terreno nella zona di analisi sono riportate in Tabella 10.

Tabella 10 Modello geotecnico

| Tipo di terreno | Spessore (m) | γ (kN/m ³) | Φ (°) | E (MPa) |
|---------------------|--------------|-------------------------------|------------|---------|
| Riporto | 2.60 | 20 | 28 | 5.5 |
| Ghiaia medio grossa | 17.40 | 20 | 45 | 80 |

L'angolo di attrito del terreno di riporto viene definito a partire dall'esperienza dello scrivente relativamente ai terreni della stessa natura, non essendoci dati sufficienti per ricavare empiricamente il valore.

RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'area in oggetto, ubicata nel comune di Thiene è stata confermata "zona 3", ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 e successive modifiche. Si riporta di seguito la mappa di classificazione sismica del Veneto e l'indicazione orientativa della zona in oggetto.

Mappa classificazione sismica in veneto

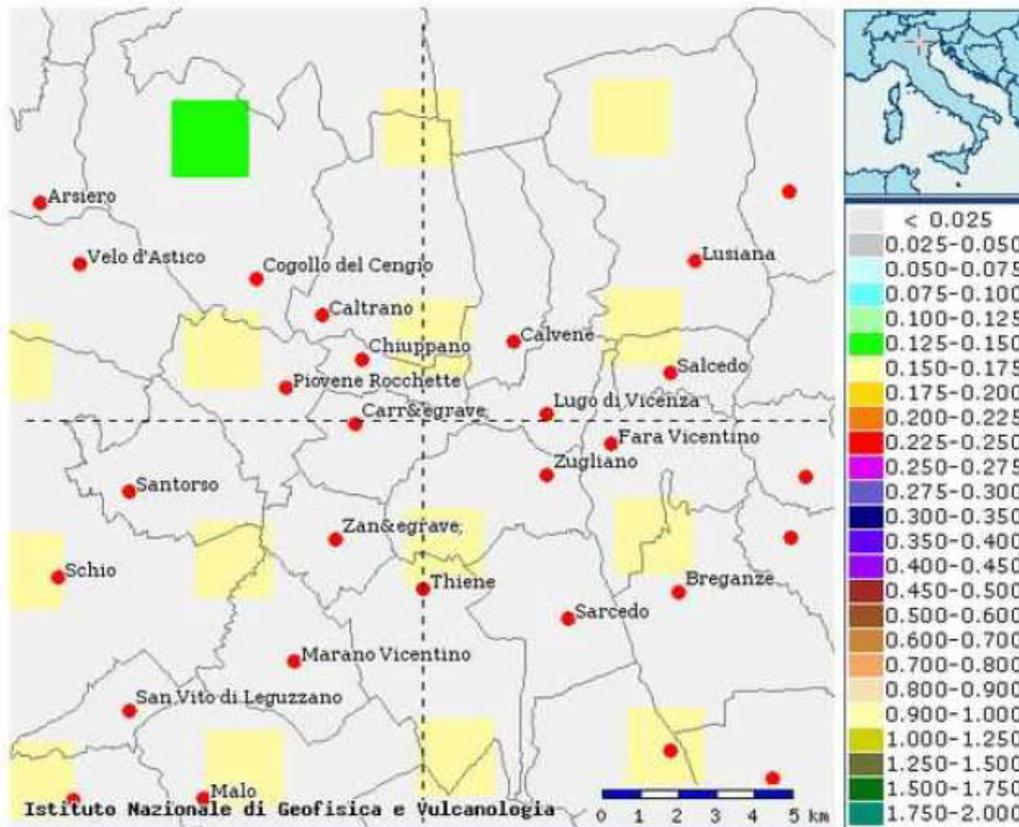
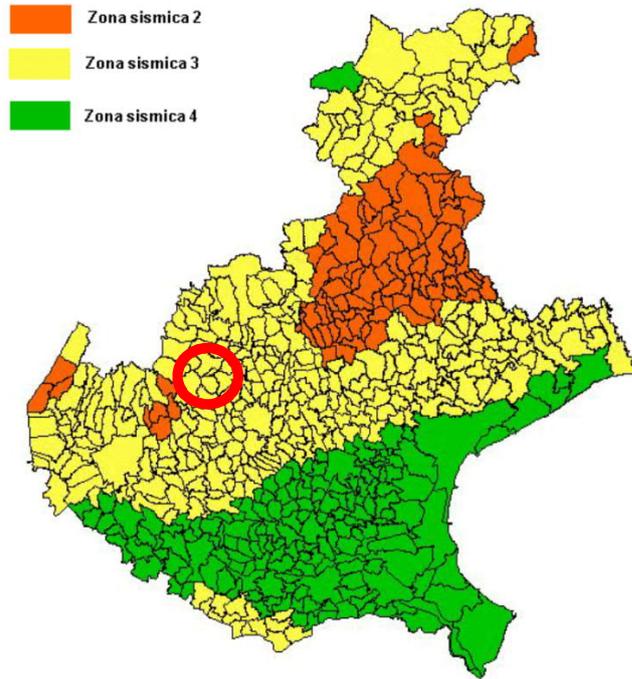


