





PNC - PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009-2016, Sub-misura A4,"Investimenti sulla rete stradale statale"

Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni - 1° Stralcio lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" - Amandola - Servigliano"

PROGETTO DEFINITIVO

| | |
|---|---|
| <p>PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Eugenio Moroni Ordine Roma n° 10020</p> | <p>IMPRESA CONCORRENTE A.T.I.: Mandataria:  MONACO S.p.A. Costruzioni generali Mandante: </p> |
| <p>IL GEOLOGO Dott.ssa Geol. Maria Bruno Ordine dei Geologi del Lazio al n° 668</p> | <p>RTP DI PROGETTAZIONE: Mandataria:  S.T.E. s.r.l. Structure and Transport Engineering Direttore Tecnico Ing. E. Moroni Ordine Ing. Roma N. 10020 Mandanti:  E.D.IN. s.r.l. Società di Ingegneria Direttore Tecnico Ing. G. Grimaldi Ordine Ing. Roma N. 17703A Dott. Geol. M. BRUNO Ordine Geologi Lazio N. 668</p> |
| <p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Francesco M. La Camera Ordine Roma n° 7290</p> | |

GEOLOGIA E GEOTECNICA
Geotecnica
Relazione Geotecnica Generale

| CODICE PROGETTO | | | NOME FILE | REVISIONE | SCALA |
|--|-------------|-------------------|--|-----------|----------------------|
| PROGETTO | LIV.PROG. | ANNO | T03_GE01_GET_RE01_A | | |
| A N 2 6 6 | D | 2 3 | CODICE ELAB. T 0 3 G E 0 1 G E T R E 0 1 | A | - |
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| B | | | | | |
| A | EMISSIONE | | Dicembre 2023 | CAPATA | GRIMALDI MORONI |
| REV. | DESCRIZIONE | | DATA | REDATTO | VERIFICATO APPROVATO |

Sommario

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | PREMESSA | 5 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 7 |
| 3 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO | 7 |
| 4 | INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE | 10 |
| 4.1 | Campagna di indagine del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica - 2022 | 10 |
| 4.2 | Campagna di indagine del Progetto Definitivo - 2023 | 16 |
| 5 | CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 32 |
| 5.1 | Terreni A Grana Grossa (Sabbie E Ghiaie) | 32 |
| 5.1.1 | Classificazione | 32 |
| 5.1.2 | Stato di addensamento (Dr) | 32 |
| 5.1.3 | Caratteristiche di resistenza | 33 |
| 5.1.4 | Caratteristiche di deformabilità | 34 |
| 5.1.5 | Caratteristiche di permeabilità | 36 |
| 5.2 | Depositi coesivi (limi e argille) | 37 |
| 5.2.1 | Classificazione | 37 |
| 5.2.2 | Caratteristiche di resistenza | 37 |
| 5.2.3 | Caratteristiche di deformabilità | 38 |
| 5.2.4 | Caratteristiche di consolidazione | 39 |
| 5.2.5 | Caratteristiche di permeabilità | 41 |
| 5.3 | Ammassi rocciosi | 43 |
| 5.3.1 | Classificazione | 43 |
| 5.3.2 | Caratteristiche di resistenza | 43 |
| 5.3.3 | Caratteristiche di deformabilità | 44 |
| 6 | CARATTERIZZAZIONE SISMICA | 47 |
| 6.1 | Generalità | 47 |
| 6.2 | Vita Nominale | 48 |
| 6.3 | Classe D'Uso | 48 |

| | | |
|-------|---|------------|
| 6.4 | Periodo Di Riferimento | 50 |
| 6.5 | Valutazione dei Parametri di Pericolosità Sismica | 51 |
| 6.5.1 | Caratteristiche sismiche del sito | 53 |
| 6.6 | Caratterizzazione Sismica Del Terreno | 54 |
| 6.6.1 | Categorie di Sottosuolo | 55 |
| 6.6.2 | Condizioni Topografiche | 56 |
| 6.6.3 | Amplificazione Stratigrafica e Topografica | 57 |
| 6.7 | Parametri Sismici di Calcolo | 59 |
| 7 | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 62 |
| 7.1 | UNITA' ALL_Gs – Depositi alluvionali terrazzati in litofacies ghiaioso-sabbiosa | 62 |
| 7.1.1 | Identificazione | 62 |
| 7.1.2 | Parametri di resistenza a taglio | 66 |
| 7.1.3 | Parametri di deformabilità | 69 |
| 7.1.4 | Permeabilità | 69 |
| 7.1.5 | Sintesi parametri geotecnici | 70 |
| 7.2 | UNITA' ALL_Ls – Depositi alluvionali terrazzati in litofacies limoso-sabbiosa | 71 |
| 7.2.1 | Identificazione | 71 |
| 7.2.2 | Parametri di resistenza | 78 |
| 7.2.3 | Parametri di deformabilità e consolidazione | 86 |
| 7.2.4 | Permeabilità | 89 |
| 7.2.5 | Sintesi parametri geotecnici | 91 |
| 7.3 | UNITA' Ma – Marne e Argille marnose | 92 |
| 7.3.1 | Identificazione | 92 |
| 7.3.2 | Parametri di resistenza | 101 |
| 7.3.3 | Parametri di deformabilità e consolidazione | 108 |
| 7.3.4 | Permeabilità | 112 |
| 7.3.5 | Sintesi parametri geotecnici | 113 |
| 7.4 | UNITA' Ar – Arenarie | 114 |
| 7.4.1 | Identificazione | 114 |
| 7.4.2 | Parametri di resistenza | 117 |
| 7.4.3 | Parametri di deformabilità | 121 |
| 7.4.4 | Sintesi parametri geotecnici | 122 |
| 7.5 | DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI | 123 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 8 | ANALISI DI PERICOLOSITA' RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE | 124 |
| 10 | ANALISI DI CONSOLIDAZIONE DEI RILEVATI STRADALI | 142 |
| 10.1 | Valutazione dei cedimenti secondo la teoria dell'elasticità | 142 |
| 10.2 | Analisi numerica agli elementi finiti | 143 |
| 10.2.1 | Sezioni di calcolo | 144 |
| 10.2.2 | Legge di comportamento dei materiali e parametri meccanici | 151 |
| 10.2.3 | Stratigrafie di calcolo | 155 |
| 10.2.4 | Fasi di calcolo | 155 |
| 10.3 | Risultati delle analisi di consolidazione | 155 |
| 10.3.1 | Sezione 4* | 156 |
| 10.3.2 | Sezione 94 | 158 |
| 10.3.3 | Sezione 99 | 160 |
| 10.3.4 | Sezione 124 | 162 |
| 10.3.5 | Sezione 137 | 165 |
| 10.3.6 | Sezione 149 | 167 |
| 10.3.7 | Sezione 234 | 169 |
| 10.3.8 | Riepilogo risultati analisi di consolidazione | 171 |
| 11 | VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI STRADALI | 172 |
| 11.1 | Criteri Per Le Verifiche Di Stabilità Globale Dei Rilevati | 172 |
| 11.2 | Metodo Di Analisi | 173 |
| 11.3 | Sovraccarico Accidentale | 177 |
| 11.4 | Azione Sismica | 177 |
| 11.5 | Risultati Delle Analisi di Stabilità | 180 |
| 11.5.1 | Sezione 94 | 182 |
| 11.5.2 | Sezione 99 | 183 |
| 11.5.3 | Sezione 124 | 185 |
| 11.5.4 | Sezione 137 | 186 |
| 11.5.5 | Sezione 149 | 188 |
| 11.5.6 | Sezione 234 | 189 |
| 11.5.7 | Riepilogo risultati analisi di stabilità | 191 |
| 12 | TABULATI DI CALCOLO | 192 |

| | |
|---|-----|
| 12.1 Tabulati analisi di consolidazione | 192 |
| 12.2 Tabulati analisi di Stabilità | 228 |

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda la caratterizzazione geotecnica a supporto dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" – Amandola – Servigliano, nei comuni di Servigliano (FM) e Santa Vittoria in Matenano (FM). Inoltre, Il presente documento tratta lo studio deformativo e la verifica di stabilità dei rilevati stradali di nuova costruzione.

In particolare, nel presente documento sono affrontati i seguenti aspetti:

- breve inquadramento geologico, morfologico e idrogeologico;
- descrizione delle indagini geotecniche eseguite in sito ed in laboratorio;
- rilievo del livello di falda;
- descrizione dei criteri in base ai quali sono stati interpretati i risultati delle indagini geotecniche effettuate;
- interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche e definizione dei parametri geotecnici, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità), per le unità geotecniche intercettate lungo la viabilità;
- caratterizzazione geotecnica in corrispondenza delle opere d'arte principali: stratigrafia, definizione dei parametri geotecnici di progetto, individuazione livello di falda, categoria sismica di sottosuolo.
- Stima dei cedimenti e loro decorso nel tempo (calcolo del cedimento immediato e di quello di consolidazione primaria al termine della costruzione);
- Analisi di stabilità dei rilevati di nuova costruzione e del terreno di fondazione.

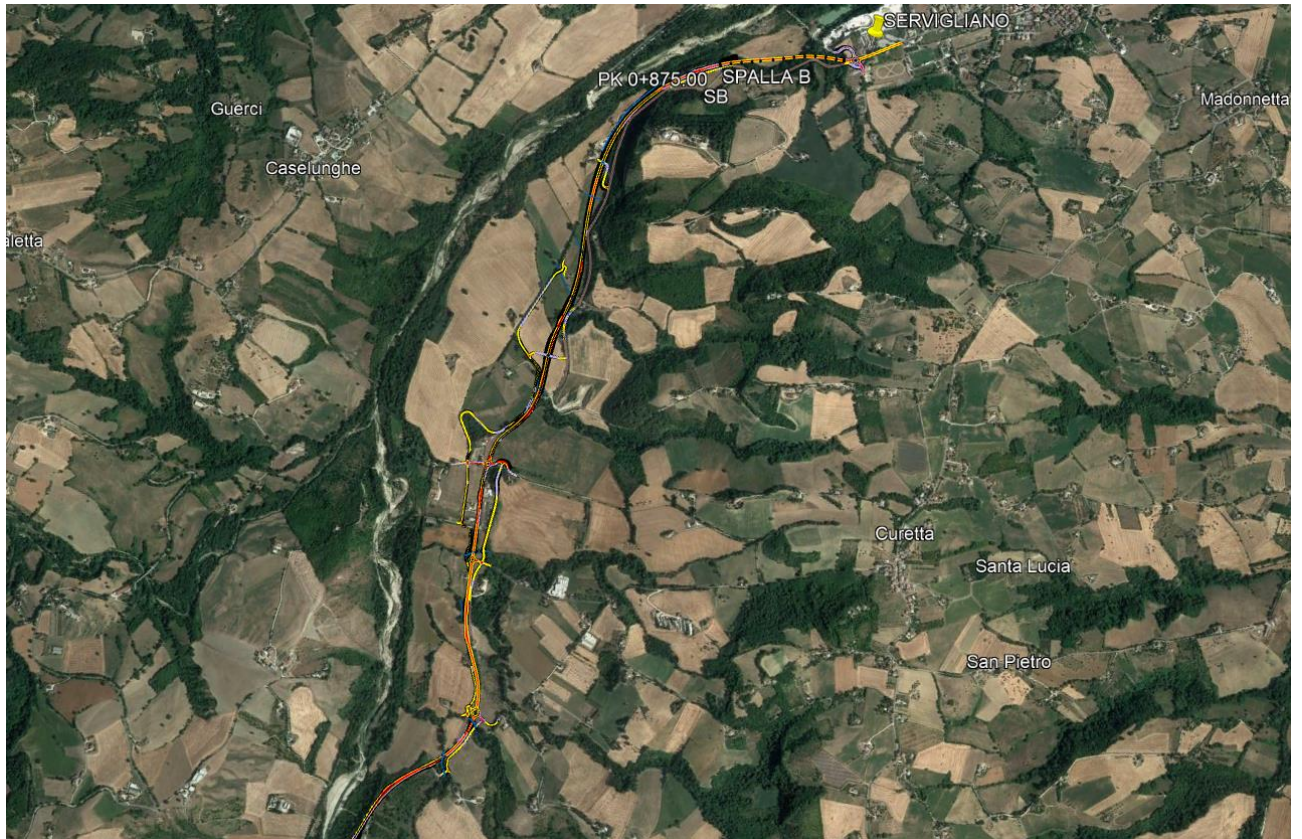


Figura 1: Ubicazione dell'area di intervento.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1].Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- [2].Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- [3].Eurocodice EN 1997-1: Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [4].Eurocodice EN 1998-5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazione, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nell'area di studio si rinvencono le unità sedimentarie della serie Umbro-Marchigiana dal Triassico al Neogene. Dal Pliocene nelle zone prossime al mare le unità di cui sopra sono celate da sedimenti marini depositi tra il Pliocene medio ed inferiore in discordanza stratigrafica.

Il Triassico-Eocene è caratterizzato da sedimentazione essenzialmente calcarea, nell'Olocene la sedimentazione è prevalentemente terrigena.

La tettonica sinsedimentaria ha condizionato in maniera importante gli ambienti deposizionali ed ha determinato un'accentuata variabilità spaziale nelle facies e negli spessori.

Durante l'Oligocene inizia il processo orogenico che ha interessato anticipatamente la porzione interna (occidentale) dell'Appennino.

Il fronte deformativo, migrando verso Est, ha caratterizzato la formazione di avanfosse (vaste depressioni tettoniche) dove si sono accumulate vaste successioni di arenarie torbidi-tiche.

Con il Miocene superiore, la parte umbra dell'Appennino entra in piena fase di deformazione sino ad arrivare ad emergere. Nello stesso periodo l'area afferente all'Appennino Marchigiano rimane soggetta a sedimentazione marina ed il principale sistema di avanfossa si sposta progressivamente verso Est favorendo l'accumulo di potenti successioni torbiditiche ad Est del fronte deformativo dell'allineamento: Monti Sibillini - Gran Sasso.

Quindi il bacino marchigiano esterno, dove ricade l'area in esame, assume nel Messiniano i caratteri di un'avanfossa torbiditica, colmata dalla potente successione silicoclastica della Formazione della Laga, mentre al passaggio Messiniano-Pliocene viene coinvolto nella strutturazione dei sistemi a thrust appenninico. La sedimentazione marina è chiusa dai depositi del ciclo plio-pleistocenico che poggiano con evidente unconformity su un substrato piegato ed eroso costituito dalla Formazione della Laga, dalla Formazione a colombacci e dalle argille del Pliocene inferiore.

Durante il Pliocene-Pleistocene inferiore l'attività tettonica ha condizionato l'assetto morfologico del bacino marchigiano esterno che, pur mantenendo una sua unitarietà d'insieme si è articolato in settori a diversa evoluzione. Il settore fermiano del bacino marchigiano esterno costituisce l'area più depressa del bacino, dove si andrà sedimentando una potente successione argillosa di ambiente profondo fino a batiale.

La sedimentazione si chiude con la deposizione delle alluvioni terrazzate, suddivise in quattro ordini in base all'altezza sul fondovalle; da un punto di vista cronologico le alluvioni di 1° e 2° ordine vengono collocate nel Pleistocene inferiore-medio, mentre quelle del 3° ordine nel Pleistocene superiore. L'origine dei depositi terrazzati del 4° ordine è invece avvenuta per tutto l'Olocene e in tempi storici

La successione stratigrafica dell'area è illustrata nella seguente sezione di riferimento estratta dalla carta geologica (B-B1 Foglio 314 Montegiorgio CARG).

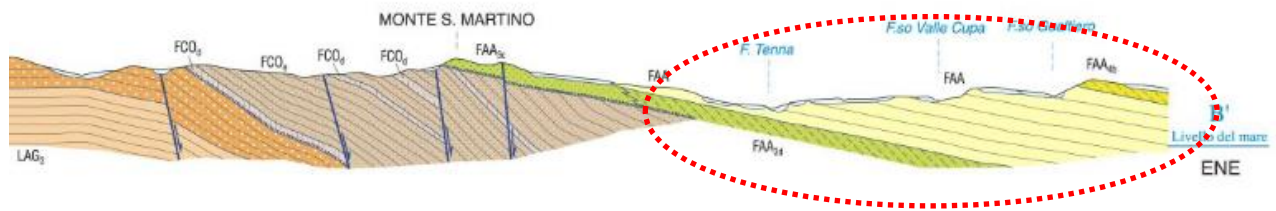


Figura 2- Stralcio della sezione geologica del F.314 Montegiorgio

Nello specifico, nell'area di studio, su cui si sviluppa il tracciato in progetto, il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza del substrato dell'unità della Formazione delle Argille Azzurre con vergenza verso NE. Si tratta di peliti grigio-azzurre, talora con sottili intercalazioni arenitiche grigio-giallastre a granulometria medio-fine. All'interno dell'unità si osservano corpi arenitici, arenitico-conglomeratici e arenitico-pelitici con spessori rilevanti, fino a 2000 m (Pliocene inferiore - Pliocene superiore).

Le Argille Azzurre sono ricoperte dai seguenti depositi:

- -*Sintema di Matelica* MTI_{bn} : depositi alluvionali terrazzati con ghiaie prevalenti (Pleistocene superiore);
- -*Sintema del Musone* MUS_{b2} : depositi eluvio-colluviali (Olocene);
- -*Sintema del Musone* MUS_{bn} : depositi alluvionali terrazzati con ghiaie e sabbie in proporzioni variabili (Olocene).

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Per la ricostruzione stratigrafica e la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono stati utilizzati i dati provenienti da:

- Campagna di indagine a base del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica nell'ambito dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" – Amandola – Servigliano risalente all'anno 2022;
- Campagna di indagine a base del Progetto Definitivo nell'ambito dei lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni lungo la S.S. n. 210 "Fermana Faleriense" – Amandola – Servigliano risalente all'anno 2023.

4.1 Campagna di indagine del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica - 2022

Le indagini geognostiche hanno previsto le seguenti lavorazioni:

- N.5 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo (di cui 3 attrezzati con tubo piezometrico e 2 con strumentazione per prova Down Hole);
- N.13 Pozzetti esplorativi;
- N.30 Prove penetrometriche SPT a varie profondità dei cinque sondaggi geognostici;
- N.24 Prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH);
- N.47 Prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;

Le indagini geofisiche hanno previsto le seguenti lavorazioni:

- N.2 Indagini sismiche Down Hole;
- N.3 Indagini sismiche a rifrazione (MASW);
- N.4 Indagini sismiche a rifrazione (Tomografiche);
- N.4 Indagini sismiche a rifrazione (HVSr).

Nella tabella successiva sono sinteticamente riassunte le caratteristiche delle indagini eseguite.

| SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO | PROFONDITÀ ml | COORDINATE | STRUMENTAZIONE | PROFONDITÀ STRUMENTAZIONE ml | SPT ESEGUITE | CAMPIONI PRELEVATI |
|---------------------------------|---------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|--------------|--------------------|
| S1 | 35 | 43° 4'29.72"N 13°28'58.56"E | DOWN HOLE | 35 | 6 | 3 |
| S2 | 30 | 43° 4'28.49"N 13°28'56.35"E | PIEZOMETRO | 20 | 6 | 3 |
| S3 | 30 | 43° 4'27.45"N 13°28'49.23"E | PIEZOMETRO | 20 | 6 | 3 |
| S4 | 35 | 43° 4'25.43"N 13°28'38.13"E | DOWN HOLE | 35 | 6 | 2 |
| S5 | 30 | 43° 4'5.22"N 13°28'15.85"E | CELLA CASAGRANDE | 20 | 6 | 3 |

Tabella 1: Quadro riassuntivo sondaggi – 2022.

| POZZETTI ESPLORATIVI | COORDINATE | CAMPIONI RIMANEGGIATI | CAMPIONI INDISTURBATI | CAMPIONI AMBIENTALI |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| PZ 01 | 43° 4'33.88"N 13°29'6.68"E | 2 | | 2 |
| PZ 02 + IND | 43° 4'24.59"N 13°28'35.29"E | 2 | 1 | 2 |
| PZ 03 | 43° 4'19.23"N 13°28'24.87"E | 2 | | 2 |
| PZ 04 + IND | 43° 4'5.49"N 13°28'16.26"E | 2 | 1 | 2 |
| PZ 05 + IND | 43° 3'50.25"N 13°28'14.26"E | 2 | 1 | 2 |
| PZ 06 + IND | 43° 3'34.19"N 13°28'18.49"E | 2 | 1 | 2 |
| PZ 07 + IND | 43° 3'24.33"N 13°28'11.18"E | 2 | 1 | 2 |
| PZ 08 | 43° 3'11.61"N 13°28'8.20"E | 2 | | 2 |
| PZ 09 | 43° 2'57.43"N 13°28'10.68"E | 2 | | 2 |
| PZ 10 + IND | 43° 2'43.40"N 13°28'17.98"E | 2 | 1 | 2 |
| PZ 11 + IND | 43° 2'38.47"N 13°28'19.93"E | 2 | 1 | 2 |
| PZ 12 | 43° 2'29.09"N 13°28'6.91"E | 2 | | 2 |
| PZ 13 | 43° 2'15.14"N 13°28'2.99"E | 2 | | 2 |

Tabella 2: Quadro riassuntivo pozzetti esplorativi - 2022.

| Sondaggio | Prova | profondità di prova (m da pc) | N1 | N2 | N3 |
|-----------------|-------|----------------------------------|----|----|----|
| S1+DH | SPT1 | 1.5 | 4 | 2 | 4 |
| S1+DH | SPT2 | 4.5 | 3 | 3 | 4 |
| S1+DH | SPT3 | 9.5 | 15 | 31 | 42 |
| S1+DH | SPT4 | 12 | 14 | 29 | 40 |
| S1+DH | SPT5 | 21.5 | 42 | R | R |
| S1+DH | SPT6 | 24 | 46 | R | R |
| S2+P | SPT1 | 3 | 7 | 8 | 8 |
| S2+P | SPT2 | 6 | 17 | 16 | 19 |
| S2+P | SPT3 | 10.5 | 25 | 40 | R |
| S2+P | SPT4 | 13.5 | 21 | 39 | 43 |
| S2+P | SPT5 | 21 | 45 | R | R |
| S2+P | SPT6 | 24 | 42 | R | R |
| S3+P | SPT1 | 1.5 | 4 | 5 | 5 |
| S3+P | SPT2 | 4.5 | 5 | 8 | 10 |
| S3+P | SPT3 | 9.7 | 45 | R | R |
| S3+P | SPT4 | 12 | 40 | R | R |
| S3+P | SPT5 | 21.3 | 44 | R | R |
| S3+P | SPT6 | 24 | 40 | R | R |
| S4+DH | SPT1 | 3 | 3 | 4 | 7 |
| S4+DH | SPT2 | 6.5 | 21 | 19 | 9 |
| S4+DH | SPT3 | 11.5 | R | R | R |
| S4+DH | SPT4 | 13.5 | 43 | R | R |
| S4+DH | SPT5 | 21 | R | R | R |
| S4+DH | SPT6 | 25 | 44 | R | R |
| S5+P CASAGRANDE | SPT1 | 3.6 | 10 | 11 | 10 |
| S5+P CASAGRANDE | SPT2 | 7 | 21 | 20 | 25 |
| S5+P CASAGRANDE | SPT3 | 9.5 | 22 | R | R |
| S5+P CASAGRANDE | SPT4 | 13 | 26 | R | R |
| S5+P CASAGRANDE | SPT5 | 21 | 39 | 45 | R |
| S5+P CASAGRANDE | SPT6 | 24 | 41 | 47 | R |

Tabella 3: Sintesi risultati prove penetrometriche dinamiche SPT - 2022.

| Sondaggio | ID | Prof. (m) | | Peso specifico | Wn | LIMITI | GR | TD | Tx CID | EDO |
|---------------|-----|-----------|-------|---------------------------------------|----|--------|----|----|--------|-----|
| | | da | a | $\gamma, \gamma_d, \gamma_{sat}, G_s$ | | | | | | |
| S1 (DH) | CI1 | 3.00 | 3.60 | x | x | x | x | | | |
| S1 (DH) | CI2 | 6.00 | 6.50 | x | x | x | x | x | | |
| S1 (DH) | CI3 | 9.00 | 9.50 | x | x | x | x | | x | x |
| S2 (PIEZ) | CI1 | 5.00 | 5.50 | x | x | x | x | | | |
| S2 (PIEZ) | CI2 | 7.50 | 8.00 | x | x | x | x | | | x |
| S2 (PIEZ) | CI3 | 10.00 | 10.50 | x | x | x | x | x | | |
| S3 (PIEZ) | CI1 | 3.00 | 3.50 | x | x | x | x | | | |
| S3 (PIEZ) | CI2 | 6.20 | 6.70 | x | x | x | x | x | | x |
| S3 (PIEZ) | CI3 | 9.20 | 9.70 | x | x | x | x | x | | |
| S4 (DH) | CI1 | 8.50 | 9.00 | x | x | x | x | x | | x |
| S4 (DH) | CI2 | 11.00 | 11.50 | x | x | x | x | x | | |
| S5 (PIEZ. C.) | CI1 | 3.00 | 3.60 | x | x | x | x | x | | x |
| S5 (PIEZ. C.) | CI2 | 5.50 | 6.00 | x | x | x | x | | | |
| S5 (PIEZ. C.) | CI3 | 9.00 | 9.50 | x | x | x | x | | | |

Tabella 4: Prove di laboratorio eseguite - 2022.

| Tipologia di indagine | Coordinate | |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | MASW 1 | 43.071166° 13.472415° |
| MASW 2 | 43.065006° 13.470954° | 43.064603° 13.471207° |
| MASW 3 | 43.045205° 13.471669° | 43.044784° 13.471527° |
| HVSR 1 | 43.074466°13.482443° | |
| HVSR 2 | 43.064717°13.471107° | |
| HVSR 3 | 43.055081°13.468943° | |
| HVSR 4 | 43.038578°13.467190° | |
| Tomografia sismica 1 | 43.074609° 13.479643° | 43.073996° 13.478087° |
| Tomografia sismica 2 | 43.070141° 13.471239° | 43.068783° 13.471146° |
| Tomografia sismica 3 | 43.060911° 13.471059° | 43.059939° 13.471606° |
| Tomografia sismica 4 | 43.054717° 13.468670° | 43.053423° 13.468903° |

Tabella 5: Sintesi indagini sismiche – 2022.

Per i risultati delle prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH si rimanda al documento di riferimento (T03GE00GEORE05B).

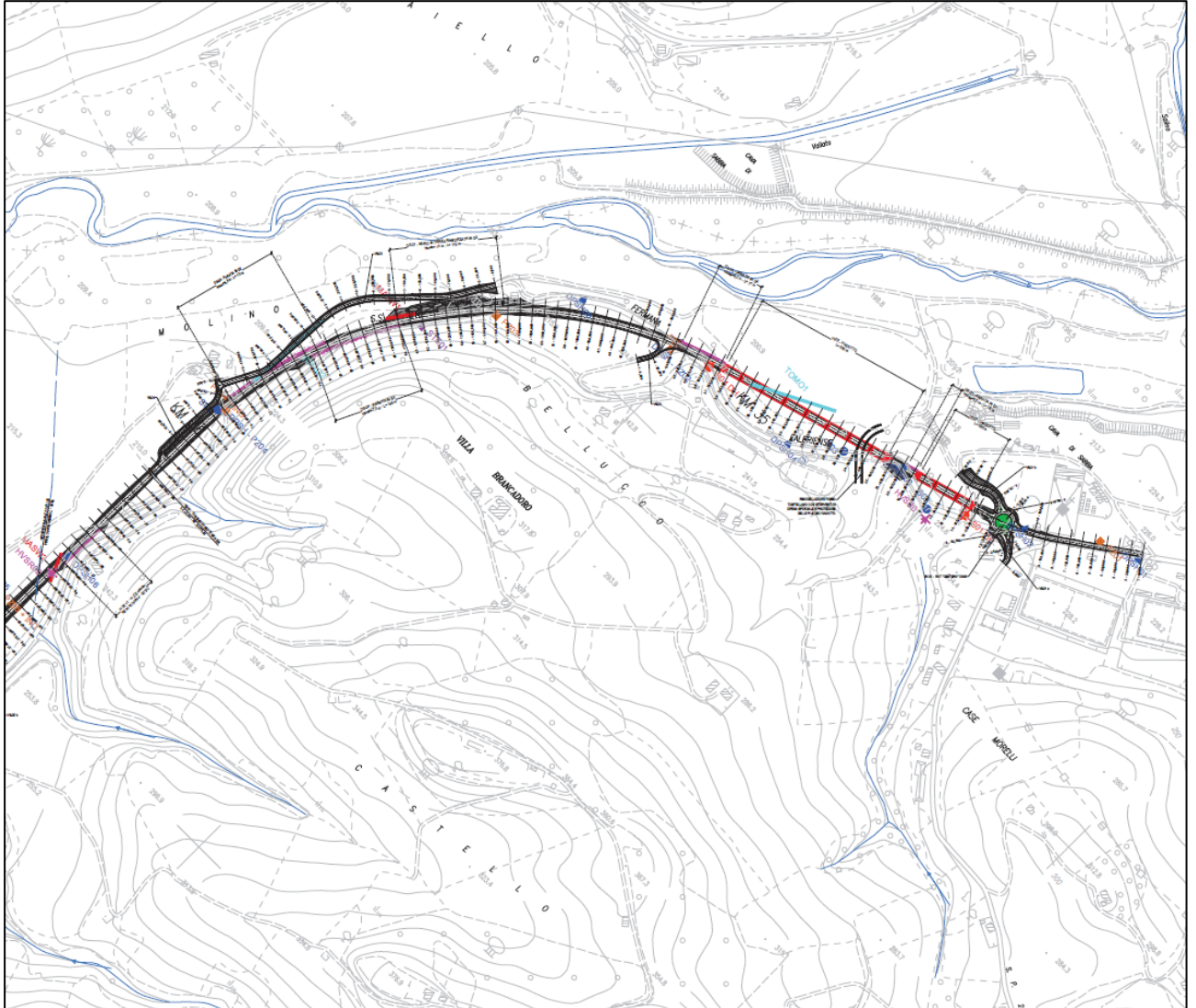


Figura 3: Planimetria ubicazioni indagini – Campagna 2022.

4.2 Campagna di indagine del Progetto Definitivo - 2023

Le indagini geognostiche hanno previsto le seguenti lavorazioni:

- n.23 sondaggi verticali, eseguiti a carotaggio continuo, spinti sino a profondità comprese fra -20.00 m da p.c. e -50.00 m da p.c.;
- n.118 prove penetrometriche in foro tipo SPT;
- n.14 prove di permeabilità in foro tipo Lefranc;
- Installazione di n.12 piezometri a tubo aperto in PVC $\varnothing 2''$, di lunghezza compresa fra 20.00 m e 50.00 m;
- Installazione di n.2 piezometri a tubo aperto in PVC $\varnothing 1.5''$, di lunghezza compresa fra 10.00 m e 15.00 m;
- Installazione di n.4 tubazioni cieche in PVC $\varnothing 3''$ per esecuzione prove geofisiche in foro;
- n.18 trincee esplorative, eseguite con escavatore meccanico, spinte sino a profondità comprese fra -1.00 m da p.c. a -2.00 m da p.c.;
- n.26 prove di carico su piastra all'interno delle trincee esplorative eseguite;
- Prelievo di n.19 campioni indisturbati di tipo geotecnico all'interno dei sondaggi geognostici;
- Prelievo di n.104 campioni rimaneggiati di tipo geotecnico, di cui n.77 all'interno dei sondaggi geognostici e n.27 all'interno delle trincee esplorative;
- Prove di laboratorio di caratterizzazione fisica e meccanica sui campioni prelevati;
- Rilievo piano altimetrico dei punti di indagine.

Le indagini geofisiche hanno previsto le seguenti lavorazioni:

- n.4 prospezioni sismiche in foro tipo Down Hole, con frequenza di acquisizione pari a 1.00 m, di lunghezza pari a 30.00 m;
- n.5 prospezione sismiche a rifrazione in onde P e onde S, con elaborazione tomografica, con distanza intergeofonica pari a 5.00 m e stendimenti di lunghezza totale pari a 115.00 m.

Nella tabella successiva sono sinteticamente riassunte le caratteristiche delle indagini eseguite.

| SONDAGGI GEOGNOSTICI | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| SIGLA | PROFONDITA' (m da p.c.) | METODO DI PERFORAZIONE | N. PROVE S.P.T. | N. PROVE LEFRANC | N. CAMPIONI INDISTURBATI | N. CAMPIONI RIMANEGGIATI | COMPLETAMENTO FORO |
| S-L1 | 20.00 | a carotaggio continuo | 5 | - | 3 | 1 | Sigillatura mediante iniezione da fondo foro di mi sela binaria acquacimento in rapporto 1:1 |
| S-L2 | 20.00 | a carotaggio continuo | 3 | - | 1 | 3 | Sigillatura mediante iniezione da fondo foro di mi sela binaria acquacimento in rapporto 1:1 |
| S-01 | 50.00 | a carotaggio continuo | 10 | 1 | 1 | 6 | Sigillatura mediante iniezione da fondo foro di mi sela binaria acquacimento in rapporto 1:1 |
| S-03 | 30.00 | a carotaggio continuo | 5 | 1 | 1 | 5 | Installazione di tubazione cieca PVC ø3" di lunghezza pari a 30.00 m |
| S-04 | 40.00 | a carotaggio continuo | 9 | 1 | - | 8 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 30.00 m (cieco da 0.00 m a -3.00 m da p.c.; fessurato da -3.00 m da p.c. a -30.00 m da p.c.) |
| S-05 | 33.25 | a carotaggio continuo | 5 | 2 | - | 6 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 33.00 m (cieco da 0.00 m a -3.00 m da p.c.; fessurato da -3.00 m da p.c. a -33.00 m da p.c.) |
| S-06 | 50.00 | a carotaggio continuo | 3 | 2 | - | 9 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 50.00 m (cieco da 0.00 m a -24.00 m da p.c.; fessurato da 24.00 m da p.c. a -50.00 m da p.c.) |
| S-07 | 40.00 | a carotaggio continuo | 6 | 1 | - | 4 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 40.00 m (cieco da 0.00 m a -3.00 m da p.c.; fessurato da -3.00 m da p.c. a -40.00 m da p.c.) |
| S-08 | 30.00 | a carotaggio continuo | 9 | 1 | - | 5 | Installazione di tubazione cieca PVC ø3" di lunghezza pari a 30.00 m |
| S-09 | 30.00 | a carotaggio continuo | 12 | 2 | - | 3 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 30.00 m (cieco da 0.00 m a -3.00 m da p.c.; fessurato da -3.00 m da p.c. a -30.00 m da p.c.) |
| S-010 | 30.00 | a carotaggio continuo | 10 | 1 | 2 | 3 | Installazione di tubazione cieca PVC ø3" di lunghezza pari a 30.00 m |
| S-011 | 20.00 | a carotaggio continuo | 5 | - | 1 | 1 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 20.00 m (cieco da 0.00 m a -12.00 m da p.c.; fessurato da 12.00 m da p.c. a -20.00 m da p.c.) |
| S-011bis | 10.00 | a carotaggio continuo | 1 | - | - | 4 | Installazione di piezometro in PVC ø1.5" di lunghezza pari a 10.00 m (cieco da 0.00 m a -1.00 m da p.c.; fessurato da -1.00 m da p.c. a -10.00 m da p.c.) |
| S-012 | 20.00 | a carotaggio continuo | 4 | - | - | 4 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 20.00 m (cieco da 0.00 m a -2.00 m da p.c.; fessurato da -2.00 m da p.c. a -20.00 m da p.c.) |
| S-013 | 30.00 | a carotaggio continuo | 6 | 1 | - | 5 | Installazione di tubazione cieca PVC ø3" di lunghezza pari a 30.00 m |
| S-013bis | 15.00 | a carotaggio continuo | 3 | 1 | - | 4 | Installazione di piezometro in PVC ø1.5" di lunghezza pari a 15.00 m (cieco da 0.00 m a -3.00 m da p.c.; fessurato da -3.00 m da p.c. a -15.00 m da p.c.) |
| S-014 | 20.00 | a carotaggio continuo | 5 | - | 2 | - | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 20.00 m (cieco da 0.00 m a -17.00 m da p.c.; fessurato da 17.00 m da p.c. a -20.00 m da p.c.) |

Tabella 6: Sondaggi geognostici eseguiti – 2023.

| SONDAGGI GEOGNOSTICI | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| SIGLA | PROFONDITA' (m da p.c.) | METODO DI PERFORAZIONE | N. PROVE S.P.T. | N. PROVE LEFRANC | N. CAMPIONI INDISTURBATI | N. CAMPIONI RIMANEGGIATI | COMPLETAMENTO FORO |
| S-O14bis | 15.00 | a carotaggio continuo | 1 | - | - | - | Sigillatura mediante iniezione da fondo foro di mi scelta binaria acquacemento in rapporto 1:1 |
| S-O14ter | 15.00 | a carotaggio continuo | - | - | - | - | Sigillatura mediante iniezione da fondo foro di mi scelta binaria acquacemento in rapporto 1:1 |
| S-O15 | 20.00 | a carotaggio continuo | 4 | - | 3 | 1 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 20.00 m (cieco da 0.00 m a -17.00 m da p.c.; fessurato da 17.00 m da p.c. a -20.00 m da p.c.) |
| S-O16 | 20.00 | a carotaggio continuo | 5 | - | 1 | 2 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 20.00 m (cieco da 0.00 m a -8.00 m da p.c.; fessurato da -8.00 m da p.c. a -20.00 m da p.c.) |
| S-O17 | 20.00 | a carotaggio continuo | 4 | - | 3 | 1 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 20.00 m (cieco da 0.00 m a -17.00 m da p.c.; fessurato da 17.00 m da p.c. a -20.00 m da p.c.) |
| S-O18 | 20.00 | a carotaggio continuo | 3 | - | 1 | 2 | Installazione di piezometro in PVC ø2" di lunghezza pari a 20.00 m (cieco da 0.00 m a -17.00 m da p.c.; fessurato da 17.00 m da p.c. a -20.00 m da p.c.) |

Tabella 7: Sondaggi geognostici eseguiti - 2023.

| TRINCEE ESPLORATIVE | | | | | |
|---------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--|
| SIGLA | PROFONDITA' (m da p.c.) | METODO DI SCAVO | N. PROVE DI CARICO SU PIASTRA | N. CAMPIONI RIMANEGGIATI | COMPLETAMENTO TRINCEA |
| PZ-L1 | 2.00 | Escavatore cingolato | 2 | 2 | Sigillatura mediante materiale precedentemente escavato |
| PZ-L2 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-O3 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-L4 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-L5 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-L6 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-L7 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-O8 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-L9 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-L10 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-L11 | 2.00 | | 2 | 2 | |
| PZ-U1 | 1.50 | | 1 | 1 | |
| PZ-U2 | 1.50 | | - | - | |
| PZ-U3 | 1.50 | | 1 | 1 | |
| PZ-U4 | 1.50 | | - | - | |
| PZ-U5 | 1.50 | | 1 | 1 | |
| PZ-U6 | 1.50 | | 1 | 1 | |
| SS-01 | 1.00 | - | - | 1 (*) | |

(*) Campione da 75 kg

Tabella 8: Sintesi trincee esplorative eseguite -2023.

| Sondaggio | Prova | profondità di prova (m da pc) | N1 | N2 | N3 |
|-----------|-------|----------------------------------|----|----|----|
| S-O1 | SPT1 | 3.50 | 6 | 20 | 21 |
| S-O1 | SPT2 | 6.00 | | | R |
| S-O1 | SPT3 | 9.00 | | | R |
| S-O1 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-O1 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-O1 | SPT6 | 18.00 | | | R |
| S-O1 | SPT7 | 21.00 | | | R |
| S-O1 | SPT8 | 24.00 | | | R |
| S-O1 | SPT9 | 27.00 | | | R |
| S-O1 | SPT10 | 30.00 | | | R |
| S-O3 | SPT1 | 3.50 | 5 | 27 | 31 |
| S-O3 | SPT2 | 6.50 | 2 | 5 | 15 |
| S-O3 | SPT3 | 9.00 | | | r |
| S-O3 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-O3 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-O4 | SPT1 | 3.00 | | | R |
| S-O4 | SPT2 | 6.00 | | | R |
| S-O4 | SPT3 | 9.00 | | | R |
| S-O4 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-O4 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-O4 | SPT6 | 18.00 | | | R |
| S-O4 | SPT7 | 21.00 | | | R |
| S-O4 | SPT8 | 24.00 | | | R |
| S-O4 | SPT9 | 27.00 | | | R |
| S-O5 | SPT1 | 3.00 | 18 | 15 | 3 |
| S-O5 | SPT2 | 6.00 | | | R |

| | | | | | |
|------|------|-------|----|----|----|
| S-05 | SPT3 | 9.00 | | | R |
| S-05 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-05 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-06 | SPT1 | 3.00 | 29 | 37 | 42 |
| S-06 | SPT2 | 6.00 | | | R |
| S-06 | SPT3 | 9.00 | | | R |
| S-07 | SPT1 | 3.00 | 27 | 16 | 19 |
| S-07 | SPT2 | 6.00 | | | R |
| S-07 | SPT3 | 15.00 | | | R |
| S-07 | SPT4 | 18.00 | | | R |
| S-07 | SPT5 | 21.00 | | | R |
| S-07 | SPT6 | 24.00 | | | R |
| S-08 | SPT1 | 3.00 | 8 | 10 | 15 |
| S-08 | SPT2 | 6.00 | | | R |
| S-08 | SPT3 | 9.00 | 21 | 34 | 47 |
| S-08 | SPT4 | 15.00 | 15 | 18 | 20 |
| S-08 | SPT5 | 18.00 | | | R |
| S-08 | SPT6 | 21.00 | | | R |
| S-08 | SPT7 | 24.00 | | | R |
| S-08 | SPT8 | 27.00 | | | R |
| S-08 | SPT9 | 30.00 | | | R |
| S-09 | SPT1 | 3.00 | | | R |
| S-09 | SPT2 | 6.00 | | | R |
| S-09 | SPT3 | 9.00 | | | R |
| S-09 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-09 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-09 | SPT6 | 18.00 | | | R |
| S-09 | SPT7 | 21.00 | | | R |
| S-09 | SPT8 | 22.50 | | | R |

| | | | | | |
|-------|-------|-------|----|----|----|
| S-O9 | SPT9 | 24.00 | | | R |
| S-O9 | SPT10 | 25.50 | | | R |
| S-O9 | SPT11 | 27.00 | | | R |
| S-O9 | SPT12 | 30.00 | | | R |
| S-O10 | SPT1 | 3.00 | 4 | 6 | 16 |
| S-O10 | SPT2 | 6.00 | 7 | 7 | 13 |
| S-O10 | SPT3 | 9.00 | 4 | 9 | 10 |
| S-O10 | SPT4 | 12.00 | 6 | 9 | 10 |
| S-O10 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-O10 | SPT6 | 18.00 | | | R |
| S-O10 | SPT7 | 21.00 | | | R |
| S-O10 | SPT8 | 24.00 | | | R |
| S-O10 | SPT9 | 27.00 | 37 | 42 | 48 |
| S-O10 | SPT10 | 30.00 | | | R |
| S-O11 | SPT1 | 3.00 | 3 | 7 | 9 |
| S-O11 | SPT2 | 6.00 | 2 | 4 | 5 |
| S-O11 | SPT3 | 9.00 | 6 | 8 | 12 |
| S-O11 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-O11 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-O12 | SPT1 | 3.00 | 1 | 2 | 1 |
| S-O12 | SPT2 | 6.00 | 3 | 2 | 6 |
| S-O12 | SPT3 | 9.00 | 9 | 26 | 37 |
| S-O12 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-O13 | SPT1 | 3.00 | 3 | 5 | 7 |
| S-O13 | SPT2 | 6.00 | 18 | 20 | 21 |
| S-O13 | SPT3 | 9.00 | 32 | 41 | 47 |
| S-O13 | SPT4 | 12.00 | | | R |
| S-O13 | SPT5 | 15.00 | | | R |
| S-O13 | SPT6 | 18.00 | | | R |

| | | | | | |
|-------|------|-------|----|----|----|
| S-O14 | SPT1 | 5.50 | 8 | 15 | 33 |
| S-O14 | SPT2 | 9.00 | 7 | 14 | 28 |
| S-O14 | SPT3 | 12.00 | 6 | 10 | 15 |
| S-O14 | SPT4 | 18.50 | 6 | 13 | 25 |
| S-O14 | SPT5 | 20.00 | 9 | 19 | 17 |
| S-O15 | SPT1 | 3.00 | 4 | 8 | 13 |
| S-O15 | SPT2 | 4.50 | 7 | 13 | 23 |
| S-O15 | SPT3 | 7.50 | 7 | 15 | 19 |
| S-O15 | SPT4 | 10.50 | 6 | 14 | 20 |
| S-O16 | SPT1 | 1.50 | 6 | 3 | 3 |
| S-O16 | SPT2 | 3.00 | 9 | 13 | 15 |
| S-O16 | SPT3 | 4.50 | 28 | 30 | 36 |
| S-O16 | SPT4 | 6.00 | 24 | 30 | 33 |
| S-O16 | SPT5 | 9.50 | 20 | 27 | 41 |
| S-O17 | SPT1 | 1.50 | 3 | 9 | 14 |
| S-O17 | SPT2 | 4.50 | 4 | 16 | 11 |
| S-O17 | SPT3 | 7.50 | 7 | 13 | 22 |
| S-O17 | SPT4 | 9.00 | 8 | 17 | 33 |
| S-O18 | SPT1 | 1.50 | 2 | 4 | 3 |
| S-O18 | SPT2 | 4.50 | 9 | 24 | 43 |
| S-O18 | SPT3 | 7.50 | 7 | 11 | 22 |
| S-L1 | SPT1 | 3.00 | 23 | 26 | 31 |
| S-L1 | SPT2 | 6.00 | 18 | 30 | 36 |
| S-L1 | SPT3 | 9.00 | | | R |
| S-L1 | SPT4 | 10.50 | 28 | 34 | 42 |
| S-L1 | SPT5 | 12.00 | | | R |
| S-L2 | SPT1 | 3.00 | 19 | 25 | 34 |
| S-L2 | SPT2 | 6.00 | 15 | 12 | 11 |
| S-L2 | SPT3 | 10.50 | 12 | 20 | 16 |

| | | | | | |
|-----------|------|-----|---|----|----|
| S-O11 bis | SPT1 | 4.3 | 4 | 4 | 5 |
| S-O13 bis | SPT1 | 4 | 8 | 11 | 14 |
| S-O13 bis | SPT2 | 8 | 9 | 13 | 12 |
| S-O13 bis | SPT3 | 12 | 7 | 9 | 10 |
| S-O14 bis | SPT1 | 3.1 | 4 | 4 | 7 |

Tabella 9: Sintesi risultati prove penetrometriche dinamiche SPT – 2023.

| piezometro | fase | data | misura (m da p.c.) |
|------------|------|------------|--------------------|
| SO-11bis | PD | 01/09/2023 | 6.53 |
| S5 | PFTE | 01/09/2023 | 7.68 |
| SO-7 | PD | 01/09/2023 | 10.72 |
| SO-9 | PD | 01/09/2023 | 13.71 |
| S2 | PFTE | 01/09/2023 | 9.47 |
| S3 | PFTE | 01/09/2023 | 10.89 |
| SO-18 | PD | 01/09/2023 | 8.73 |
| SO-17 | PD | 01/09/2023 | 10.7 |
| SO-16 | PD | 01/09/2023 | 14.2 |
| SO-14 | PD | 01/09/2023 | 13.71 |
| SO-13bis | PD | 01/09/2023 | 2.66 |
| pozz | PD | 01/09/2023 | 1.62 |
| SO-12 | PD | 01/09/2023 | -0.55 |
| SO-11bis | PD | 01/09/2023 | 10.9 |

Tabella 10: Letture piezometriche - 2023.

| Sondaggio | ID | Prof. (m) | | γ | γ_s | γ_d | γ_{sat} | Wn | LIMITI | GR | TD | Tx UU | ELL | Tx CID | Tx CIU | EDO | USC | BRASILIANA |
|-----------|-----|-----------|-------|----------|------------|------------|----------------|----|--------|----|----|-------|-----|--------|--------|-----|-----|------------|
| | | da | a | | | | | | | | | | | | | | | |
| S-O1 | CI1 | 3.00 | 3.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | | |
| S-O1 | CR1 | 8.50 | 9.00 | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | | X | | |
| S-O1 | CR2 | 13.10 | 13.60 | | X | | | | X | X | X | | | | | | | |
| S-O1 | CR3 | 18.50 | 19.00 | | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-O1 | CR4 | 30.00 | 30.50 | | X | | | | X | X | X | | | | | | | |
| S-O1 | CR5 | 42.00 | 42.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-O1 | CR6 | 49.00 | 49.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|---|---|---|
| S-03 (DH) | CI1 | 3.00 | 3.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-03 (DH) | CR1 | 7.00 | 7.50 | | X | | | | | X | | | | | | | | |
| S-03 (DH) | CR2 | 14.00 | 14.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | | |
| S-03 (DH) | CR3 | 18.00 | 19.00 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-03 (DH) | CR4 | 25.00 | 25.50 | X | | | | | | | | | | | | | | |
| S-03 (DH) | CR5 | 26.00 | 26.50 | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | | | | |
| S-04 (PIEZ.) | CR1 | 3.50 | 4.00 | | X | | | | | X | | | | | | | | |
| S-04 (PIEZ.) | CR2 | 5.00 | 5.50 | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | | X | | |
| S-04 (PIEZ.) | CR3 | 8.60 | 9.00 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | | |
| S-04 (PIEZ.) | CR4 | 13.50 | 14.00 | | X | | | | X | X | X | | | | | | | |
| S-04 (PIEZ.) | CR5 | 17.00 | 17.50 | | X | | | | X | X | X | | | | | | | |
| S-04 (PIEZ.) | CR6 | 23.50 | 24.00 | | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-04 (PIEZ.) | CR7 | 32.10 | 32.60 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-04 (PIEZ.) | CR8 | 39.50 | 40.00 | X | | | | | | | | | | | | | | |
| S-05 (PIEZ.) | CR1 | 3.00 | 3.50 | | X | | | | | X | | | | | | | | |
| S-05 (PIEZ.) | CR2 | 10.50 | 11.00 | X | X | X | X | X | | X | X | X | | | | | | |
| S-05 (PIEZ.) | CR3 | 17.00 | 17.50 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-05 (PIEZ.) | CR4 | 20.00 | 20.50 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-05 (PIEZ.) | CR5 | 22.20 | 22.70 | X | | | | | | | | | | | | | X | X |
| S-05 (PIEZ.) | CR6 | 29.40 | 29.90 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-06 (PIEZ.) | CR1 | 3.00 | 3.50 | | X | | | | | X | | | | | | | | |
| S-06 (PIEZ.) | CR2 | 9.40 | 9.90 | X | | | | | | | | | | | | | X | X |
| S-06 (PIEZ.) | CR3 | 13.30 | 13.80 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-06 (PIEZ.) | CR4 | 18.30 | 18.90 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-06 (PIEZ.) | CR5 | 22.00 | 22.60 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-06 (PIEZ.) | CR6 | 29.00 | 29.50 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-06 (PIEZ.) | CR7 | 35.30 | 35.80 | X | | | | | | | | | | | | | X | X |
| S-06 (PIEZ.) | CR8 | 40.00 | 40.50 | X | | | | | | | | | | | | | X | |
| S-06 (PIEZ.) | CR9 | 48.40 | 49.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S-07 (PIEZ.) | CR1 | 2.50 | 3.00 | | X | | | | | X | | | | | | | | |
| S-07 (PIEZ.) | CR2 | 12.00 | 12.50 | | | | | | | | | | | | | | | |
| S-07 (PIEZ.) | CR3 | 26.60 | 27.00 | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-07 (PIEZ.) | CR4 | 32.00 | 32.50 | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-08 (DH) | CR1 | 3.00 | 3.50 | | X | | | | | X | | | | | | | | |
| S-08 (DH) | CR2 | 8.00 | 8.50 | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | | X | | |
| S-08 (DH) | CR3 | 11.00 | 12.00 | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-08 (DH) | CR4 | 19.10 | 19.40 | | X | | | | | X | X | | | | | | | |
| S-08 (DH) | CR5 | 26.00 | 26.40 | | X | | | | | X | X | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| S-O9 (PIEZ.) | CR1 | 11.10 | 11.40 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | | |
| S-O9 (PIEZ.) | CR2 | 18.00 | 18.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-O9 (PIEZ.) | CR3 | 28.50 | 29.00 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-O10 (DH) | CI1 | 5.00 | 5.50 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | X | |
| S-O10 (DH) | CI2 | 10.50 | 11.00 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | X | |
| S-O10 (DH) | CR1 | 14.10 | 14.40 | | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-O10 (DH) | CR2 | 23.10 | 23.40 | | | | | | X | X | X | | | | | | | |
| S-O10 (DH) | CR3 | 27.40 | 27.70 | | | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-O11 (PIEZ.) | CI1 | 8.00 | 8.50 | X | X | | | X | X | X | | X | | | | | | |
| S-O11 (PIEZ.) | CR1 | 13.00 | 13.40 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | X | |
| S-O12 (PIEZ.) | CR1 | 4.30 | 4.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | X | |
| S-O12 (PIEZ.) | CR2 | 8.30 | 8.90 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | |
| S-O12 (PIEZ.) | CR3 | 13.40 | 14.00 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-O12 (PIEZ.) | CR4 | 19.10 | 19.60 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-O13 (DH) | CR1 | 4.10 | 4.60 | X | | | | X | X | X | X | | | | | | X | |
| S-O13 (DH) | CR2 | 10.50 | 10.80 | X | | | | X | X | X | X | | | | | | X | |
| S-O13 (DH) | CR3 | 14.50 | 14.90 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | X | |
| S-O13 (DH) | CR4 | 19.20 | 19.60 | | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-O13 (DH) | CR5 | 26.10 | 26.50 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-O14 (PIEZ.) | CI1 | 4.00 | 4.60 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | |
| S-O14 (PIEZ.) | CI2 | 16.00 | 16.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-O15 (PIEZ.) | CI1 | 13.00 | 13.50 | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | X | X | | |
| S-O15 (PIEZ.) | CI2 | 15.00 | 15.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-O15 (PIEZ.) | CI3 | 18.00 | 18.50 | X | X | X | X | X | X | X | | | | X | | | | |
| S-O15 (PIEZ.) | CR1 | 4.00 | 4.50 | | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-O16 (PIEZ.) | CI1 | 10.50 | 11.15 | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | | | | | |
| S-O16 (PIEZ.) | CR1 | 2.00 | 2.50 | | X | | | | X | X | X | | | | | | | |
| S-O16 (PIEZ.) | CR2 | 17.00 | 17.50 | X | X | X | X | X | | X | | | X | | | | | |
| S-O17 (PIEZ.) | CI1 | 13.50 | 14.00 | X | X | | | X | X | X | | X | | | | | X | |
| S-O17 (PIEZ.) | CI2 | 14.90 | 15.50 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-O17 (PIEZ.) | CI3 | 17.50 | 18.00 | X | X | | | X | X | X | X | X | | | | | | |
| S-O17 (PIEZ.) | CR1 | 2.5 | 2.8 | X | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-O18 (PIEZ.) | CI1 | 11.00 | 11.50 | X | X | | | X | X | X | X | | X | | | | X | |
| S-O18 (PIEZ.) | CR1 | 1.20 | 1.50 | X | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-O18 (PIEZ.) | CR2 | 15.50 | 16.00 | X | X | | | X | X | X | | | X | | | | | |
| S-L1 | CI1 | 15.00 | 15.50 | X | X | | | X | X | X | | X | | | | | X | |
| S-L1 | CI2 | 18.00 | 18.50 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-L1 | CI3 | 19.50 | 20.00 | X | X | | | X | X | X | X | X | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|---|--|--|
| S-L1 | CR1 | 6.00 | 6.50 | | | | | | | X | | | | | | | | |
| S-L2 | CI1 | 9.00 | 9.50 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | X | | |
| S-L2 | CR1 | 3.50 | 4.00 | | X | | | | X | X | | | | | | | | |
| S-L2 | CR2 | 12.00 | 13.00 | X | X | X | X | X | | X | | | X | | | | | |
| S-L2 | CR3 | 19.20 | 19.70 | X | X | X | X | X | X | X | | | X | | | X | | |
| S-O11 BIS | CR1 | 3.50 | 4.00 | X | X | | | X | X | X | X | | X | | | X | | |
| S-O11 BIS | CR2 | 7.00 | 7.50 | | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| S-O11 BIS | CR3 | 8.00 | 8.50 | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| S-O11 BIS | CR4 | 9.00 | 9.50 | | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| S-O13 BIS | CR1 | 6.00 | 6.50 | X | X | | | X | X | X | X | | | | | | | |
| S-O13 BIS | CR2 | 8.00 | 8.50 | | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| S-O13 BIS | CR3 | 9.50 | 10.00 | | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| S-O13 BIS | CR4 | 13.50 | 14.00 | X | X | | | X | X | X | | | X | | | | | |
| PZU1 | CR1 | 1.5 | | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| PZU3 | CR1 | 1.5 | | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| PZU5 | CR1 | 1.5 | | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| PZU6 | CR1 | 1.5 | | X | X | | | X | X | X | | | | | | | | |
| SS-O1 | CR1 | 0.00 | 1.00 | | X | | | X | X | X | | | | | | | | |

Tabella 11: Prove di laboratorio eseguite – 2023.

| PROSPEZIONI GEOFISICHE | | | | |
|------------------------|---|-----------|-------------------------------|-----------------------------|
| SIGLA | TIPOLOGIA DI INDAGINE | LUNGHEZZA | FREQUENZA DI ACQUISIZIONE (m) | DISTANZA INTERGEOFONICA (m) |
| S-03 | Prospezione sismica con metodo Down Hole | 30.00 | 1.00 | - |
| S-08 | Prospezione sismica con metodo Down Hole | 30.00 | 1.00 | - |
| S-010 | Prospezione sismica con metodo Down Hole | 30.00 | 1.00 | - |
| S-013 | Prospezione sismica con metodo Down Hole | 30.00 | 1.00 | - |
| RFR-01 | Prospezione sismica a rifrazione in onde P e S con elaborazione tomografica | 115.00 | - | 5.00 |
| RFR-02 | Prospezione sismica a rifrazione in onde P e S con elaborazione tomografica | 115.00 | - | 5.00 |
| RFR-03 | Prospezione sismica a rifrazione in onde P e S con elaborazione tomografica | 115.00 | - | 5.00 |
| RFR-04 | Prospezione sismica a rifrazione in onde P e S con elaborazione tomografica | 115.00 | - | 5.00 |
| RFR-05 | Prospezione sismica a rifrazione in onde P e S con elaborazione tomografica | 115.00 | - | 5.00 |

Tabella 12: Sintesi indagini sismiche eseguite – 2023.

Nelle figure seguenti sono riportate le planimetrie di insieme dell'area in esame con l'ubicazione dei punti di indagine (sondaggi geognostici: cerchio rosso; sondaggi geognostici attrezzati con piezometro: cerchio blu; sondaggi geognostici attrezzati per prospezioni sismiche in foro: cerchio viola; trincee esplorative: quadrato arancione; stendimenti sismici a rifrazione: linea rossa).



Figura 4: Planimetria di ubicazioni indagini.



Figura 5: Planimetria di ubicazioni indagini.



Figura 6: Planimetria di ubicazioni indagini.



Figura 7: Planimetria di ubicazioni indagini.



Figura 8: Planimetria di ubicazioni indagini.

Per maggiori dettagli riguardo le modalità di esecuzione delle prove e l'attrezzatura utilizzata si rimanda al documento di riferimento (report delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite).

5 CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riportano, nei paragrafi che seguono, le modalità seguite per l'interpretazione dei risultati delle indagini svolte.

5.1 Terreni A Grana Grossa (Sabbie E Ghiaie)

La caratterizzazione dei terreni a grana grossa avverrà essenzialmente ai risultati delle prove in sito, in particolare in base ai risultati delle prove penetrometriche dinamiche (SPT e DPSH) in quanto per questo tipo di terreni sono state condotte prove di laboratorio.

Le prove SPT che hanno restituito $\frac{N1}{N3} > \frac{N2}{N3}$ non possono essere considerate affidabili (Schmertmann 1979) e pertanto non verranno prese in considerazione.

5.1.1 Classificazione

La classificazione di questi terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche
- Pesi specifico dei grani

5.1.2 Stato di addensamento (Dr)

Gibbs e Holtz (1957)

$$D_R = 1.5 \cdot \left(\frac{N_{60}}{F} \right)^{0.222} - 0.6$$
$$F = 0.65 \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^2 + 16.8 \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) + 14$$

Meyerhof (1957)

$$D_R = 0.21 \cdot \left(\frac{N_{60}}{\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} + 0.7} \right)^{0.5}$$

Yoshida e Kokuso (1988)

- a) $D_R = 0.22 \cdot N_{60}^{0.57} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^{-0.14}$ sabbia fine
- b) $D_R = 0.18 \cdot N_{60}^{0.57} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^{-0.14}$ sabbia 75% ghiaia 25%
- c) $D_R = 0.25 \cdot N_{60}^{0.44} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^{-0.13}$ sabbia 50% ghiaia 50%
- d) $D_R = 0.25 \cdot N_{60}^{0.46} \cdot \left(100 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^{-0.12}$ tutti i terreni granulari

Skempton (1989)

$$D_R = 100 \cdot \left(\frac{N_{1(60)}}{60}\right)^{0.5}$$

Prove DPSH

in questo caso, convertito il numero di colpi misurato dalla prova DPSH a numero di colpi SPT e successivamente a numero di colpi N1(60), si è provveduto a ricavare la densità relativa per mezzo delle correlazioni sopra descritte. Per tali prove la correlazione tra numero di colpi NDPSH e numero di colpi NSPT è la seguente:

$$NSPT = 1.49 * NDPSH$$

5.1.3 Caratteristiche di resistenza

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio dalle prove SPT e DPSH sono state utilizzate correlazioni che passano per la stima della DR, stimata come descritto nel paragrafo precedente, e correlazioni che forniscono direttamente l'angolo di attrito in funzione del numero di colpi. Alla coesione efficace viene attribuito un valore nullo.

Schmertmann (1977)

- a) $\phi = 38.5 + 0.08 \cdot D_R$ sabbia e ghiaia poco limosa e ghiaietto uniforme

- | | |
|------------------------------------|---|
| b) $\phi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R$ | sabbia grossa-media uniformemente ben gradata |
| c) $\phi = 31.5 + 0.115 \cdot D_R$ | sabbia medio-fine uniformemente ben gradata |
| d) $\phi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R$ | sabbia fine uniforme |

essendo: D_r = densità relativa

Schmertmann (1975)

$$\phi = \arctan \left(\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}} \right)^{0.34}$$

Hatanaka & Uchida (1996)

$$\phi = 20 + (15.4 \cdot N_{1(60)})^{0.5}$$

5.1.4 Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti sono state stimate per mezzo delle prove geofisiche MASW e DH. Certamente anche dalle prove penetrometriche è possibile definire le caratteristiche di deformabilità di un terreno. Avendo però a disposizione i risultati delle indagini sismiche, si è voluto procedere con la definizione del modulo elastico di progetto dei terreni attraverso la valutazione delle Vs direttamente, ovvero passando dalla definizione di modulo in condizioni dinamiche (praticamente a distorsioni nulle) piuttosto che attraverso delle correlazioni indirette basati sul numero di colpi delle SPT (valide in condizioni di rottura).

Dalle prove MASW e DH si può ricavare il modulo elastico dinamico di taglio G_0 a livelli bassissimi di deformazione ($\gamma < 10^{-7}$). In realtà l'esperienza mostra che nelle opere in sottoterraneo si raggiungono valori della deformazione di taglio dell'ordine di 10^{-3} e questo comporta una notevole riduzione dei valori dei moduli ottenuti dalle prove.

Dalle misure della velocità delle onde di taglio V_s , dunque, è stato valutato il valore iniziale del modulo di rigidezza a taglio G_0 secondo la ben nota relazione della teoria dell'elasticità:

$$G_0 = \rho \cdot v_s^2$$

nella quale ρ è la densità del mezzo.

A partire da G_0 , si ricava il modulo elastico dinamico E_0 attraverso la seguente relazione:

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

è stato stimato il modulo di Young a piccole deformazioni E_0 , assumendo un rapporto di Poisson $\nu = 0.45$.

Per tenere conto del decadimento della rigidezza dei terreni con il livello deformativo, i valori da adottare nei calcoli strutturali delle opere in oggetto sono poi stati stimati applicando un fattore riduttivo ai moduli a piccole deformazioni. Nello specifico:

- I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno, saranno assunti pari a 1/5 di quello a piccole deformazioni da prove geofisiche (E_0).
- Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati e fondazioni, i moduli elastici "operativi" saranno assunti pari a 1/10 di quello a piccole deformazioni da prove geofisiche ($E_{op}' = E_0/10$).

5.1.5 Caratteristiche di permeabilità

La permeabilità è stata stimata per mezzo di prove di permeabilità in foro a carico costante tipo Lefranc.

Nel corso della prova si è misurato il quantitativo di acqua nel tempo introdotto nel foro necessario al mantenimento di un livello idraulico costante all'interno della tubazione di rivestimento. In particolare, i valori misurati nel corso di prova vengono riportati su un diagramma volume d'acqua introdotto-tempo, dal quale si osserva se l'assorbimento da parte del terreno sottoposto a test è costante o se sono insorti fenomeni di intasamento/dilavamento dei pori da parte di materiale fine (limo e/o argilla).

La conducibilità idraulica del terreno sottoposto a prova viene calcolata con la seguente relazione:

$$k = \frac{Q}{F \times h}$$

Dove:

- Q: portata di acqua immessa nel foro (m³/s)
- F: fattore di forma (Hvorslev, 1951), dipendente dalla geometria della tasca di prova (m);
- H: carico idraulico agente sulla tasca di prova (m).

5.2 Depositi coesivi (limi e argille)

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni a grana fine si è proceduto alla definizione dei parametri drenati e non drenati. In particolare, si è fatto riferimento ai risultati delle prove di laboratorio per la determinazione dei parametri di resistenza e

Sono stati comunque elaborati i risultati provenienti dalle prove prenetrometriche SPT e DPSH al fine di avere un quadro più completo riguardo la coesione non drenata.

Le prove che hanno restituito $\frac{N1}{N3} > \frac{N2}{N3}$ non possono essere considerate affidabili (Schmertmann 1979) e pertanto non verranno prese in considerazione.

5.2.1 Classificazione

La classificazione di questi terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche
- Pesì specifico dell'unità di volume e dei grani
- Limiti di Atterberg

5.2.2 Caratteristiche di resistenza

Per la determinazione dei parametri drenati c' e ϕ' dei depositi coesivi ci si è basati principalmente sui risultati delle prove di laboratorio ovvero:

- Prove di taglio diretto
- Prove triassiali (TxCID, TxCIU)

La coesione non drenata è stata determinata dall'elaborazioni dei risultati delle prove di laboratorio (TxUU, ELL) ma anche da prove speditive (Pocket Test) e dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT e DPSH.

Nello specifico, a partire dal numero di colpo N_{spt} è possibile ricavare la c_u mediante la correlazione di Stroud (1974):

$$c_u \cong (4.5 \div 5) \times N_{SPT} \text{ (kPa)}$$

5.2.3 Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti sono state stimate per mezzo delle prove geofisiche MASW e DH. Certamente anche dalle prove SPT è possibile definire le caratteristiche di deformabilità di un terreno. Avendo però a disposizione i risultati delle indagini sismiche, si è voluto procedere con la definizione del modulo elastico di progetto dei terreni attraverso la valutazione delle V_s direttamente, ovvero passando dalla definizione di modulo in condizioni dinamiche (praticamente a distorsioni nulle) piuttosto che attraverso delle correlazioni indirette basati sul numero di colpi delle SPT (valide in condizioni di rottura).

Dalle prove MASW e DH si può ricavare il modulo elastico dinamico di taglio G_0 a livelli bassissimi di deformazione ($\gamma < 10^{-7}$). In realtà l'esperienza mostra che nelle opere in sotterraneo si raggiungono valori della deformazione di taglio dell'ordine di 10^{-3} e questo comporta una notevole riduzione dei valori dei moduli ottenuti dalle prove.

Dalle misure della velocità delle onde di taglio V_s , dunque, è stato valutato il valore iniziale del modulo di rigidezza a taglio G_0 secondo la ben nota relazione della teoria dell'elasticità:

$$G_0 = \rho \cdot v_s^2$$

nella quale ρ è la densità del mezzo.

A partire da G_0 , si ricava il modulo elastico dinamico E_0 attraverso la seguente relazione:

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

è stato stimato il modulo di Young a piccole deformazioni E_0 , assumendo un rapporto di Poisson $\nu = 0.45$.

Per tenere conto del decadimento della rigidità dei terreni con il livello deformativo, i valori da adottare nei calcoli strutturali delle opere in oggetto sono poi stati stimati applicando un fattore riduttivo ai moduli a piccole deformazioni. Nello specifico:

- I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno, saranno assunti pari a 1/5 di quello a piccole deformazioni da prove geofisiche (E_0).
- Nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati e fondazioni, i moduli elastici "operativi" saranno assunti pari a 1/10 di quello a piccole deformazioni da prove geofisiche ($E_{op}' = E_0/10$).

5.2.4 Caratteristiche di consolidazione

Per i terreni coesivi, soggetti a fenomeni di consolidazione a seguito dell'applicazione dei carichi derivanti dalla costruzione dei manufatti ferroviari (rilevati e scatolari), le caratteristiche di consolidazione sono state determinate per mezzo di prove di compressibilità edometrica. Tale prova consente di:

- determinare la relazione tensione-deformazione che caratterizza le proprietà di compressibilità e di rigonfiamento per effetto di variazioni di stato tensionale effettivo in condizioni monodimensionali (edometriche, o di deformazione trasversale impedita);
- determinare le caratteristiche che governano la variabilità di tali deformazioni nel tempo, per effetto dei fenomeni di consolidazione primaria e secondaria.