Figura 39 Microzonazione sismica del Veneto e della zona oggetto di analisi

La normativa sismica vigente impone, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, la stima del fattore di amplificazione dell'energia sismica causato dai diversi terreni in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica.

In mancanza di studi specifici della risposta sismica locale, la normativa vigente definisce cinque categorie di suolo di fondazione (A,B,C,D,E) a diversa rigidità sismica, caratterizzate da velocità delle onde di taglio decrescenti e quindi ad effetti amplificativi crescenti.

I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, oltre all'accelerazione a_g , sono stati ottenuti attraverso il programma sperimentale "Spettri di risposta ver.1.0.3", messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

In questo caso il sottosuolo appartiene alla tale categoria B.

Si riporta di seguito, a titolo di mera conferma, il calcolo del V_s (velocità delle onde di taglio) derivante dalle N_{spt} che permette la definizione della categoria di sottosuolo del terreno investigato (N.B. tale approccio è valido adottando le NTC2008). Per terreni composti da 50% da ghiaia, la correlazione tra la V_s e le N_{spt} è:

$$V_s = 60 * N_{spt}^{0.25} * \sigma'_{v0}^{0.14} \text{ (formula di Yoshida e al.)}$$

Nel caso specifico, assumendo come valore di N_{spt} il minor numero di colpi ottenuti dalle diverse prove e corrispondente alla prova SPT realizzata nel sondaggio S5 alla quota di - 10 m dal p.c. (76 colpi), si ottiene:

$$V_s = 60 * 76^{0.25} * (20 * 10)^{0.14} = 60 * 2.95 * 2.10 = 371.7 \text{ m/s}$$

che corrisponde, secondo quanto riportato in normativa, alla categoria di sottosuolo B. Risulta confermata ulteriormente la categoria del sottosuolo.

Per quanto riguarda la categoria topografica del sito, è stata scelta la prima categoria (T1), cioè "superficie pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

La vita nominale dell'opera, facente parte al gruppo delle "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti", è pari o superiore ai 50 anni, e precisamente fissata a 50 anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso diverse; nel nostro caso si fa riferimento alla Classe I I.

Gli spettri di risposta per uno stato limite ultimo SLV (Stato Limite di Vita), con relativi punti e parametri, ottenuti col programma "Spettri di risposta ver.1.0.3" sono riportati di seguito (Figura 40 e Figura 41).