In particolare, si è provveduto a riportare in forma grafica, al variare della profondità di prelievo del campione, le seguenti proprietà:

- e0: indice dei vuoti iniziale
- cc: indice di compressibilità (lungo la retta di "normal consolidazione")
- cs: indice di rigonfiamento (lungo i rami di scarico ed eventuale ricarico)
- $\sigma'p$: tensione di preconsolidazione
- Eed: modulo edometrico
- cv: coefficiente di consolidazione verticale

Nello specifico, i parametri precedentemente elencati sono stati ricavati come segue:

| Parametro | Ricavato da | Mediante |
|--|---|---|
| Cc - Indice di compressibilità | Retta vergine - Curva di compressibilità (e-log $\sigma'v$) | $\frac{-\Delta e}{\Delta \log \sigma'v}$ |
| Cs - Indice di rigonfiamento | Retta scarico/ricarico - Curva di compressibilità (e-log $\sigma'v$) | $\frac{-\Delta e}{\Delta \log \sigma'v}$ |
| OCR - Grado di sovraconsolidazione | - | $\frac{\sigma'p}{\sigma'v0}$ |
| $\sigma'p$ - Tensione di preconsolidazione | Curva di compressibilità (e-log $\sigma'v$) | Metodo di Casagrande |
| Eed - Modulo edometrico | Curva tensione-deformazione | $\frac{\Delta \sigma'v (*)}{\Delta \epsilon z}$ |
| Cv - Coefficiente di consolidazione primaria | Curva di consolidazione (δ -logt) | $\frac{Tv^{50} * H^2}{t_{50}}$ |
| Tv^{50} - Fattore di consolidazione | Teoria | 0.197 |
| H - Percorso di drenaggio | - | $\frac{H_{provino}}{2}$ |
| t_{50} - tempo necessario affinché avvenga il 50% della consolidazione | Curva di consolidazione (δ -logt) | Metodo di Casagrande |

(*) Il modulo edometrico scelto per caratterizzare le unità geotecniche fa riferimento ad uno stato tensionale compreso tra 100 e 200 kPa.

5.2.5 Caratteristiche di permeabilità

La permeabilità è stata stimata per mezzo di prove di permeabilità in foro a carico costante e variabile tipo Lefranc.

Nel corso della prova si è misurato il quantitativo di acqua nel tempo introdotto nel foro necessario al mantenimento di un livello idraulico costante all'interno della tubazione di rivestimento (prova a carico costante) o l'abbassamento nel tempo del livello idrico all'interno della colonna di rivestimento rispetto a un piano di riferimento (prova a carico variabile).

L'elaborazione dei risultati varia in funzione della tipologia di prova eseguita. In particolare:

- Prova a carico costante

I valori misurati nel corso di prova vengono riportati su un diagramma volume d'acqua introdotto-tempo, dal quale si osserva se l'assorbimento da parte del terreno sottoposto a test è costante o se sono insorti fenomeni di intasamento/dilavamento dei pori da parte di materiale fine (limo e/o argilla).

La conducibilità idraulica del terreno sottoposto a prova viene calcolata con la seguente relazione:

$$k = \frac{Q}{F \times h}$$

Dove:

- Q: portata di acqua immessa nel foro (m³/s)
- F: fattore di forma (Hvorslev, 1951), dipendente dalla geometria della tasca di prova (m);

- H: carico idraulico agente sulla tasca di prova (m).

- Prova a carico variabile

I valori misurati nel corso della prova vengono riportati su un grafico abbassamento-tempo e su un grafico semilogaritmico carico idraulico normalizzato (H/H₀, dove H carico idraulico nel foro al tempo t, H₀ carico idraulico nel foro al tempo 0).

La conducibilità idraulica del terreno sottoposto a prova viene calcolata con il metodo del tempo di riequilibrio (t₀), secondo la seguente relazione:

$$k = \frac{A}{F \times t_0}$$

Dove:

- A: sezione della tubazione di rivestimento (m²);
- F: fattore di forma (Hvorslev, 1951), dipendente dalla geometria della tasca di prova (m);
- t₀: tempo di riequilibrio (s).

Il tempo di riequilibrio (t₀) si ricava dal diagramma semilogaritmico carico idraulico normalizzato-tempo, rappresenta il tempo corrispondente al valore di H/H₀=0.37, ricavato sulla retta che meglio interpola la curva sperimentale, riportata all'origine degli assi (H/H₀=1 e t=0).

5.3 Ammassi rocciosi

5.3.1 Classificazione

La classificazione di questi terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Pesì specifico dell'unità di volume

5.3.2 Caratteristiche di resistenza

La resistenza a compressione degli ammassi rocciosi è stata stimata mediante prove di compressione monoassiale (UCS), la resistenza a trazione attraverso prove di trazione indiretta (brasìliana).

Dalla prova di compressione monoassiale, la resistenza a compressione è stata calcolata mediante il rapporto tra il massimo carico P_{max} e l'area della sezione trasversale del provino:

$$\sigma_c = \frac{P_{max}}{A}$$

La prova brasìliana permette di ricavare la resistenza a trazione mediante la seguente formula:

$$\sigma_t = -\frac{2P_l}{\pi d}$$

Dove:

P_l = forza di compressione per unità di lunghezza applicata diametralmente

Nota la resistenza a compressione, il comportamento della roccia vuole essere descritto mediante il criterio di rottura di Hoek-Brown; vengono dunque assegnati opportunamente i restanti parametri necessari per descrivere il criterio (GSI, mi, D).

Infine, ai fini pratici ci si è ricondotti al criterio di Mohr Coulomb ricavando quindi un valore di coesione e angolo di resistenza a taglio equivalente mediante il programma RocLab.

5.3.3 Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità degli ammassi rocciosi sono state stimate per mezzo di prove di laboratorio e in sito:

- Prove di compressione monoassiale (UCS)
- Geofisiche MASW e DH

Dalla prova di compressione monoassiale sono state determinate le costanti elastiche statiche dell'ammasso roccioso mediante le seguenti espressioni:

$$E = \frac{\sigma_a}{\varepsilon_a}$$
$$\nu = - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_a}$$

Per valutare il modulo di deformabilità in sito, si fa ricorso al grafico mostrato di seguito tale per cui, mediante l'indice di qualità dell'ammasso roccioso RDQ, si ottiene il rapporto tra il modulo in sito e quello ottenuto in laboratorio:

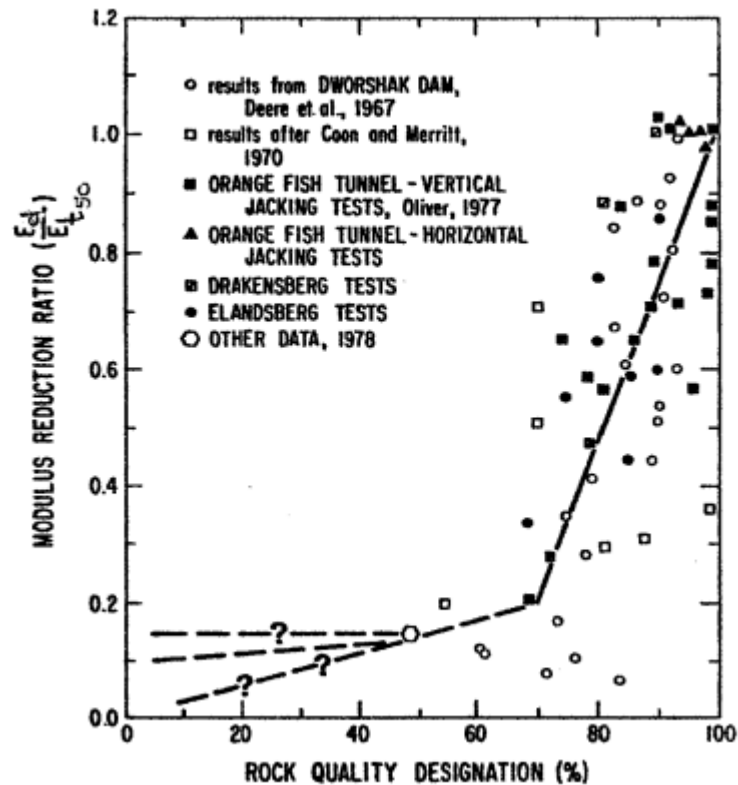


Figura 9: Rapporto tra modulo di deformabilità in sito e modulo di Young del materiale roccioso in funzione dell'indice di qualità RQD.

Dalle prove geofisiche MASW, DH e dalle misure di velocità sonora è stato ricavato il modulo elastico dinamico di taglio G_0 a livelli bassissimi di deformazione ($\gamma < 10^{-7}$). In realtà l'esperienza mostra che nelle opere in sotterraneo si raggiungono valori della deformazione di taglio dell'ordine di 10^{-3} e questo comporta una notevole riduzione dei valori dei moduli ottenuti dalle prove.

Dalle misure della velocità delle onde di taglio V_s , dunque, è stato valutato il valore iniziale del modulo di rigidezza a taglio G_0 secondo la ben nota relazione della teoria dell'elasticità:

$$G_0 = \rho \cdot v_s^2$$

nella quale ρ è la densità del mezzo.

A partire da G_0 , si ricava il modulo elastico dinamico E_0 attraverso la seguente relazione:

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1 Generalità

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 del D.M. 2018, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4.3 del D.M. 2018. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_{c^*} periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di a_g , F_0 e T_{c^*} necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

6.2 Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda alla Tab. 2.4.1 dell'NTC2018.

Tab. 2.4.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

| TIPI DI COSTRUZIONI | | Valori minimi di V_N (anni) |
|---------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Costruzioni temporanee e provvisorie | 10 |
| 2 | Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari | 50 |
| 3 | Costruzioni con livelli di prestazioni elevati | 100 |

Tabella 13: Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione.

Tenendo conto delle indicazioni precedenti, le strutture di progetto avranno Vita Nominale pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni.}$$

6.3 Classe D'Uso

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 così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie

non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

| CLASSE D'USO | I | II | III | IV |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| COEFFICIENTE C_U | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Tabella 14: Tabella Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione.

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di

operatività a valle di un evento sismico. Tenendo conto delle indicazioni precedenti, i rilevati e i muri in terra armata appartengono alla Classe d'Uso III ossia:

"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".

Alla classe d'uso III corrisponde un coefficiente d'uso pari a:

$$CU= 1.5$$

I viadotti e tutto ciò che vi concerne (muri in c.a. per spalle, paratie definitive per pile) appartengono alla Classe d'Uso IV ossia:

"Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica".

Alla classe d'uso IV corrisponde un coefficiente d'uso pari a:

$$CU= 2$$

6.4 Periodo Di Riferimento

Il periodo di riferimento VR si ottiene moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU. Nel caso in esame:

$$VR = VN \times CU = 50 \times 1.5 = 75 \text{ anni}$$

$$VR = VN \times CU = 50 \times 2 = 100 \text{ anni}$$

L'azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle corrispondenti probabilità PVR di realizzarsi nel periodo di riferimento VR.

6.5 Valutazione dei Parametri di Pericolosità Sismica

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- **Stati Limite Ultimi (SLU):**
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- **Stati limite di Esercizio (SLE):**
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.
 - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1-P_{VR})$$

Nel caso in esame, i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica e le probabilità di superamento per i diversi Stati Limite sono mostrati nella tabella che segue.

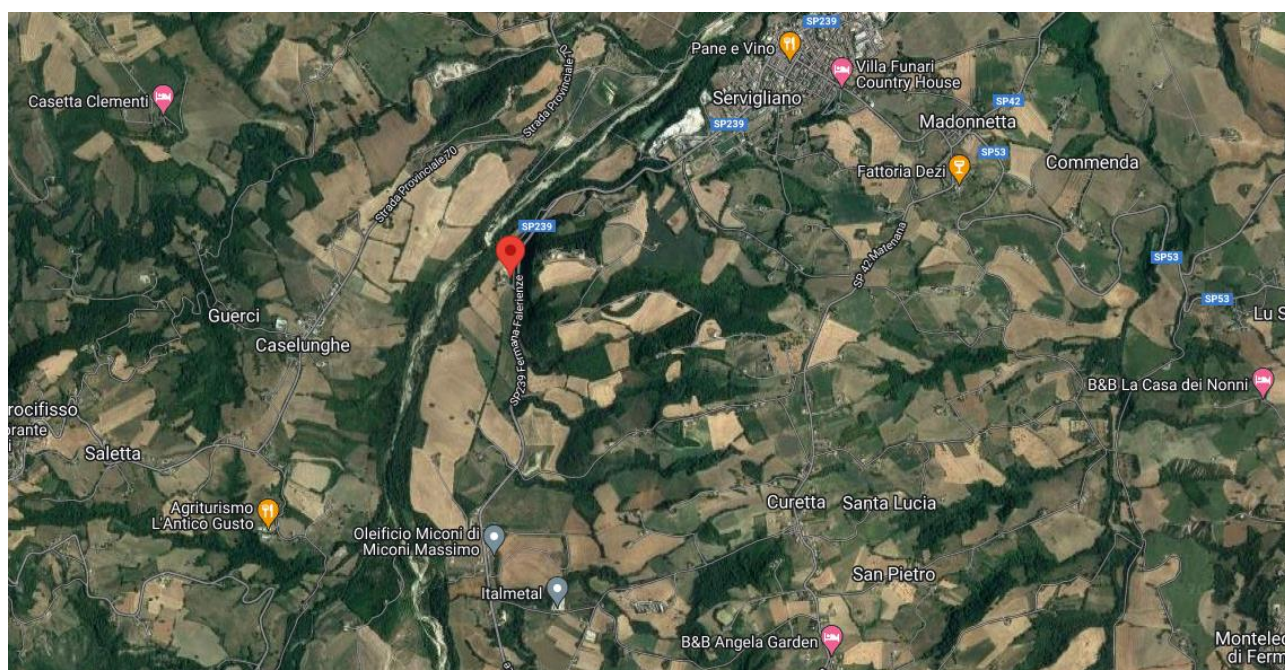
| Stato limite di riferimento | | Probabilità di superamento P_{VR} | Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R per $V_r = 75$ |
|---------------------------------|--|--|---|
| Stati limite di esercizio (SLE) | Stato limite di immediata operatività (SLO) | 81% | 45 |
| | Stato limite di danno (SLD) | 63% | 75 |
| Stati limite ultimi (SLU) | Salvaguardia della vita umana (SLV) | 10% | 712 |
| | Stato limite di prevenzione del collasso (SLC) | 5% | 1462 |

| Stato limite di riferimento | | Probabilità di superamento P_{VR} | Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R per $V_r = 100$ |
|---------------------------------|--|--|--|
| Stati limite di esercizio (SLE) | Stato limite di immediata operatività (SLO) | 81% | 60 |
| | Stato limite di danno (SLD) | 63% | 101 |
| Stati limite ultimi (SLU) | Salvaguardia della vita umana (SLV) | 10% | 949 |
| | Stato limite di prevenzione del collasso (SLC) | 5% | 1950 |

Tabella 15: Periodi di ritorno per l'azione sismica di progetto per i diversi stati limite.

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto mediante EdiLus – MS (mappe sismiche).

6.5.1 Caratteristiche sismiche del sito



| | |
|---------------------------|----------------------------|
| Latitudine (WGS84) | Longitudine (WGS84) |
| 43.06865374 | 13.47104784 |
| Latitudine (ED50) | Longitudine (ED50) |
| 43.070382 | 13.471879 |

Figura 10: Individuazione del sito di progetto.

Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. par. 3.2).

Sulla base della localizzazione geografica del sito di progetto vengono definiti, quindi, i parametri di riferimento del moto sismico in superficie, successivamente correlati con gli stati limite e la vita nominale dell'opera, al fine di definire gli obiettivi da raggiungere in termini di sicurezza e prestazioni delle opere o di parti di esse.

| Stato Limite | T_R anni | a_g g | F_0 - | T_C^* s |
|--------------|---------------|------------|------------|--------------|
| SLO | 45 | 0.068 | 2.477 | 0.287 |
| SLD | 75 | 0.084 | 2.456 | 0.302 |
| SLV | 712 | 0.203 | 2.447 | 0.345 |
| SLC | 1462 | 0.260 | 2.487 | 0.351 |

Tabella 16: Parametri di riferimento del moto sismico in superficie per i differenti stati limite definiti dalla normativa e $V_r=75$ anni.

| Stato Limite | T_R anni | a_g g | F_0 - | T_C^* s |
|--------------|---------------|------------|------------|--------------|
| SLO | 60 | 0.076 | 2.449 | 0.295 |
| SLD | 101 | 0.096 | 2.441 | 0.316 |
| SLV | 949 | 0.225 | 2.447 | 0.348 |
| SLC | 1950 | 0.286 | 2.487 | 0.354 |

Tabella 17: Parametri di riferimento del moto sismico in superficie per i differenti stati limite definiti dalla normativa e $V_r=100$ anni.

6.6 Caratterizzazione Sismica Del Terreno

6.6.1 Categorie di Sottosuolo

La normativa, al capitolo 3.2.2, cita:

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

$V_{s,eq}$ è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{h}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

- h_i = spessore (in m);
- V_i = velocità delle onde di taglio dello strato "i-esimo", per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori;
- N = numero di strati.

Le prove geofisiche eseguite nell'area di intervento hanno permesso di classificare secondo il DM. 2018 e successive modifiche i terreni interessati dalle indagini. Per quanto riguarda la zona indagata i terreni appartengono, per la maggior parte dei casi alla categoria di suolo **B**, ad eccezione della zona in cui è stata condotta la DH-S010, tale per cui il terreno appartiene alla categoria di suolo **E**.

| ID indagine | tipo | anno di esecuzione | Vs,eq (m/s) | profondità bedrock sismico (m da p.c.) | categoria sismica suolo |
|-------------|-----------|--------------------|-------------|--|-------------------------|
| DH-S1 | Down-Hole | 2022 | 364 | 30.00 | B |
| DH-S03 | Down-Hole | 2023 | 412 | 14.00 | B |
| DH-S4 | Down-Hole | 2022 | 407 | 30.00 | B |
| MASW1 | MASW | 2022 | 518 | 30.00 | B |
| DH-S08 | Down-Hole | 2023 | 437 | 16.00 | B |
| DH-S010 | Down-Hole | 2023 | 347 | 12.00 | E |
| DH-S013 | Down-Hole | 2023 | 373 | 9.00 | B |
| MASW2 | MASW | 2022 | 378 | 30.00 | B |
| MASW3 | MASW | 2022 | 439 | 30.00 | B |

Tabella 18: Categoria di sottosuolo ricavata dai risultati delle indagini geofisiche.

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

Tabella 19: Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

6.6.2 Condizioni Topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo tutte le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie

possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III.

| Categoria Topografica | Ubicazione dell'opera dell'intervento | S_T |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

Tabella 20: Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T .

In particolare, il sito in oggetto può essere classificato di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1$ e di categoria T2, "Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.2$.

6.6.3 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2018 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_s \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti che sono riportati di seguito:

| Categoria sotto-suolo | S_s | C_C |
|-----------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$ |

| | | |
|---|---|------------------------------|
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$ |

Tabella 21: Tabella delle espressioni per S_s e C_c .

6.7 Parametri Sismici di Calcolo

Di seguito si riportano i parametri sismici di calcolo validi per le opere in progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV.

Parametri sismici ($V_R= 100$ anni, categoria di suolo B, T1)

- $ag/g= 0.225$
- $F0= 2.447$
- $Tc^*= 0.348$ s
- $SS= 1.18$
- $Cc= 1.36$
- $ST= 1$
- $amax/g= 0.2654$

Parametri sismici ($V_R= 100$ anni, categoria di suolo B, T2)

- $ag/g= 0.225$
- $F0= 2.447$
- $Tc^*= 0.348$ s
- $SS= 1.18$
- $Cc= 1.36$
- $ST= 1.2$
- $amax/g= 0.319$

Parametri sismici ($V_R=75$ anni, categoria di suolo B, T1)

- $a_g/g=0.203$
- $F_0=2.447$
- $T_c^*=0.345$ s
- $SS=1.20$
- $C_c=1.36$
- $ST=1$
- $a_{max}/g=0.244$

Parametri sismici ($V_R=75$ anni, categoria di suolo B, T2)

- $a_g/g=0.203$
- $F_0=2.447$
- $T_c^*=0.345$ s
- $SS=1.20$
- $C_c=1.36$
- $ST=1.2$
- $a_{max}/g=0.292$

Parametri sismici ($V_R=75$ anni, categoria di suolo E, T1)

- $ag/g = 0.203$
- $F0 = 2.447$
- $Tc^* = 0.345 \text{ s}$
- $SS = 1.45$
- $Cc = 1.76$
- $ST = 1$
- $amax/g = 0.295$

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si riporta, nei paragrafi che seguono, la caratterizzazione geotecnica dei terreni rinvenuti nell'area di intervento necessari alla progettazione delle opere previste. Le caratteristiche dei materiali indicate di seguito, derivano dall'insieme di informazioni ottenute mediante l'elaborazione dei risultati provenienti dalle campagne di indagine condotto nell'anno 2022 nell'ambito del PFT e nell'anno 2023 nell'ambito del PD.

7.1 UNITA' ALL_Gs – Depositi alluvionali terrazzati in litofacies ghiaioso-sabbiosa

7.1.1 Identificazione

Si tratta di depositi alluvionali terrazzati in litofacies ghiaiosa-sabbiosa (OLOCENE-PEISTOCENE SUPERIORE). Sono costituiti da ghiaie poligeniche a matrice sabbiosa con intercalazioni lenticolare/tabulari di sabbia.



SONDAGGIO S-014 – Cassa n.2 da 5.00 m a 10.00 m

Figura 11: Foto del materiale in cassetta – Unità ALL_Gs.

Per l'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni rimaneggiati su cui sono state eseguite le seguenti determinazioni di laboratorio:

| sondaggio | anno | campione | Prof. (m) | Gs | WI |
|--------------|------|----------|-----------|------|------|
| S-O3 (DH) | 2023 | CR1 | 7.25 | 26.2 | |
| S-O4 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 3.75 | 26.1 | |
| S-O5 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 3.25 | 26.1 | |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 3.25 | 26.3 | |
| S-O7 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 2.75 | 26.2 | |
| S-L2 | 2023 | CR1 | 3.75 | 26.8 | 15.5 |
| S-L1 | 2023 | CR1 | 6.25 | | |

Dalle analisi granulometriche si ottiene in media:

- ghiaia 59.7 %;
- sabbia 30.6 %;
- limo 6.0 %;
- argilla 5.3 %.

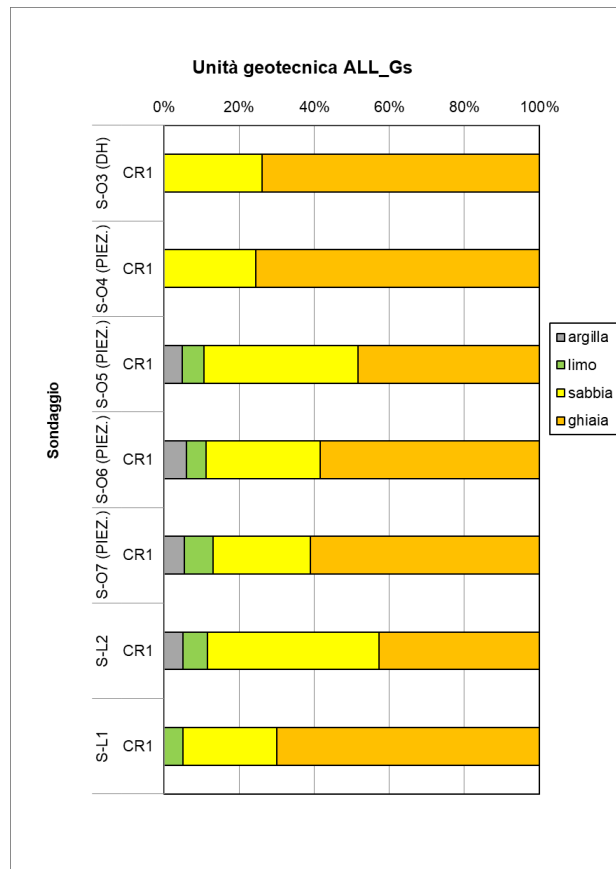


Figura 12: Analisi granulometrica per ciascuno dei campioni lavorati – Unità ALL_Gs.

Per quanto sopra l'unità ALL_Gs è classificabile mediamente come Ghiaia con Sabbia debolmente limosa e argillosa. La distribuzione delle varie frazioni con la profondità è mostrata nell'immagine sottostante:

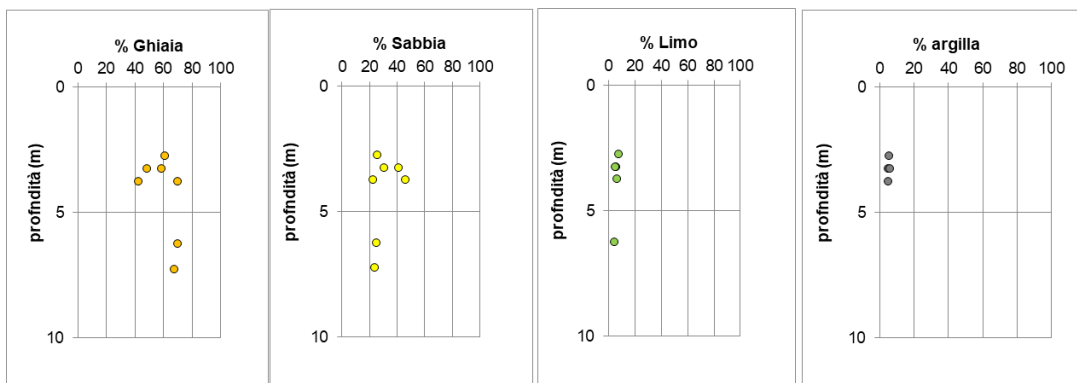


Figura 13: Distribuzione granulometrica con la profondità del campione – Unità ALL_Gs.

Il peso specifico dei grani è risultato compreso tra 26.1 e 26.8 (media 26.2).

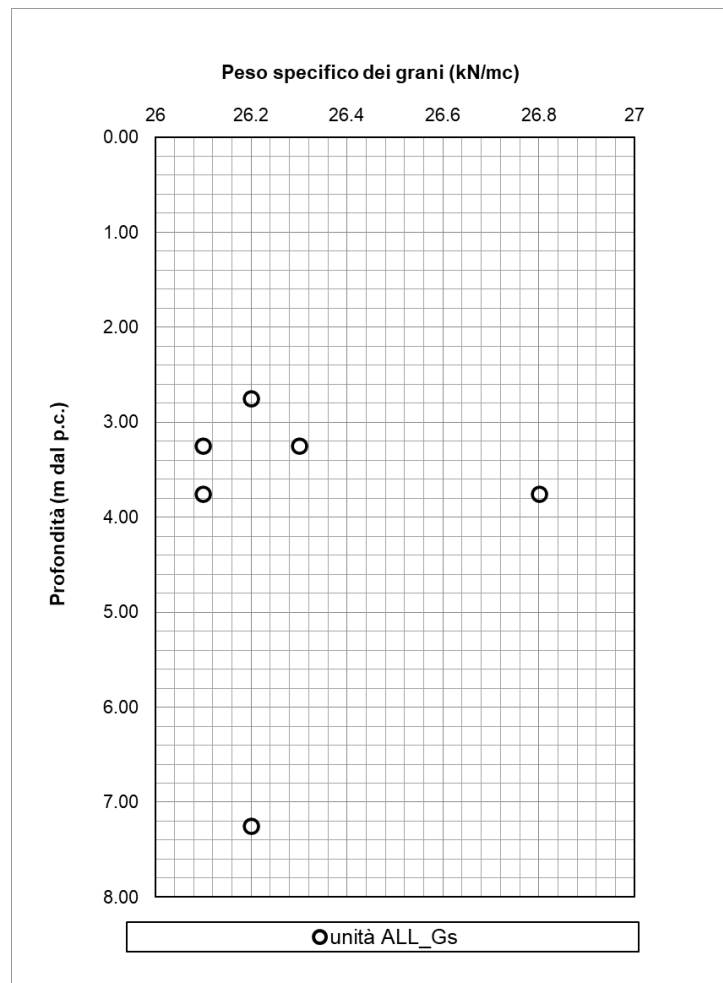


Figura 14: Peso specifico dei grani (γ_s) al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Gs.

Il peso specifico dell'unità di volume non è stato determinato pertanto viene assegnato traendo spunto da dati bibliografici per terreni di simile composizione granulometrica:

➤ $\gamma = 19-20 \text{ KN/m}^3$

7.1.2 Parametri di resistenza a taglio

Per l'unità ALL_Gs non è stata condotta alcuna prova in laboratorio volta a determinare i parametri meccanici, pertanto, le caratteristiche di resistenza sono state stimate facendo riferimento ai risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT e DPSH.

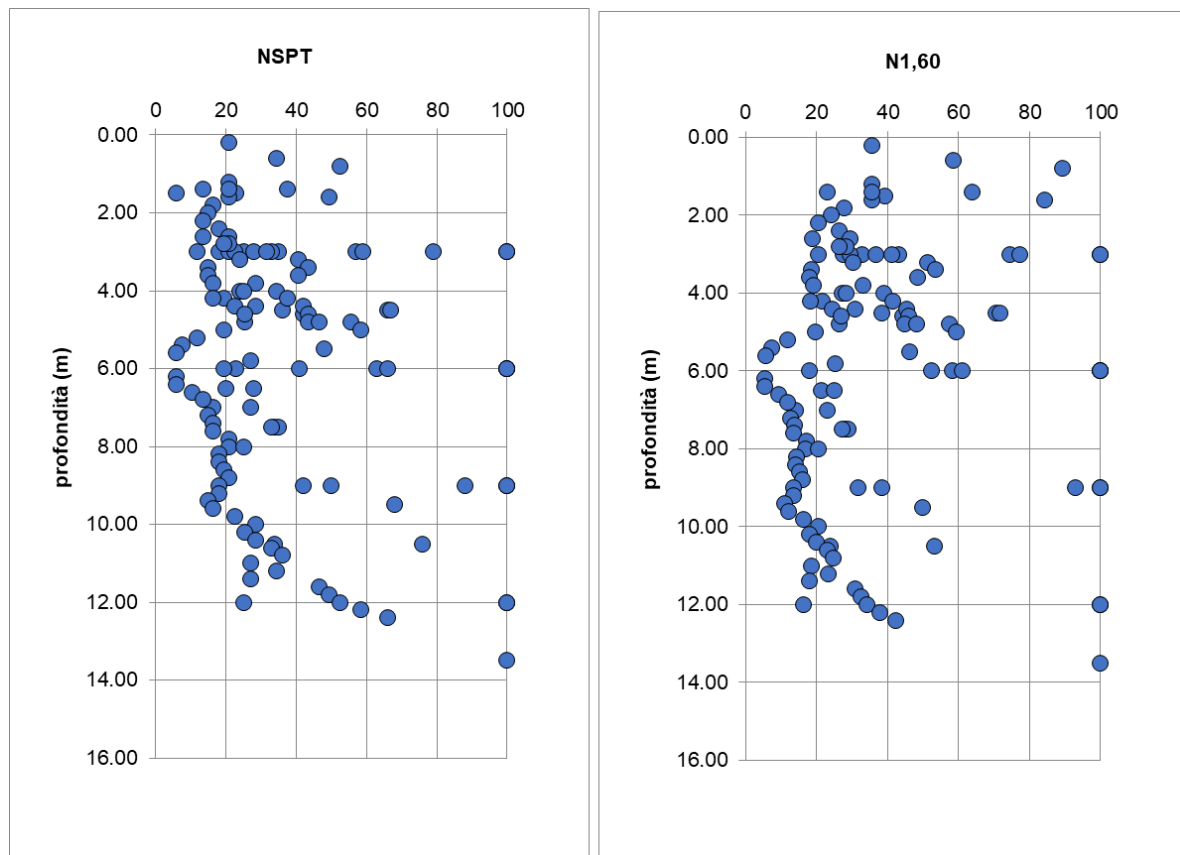


Figura 15: Valori del numero di colpi N_{SPT} e $N_{1,60}$ al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Gs [le prove non attendibili non sono state considerate nella valutazione della resistenza].



Figura 16: Densità relativa al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Gs.

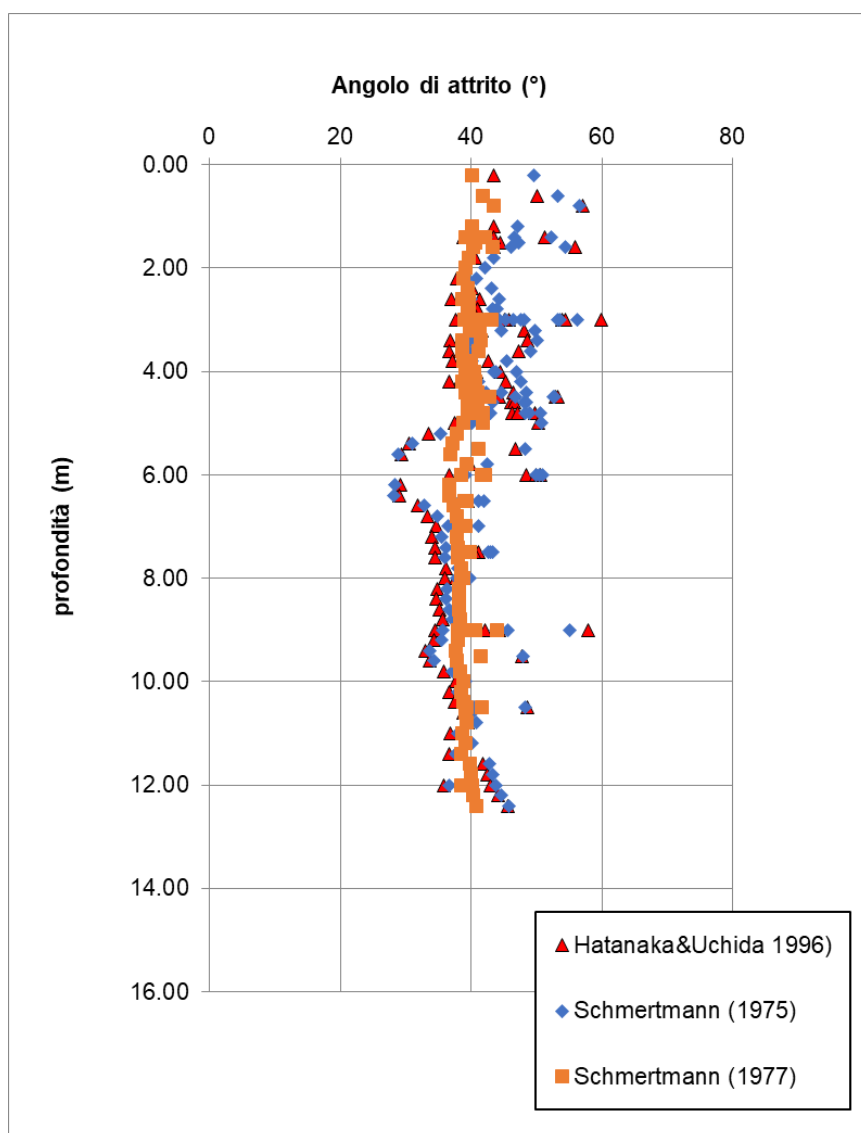


Figura 17: Angolo di attrito da prove SPT al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Gs.

Le correlazioni forniscono valori dell'angolo di attrito medio pari a 40° come si può notare dal grafico soprastante. Cautelativamente, ai fini progettuali, si riduce tale valore e si attribuisce un angolo di resistenza a taglio compreso tra 35° e 37°.

7.1.3 Parametri di deformabilità

I parametri di deformabilità sono stati stimati a partire dai risultati delle indagini sismiche MASW e DH. A seguito dei risultati ottenuti si assume un modulo elastico dinamico E_0 pari a 400 MPa per $0\text{m} < z < 7\text{m}$ e pari a 1250 MPa per $z > 7\text{m}$.

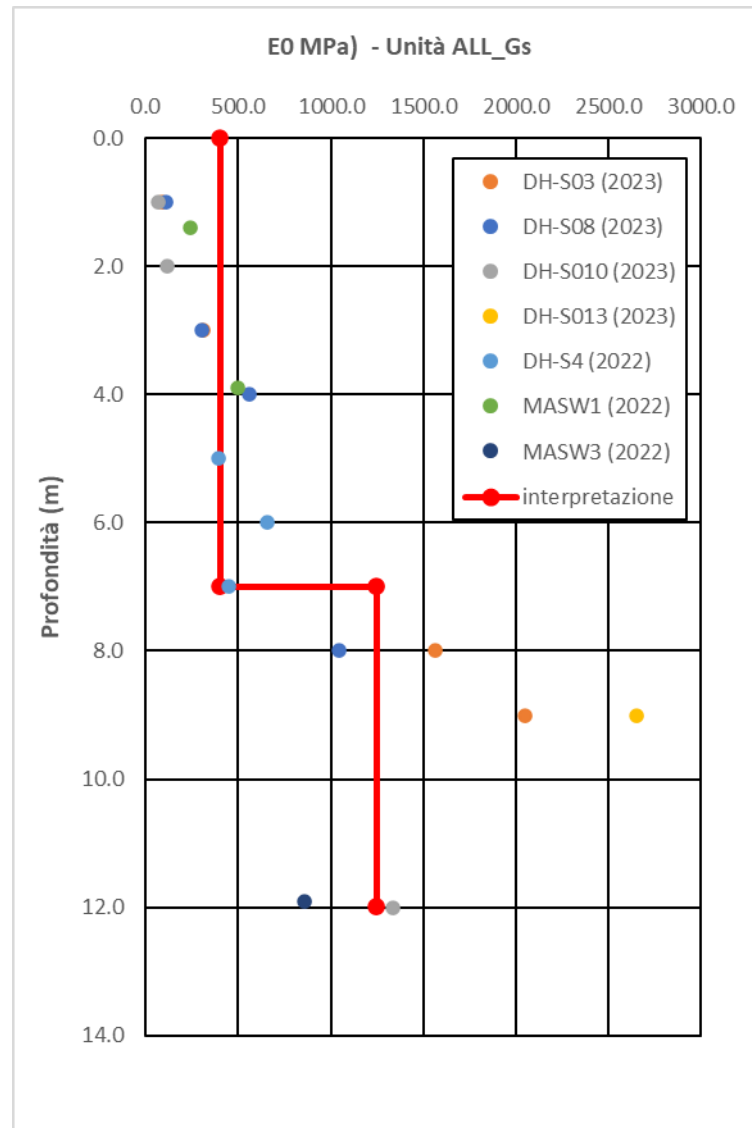


Figura 18: Modulo dinamico E_0 al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Gs.

7.1.4 Permeabilità

La permeabilità dell'unità geotecnica è stata stimata mediante num. 7 prove Lefranc i cui risultati sono stati riportati nella seguente tabella. La permeabilità misurata è compresa tra 5.34×10^{-5} e 4.61×10^{-4} m/s (media 1.75×10^{-4} m/s).

| PROVE LEFRANC | | | | | | | |
|---------------|------|-------------------------------|--------|-------|----------------------|----------|--------|
| Sondaggi | fase | Tipo di prova di permeabilità | da (m) | a (m) | Profondità media (m) | k (m/s) | UNITA' |
| S-O3 | PD | Lefranc CC | 6 | 6.5 | 6.25 | 5.34E-05 | ALL_Gs |
| S-O4 | PD | Lefranc CC | 4 | 4.5 | 4.25 | 4.11E-04 | ALL_Gs |
| S-O5 | PD | Lefranc CC | 3.5 | 4 | 3.75 | 4.61E-04 | ALL_Gs |
| S-O6 | PD | Lefranc CC | 6 | 7 | 6.5 | 5.34E-05 | ALL_Gs |
| S-O8 | PD | Lefranc CC | 6.5 | 7 | 6.75 | 8.35E-05 | ALL_Gs |
| S-O10 | PD | Lefranc CC | 7.5 | 8 | 7.75 | 1.06E-04 | ALL_Gs |
| S-O13 | PD | Lefranc CC | 8 | 8.5 | 8.25 | 5.88E-05 | ALL_Gs |

Tabella 22: Risultati delle prove Lefranc – Unità ALL_Gs.

7.1.5 Sintesi parametri geotecnici

Di seguito si sintetizzano i valori di riferimento dei parametri meccanici dell'unità desunti dalla caratterizzazione generale dell'unità ALL_Gs:

- $\gamma = 19-20 \text{ kN/m}^3$
- $c' = 0 \text{ kPa}$
- $\varphi' = 35-37^\circ$
- $E0 = 400 \text{ MPa } 0\text{m} < z < 7\text{m}$

1250 MPa per $z > 7\text{m}$

7.2 UNITA' ALL_Ls – Depositi alluvionali terrazzati in litofacies limoso-sabbiosa

7.2.1 Identificazione

Si tratta di depositi alluvionali terrazzati in litofacies limoso-sabbiosa (OLOCENE-PEISTOCENE SUPERIORE). Sono costituiti da limo sabbioso o con sabbia, di colore marrone, sabbie con limo, di colore marrone-giallo.



SONDAGGIO S-011 – Cassa n.2 da 5.00 m a 10.00 m

Figura 19: Foto del materiale in cassetta – Unità ALL_Ls.

Per l'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati su cui sono state eseguite le seguenti determinazioni di laboratorio:

| sondaggio | anno | campione | Prof. (m) | γ | Gs | γ_d | γ_{sat} | e | n | Sr | w | WI | Wp | Ip | Ic |
|---------------|------|----------|-----------|----------|-------|------------|----------------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| S1 (DH) | 2022 | CI1 | 3.30 | 20.44 | 26.33 | 17.26 | 20.64 | 0.525 | 34.4 | 94 | 18.4 | 39 | 22 | 17 | 1.21 |
| S1 (DH) | 2022 | CI2 | 6.25 | 19.35 | 26.37 | 17 | 20.48 | 0.551 | 35.5 | 67 | 13.8 | 29 | 17 | 12 | 1.27 |
| S2 (PIEZ) | 2022 | CI1 | 5.25 | 20.58 | 26.4 | 18.43 | 21.39 | 0.432 | 30.2 | 72 | 11.6 | 31 | 17 | 14 | 1.39 |
| S2 (PIEZ) | 2022 | CI2 | 7.75 | 20.65 | 26.4 | 17.39 | 20.76 | 0.522 | 34.3 | 96 | 18.7 | 54 | 28 | 26 | 1.36 |
| S3 (PIEZ) | 2022 | CI1 | 3.25 | 20.6 | 26.35 | 17.25 | 20.63 | 0.528 | 34.55 | 99 | 19.5 | 37 | 15 | 22 | 0.80 |
| S3 (PIEZ) | 2022 | CI2 | 6.45 | 19.65 | 26.46 | 15.9 | 19.82 | 0.663 | 39.85 | 95 | 23.4 | 37 | 21 | 16 | 0.85 |
| S3 (PIEZ) | 2022 | CI3 | 9.45 | 19.48 | 26.48 | 16.28 | 20.05 | 0.626 | 38.51 | 84 | 19.6 | 40 | 19 | 21 | 0.97 |
| S4 (DH) | 2022 | CI1 | 8.75 | 19.14 | 26.46 | 15.27 | 19.41 | 0.733 | 42.3 | 93 | 25.3 | 33 | 18 | 15 | 0.51 |
| S4 (DH) | 2022 | CI2 | 11.25 | 20.55 | 26.43 | 17.49 | 20.8 | 0.511 | 33.82 | 92 | 17.4 | 25 | 18 | 7 | 1.09 |
| S5 (PIEZ. C.) | 2022 | CI1 | 3.30 | 20.08 | 26.33 | 16.79 | 20.34 | 0.568 | 36.22 | 92 | 19.6 | 28 | 19 | 9 | 0.93 |
| S5 (PIEZ. C.) | 2022 | CI2 | 5.75 | 18.1 | 26.33 | 15.17 | 19.33 | 0.736 | 42.38 | 70 | 19.3 | 30 | 17 | 13 | 0.82 |
| S-O1 | 2023 | CI1 | 3.25 | 19 | 26.2 | 15.8 | 19.7 | 0.655 | 39.6 | 83 | 20.4 | 37.1 | 17.7 | 19.4 | 0.94 |
| S-O3 (DH) | 2023 | CI1 | 3.25 | 18.5 | 26.2 | 15.6 | 19.6 | 0.677 | 40.4 | 73.5 | 18.7 | 56.2 | 22.2 | 34 | 1.10 |
| S-O8 (DH) | 2023 | CR1 | 3.25 | | 26.4 | | | | | | | | | | |
| S-O12 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 4.40 | 20 | 26.3 | 16.7 | 20.1 | 0.55 | 35.5 | 96.7 | 20.2 | 22.7 | np | | |
| S-O13 (DH) | 2023 | CR1 | 4.35 | 19.2 | | | | | | | 28.8 | 40.6 | 20.3 | 20.3 | 0.58 |
| S-O14 (PIEZ.) | 2023 | CI1 | 4.30 | 19.5 | 26.4 | 16.1 | 19.8 | 0.607 | 37.8 | 91.5 | 21.04 | 29.2 | 22.4 | 6.8 | 1.2 |
| S-O15 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 4.25 | | 26.9 | | | | | | | 31.4 | | | |
| S-O16 (PIEZ.) | 2023 | CI1 | 10.83 | 19.5 | 26.7 | 15.7 | 19.6 | 0.663 | 39.9 | 95.3 | 23.7 | 24.5 | | | |
| S-O16 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 2.25 | | 26.3 | | | | | | | 23.7 | | | |
| S-O17 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 2.65 | 18.7 | 26.7 | | | | | | | 33.1 | 20.2 | 12.9 | |
| S-O18 (PIEZ.) | 2023 | CR1 | 1.35 | 18.4 | 26.7 | | | | | | | 43.5 | 20.9 | 22.6 | |
| S-O10 (DH) | 2023 | CI1 | 5.25 | 19.9 | 26.6 | | | | | | 10.6 | 23.5 | 11 | 12.5 | |
| S-O10 (DH) | 2023 | CI2 | 10.75 | 20.2 | 26.3 | | | | | | 17.6 | 31.3 | 13.9 | 17.4 | |
| S-O11 (PIEZ.) | 2023 | CI1 | 8.25 | 19.8 | 26.5 | | | | | 96.8 | 23.6 | 28.1 | 13.8 | 14.3 | |
| S-O11 BIS | 2023 | CR1 | 3.75 | 20.3 | 26.1 | | | | | | 18.4 | 26.9 | 18 | 8.9 | 0.96 |
| S-O13 BIS | 2023 | CR1 | 6.25 | 20.1 | 26.1 | | | | | | 21.2 | 49.4 | 21.1 | 28.3 | 1.00 |
| S-O13 BIS | 2023 | CR2 | 8.25 | | 26.2 | | | | | | 4.7 | 51.8 | 25.3 | 26.5 | 1.78 |
| PZU1 | 2023 | CR1 | 1.50 | 17.3 | 26.2 | | | | | | 18.2 | 35.7 | 19.4 | 16.3 | 1.07 |
| PZU3 | 2023 | CR1 | 1.50 | 19.9 | 26.3 | | | | | | 17 | 27.8 | 17.1 | 10.7 | 1.01 |
| PZU5 | 2023 | CR1 | 1.50 | 20.2 | 26.1 | | | | | | 18.7 | 24.6 | | | |
| PZU6 | 2023 | CR1 | 1.50 | 18.7 | 26 | | | | | | 26.2 | 33.2 | 18.8 | 14.4 | 0.49 |
| SS-O1 | 2023 | CR1 | 0.50 | | 26.4 | | | | | | 18.3 | 25.4 | | | |

Dalle analisi granulometriche si ottiene in media:

- ghiaia 8.6 %;
- sabbia 33.2 %;
- limo 35.6 %;
- argilla 22.6 %.

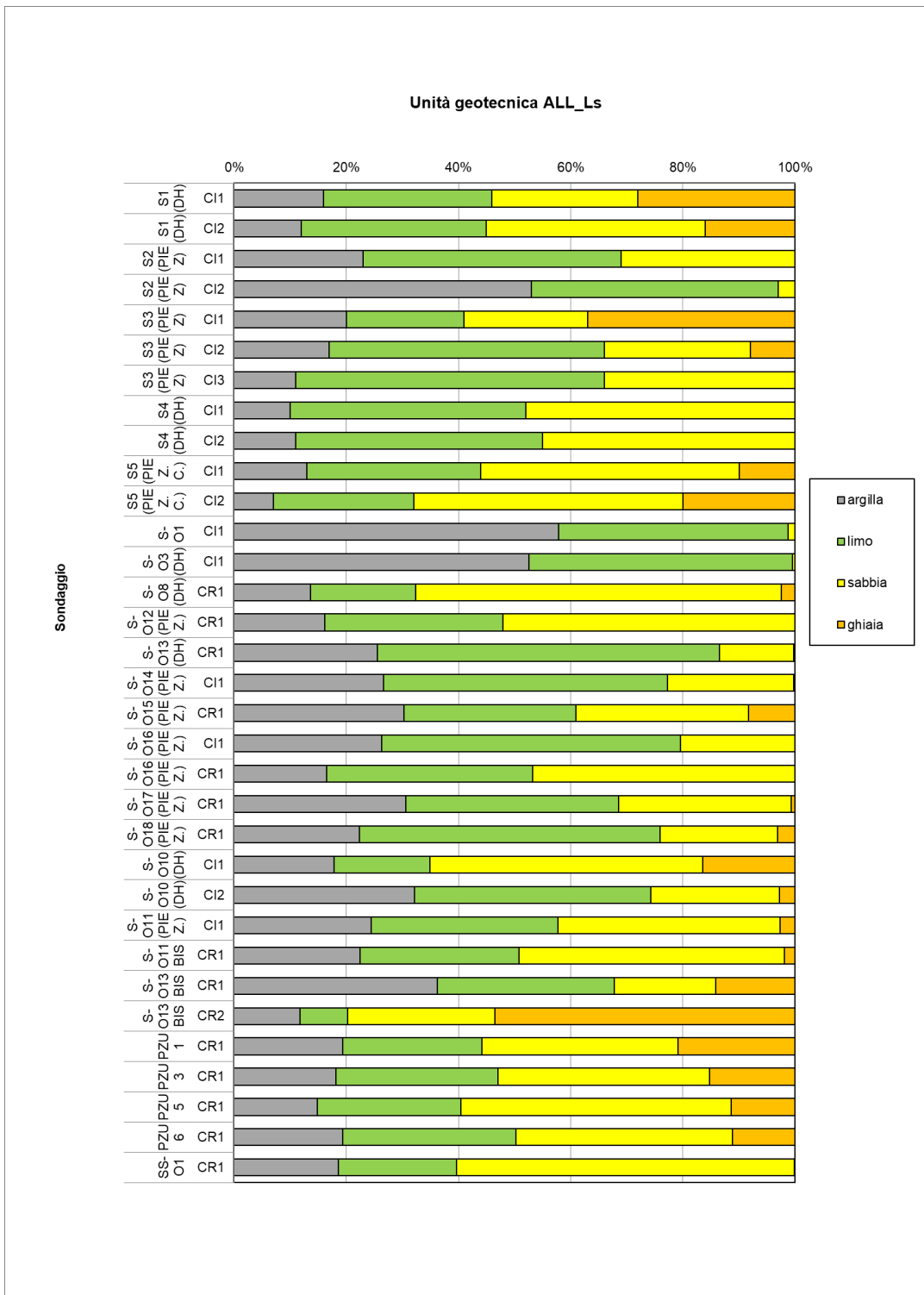


Figura 20: Analisi granulometrica per ciascuno dei campioni lavorati – Unità ALL_Ls.

Per quanto sopra l'unità ALL_Ls è classificabile mediamente come **Limo con Sabbia argil-losa debolmente ghiaiosa**. La distribuzione delle varie frazioni con la profondità è mostrata nell'immagine sottostante:

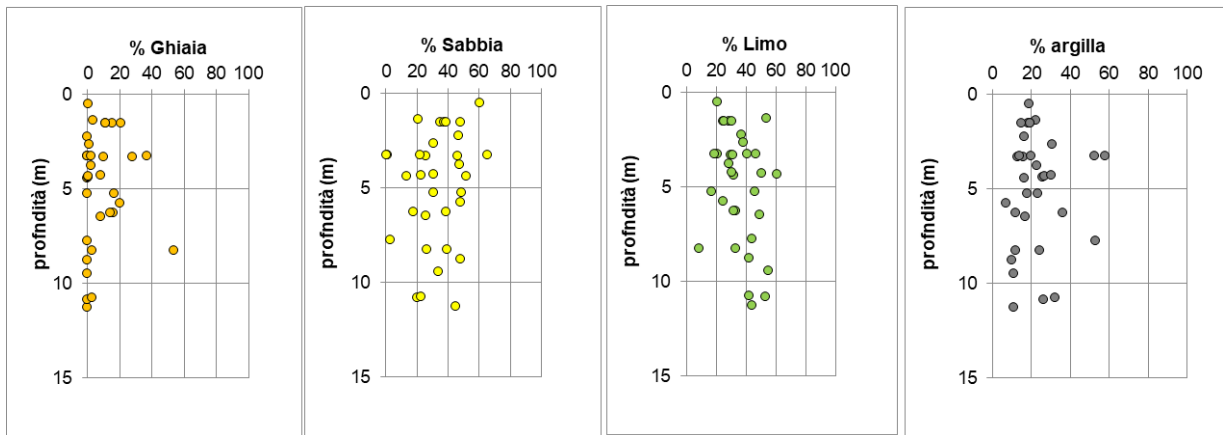


Figura 21: Distribuzione granulometrica con la profondità del campione – Unità ALL_Ls.

Il peso specifico dei grani è risultato compreso tra 26.0 e 26.9 (media 26.37). Il peso specifico dell'unità di volume è risultato compreso tra 17.3 e 20.65 (media 19.56).

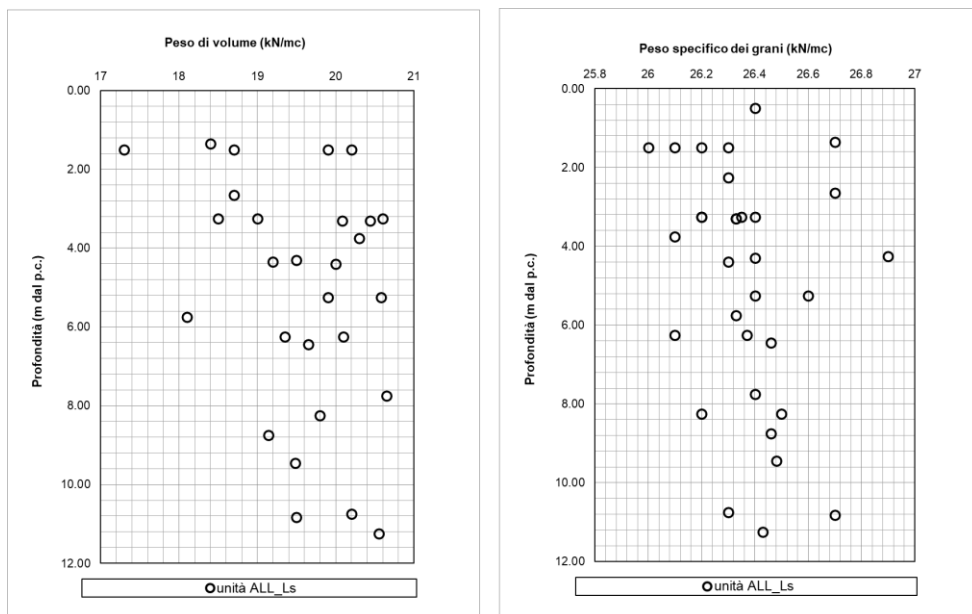


Figura 22: Peso specifico dell'unità di volume (γ) e peso specifico dei grani (γ_s) al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

Il limite liquido è compreso tra il 22.7% e 56.2% (media 33.8%), il limite plastico tra 11% e 28% (media 18.96%), l'indice plastico tra 6.8% e 34% (media 16.8%) (poco plastico-plastico). In base alla carta di plasticità, il campione dell'unità ALL_Ls è classificabile come "Argille di bassa-media plasticità". L'indice di consistenza I_c varia tra 0.49 e 1.78 (media 1.02); la consistenza del materiale è generalmente da semisolida a solida.

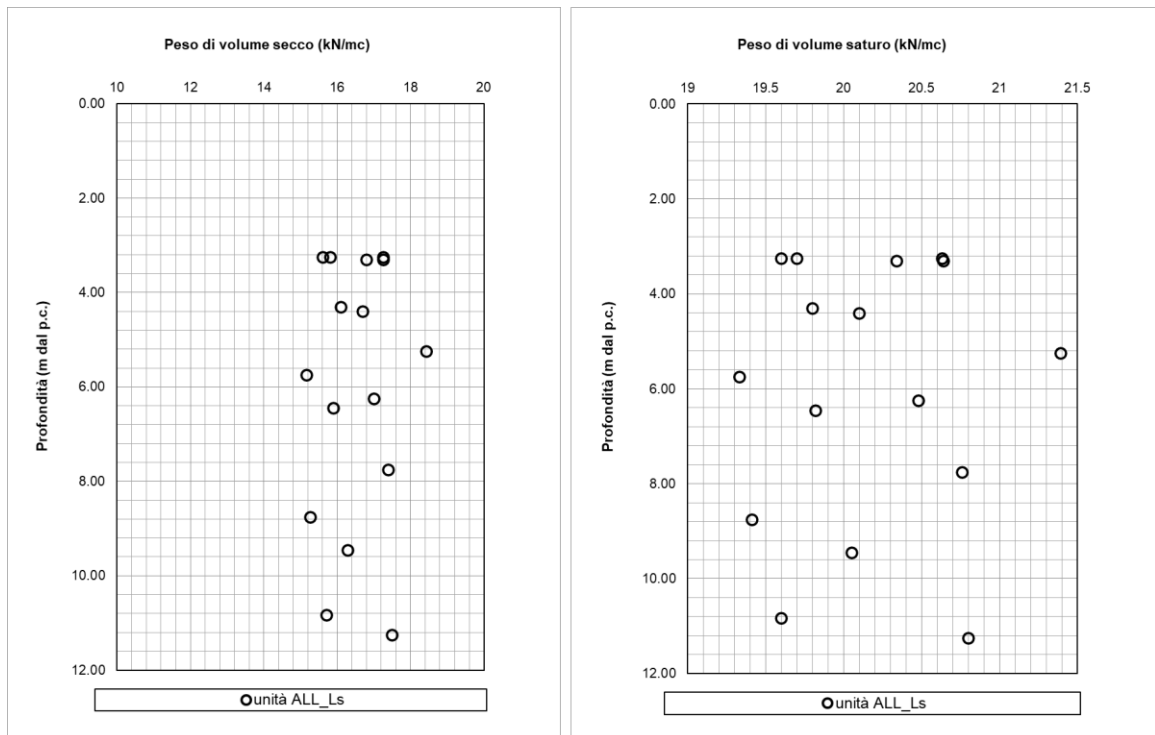


Figura 23: Peso di volume secco (γ_d) e peso di volume saturo (γ_{sat}) – Unità ALL_Ls.

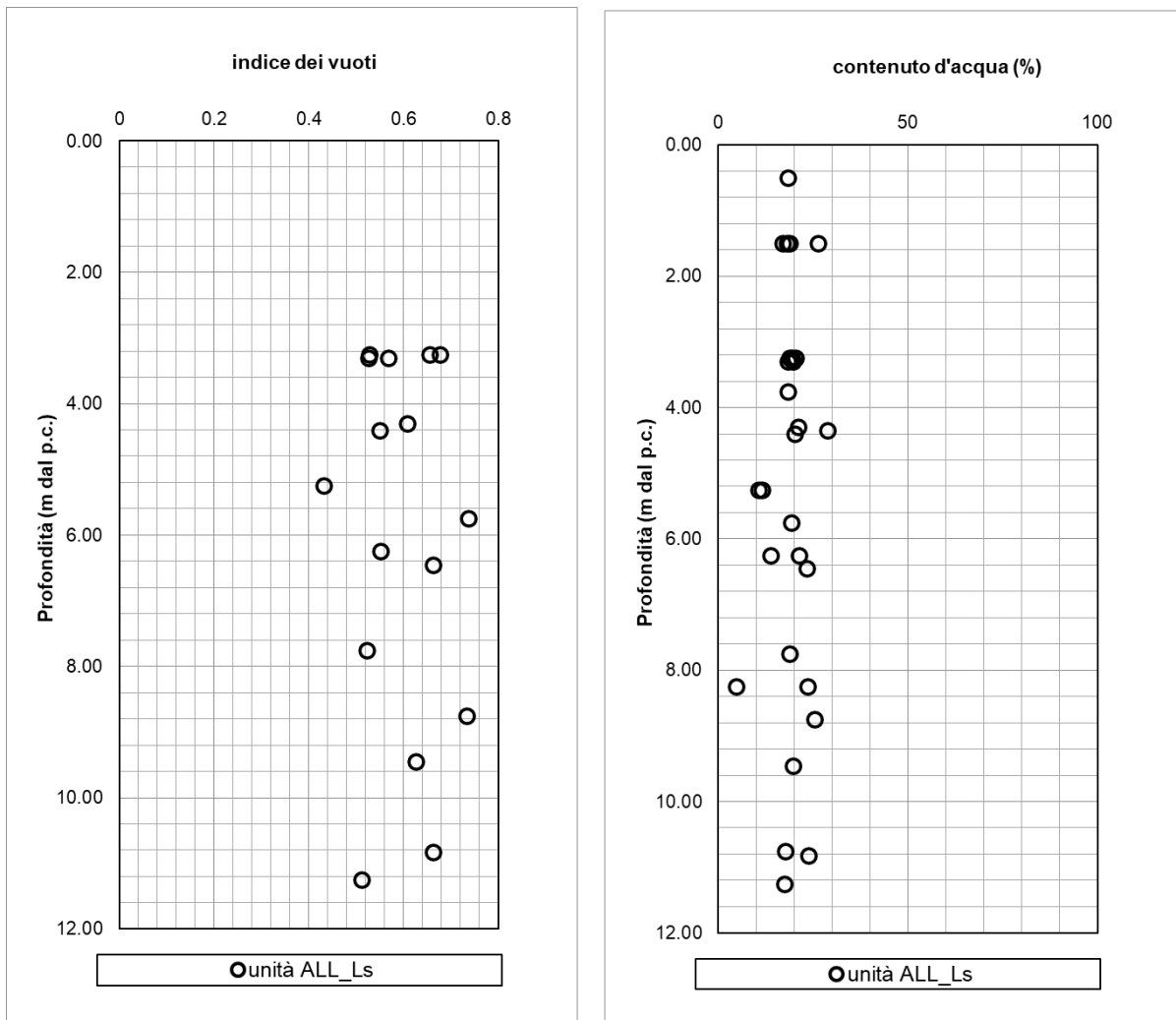


Figura 24: Indice dei vuoti (e) e contenuto d' acqua naturale (Wn). – Unità ALL_Ls.

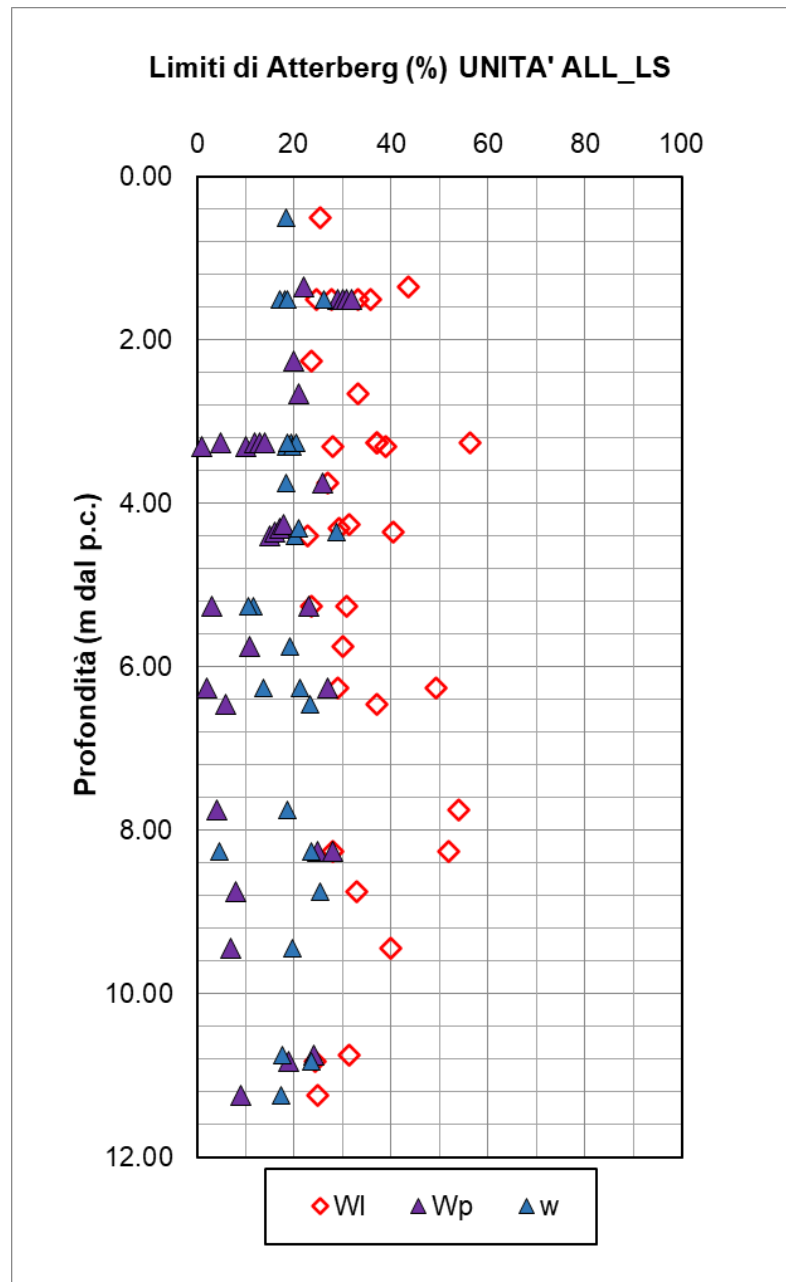


Figura 25: Limiti di Atterberg al variare della profondità del piano campagna – Unità ALL_Ls.

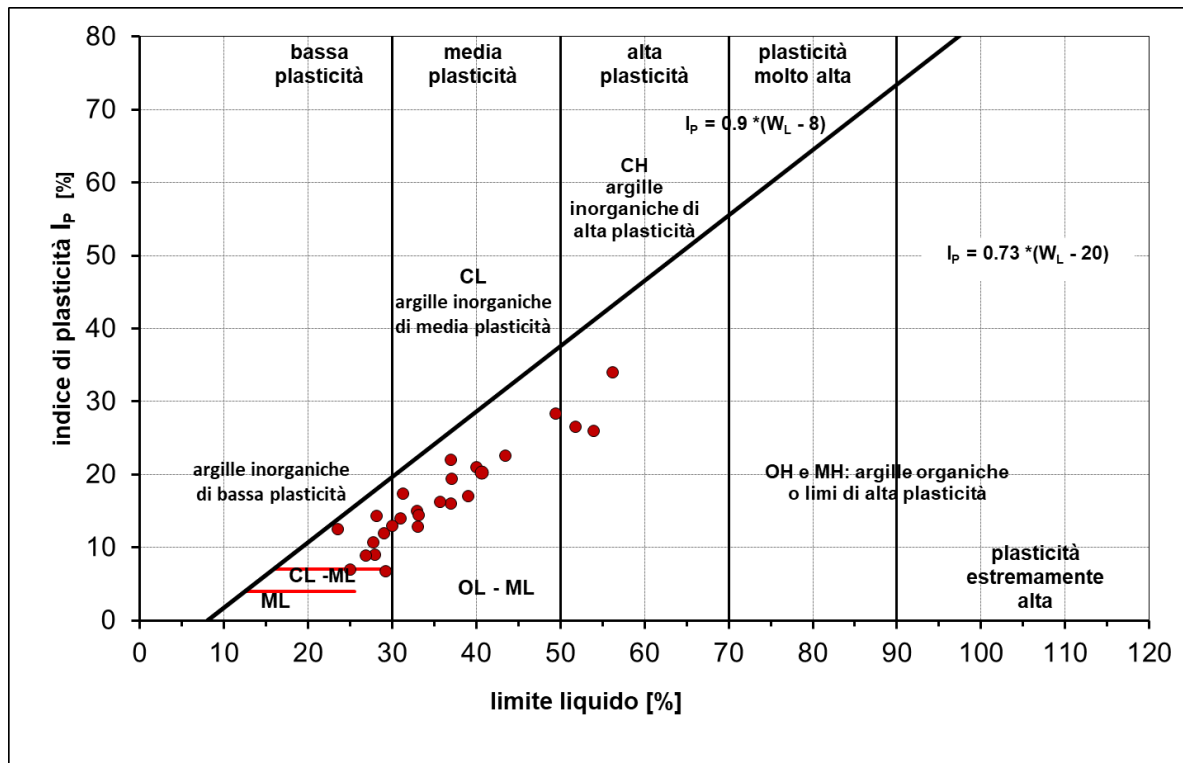


Figura 26: Carta di plasticità di Casagrande – Unità ALL_Ls.

7.2.2 Parametri di resistenza

Per l'unità ALL_Ls sono state eseguite prove di taglio diretto TD volte a determinare i parametri di resistenza drenati. I risultati di queste prove sono di seguito riassunti.

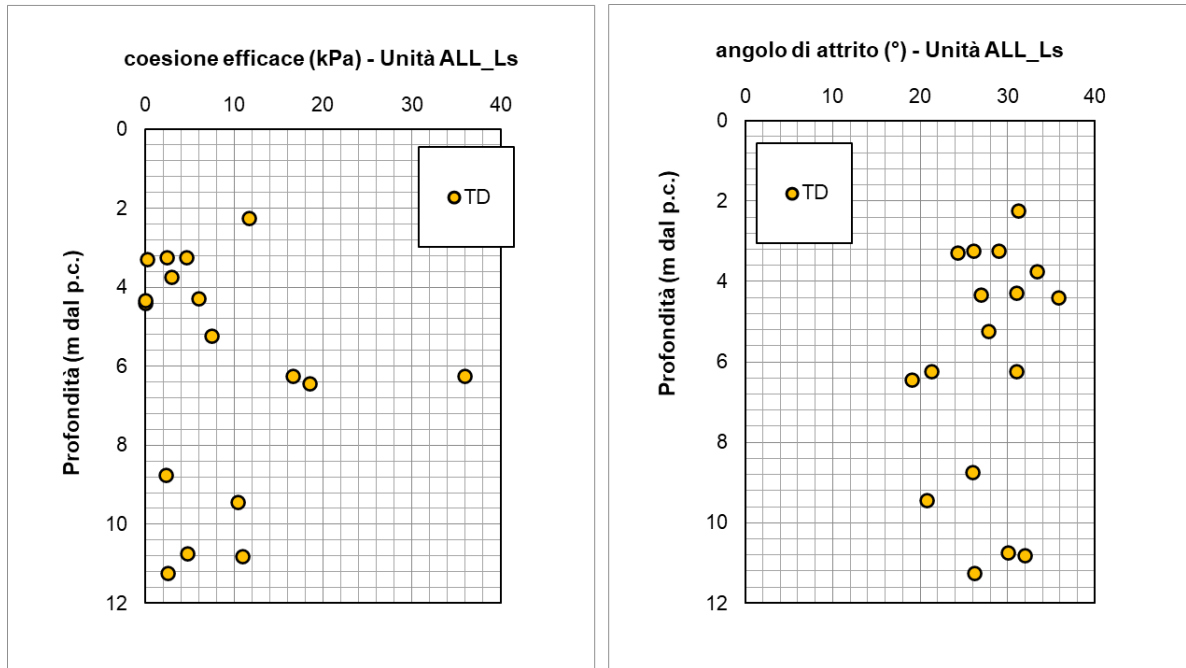


Figura 27: Coesione efficace (c') e angolo di resistenza a taglio (ϕ') al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

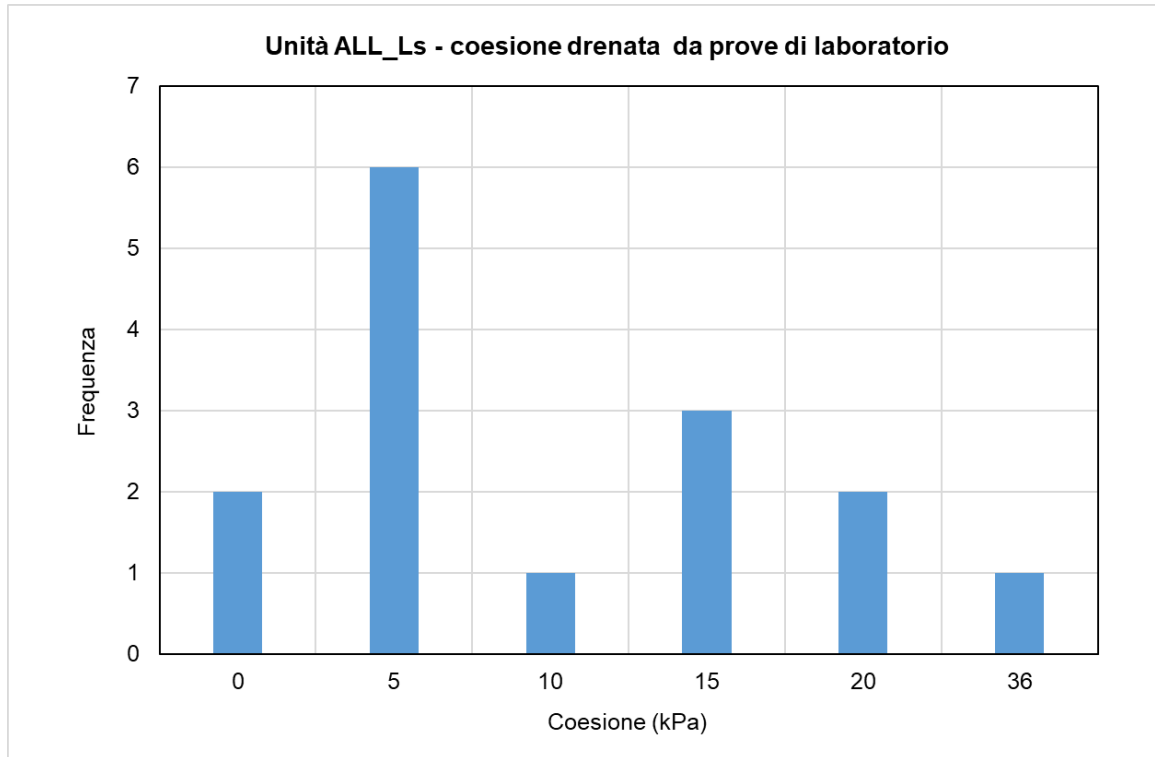


Figura 28: Frequenza della coesione efficace (c') – Unità ALL_Ls.

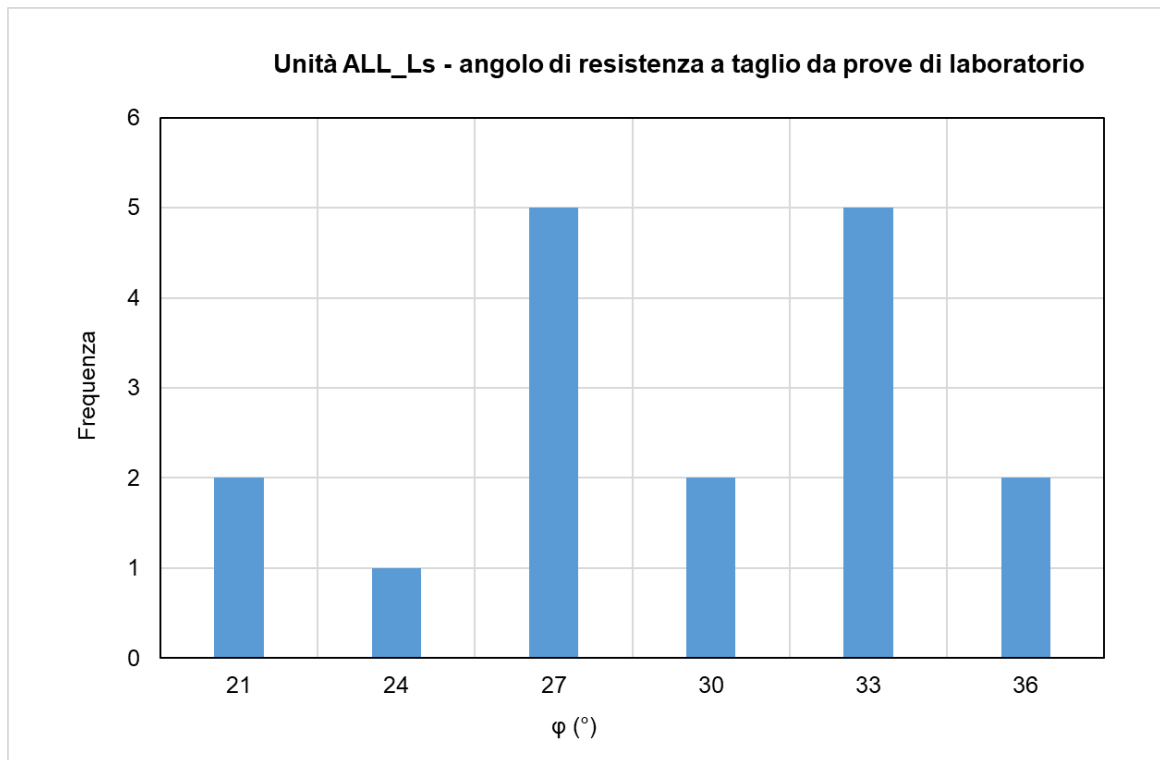


Figura 29: Frequenza dell'angolo di resistenza a taglio (ϕ') – Unità ALL_Ls.

A seguito dei risultati ottenuti si attribuiscono ai parametri di resistenza drenati i seguenti range:

- $c' = 5 - 10$ KPa coesione drenata
- $\phi' = 27-32$ ° angolo di resistenza a taglio

La resistenza in condizioni non drenate è stata misurata per mezzo di una prova di laboratorio (TxUU e ELL). Si riportano inoltre i valori di cu ottenuti dalle prove speditive su campioni e carote (pocket test) e dalle prove penetrometriche dinamiche SPT con le correlazioni empiriche in precedenza esplicitate.

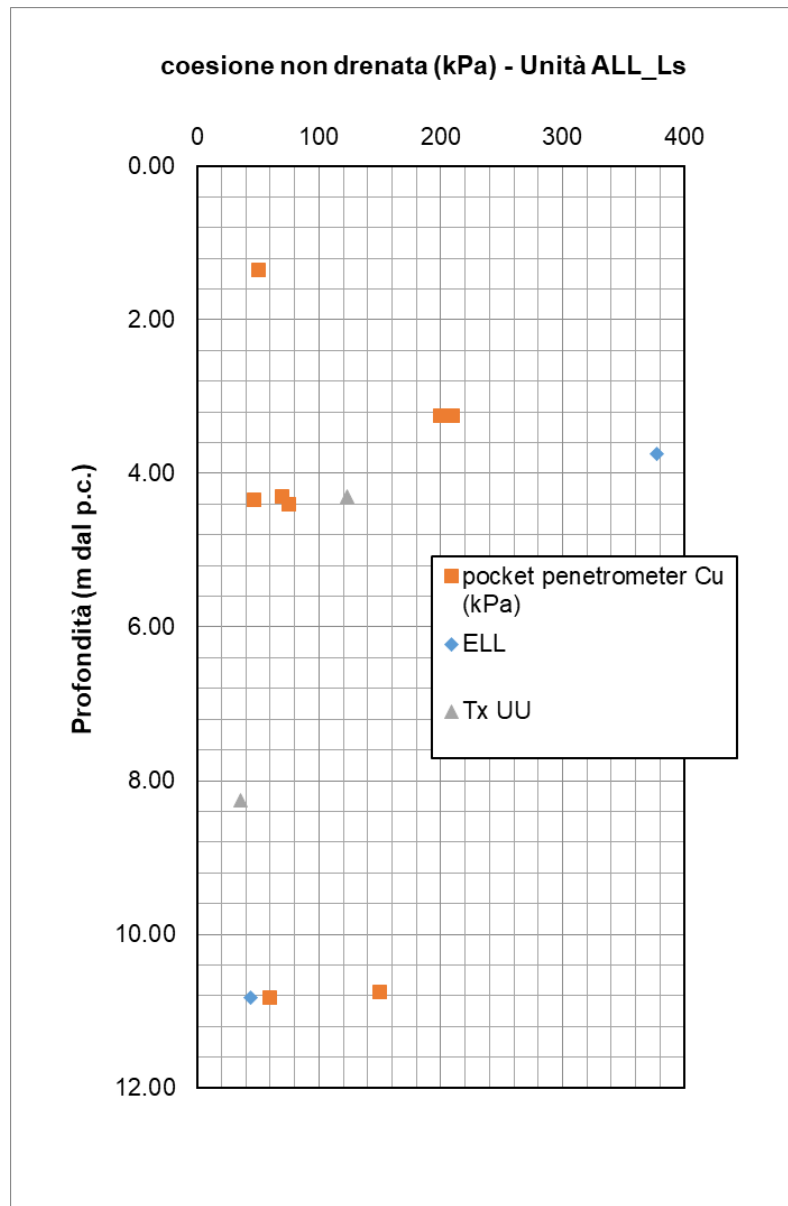


Figura 30: Coesione non drenata (c_u) da prove di laboratorio su campioni dell'unità al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

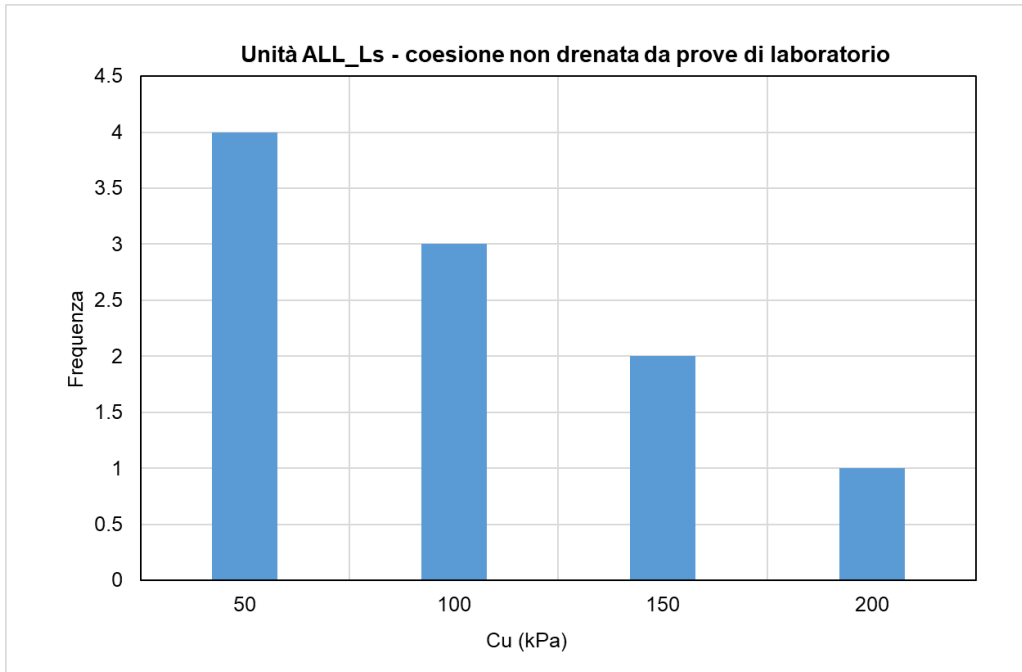


Figura 31: Frequenza della coesione non drenata (c_u) da prove di laboratorio – Unità ALL_Ls.

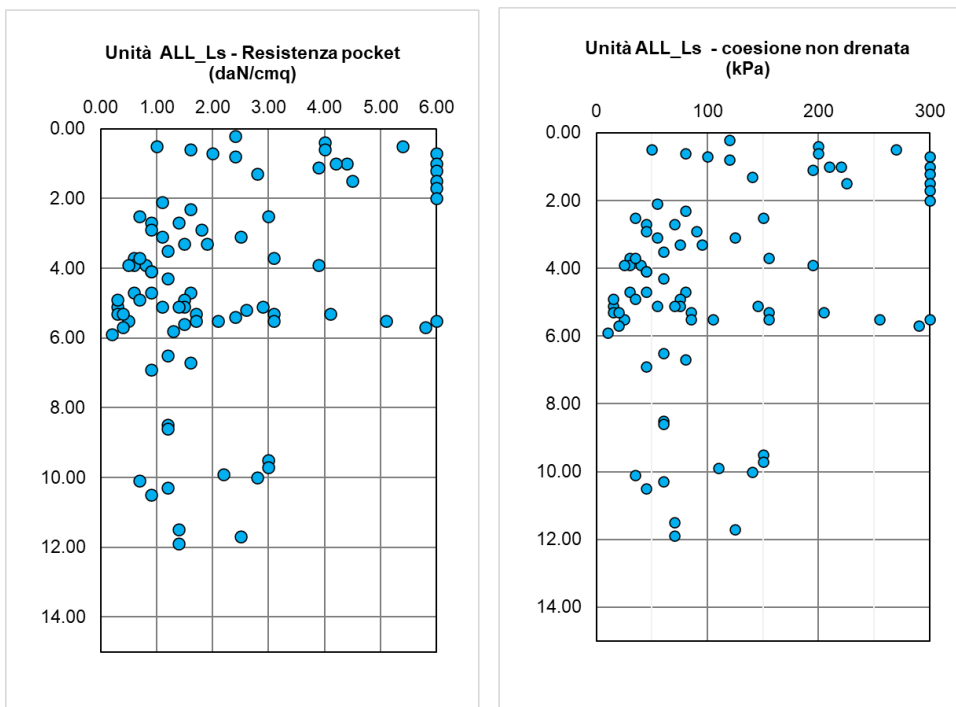


Figura 32: Coesione non drenata (c_u) da pocket test su carote dell'unità al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

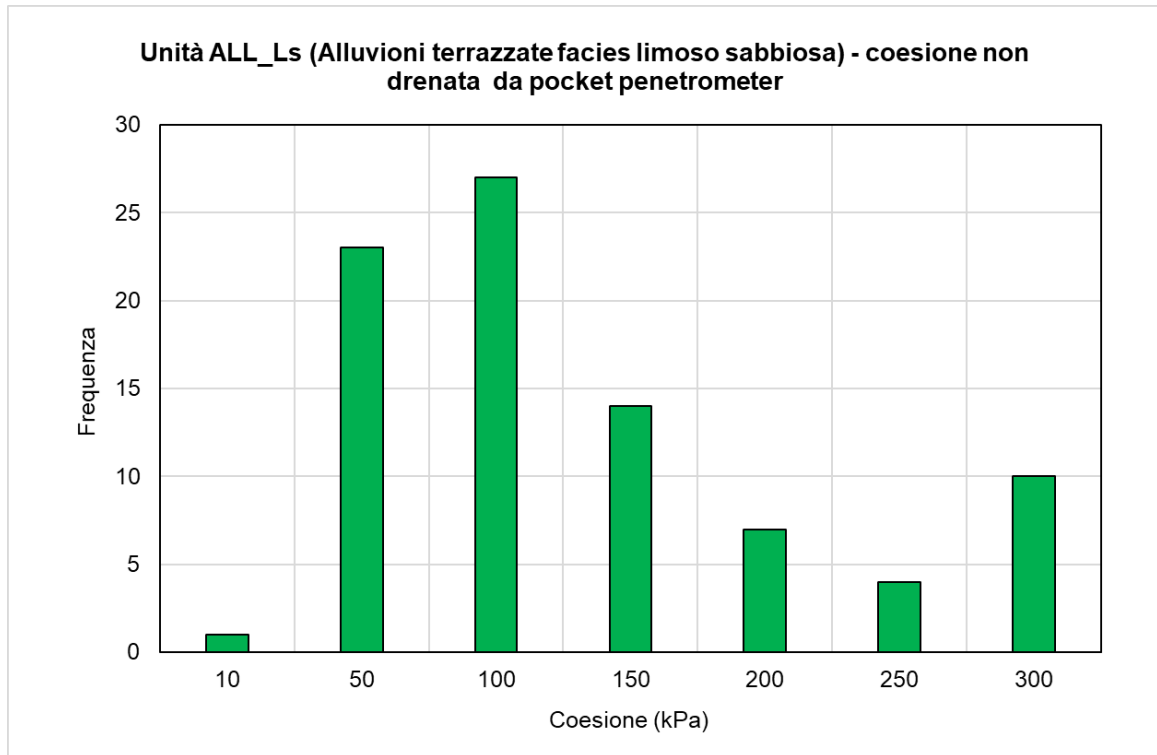


Figura 33: Frequenza della coesione non drenata (c_u) da pocket test su carote – Unità ALL_Ls.

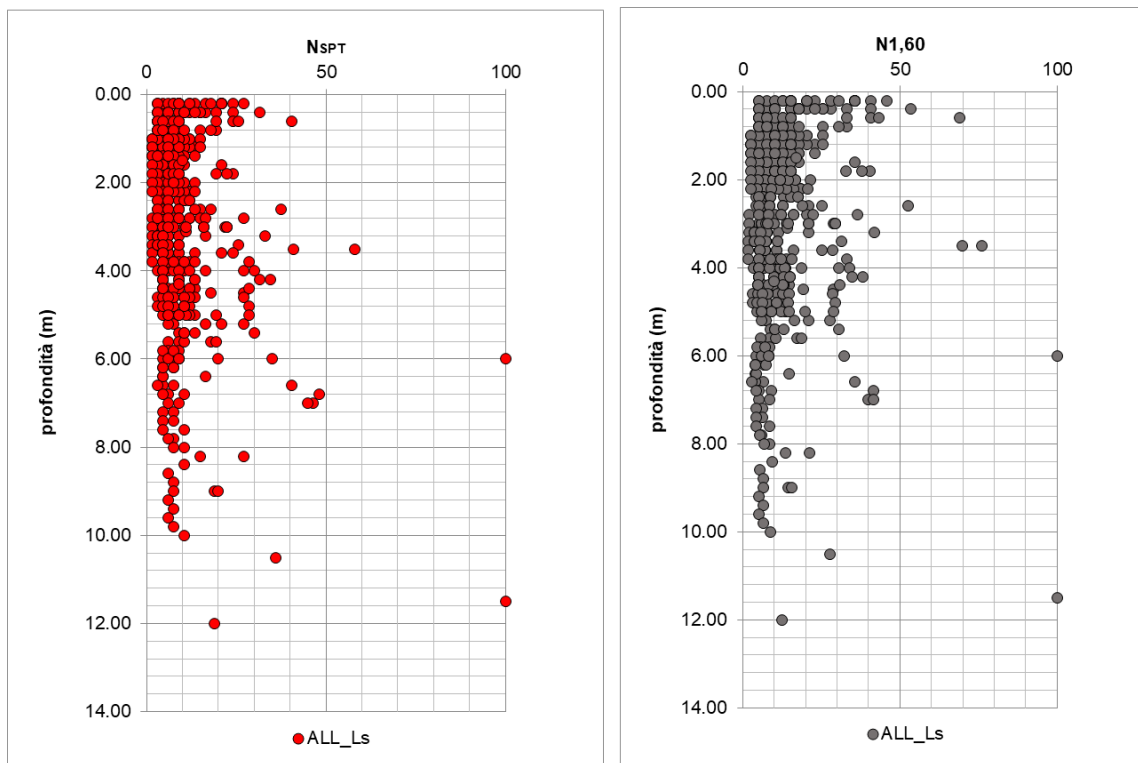


Figura 34: Valori del numero di colpi N_{SPT} al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls [le prove non attendibili non sono state considerata nella valutazione della resistenza].

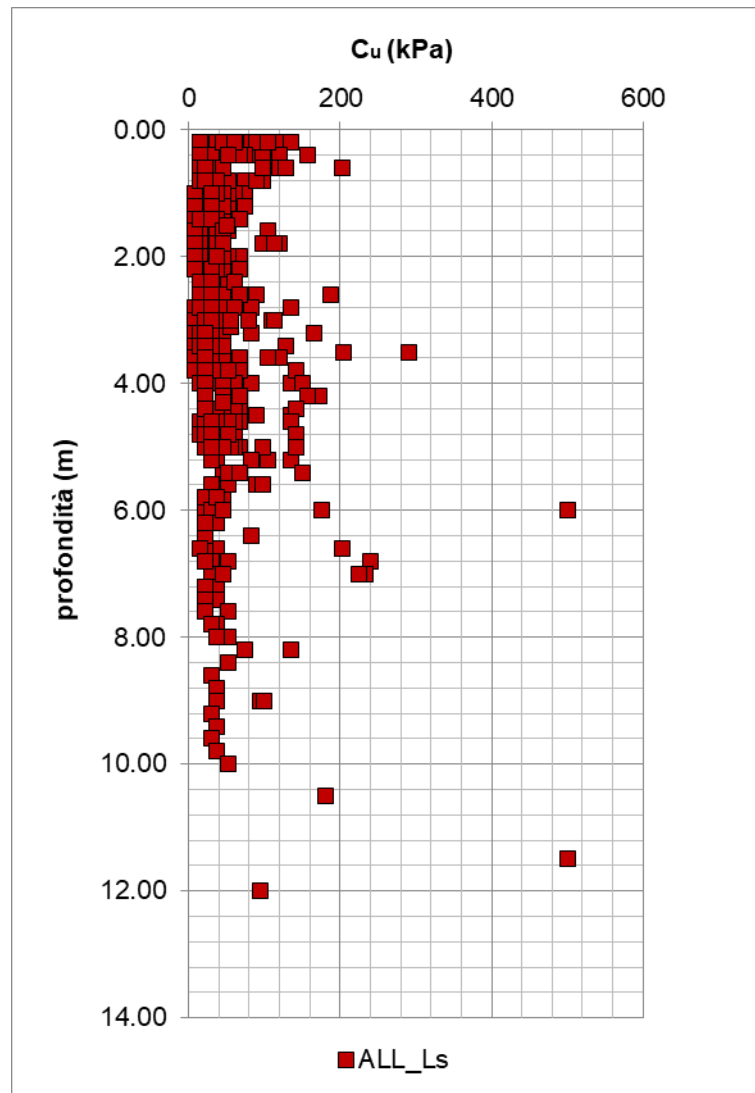


Figura 35: Coesione non drenata stimata da prove penetrometriche dinamiche SPT mediante la correlazione di Stroud (1974) al variare della profondità – Unità ALL_Ls.

In generale, considerando sia i risultati ottenuti dalle prove in sito sia dalle prove in laboratorio, i valori sono rappresentativi di un materiale di modesta resistenza, con una coesione non drenata compresa tra 50 - 100 kPa.

7.2.3 Parametri di deformabilità e consolidazione

I parametri di deformabilità sono stati stimati a partire dai risultati delle indagini sismiche MASW e DH. A seguito dei risultati ottenuti si assume un modulo elastico dinamico E_0 pari a 170 MPa per $0\text{m} < z < 4\text{m}$ e pari a 700 MPa per $z > 4\text{m}$.

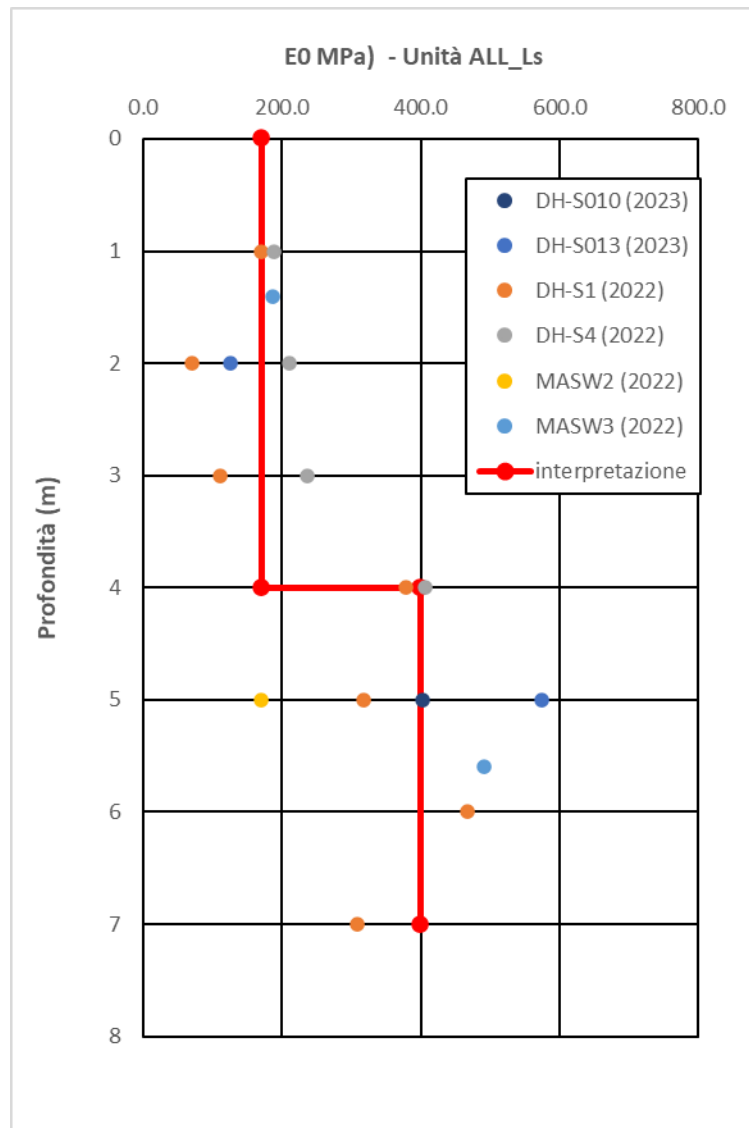


Figura 36: Modulo dinamico E_0 al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

Trattandosi di terreni di tipo coesivo, per la stima delle caratteristiche di deformabilità sono state eseguite inoltre una prova di compressibilità edometrica. I risultati della prova sono di seguito riportati.

In sintesi si ottiene:

- $e_0 = 0.5-0.6$ indice dei vuoti iniziale
- $cc = 0.12 - 0.20$ indice di compressibilità
- $cs = 0.02 - 0.04$ indice di rigonfiamento
- $E_{ed\ 100-200} = 4-8\ \text{MPa}$ modulo edometrico
- $OCR = 2.5-3$ grado di sovraconsolidazione

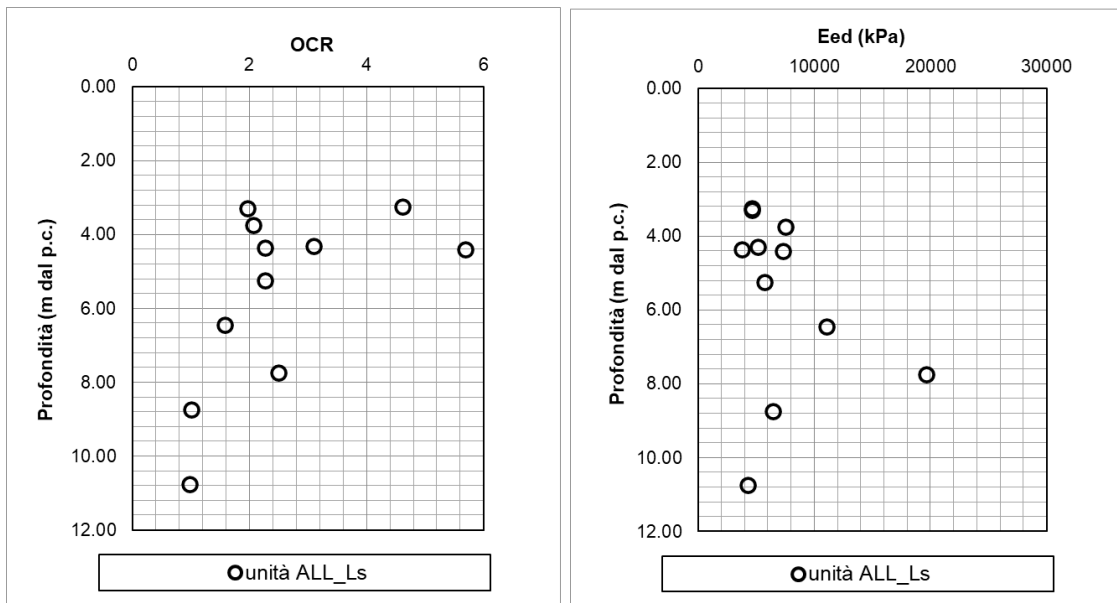


Figura 37: Modulo edometrico e OCR al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

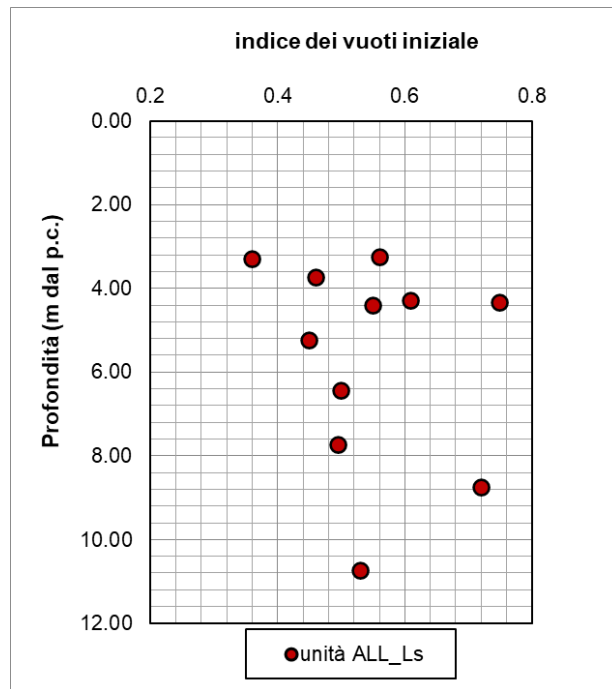


Figura 38: Indice dei vuoti iniziale da prova edometrica al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

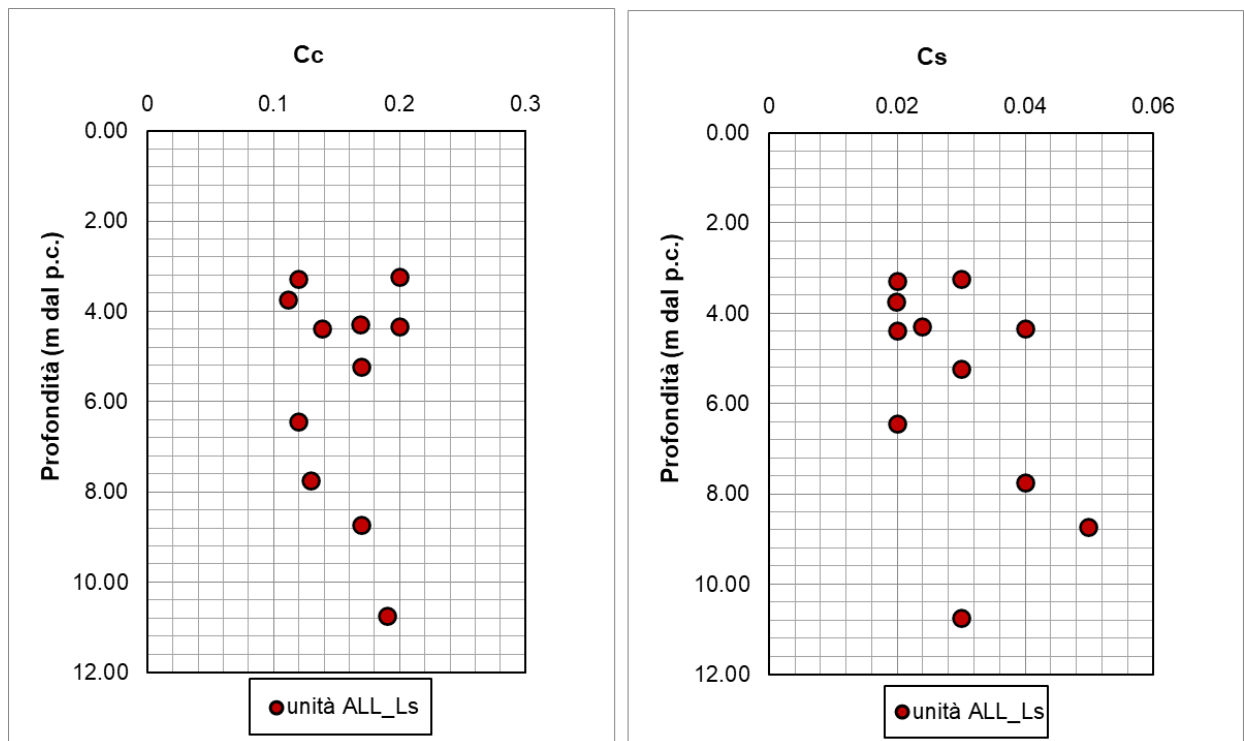


Figura 39: indice di compressibilità e di scarico/ricarico al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

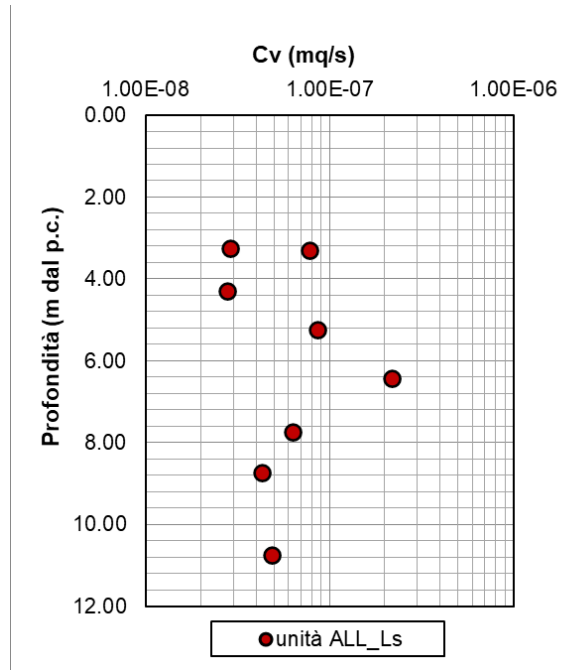


Figura 40: coefficiente di consolidazione verticale da prove edometriche al variare della profondità da p.c. – Unità ALL_Ls.

7.2.4 Permeabilità

La permeabilità dell'unità geotecnica è stata stimata mediante num. 7 prove Lefranc i cui risultati sono stati riportati nella seguente tabella. La permeabilità misurata è compresa tra 4.28×10^{-8} e 4.07×10^{-5} m/s (media 1.37×10^{-5} m/s).

| PROVE LEFRANC | | | | | | | |
|---------------|------|-------------------------------|--------|-------|----------------------|----------|--------|
| Sondaggi | fase | Tipo di prova di permeabilità | da (m) | a (m) | Profondità media (m) | k (m/s) | UNITA' |
| S-07 | PD | Lefranc CC | 9 | 9.5 | 9.25 | 4.07E-05 | ALL_Ls |
| S-09 | PD | Lefranc CV | 4.5 | 5.5 | 5 | 2.16E-07 | ALL_Ls |
| S-O13 bis | PD | Lefranc CV | 5.5 | 7.5 | 6.5 | 4.28E-08 | ALL_Ls |

Tabella 23: Risultati delle prove Lefranc – Unità ALL_Ls.

7.2.5 Sintesi parametri geotecnici

Di seguito si sintetizzano i valori di riferimento dei parametri meccanici dell'unità desunti dalla caratterizzazione generale dell'unità ALL_Ls:

- $\gamma = 19-20 \text{ kN/m}^3$
- $c' = 5-10 \text{ kPa}$
- $\varphi' = 27-32^\circ$
- $c_u = 50-100 \text{ kPa}$
- $E_0 = 170 \text{ MPa } 0\text{m} < z < 4\text{m}$
 $400 \text{ MPa per } z > 4\text{m}$

7.3 UNITA' Ma – Marne e Argille marnose

7.3.1 Identificazione

Successione pelitica di argille marnose grigio-azzurre (PLIOCENE). Marne argillose, da ghiaiose a debolmente ghiaiose, di colore grigio, argille con limo debolmente sabbiose, limo con argilla e argille limose. Presenza occasionale di ciottoli dispersi.



SONDAGGIO S-01 – Cassa n.4 da 15.00 m a 20.00 m

Figura 41: Foto del materiale in cassetta – Unità Ma.

Per l'unità geotecnica in esame sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati su cui sono state eseguite le seguenti determinazioni di laboratorio:

- limo 41.9 %;
- argilla 46.1 %.

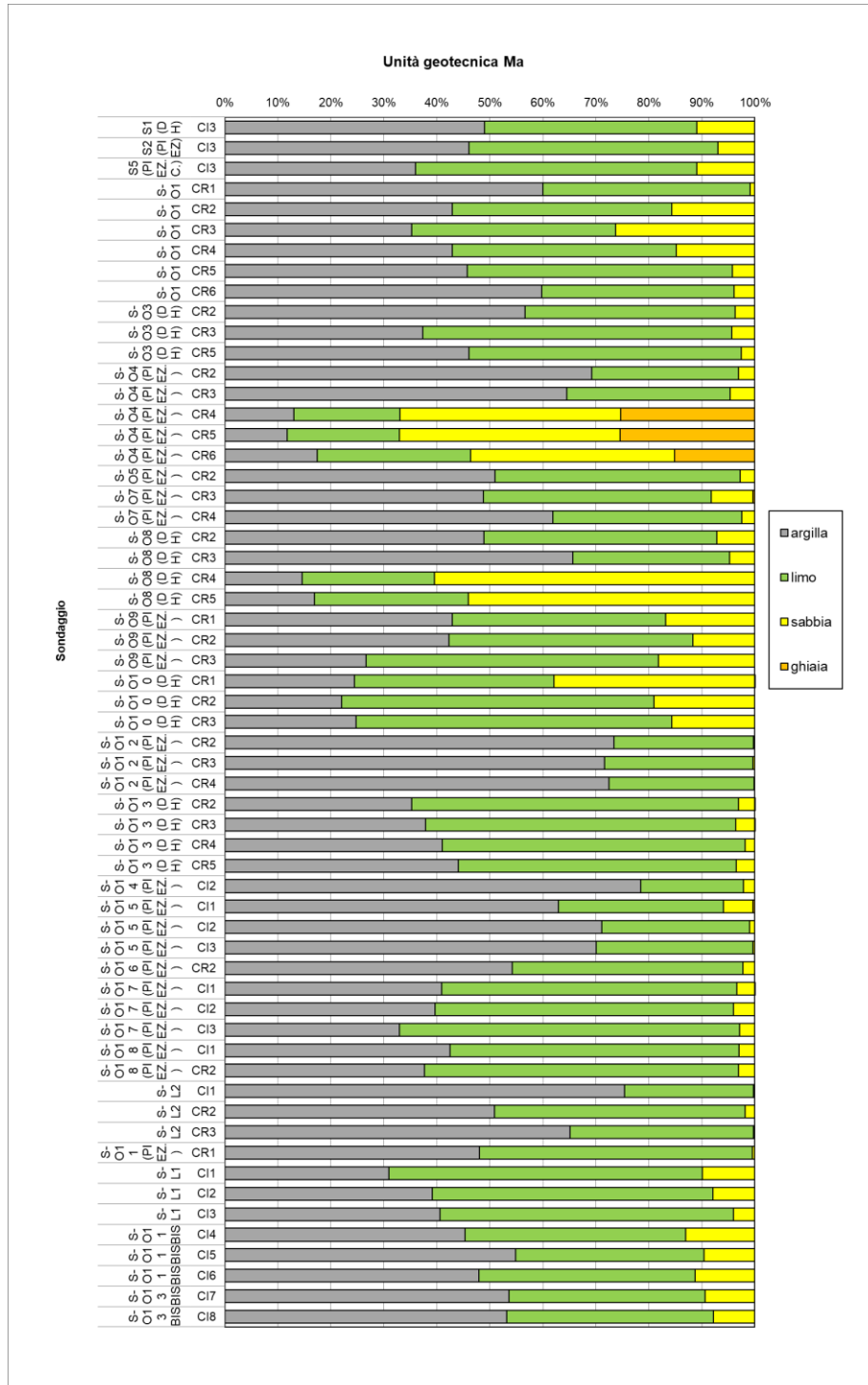


Figura 42: Analisi granulometrica per ciascuno dei campioni lavorati – Unità Ma.

Per quanto sopra l'unità **Ma** è classificabile mediamente come **Argilla con Limo sabbiosa**.
La distribuzione delle varie frazioni con la profondità è mostrata nell'immagine sottostante:

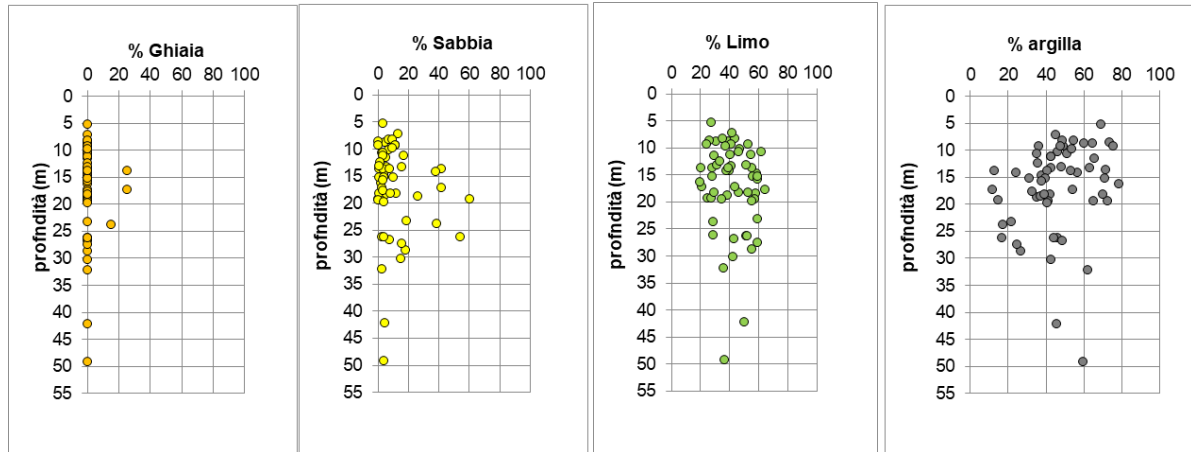


Figura 43: Distribuzione granulometrica con la profondità del campione – Unità Ma.

Il peso specifico dei grani è risultato compreso tra 24.5 e 27.3 (media 26.35). Il peso specifico dell'unità di volume è risultato compreso tra 18.4 e 22.3 (media 20.5).

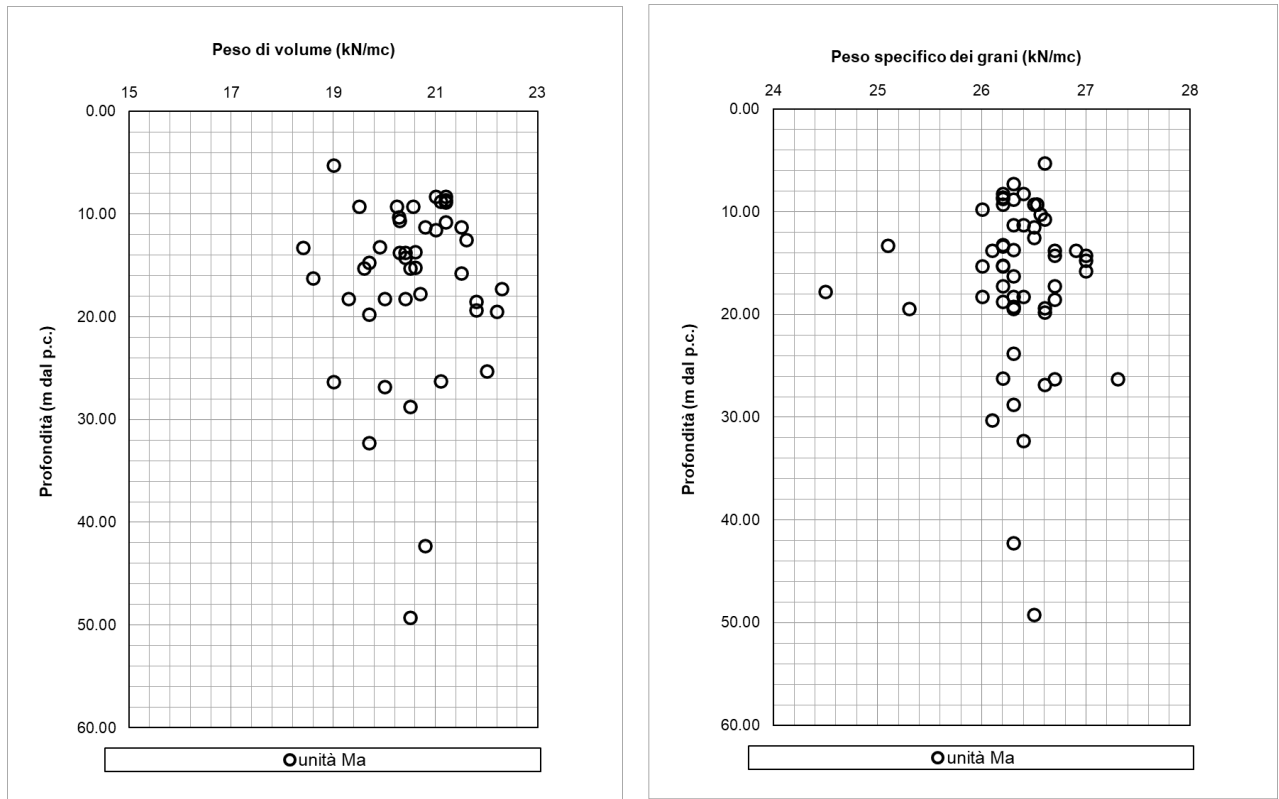


Figura 44: Peso specifico dell'unità di volume (γ) e peso specifico dei grani (γ_s) al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

Il limite liquido è compreso tra 21.6% e 64% (media 43.76%), il limite plastico tra 7.4% e 38.6% (media 21.62%), l'indice plastico tra 7.3% e 38.9% (media 22.96%) (plastico).

In base alla carta di plasticità, il campione dell'unità **Ma** è classificabile come "Argille di media-alta plasticità". L'indice di consistenza I_c è risultato superiore all'unità (media 1.32) e pertanto la consistenza del materiale è generalmente solida.

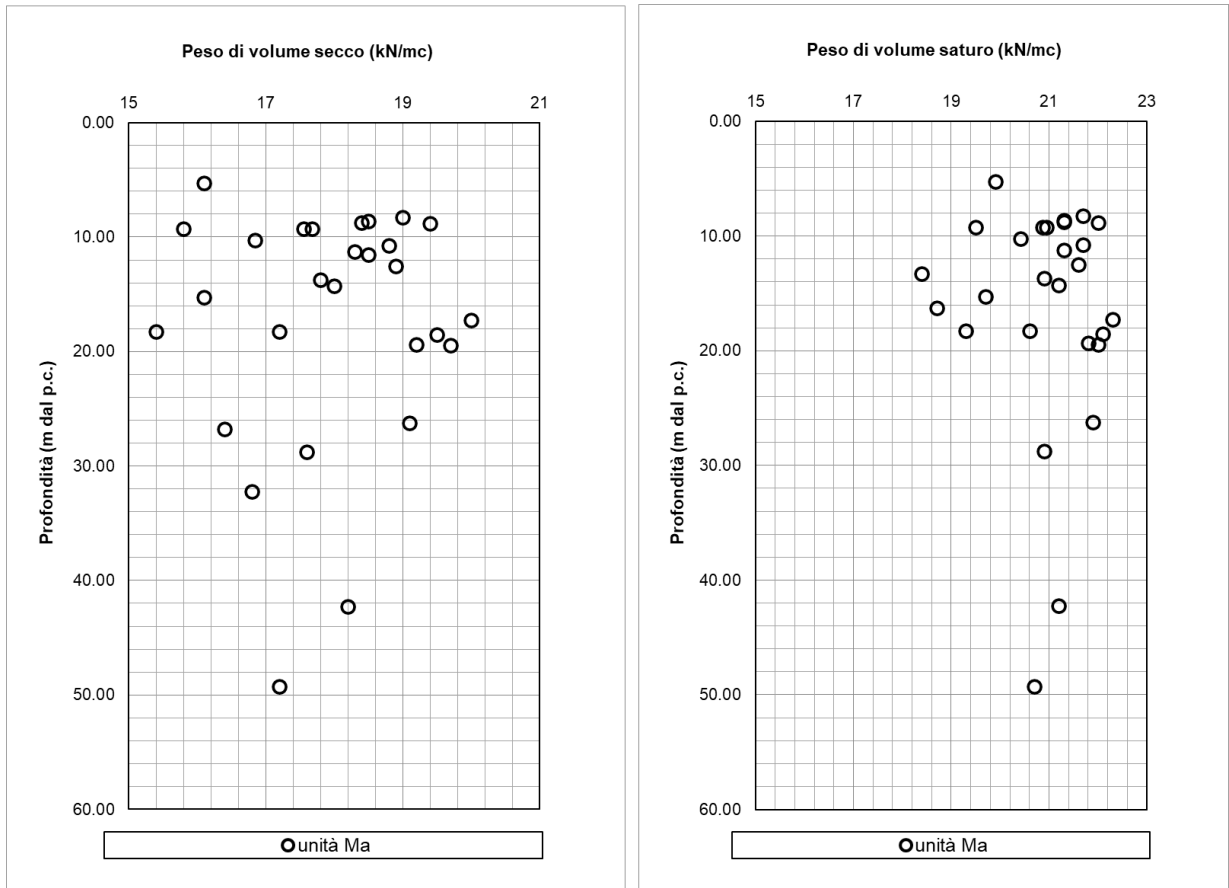


Figura 45: Peso di volume secco (γ_d) e peso di volume saturo (γ_{sat}) – Unità Ma.

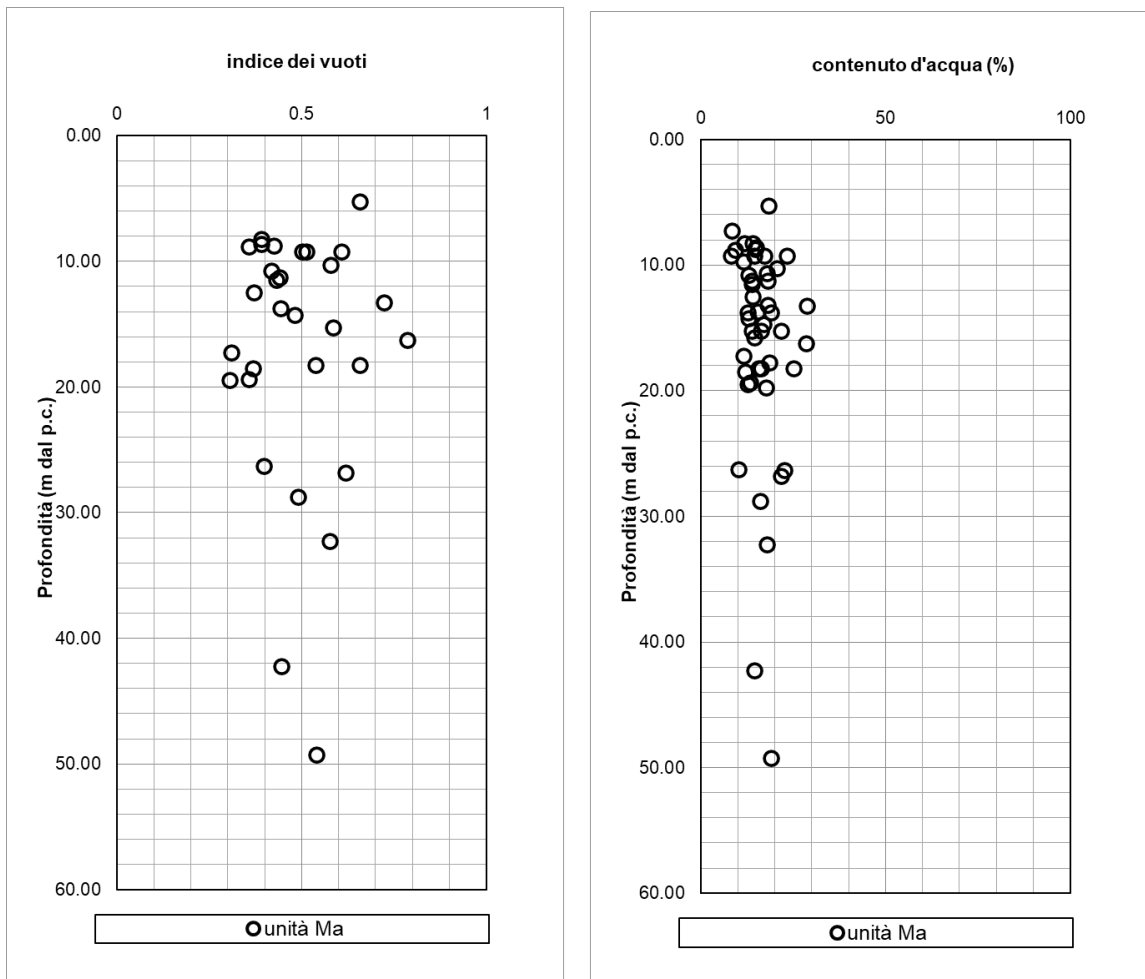


Figura 46: Indice dei vuoti (e) e contenuto d' acqua naturale (Wn). – Unità Ma.

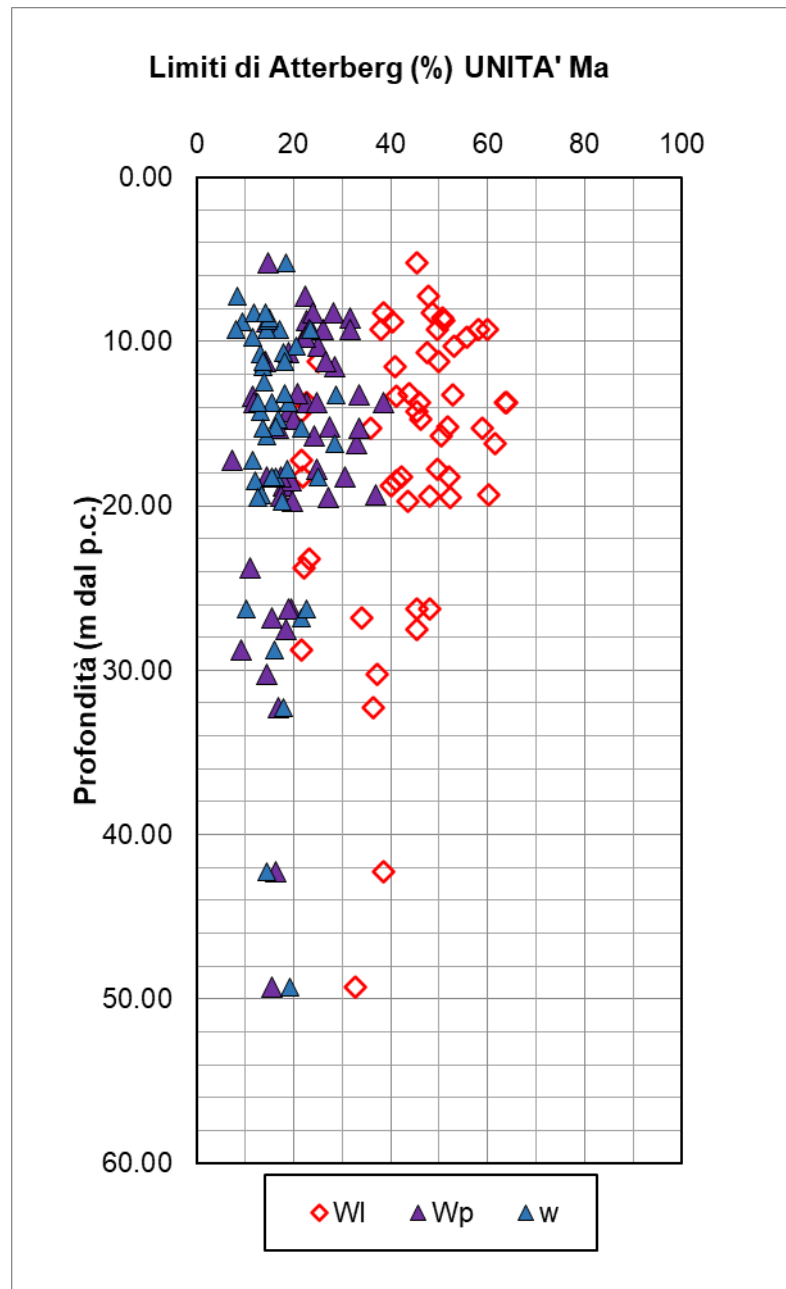


Figura 47: Limiti di Atterberg al variare della profondità del piano campagna – Unità Ma.

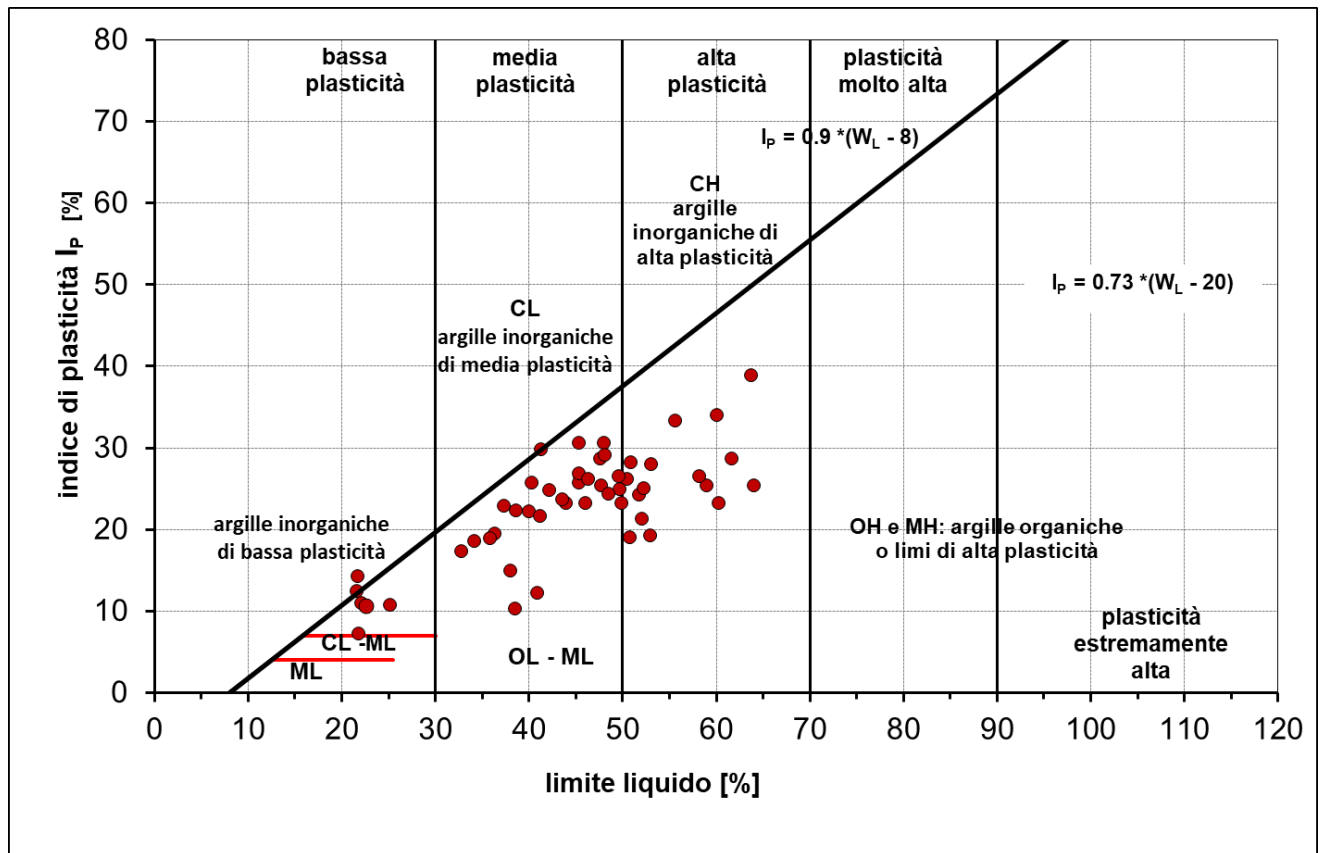


Figura 48: Carta di plasticità di Casagrande – Unità Ma.

7.3.2 Parametri di resistenza

Per l'unità **Ma** sono state eseguite prove di laboratorio e nello specifico prove di taglio diretto TD, triassiali consolidate drenate TxCID e non drenate TxCIU, volte a determinare i parametri di resistenza drenati. I risultati di queste prove sono di seguito riassunti.

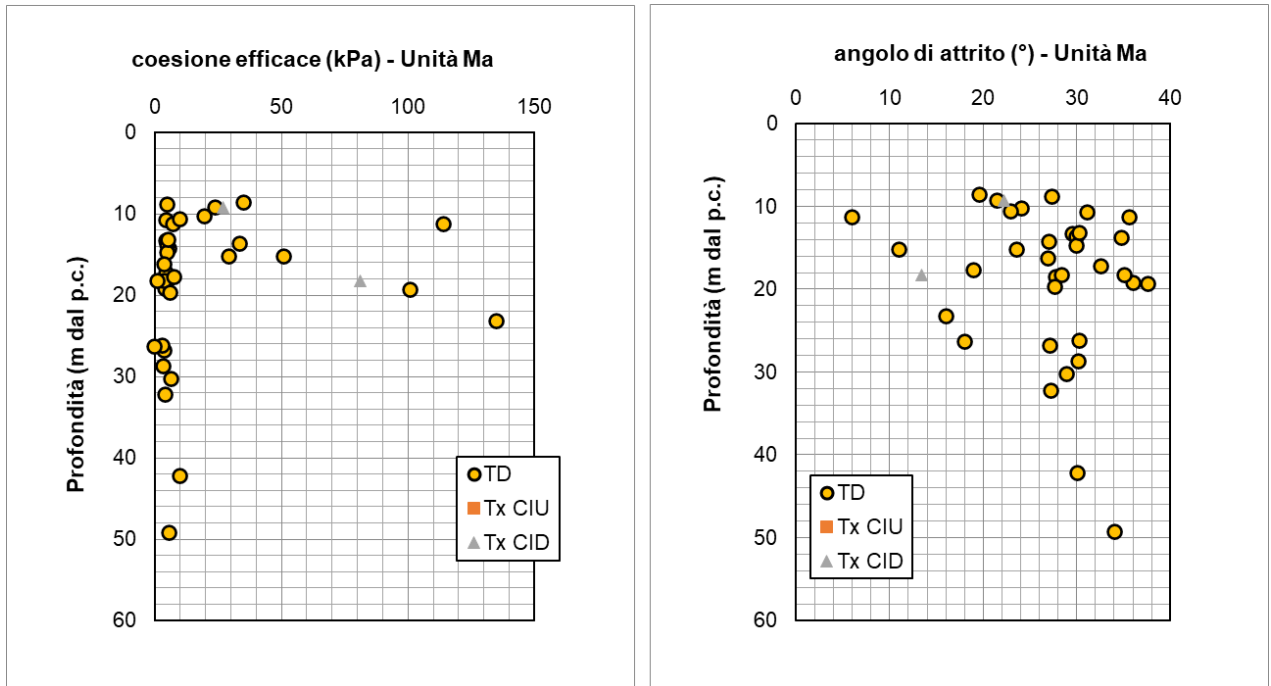


Figura 49: Coesione efficace (c') e angolo di resistenza a taglio (ϕ') al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

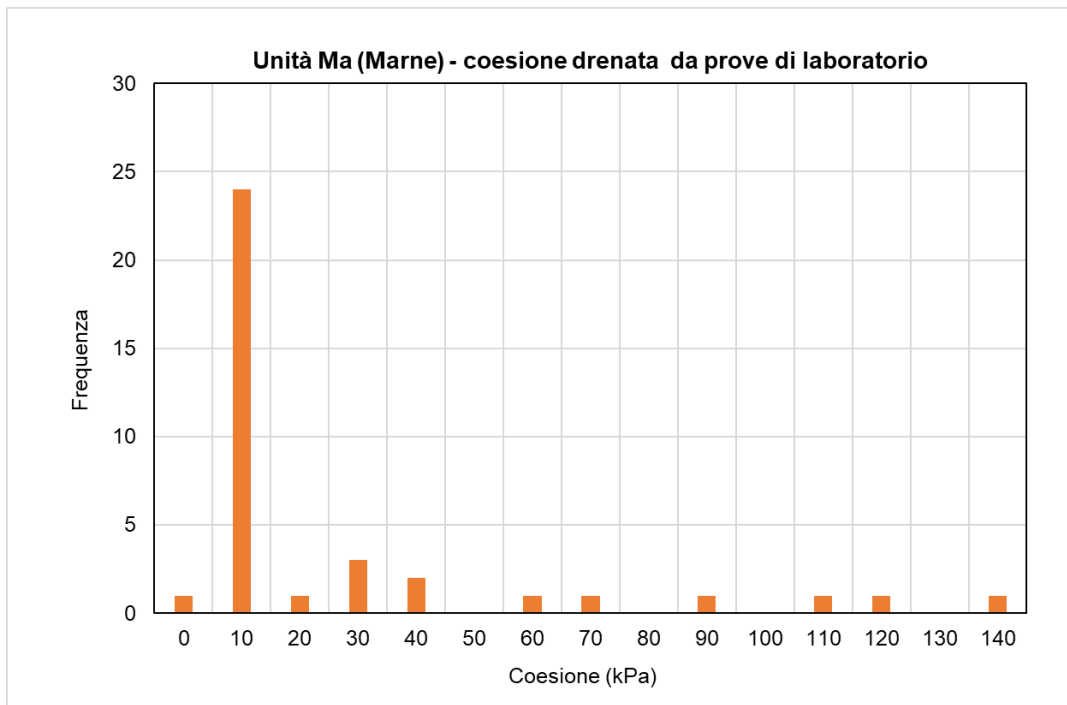


Figura 50: Frequenza della coesione efficace (c') – Unità Ma.

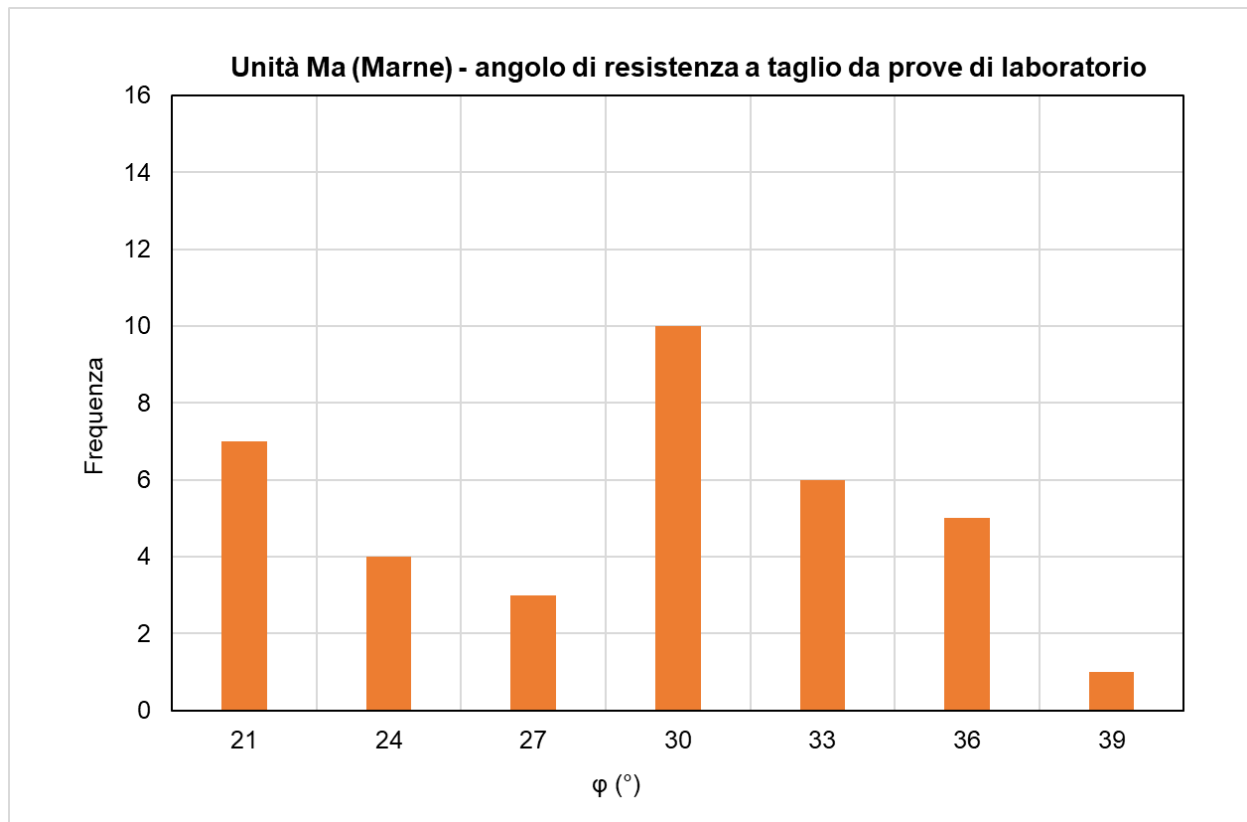


Figura 51: Frequenza dell'angolo di resistenza a taglio (ϕ') – Unità Ma.

A seguito dei risultati ottenuti si attribuiscono i seguenti range dei parametri drenati:

- $c' = 10 - 15$ KPa coesione drenata
- $\phi' = 28-31$ ° angolo di resistenza a taglio

La resistenza in condizioni non drenate è stata misurata per mezzo di una prova di laboratorio (TxUU e ELL). Si riportano inoltre i valori di cui ottenuti dalle prove speditive su campioni e carote (pocket test) e dalle prove penetrometriche dinamiche SPT con le correlazioni empiriche in precedenza esplicitate.

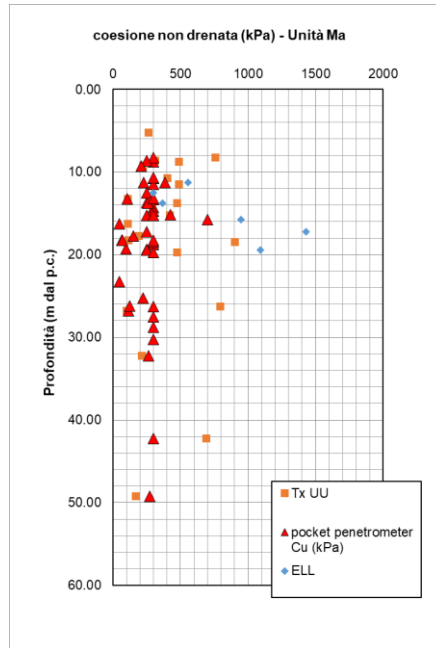


Figura 52: Coesione non drenata (c_u) da prove di laboratorio su campioni dell'unità al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

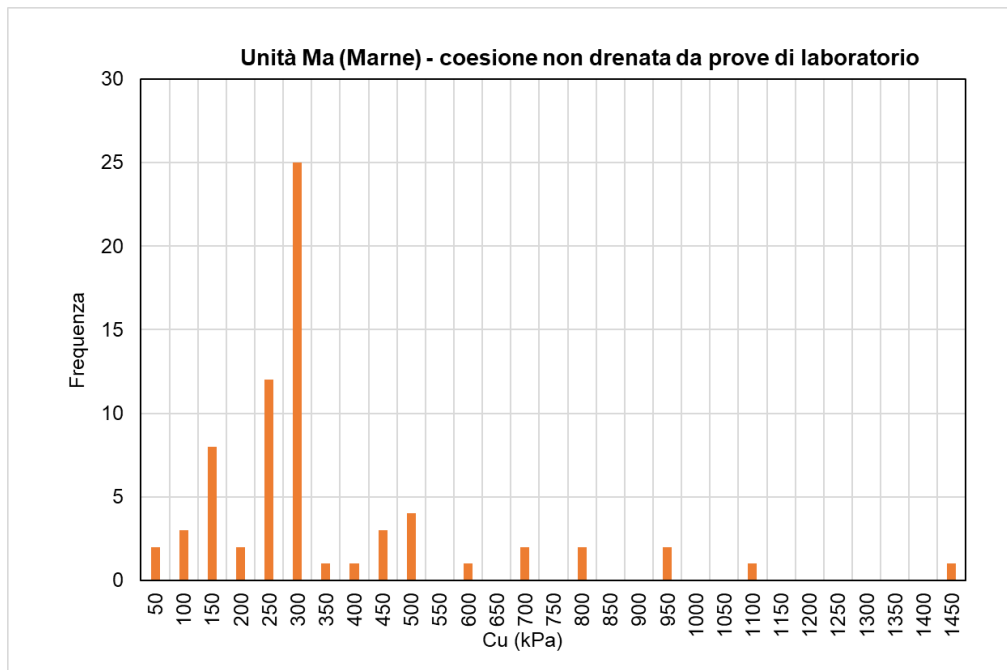


Figura 53: Frequenza della coesione non drenata (c_u) da prove di laboratorio – Unità Ma.

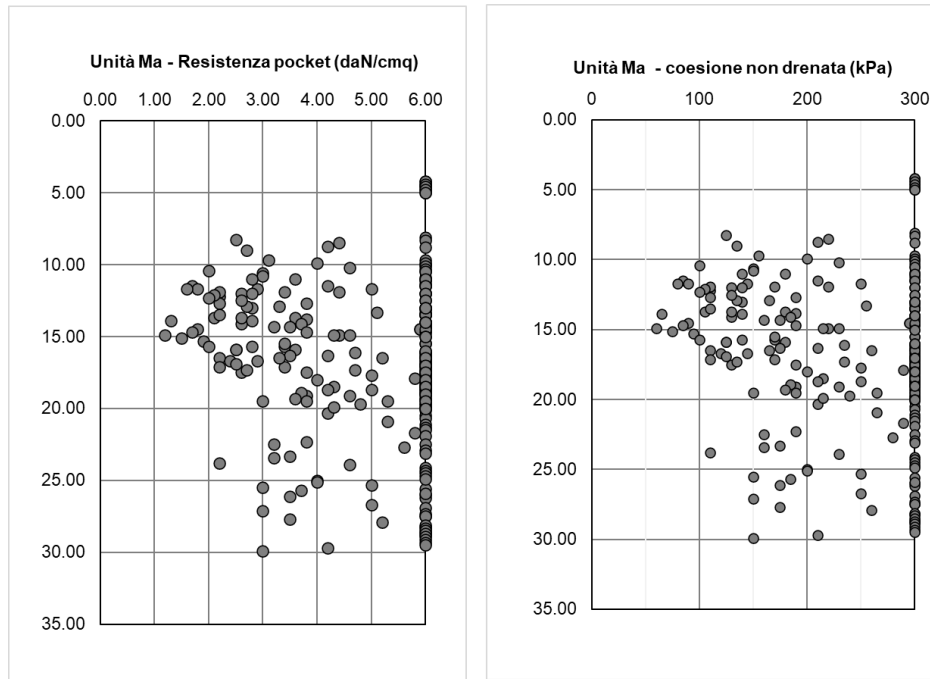


Figura 54: Coesione non drenata (c_u) da pocket test su carote dell'unità al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

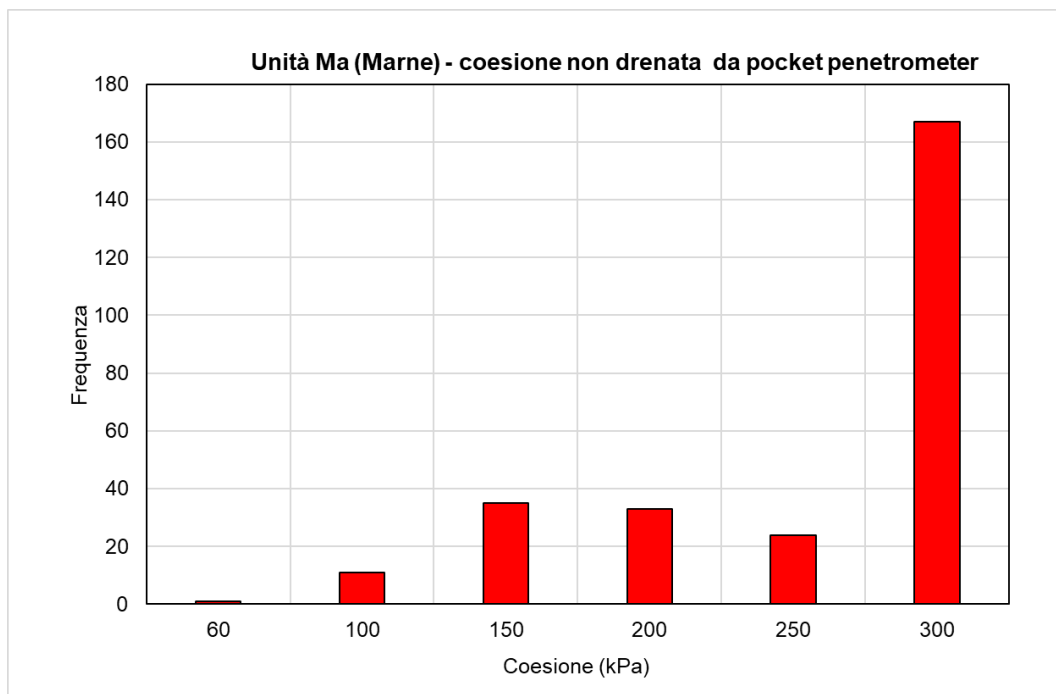


Figura 55: Frequenza della coesione non drenata (c_u) da pocket test su carote – Unità Ma.

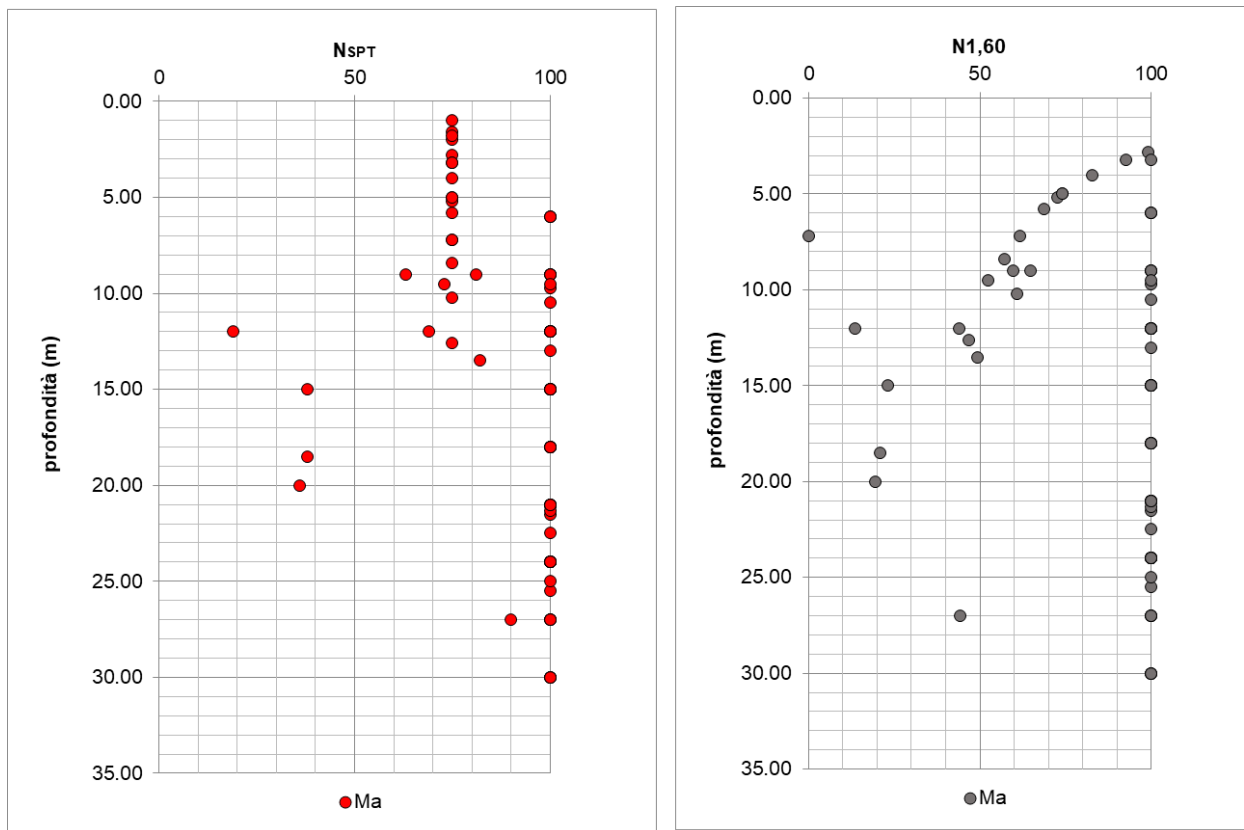


Figura 56: Valori del numero di colpi N_{SPT} al variare della profondità da p.c. – Unità Ma [le prove non attendibili non sono state considerata nella valutazione della resistenza].

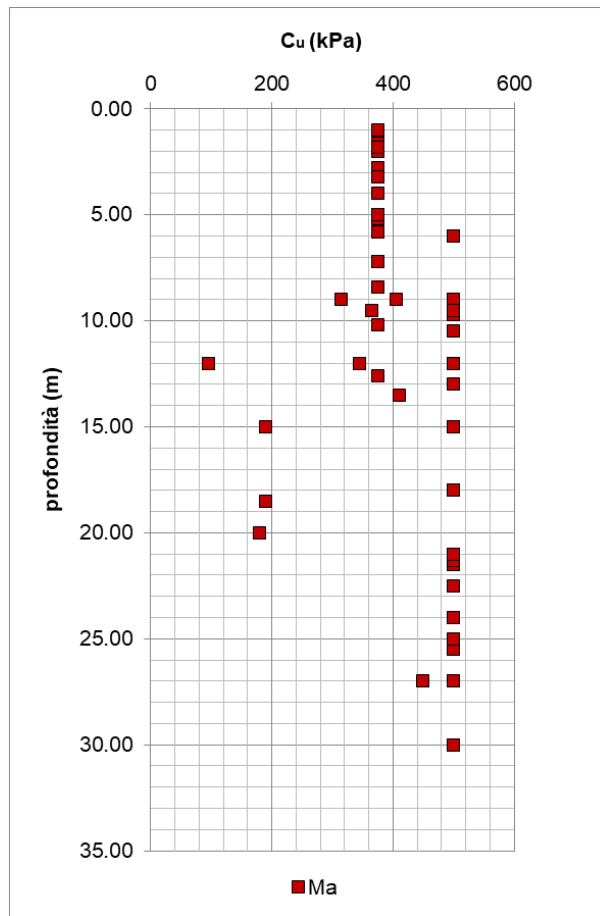


Figura 57: Coesione non drenata stimata da prove penetrometriche dinamiche SPT mediante la correlazione di Stroud (1974) al variare della profondità – Unità Ma.

In generale, considerando sia i risultati ottenuti dalle prove in sito sia dalle prove in laboratorio, i valori sono rappresentativi di un materiale di elevata resistenza, con una coesione non drenata pari a 300 kPa.

7.3.3 Parametri di deformabilità e consolidazione

I parametri di deformabilità sono stati stimati a partire dai risultati delle indagini sismiche MASW e DH e dai risultati della prova della colonna risonate condotta sul campione SO3/CR3.

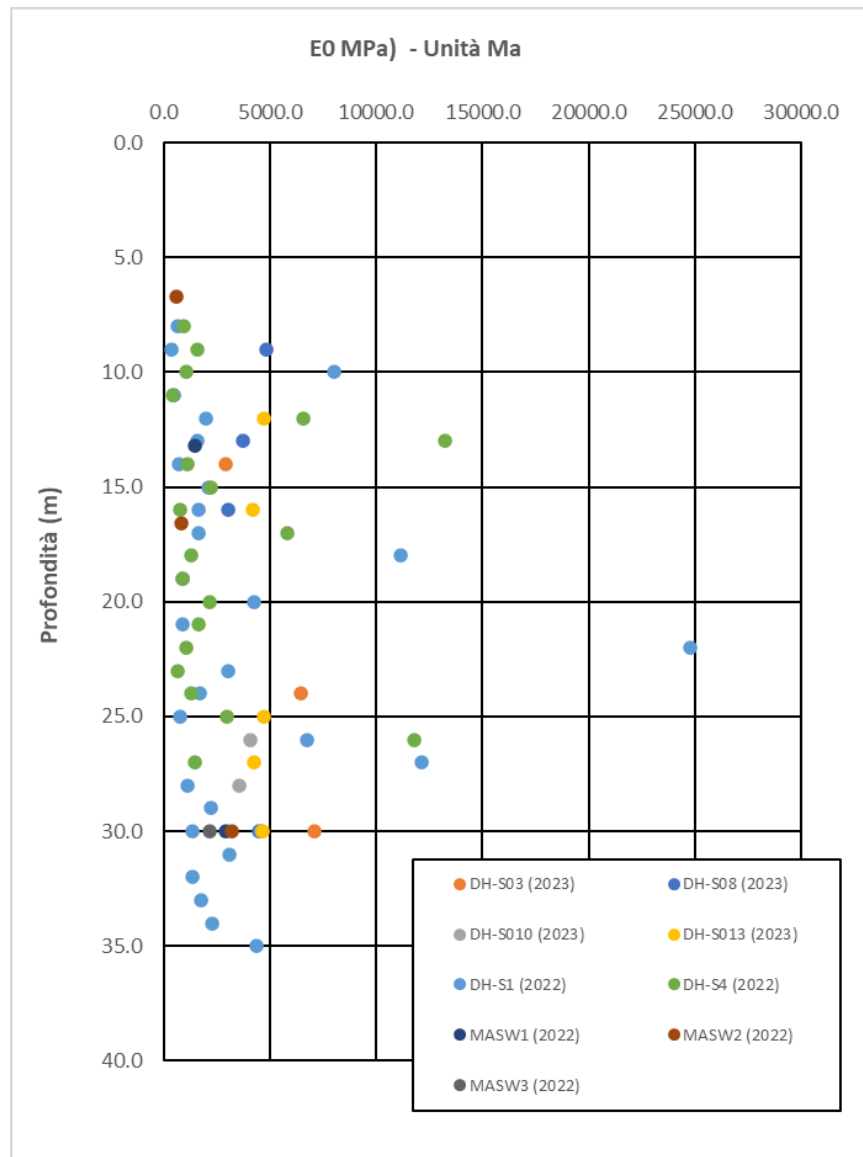


Figura 58: Modulo dinamico E0 al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

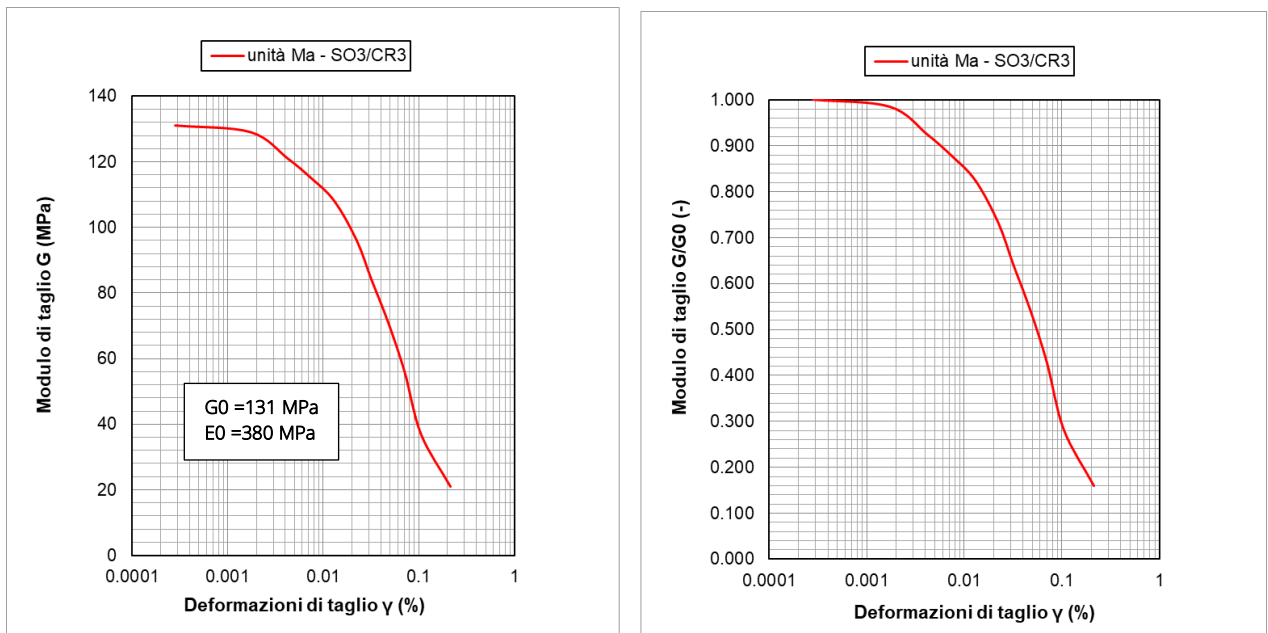


Figura 59: Curva di decadimento del modulo di taglio G_0 – Unità Ma.

Ai fine della valutazione della deformabilità, si fa riferimento ai risultati delle prove in sito, avendo a disposizione una sola prova di laboratorio (colonna risonante). Escludendo i valori singolari che si discostano dalla nuvola di punti, si assume un modulo elastico dinamico E_0 compreso tra 1000 e 3000 MPa.

Trattandosi di terreni di tipo coesivo, per la stima delle caratteristiche di deformabilità sono state eseguite inoltre una prova di compressibilità edometrica. I risultati della prova sono di seguito riportati.

In sintesi si ottiene:

- $e_0 = 0.4-0.6$ indice dei vuoti iniziale
- $cc = 0.12 - 0.16$ indice di compressibilità
- $cs = 0.05$ indice di rigonfiamento
- $E_{ed 100-200} = 10-20$ MPa modulo edometrico

➤ OCR= 1-2.5

grado di sovraconsolidazione

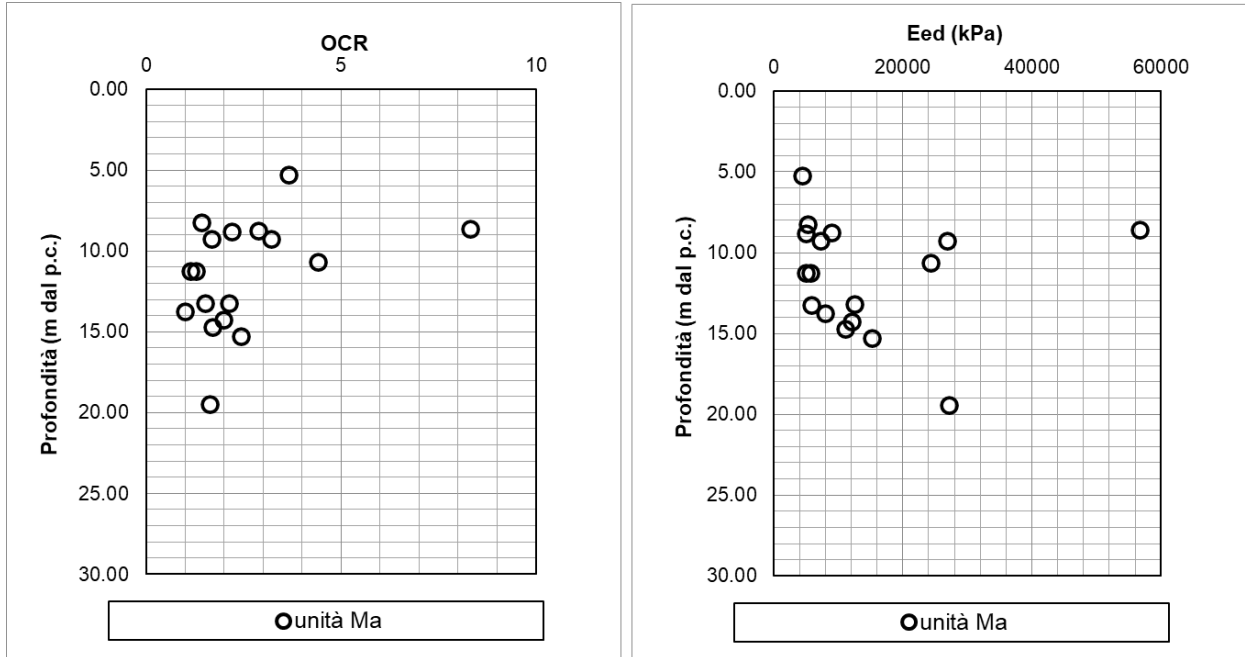


Figura 60: Modulo edometrico e OCR al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

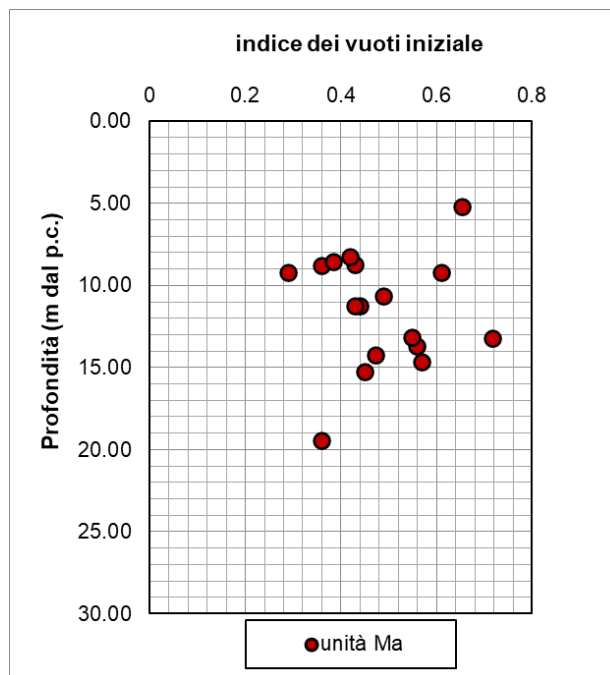


Figura 61: Indice dei vuoti iniziale da prova edometrica al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

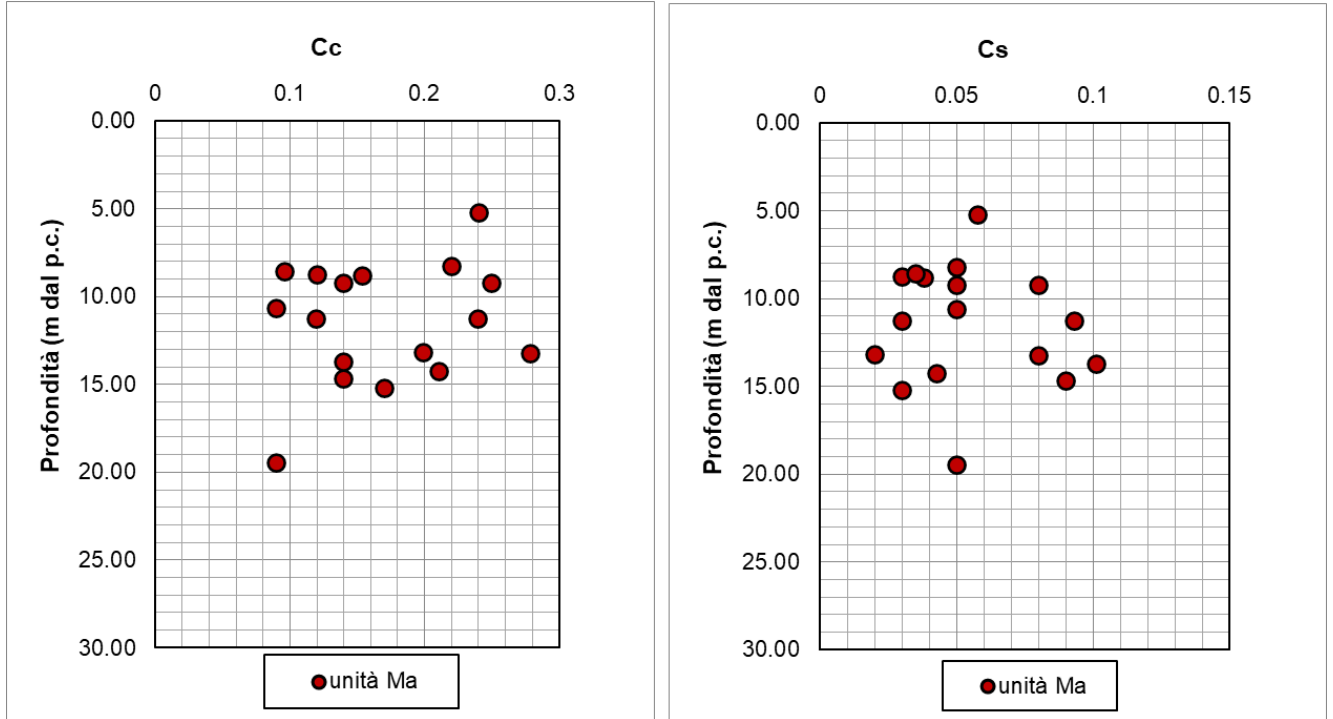


Figura 62: indice di compressibilità e di scarico/ricarico al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

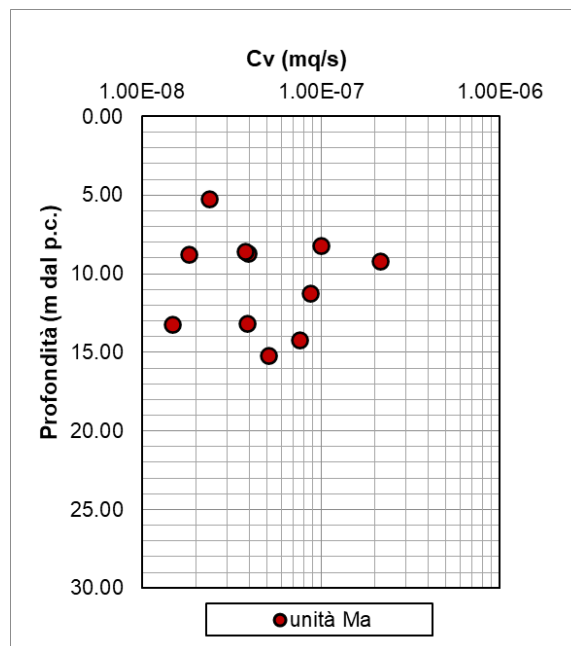


Figura 63: coefficiente di consolidazione verticale da prove edometriche al variare della profondità da p.c. – Unità Ma.

7.3.4 Permeabilità

La permeabilità dell'unità geotecnica è stata stimata mediante num. 7 prove Lefranc i cui risultati sono stati riportati nella seguente tabella. La permeabilità misurata è molto variabile e risulta compresa tra 3.34×10^{-9} e 3.39×10^{-5} m/s. Per l'unità, coerentemente con la granulometria, si assume un valore di permeabilità compreso tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s (media 5.5×10^{-6} m/s).

| PROVE LEFRANC | | | | | | | |
|---------------|------|-------------------------------|--------|-------|----------------------|----------|--------|
| Sondaggi | fase | Tipo di prova di permeabilità | da (m) | a (m) | Profondità media (m) | k (m/s) | UNITA' |
| S-O1 | PD | Lefranc CV | 6 | 6.5 | 6.25 | 3.34E-09 | Ma |
| S-O5 | PD | Lefranc CC | 7.5 | 8 | 7.75 | 3.39E-05 | Ma |
| S-O6 | PD | Lefranc CC | 27 | 28 | 27.5 | 7.33E-06 | Ma |
| S-O9 | PD | Lefranc CV | 7.5 | 8.5 | 8 | 8.84E-08 | Ma |

Tabella 24: Risultati delle prove Lefranc – Unità Ma.

7.3.5 Sintesi parametri geotecnici

Di seguito si sintetizzano i valori di riferimento dei parametri meccanici dell'unità desunti dalla caratterizzazione generale dell'unità **Ma**:

- $\gamma = 20-21 \text{ kN/m}^3$
- $c' = 10-15 \text{ kPa}$
- $\varphi' = 28-31^\circ$
- $c_u = 300 \text{ kPa}$
- $E_0 = 1000-3000 \text{ MPa}$

7.4 UNITA' Ar – Arenarie

7.4.1 Identificazione

Trattasi di arenaria litoide massiva, di colore variabile dal grigio al giallo, localmente interrotta da livelli marnosi centimetrici, non cementati, di colore grigio-azzurro. Possono essere presenti tracce di alterazione dovute a ossidazione (PLIOCENE).

In corrispondenza di alcuni sondaggi (S-04, S-06, S-07), si intercettano spessori di conglomerato. Quest'ultimo non viene caratterizzato essendo di scarso interesse progettuale e non avendo a disposizione alcun tipo di prova.



SONDAGGIO S-06 – Cassa n.8 da 35.00 m a 40.00 m

Figura 64: Foto del materiale in cassetta – Unità Ar.



SONDAGGIO S-06 – Cassa n.10 da 45.00 m a 50.00 m

Figura 65: Foto del materiale in cassetta – Conglomerato.

Per l'unità geotecnica in esame (Ar) sono stati prelevati campioni rimaneggiati su cui è stato determinato il peso dell'unità di volume:

| sondaggio | anno | campione | Prof. (m) | γ |
|--------------|------|----------|-----------|----------|
| S-O4 (PIEZ.) | 2023 | CR7 | 32.35 | 22.2 |
| S-O5 (PIEZ.) | 2023 | CR3 | 17.25 | 22 |
| S-O5 (PIEZ.) | 2023 | CR4 | 20.25 | 21.8 |
| S-O5 (PIEZ.) | 2023 | CR5 | 22.45 | 22.2 |
| S-O5 (PIEZ.) | 2023 | CR6 | 29.65 | 21.4 |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR2 | 9.65 | 23.7 |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR3 | 13.55 | 21.3 |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR4 | 18.6 | 22.7 |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR5 | 22.3 | 22.1 |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR6 | 29.25 | 22.3 |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR7 | 35.3 | 21.7 |
| S-O6 (PIEZ.) | 2023 | CR8 | 40.25 | 22.6 |
| S-O7 (PIEZ.) | 2023 | CR2 | 12.25 | |

Il peso specifico dell'unità di volume è risultato compreso tra 21.3 e 23.7 (media 22.2).

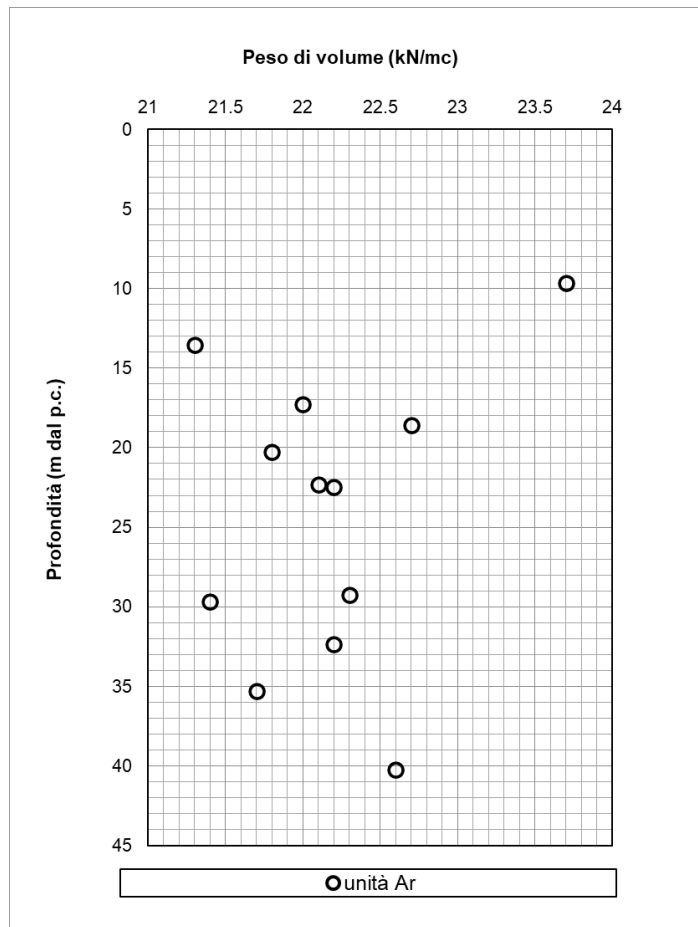


Figura 66: Peso specifico dell'unità di volume (γ) al variare della profondità da p.c. – Unità Ar.

7.4.2 Parametri di resistenza

Per tale unità sono state eseguite prove volte a determinare la resistenza a compressione a trazione. Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

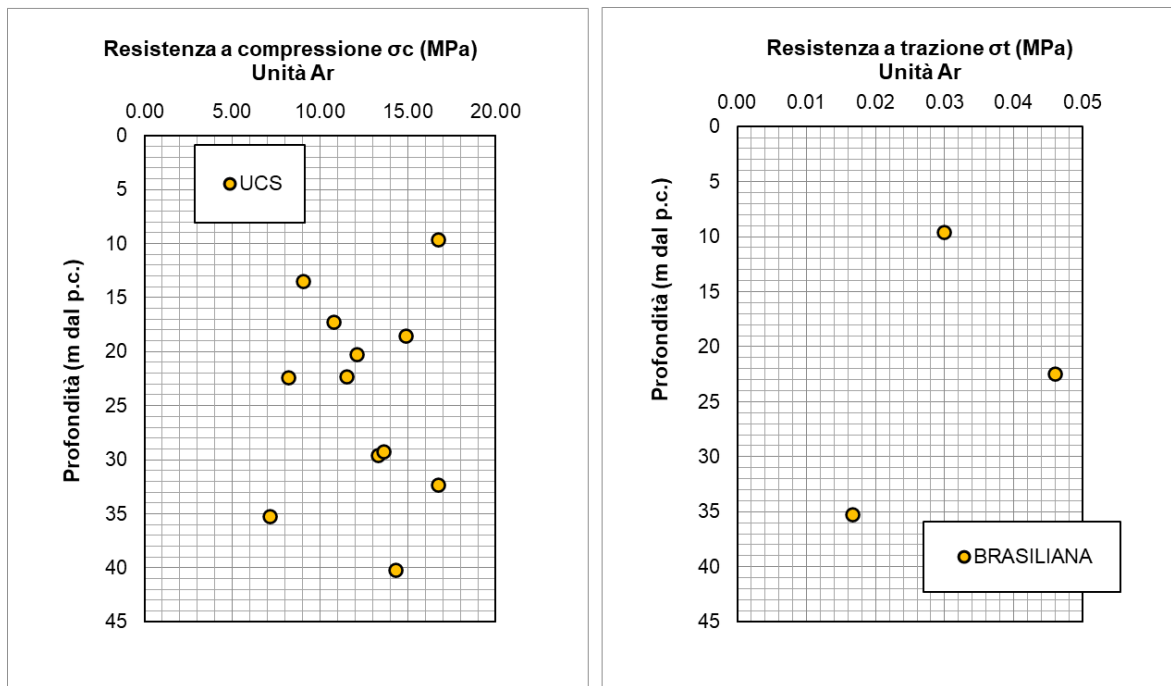


Figura 67: Resistenza a compressione σ_c e resistenza a trazione σ_t al variare della profondità da p.c. – Unità Ar.

In generale, l'unità Ar è caratterizzata da una resistenza media a compressione dei provini pari a circa 12.4 MPa e da una resistenza media a trazione pari a circa 0.03 MPa.

Assumendo:

- GSI = 30







| Rock Type: <input type="text" value="General"/> | SURFACE CONDITIONS | | | | |
|--|--|------|------|------|-----------|
| | VERY GOOD | GOOD | FAIR | POOR | VERY POOR |
| GSI Selection: <input type="text" value="30"/> <input type="button" value="OK"/> | DECREASING SURFACE QUALITY → | | | | |
| STRUCTURE | DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓ | | | | |
|  INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities | 90 | 80 | | N/A | N/A |
|  BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets | | 70 | | | |
|  VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets | | | 60 | | |
|  BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity | | | | 50 | |
|  DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces | | | | | 40 |
|  LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes | N/A | N/A | | | 30 |
| | | | | 20 | |
| | | | | | 10 |

Figura 68: Geological Strength Index GSI basato sulla descrizione geologica.

- $m_i = 17$ per arenarie (da letteratura)
- $D = 1$

L'unità **Ar** può essere caratterizzata cautelativamente mediante i seguenti parametri di resistenza (Mohr Coulomb):

- $c' = 240$ kPa coesione drenata
- $\varphi' = 38^\circ$ angolo di resistenza a taglio

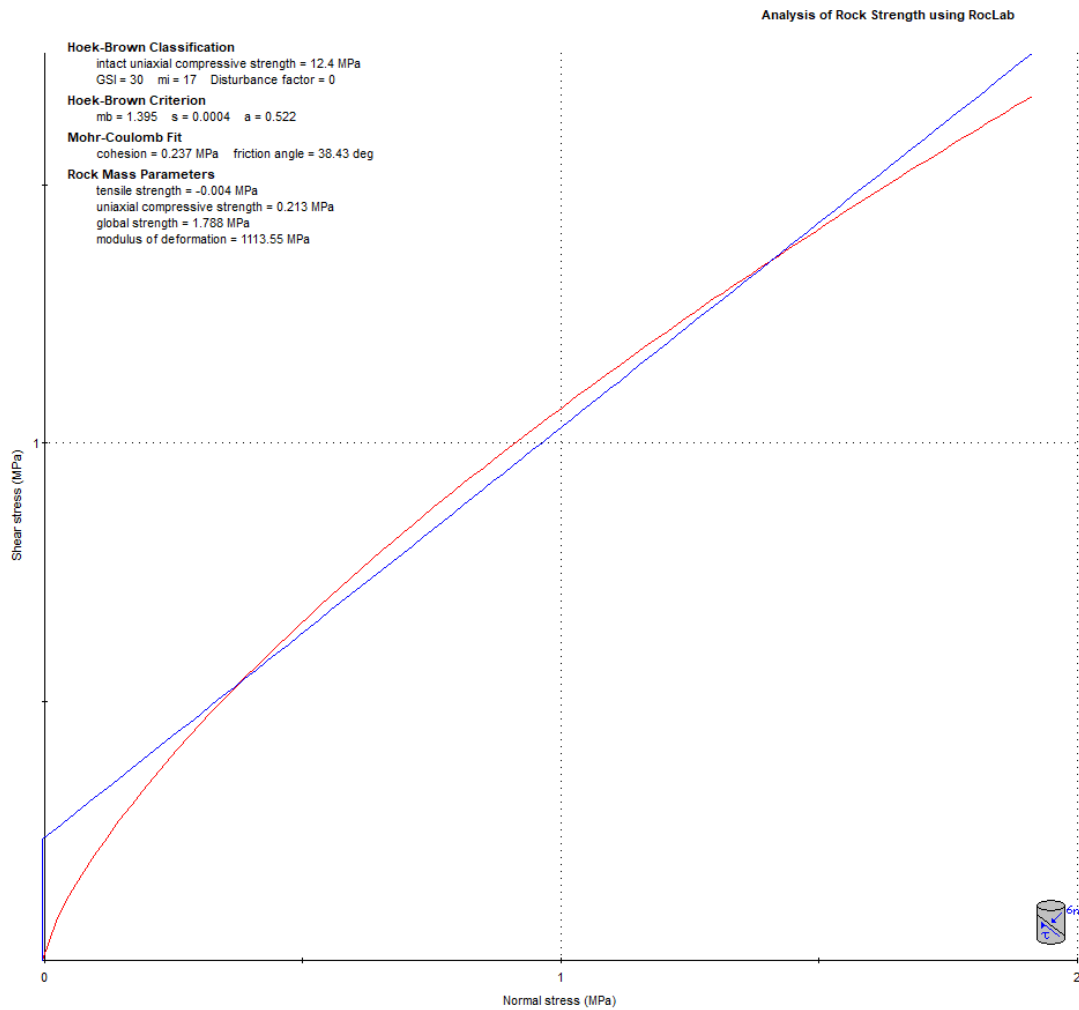


Figura 69: Analisi della resistenza della roccia mediante il programma RocLab.

7.4.3 Parametri di deformabilità

I parametri di deformabilità sono stati stimati a partire dai risultati delle prove di laboratorio e delle indagini sismiche DH, i cui risultati sono sintetizzati di seguito. A seguito dei risultati ottenuti si assume cautelativamente un modulo elastico dinamico E_0 compreso tra 2000 MPa (valore medio ottenuto da prove geofisiche, escludendo i punti singoli che si discostano particolarmente dal resto dei valori) e 8000 MPa (valore minimo del modulo secante E_{sec} ottenuto dalle prove di laboratorio moltiplicato per il rapporto tra modulo di deformabilità in sito e modulo di Young del materiale roccioso assunto pari a 0.5.).

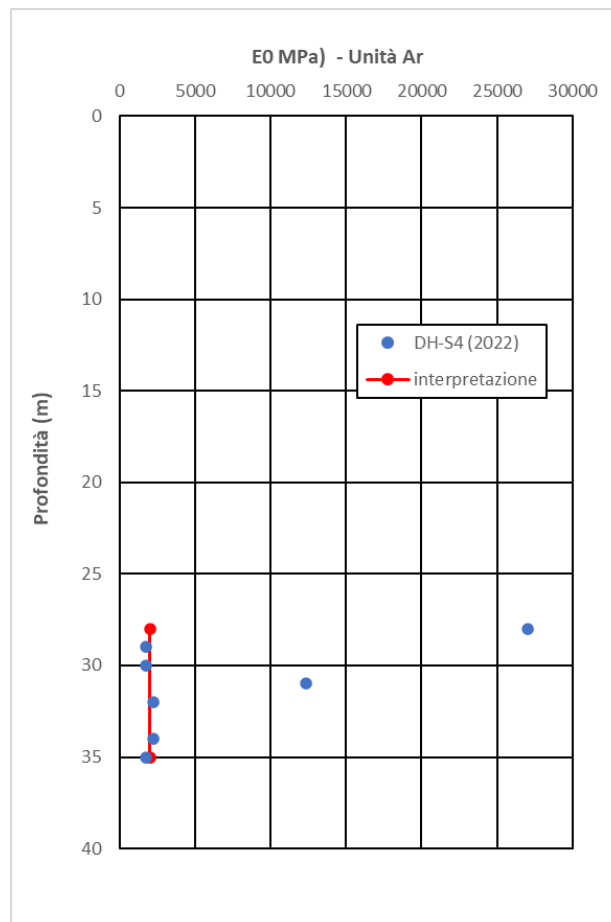


Figura 70: Modulo dinamico E_0 al variare della profondità da p.c. da prove geofisiche – Unità Ar.

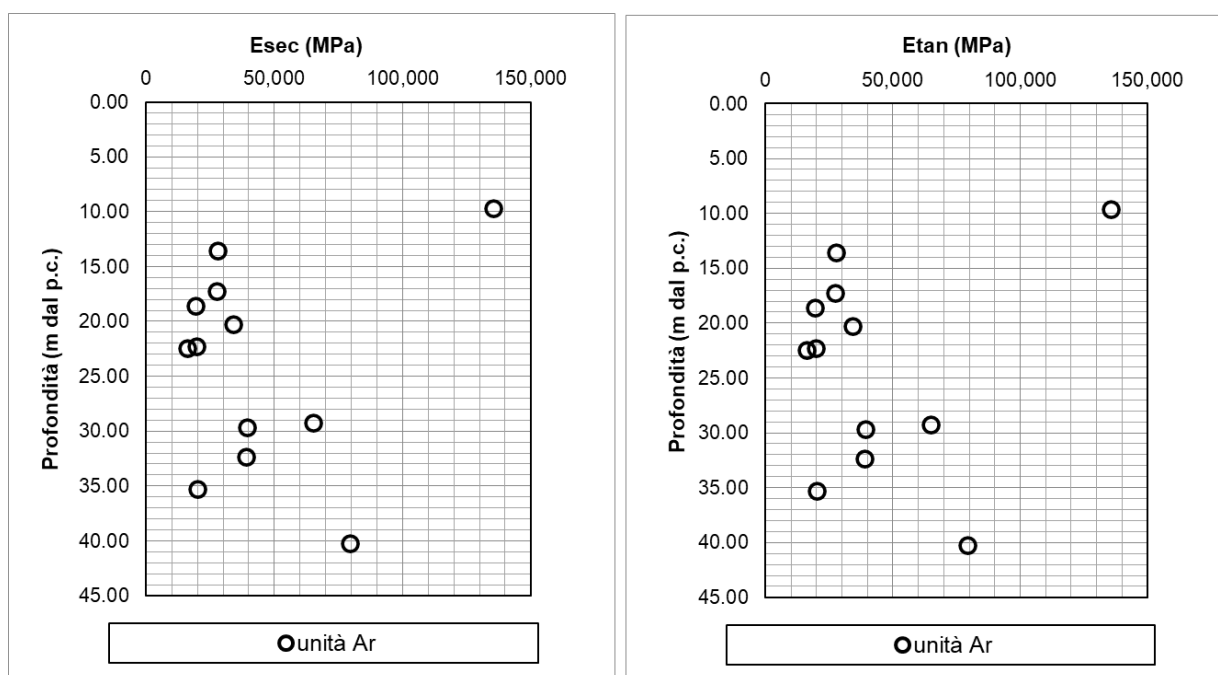


Figura 71: Modulo secante E_{sec} e tangente E_{tan} al variare della profondità da p.c. da prove di laboratorio – Unità Ar.

7.4.4 Sintesi parametri geotecnici

Di seguito si sintetizzano i valori di riferimento dei parametri meccanici dell'unità desunti dalla caratterizzazione generale dell'unità Ar:

- $\gamma = 22-22.5 \text{ kN/m}^3$
- $c' = 240 \text{ kPa}$
- $\varphi' = 38^\circ$
- $E_0 = 2000-8000 \text{ MPa}$

7.5 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla base dell'analisi dei dati proveniente dalle campagne geognostiche, è stato possibile caratterizzare dal punto di vista geotecnico i materiali. Di seguito si riportano le tabelle di sintesi.

| Unità geotecnica | Litologia | γ [kN/m ³] | Resistenza | | |
|------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| | | | ϕ'_k [°] | C'_k [kPa] | C_{uk} [kPa] |
| ALL_Gs | Ghiaia sabbiosa | 19-20 | 35-37 (36) | 0 | - |
| ALL_Ls | Limo sabbioso-Sabbie limose | 19-20 | 27-32 (28) | 5-10 | 50-100 |
| Ma | Marne-Argille marnose | 20-21 | 28-31 (29) | 10-15 | 300 |
| Ar | Arenaria | 22-22.5 | 38 | 240 | - |

(): valore suggerito

Tabella 25: Parametri di resistenza del terreno.

| Unità geotecnica | Moduli a piccole deformazioni | Moduli elastici operativi | | Consolidazione | | | |
|------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------|-----------|-------|
| | E_0 [MPa] | $E_{op} = (E_0/5)$ [MPa] | $E_{op} = (E_0/10)$ [MPa] | e_0 | cc | cs | OCR |
| ALL_Gs | 400 per 0m<z<7m; 1250 per z>7m | 80 per 0m<z<7m; 250 per z>7m | 40 per 0m<z<7m; 125 per z>7m | - | - | - | - |
| ALL_Ls | 170 per 0m<z<4m; 400 per z>4m | 34 per 0m<z<4m; 80 per z>4m | 17 per 0m<z<4m; 40 per z>4m | 0.5-0.7 (0.6) | 0.12-0.2 | 0.02-0.04 | 2.5-3 |
| Ma | 1000-3000 (2000) | 200-600 (400) | 100-300 (200) | 0.4-0.6 (0.5) | 0.12-0.24 (0.12-0.16) | 0.05 | 1-2.5 |
| Ar | 2000-8000 | 400-1600 | 200-800 | - | - | - | - |

Tabella 26: Parametri di deformabilità del terreno.

8 ANALISI DI PERICOLOSITA' RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Allo scopo di accertare la stabilità nei confronti della liquefazione, per il sito in esame sono state eseguite delle verifiche che hanno consentito di determinare il potenziale di liquefazione, parametro indicativo dell'estensione che il fenomeno può avere nei terreni. La liquefazione è infatti un fenomeno per cui durante un sisma la rigidità e la resistenza del terreno possono ridursi significativamente. Ad essa sono associati la perdita di resistenza al taglio o l'accumulo di deformazioni plastiche che avvengono in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a causa delle azioni cicliche e dinamiche che si verificano in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una diminuzione della tensione media efficace nel terreno e una riduzione della resistenza al taglio. Questa riduzione può essere una condizione temporanea o può indurre una condizione di collasso definitiva.

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve rappresentate nelle figure seguenti (coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).

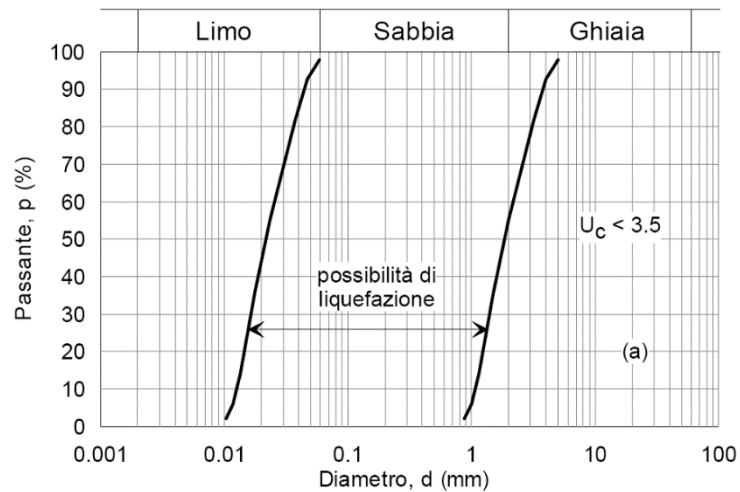


Figura 72: Ambito di potenziale liquefacibilità dei terreni ($U_c < 3.5$).

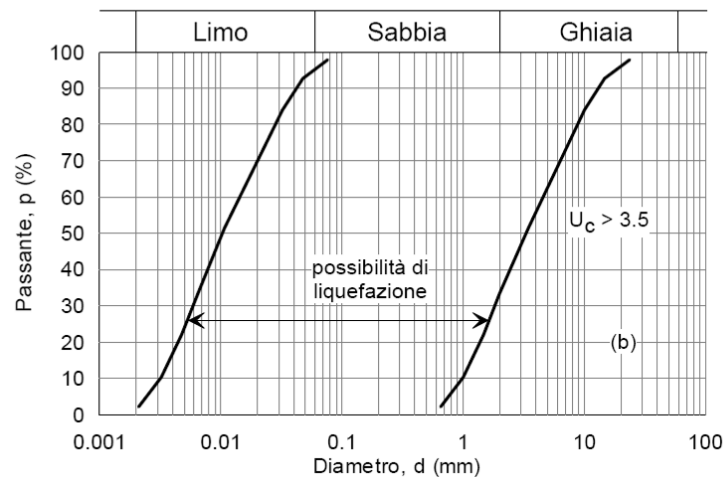


Figura73: Ambito di potenziale liquefacibilità dei terreni ($U_c > 3.5$).

In generale, nella tratta in esame, all'unità più coesive (ALL_Ls e Ma) si può associare un rischio basso di liquefazione, trattandosi di depositi a grana fine, con frazione grossolana

pressocché assente. Resta quindi da esaminare dell'unità ALL_Gs.

Le curve granulometriche del materiale granulare esaminato sono di seguito riportate per il confronto con i fusi di riferimento (nei due casi previsti da norma ovvero con coefficiente di uniformità rispettivamente minore e maggiore di 3.5). Come si evince dall'andamento delle curve non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione solo basandosi sulla pezzatura del materiale.

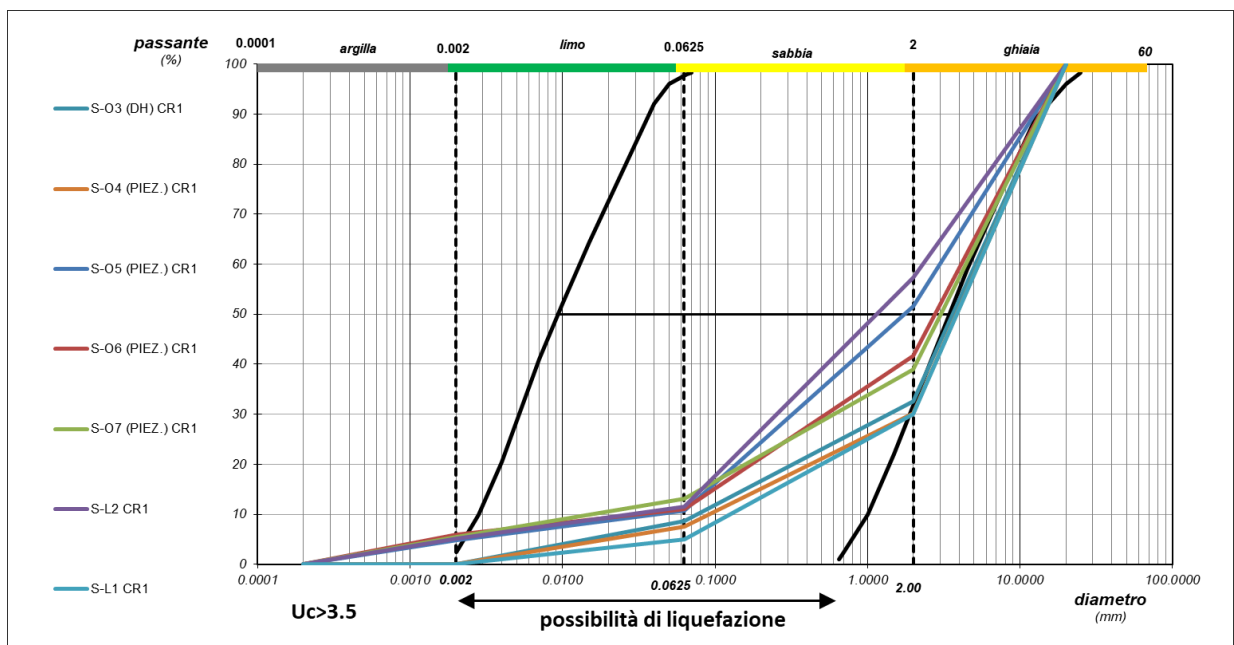


Figura74: curve granulometriche dei campioni esaminati e confronto con i fusi di riferimento per la liquefazione (Cu>3.5)

I valori attesi al p.c. dell'accelerazione sono superiori a 0.1 e pertanto anche il criterio di esclusione della verifica basato sul valore di accelerazione non viene rispettato. Infine, il livello di falda e il numero di colpi $(N1)_{60}$ sono riassunti di seguito.

| Sondaggio/prova | Unità GEO-TECNICA | Profondità media | Falda | test falda | (N1) ₆₀ > 30 | a _g < 0.1g | Liquefazione |
|-----------------|-------------------|------------------|-------|-------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | (m. da p.c.) | | | | | |
| S-O3 | ALL_Gs | 6.5 | 2.50 | SOTTO FALDA | 21 | 0.27 | VERIFICA A LIQUEFAZIONE |
| S-O3 | ALL_Gs | 9 | 2.50 | SOTTO FALDA | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O4 | ALL_Gs | 3 | 2.30 | SOTTO FALDA | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O5 | ALL_Gs | 3 | 1.70 | SOTTO FALDA | PROVA NON AFFIDABILE | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O6 | ALL_Gs | 3 | 17.20 | sopra falda | 103 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O6 | ALL_Gs | 6 | 17.20 | sopra falda | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O7 | ALL_Gs | 3 | 8.50 | sopra falda | PROVA NON AFFIDABILE | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O7 | ALL_Gs | 6 | 8.50 | sopra falda | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O8 | ALL_Gs | 3 | 11.00 | sopra falda | 33 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O8 | ALL_Gs | 6 | 11.00 | sopra falda | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O9 | ALL_Gs | 3 | 12.90 | sopra falda | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O11 | ALL_Gs | 12.00 | 8.10 | SOTTO FALDA | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O13 | ALL_Gs | 3.00 | 0.40 | SOTTO FALDA | 20 | 0.27 | VERIFICA A LIQUEFAZIONE |
| S-O13 | ALL_Gs | 6.00 | 0.40 | SOTTO FALDA | 52 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O13 | ALL_Gs | 9.00 | 0.40 | SOTTO FALDA | 93 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O14 | ALL_Gs | 5.50 | 13.50 | sopra falda | 46 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O14 | ALL_Gs | 9.00 | 13.50 | sopra falda | 32 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O14 | ALL_Gs | 12.00 | 13.50 | sopra falda | 16 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O15 | ALL_Gs | 3.00 | 11.80 | sopra falda | 27 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O15 | ALL_Gs | 4.50 | 11.80 | sopra falda | 38 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O15 | ALL_Gs | 7.50 | 11.80 | sopra falda | 28 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O15 | ALL_Gs | 10.50 | 11.80 | sopra falda | 24 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O16 | ALL_Gs | 1.50 | 12.70 | sopra falda | PROVA NON AFFIDABILE | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O16 | ALL_Gs | 3.00 | 12.70 | sopra falda | 37 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O16 | ALL_Gs | 4.50 | 12.70 | sopra falda | 70 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O16 | ALL_Gs | 6.00 | 12.70 | sopra falda | 58 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O16 | ALL_Gs | 9.50 | 12.70 | sopra falda | 50 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O17 | ALL_Gs | 1.50 | 8.45 | sopra falda | 39 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O17 | ALL_Gs | 7.50 | 8.45 | sopra falda | 29 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O17 | ALL_Gs | 9.00 | 8.45 | SOTTO FALDA | 38 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O18 | ALL_Gs | 4.50 | 8.25 | sopra falda | 72 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O18 | ALL_Gs | 7.50 | 8.25 | sopra falda | 27 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |

| | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------------|----------------------|------|-------------------------|
| S-L1 | ALL_Gs | 3.00 | 11.00 | sopra falda | 75 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-L1 | ALL_Gs | 6.00 | 11.00 | sopra falda | 61 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-L1 | ALL_Gs | 9.00 | 11.00 | sopra falda | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-L1 | ALL_Gs | 10.50 | 11.00 | sopra falda | 53 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-L1 | ALL_Gs | 12.00 | 11.00 | SOTTO FALDA | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-L2 | ALL_Gs | 3.00 | 6.80 | sopra falda | 77 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-L2 | ALL_Gs | 6.00 | 6.80 | sopra falda | PROVA NON AFFIDABILE | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 3.00 | 7.00 | sopra falda | 29 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 3.20 | 7.00 | sopra falda | 30 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 3.40 | 7.00 | sopra falda | 18 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 3.60 | 7.00 | sopra falda | 18 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 3.80 | 7.00 | sopra falda | 19 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 4.00 | 7.00 | sopra falda | 27 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 4.20 | 7.00 | sopra falda | 22 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 4.40 | 7.00 | sopra falda | 31 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 4.60 | 7.00 | sopra falda | 44 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH1 | ALL_Gs | 4.80 | 7.00 | sopra falda | 57 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 1.40 | 9.00 | sopra falda | 23 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 1.60 | 9.00 | sopra falda | 36 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 1.80 | 9.00 | sopra falda | 28 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 2.00 | 9.00 | sopra falda | 24 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 2.20 | 9.00 | sopra falda | 21 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 2.40 | 9.00 | sopra falda | 26 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 2.60 | 9.00 | sopra falda | 29 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 2.80 | 9.00 | sopra falda | 28 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 3.00 | 9.00 | sopra falda | 43 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 3.20 | 9.00 | sopra falda | 51 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 3.40 | 9.00 | sopra falda | 53 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 3.60 | 9.00 | sopra falda | 48 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 3.80 | 9.00 | sopra falda | 33 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 4.00 | 9.00 | sopra falda | 39 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 4.20 | 9.00 | sopra falda | 41 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 4.40 | 9.00 | sopra falda | 45 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 4.60 | 9.00 | sopra falda | 46 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 4.80 | 9.00 | sopra falda | 45 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH3 | ALL_Gs | 5.00 | 9.00 | sopra falda | 59 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |

| | | | | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|-------------|----|------|-------------------------|
| DPSH4 | ALL_Gs | 7.00 | 22.50 | sopra falda | 14 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 7.20 | 22.50 | sopra falda | 13 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 7.40 | 22.50 | sopra falda | 14 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 7.60 | 22.50 | sopra falda | 14 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 7.80 | 22.50 | sopra falda | 17 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 8.00 | 22.50 | sopra falda | 17 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 8.20 | 22.50 | sopra falda | 14 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 8.40 | 22.50 | sopra falda | 14 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 8.60 | 22.50 | sopra falda | 15 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 8.80 | 22.50 | sopra falda | 16 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 9.00 | 22.50 | sopra falda | 14 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 9.20 | 22.50 | sopra falda | 13 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 9.40 | 22.50 | sopra falda | 11 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 9.60 | 22.50 | sopra falda | 12 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 9.80 | 22.50 | sopra falda | 16 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 10.00 | 22.50 | sopra falda | 20 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 10.20 | 22.50 | sopra falda | 18 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 10.40 | 22.50 | sopra falda | 20 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 10.60 | 22.50 | sopra falda | 23 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 10.80 | 22.50 | sopra falda | 25 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 11.00 | 22.50 | sopra falda | 18 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 11.20 | 22.50 | sopra falda | 23 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 11.40 | 22.50 | sopra falda | 18 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 11.60 | 22.50 | sopra falda | 31 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 11.80 | 22.50 | sopra falda | 33 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 12.00 | 22.50 | sopra falda | 34 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 12.20 | 22.50 | sopra falda | 38 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH4 | ALL_Gs | 12.40 | 22.50 | sopra falda | 42 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH8 | ALL_Gs | 2.60 | 9.00 | sopra falda | 19 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH8 | ALL_Gs | 2.80 | 9.00 | sopra falda | 26 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH8 | ALL_Gs | 3.00 | 9.00 | sopra falda | 41 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH10 | ALL_Gs | 1.20 | 13.50 | sopra falda | 36 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH10 | ALL_Gs | 1.40 | 13.50 | sopra falda | 64 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH10BIS | ALL_Gs | 1.40 | 13.70 | sopra falda | 36 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH10BIS | ALL_Gs | 1.60 | 13.70 | sopra falda | 84 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 4.80 | 11.10 | sopra falda | 26 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |

| | | | | | | | |
|-------------|--------|-------|-------|-------------|-----|------|-------------------------|
| DPSH11 | ALL_Gs | 5.00 | 11.10 | sopra falda | 20 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 5.20 | 11.10 | sopra falda | 12 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 5.40 | 11.10 | sopra falda | 7 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 5.60 | 11.10 | sopra falda | 6 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 5.80 | 11.10 | sopra falda | 25 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 6.00 | 11.10 | sopra falda | 18 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 6.20 | 11.10 | sopra falda | 5 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 6.40 | 11.10 | sopra falda | 5 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 6.60 | 11.10 | sopra falda | 9 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 6.80 | 11.10 | sopra falda | 12 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH11 | ALL_Gs | 7.00 | 11.10 | sopra falda | 23 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH12 | ALL_Gs | 4.20 | 12.60 | sopra falda | 18 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH12 | ALL_Gs | 4.40 | 12.60 | sopra falda | 24 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH12 | ALL_Gs | 4.60 | 12.60 | sopra falda | 27 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH12 | ALL_Gs | 4.80 | 12.60 | sopra falda | 48 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH14 | ALL_Gs | 0.20 | 9.10 | sopra falda | 36 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH14 | ALL_Gs | 0.60 | 9.10 | sopra falda | 59 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| DPSH14 | ALL_Gs | 0.80 | 9.10 | sopra falda | 89 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O13 bis/1 | ALL_Gs | 4.00 | 7.35 | sopra falda | 28 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S-O13 bis/1 | ALL_Gs | 8.00 | 7.35 | SOTTO FALDA | 20 | 0.27 | VERIFICA A LIQUEFAZIONE |
| S4+DH/SPT2 | ALL_Gs | 6.50 | 22.00 | sopra falda | 25 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |
| S4+DH/SPT4 | ALL_Gs | 13.50 | 22.00 | sopra falda | 100 | 0.27 | VERIFICA NON NECESSARIA |

Tabella 27: sintesi dei risultati delle verifiche a liquefazione

A seguito dei risultati ottenuti, si decide di indagare sulle verticali tale per cui la verifica a liquefazione risulta necessaria (nessuna delle condizioni di esclusione dalla verifica risultano soddisfatte), ovvero S03, S013 e S013bis.

La valutazione del pericolo di liquefazione è stata condotta in accordo al "metodo semplificato" originariamente proposto da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), confrontando lo sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) e la resistenza normalizzata del terreno al taglio ciclico (CRR) così definiti:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità in un sito a superficie piana durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato, la tensione di taglio ciclico indotta dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) viene approssimata da un valore dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco a_{max} come segue:

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

σ_{vo} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali

σ'_{vo} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni efficaci

r_d coefficiente di riduzione dello sforzo di taglio ciclico in funzione della profondità da piano campagna, calcolato come segue in accordo a Blake (Blake, 1996, riportato da Youd et al., 2001):

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^2}$$

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M. Per $M \neq 7.5$ è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CSR_M}{(CSR)_{M=7.5}} = \left(\frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$

dove CSR_M e N_M rappresentano i valori di CSR e numero di cicli equivalenti per il valore di magnitudo di progetto, mentre $(CSR)_{M=7.5}$ e $N_{M=7.5}$ sono riferiti all'evento con $M=7.5$. Nelle verifiche a liquefazione, è stato posto $MSF=1.5$ in accordo alla correlazione proposta da Seed & Idriss (1982), essendo $M_w = 5.29$.

| Magnitudo, M (1) | Seed and Idriss (1982) (2) | Idriss ^a (3) | Ambraseys (1988) (4) | Arango (1996) | | Andrus and Stokoe (1997) (7) | Youd and Noble (1997b) | | |
|------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| | | | | Distance based (5) | Energy based (6) | | $P_L < 20\%$ (8) | $P_L < 32\%$ (9) | $P_L < 50\%$ (10) |
| 5.5 | 1.43 | 2.20 | 2.86 | 3.00 | 2.20 | 2.8 | 2.86 | 3.42 | 4.44 |
| 6.0 | 1.32 | 1.76 | 2.20 | 2.00 | 1.65 | 2.1 | 1.93 | 2.35 | 2.92 |
| 6.5 | 1.19 | 1.44 | 1.69 | 1.60 | 1.40 | 1.6 | 1.34 | 1.66 | 1.99 |
| 7.0 | 1.08 | 1.19 | 1.30 | 1.25 | 1.10 | 1.25 | 1.00 | 1.20 | 1.39 |
| 7.5 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | — | — | 1.00 |
| 8.0 | 0.94 | 0.84 | 0.67 | 0.75 | 0.85 | 0.8? | — | — | 0.73? |
| 8.5 | 0.89 | 0.72 | 0.44 | — | — | 0.65? | — | — | 0.56? |

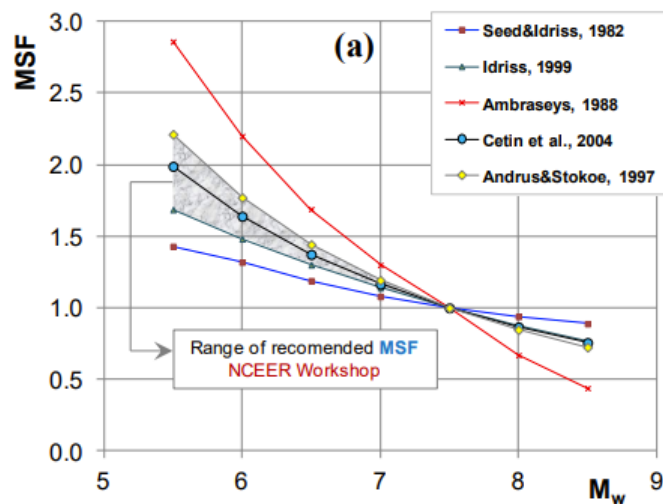


Figura75: Valori del fattore di scala dovuto alla Magnitudo definito da vari autori (Youd e Noble 1997)

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlino la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT, come meglio descritto nel seguito.

CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento qui utilizzato si basa sulla relazione riportata nella figura che segue, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001). La resistenza penetrometrica SPT è espressa come numero corretto di colpi $N_1(60)$, ossia normalizzato ad una pressione verticale efficace di 100 kPa e corretto per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale), come segue:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

In questa espressione:

C_N = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace.

In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo C_N .

Qui è stata applicata la relazione proposta da Liao e Whitman (1986):

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.5} \leq 1.7$$

in cui P_a è la pressione atmosferica, pari a 100 kPa, e σ'_{vo} è la tensione verticale in sito, in termini di sforzi efficaci.

C_E = coefficiente correttivo che va a considerare il rendimento energetico dell'attrezzatura e riconduce le misure ad un rendimento energetico del 60 % e può essere valutato nel modo seguente:

$$C_E = \frac{ER_m}{60}$$

in cui ER_m è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del meglio all'attrezzo campionatore, relativo alla macchina utilizzata per fare la prova; considerando che la configurazione di prova normalmente adoperata in Italia ha un rendimento energetico del 60 %, tale coefficiente è stato posto pari ad 1.

I coefficienti C_B (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio), C_R (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e C_S (fattore correttivo per il tipo di attrezzo campionatore) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sull'asse delle ordinate è riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di $N_{1(60)}$ da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con magnitudo 7.5. Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