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

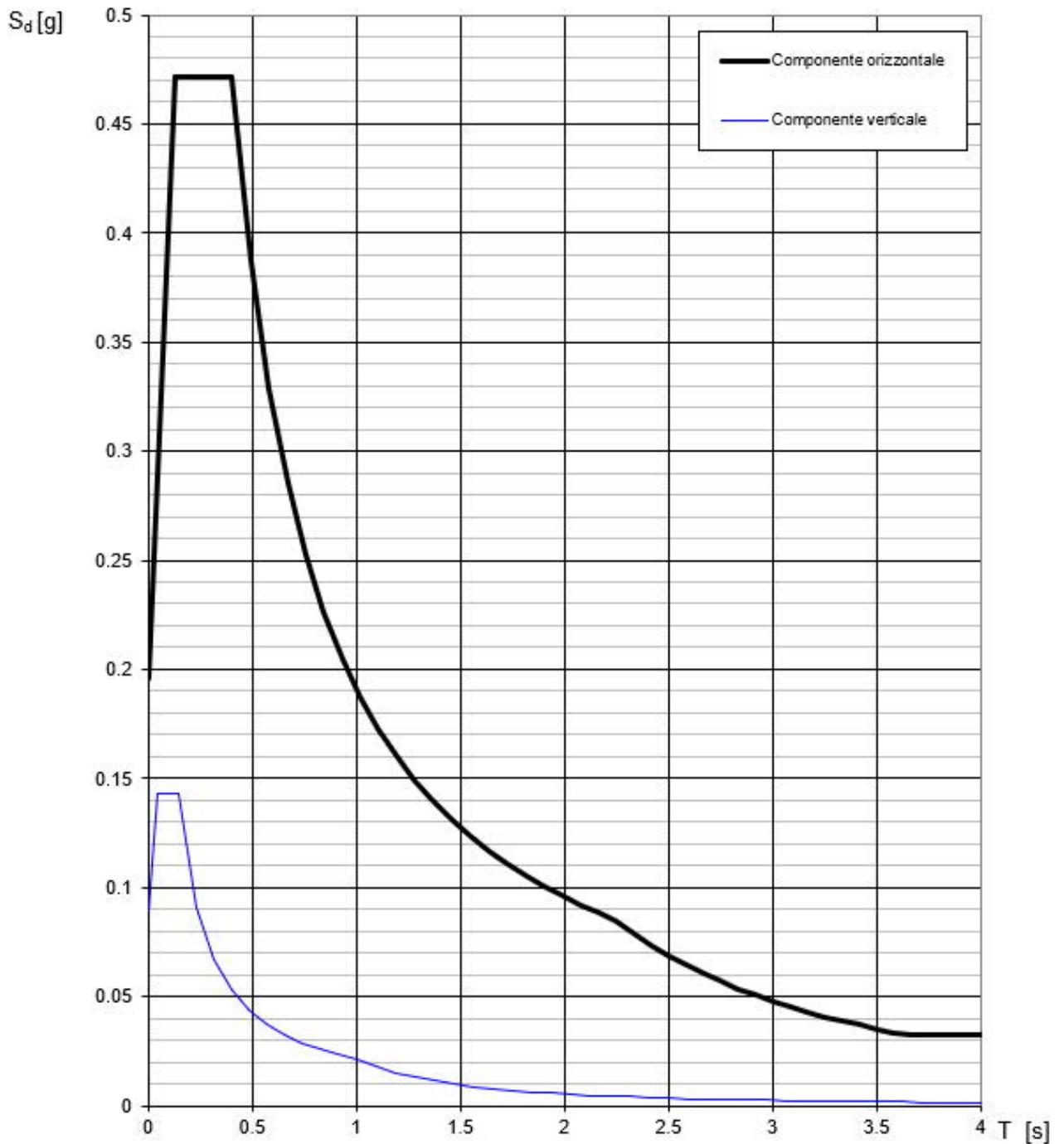


Figura 40. Grafico Spettri sismici di risposta per lo stato limite SLV.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | |
|--------------|---------|
| a_g | 0.163 g |
| F_{a_g} | 2.405 |
| T_C | 0.287 s |
| S_S | 1.200 |
| C_C | 1.412 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.200 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.135 s |
| T_C | 0.406 s |
| T_D | 2.254 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|-------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.196 |
| T_B | 0.135 | 0.472 |
| T_C | 0.406 | 0.472 |
| | 0.494 | 0.388 |
| | 0.582 | 0.329 |
| | 0.670 | 0.286 |
| | 0.758 | 0.253 |
| | 0.846 | 0.226 |
| | 0.934 | 0.205 |
| | 1.022 | 0.187 |
| | 1.110 | 0.172 |
| | 1.198 | 0.160 |
| | 1.286 | 0.149 |
| | 1.374 | 0.139 |
| | 1.462 | 0.131 |
| | 1.550 | 0.123 |
| | 1.638 | 0.117 |
| | 1.726 | 0.111 |
| | 1.814 | 0.105 |
| | 1.902 | 0.101 |
| | 1.990 | 0.096 |
| | 2.078 | 0.092 |
| | 2.166 | 0.088 |
| T_D | 2.254 | 0.085 |
| | 2.337 | 0.079 |
| | 2.420 | 0.074 |
| | 2.503 | 0.069 |
| | 2.586 | 0.064 |
| | 2.670 | 0.061 |
| | 2.753 | 0.057 |
| | 2.836 | 0.054 |
| | 2.919 | 0.051 |
| | 3.002 | 0.048 |
| | 3.085 | 0.045 |
| | 3.169 | 0.043 |
| | 3.252 | 0.041 |
| | 3.335 | 0.039 |
| | 3.418 | 0.037 |
| | 3.501 | 0.035 |
| | 3.584 | 0.034 |
| | 3.667 | 0.033 |
| | 3.751 | 0.033 |
| | 3.834 | 0.033 |
| | 3.917 | 0.033 |
| | 4.000 | 0.033 |

Figura 41. Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV.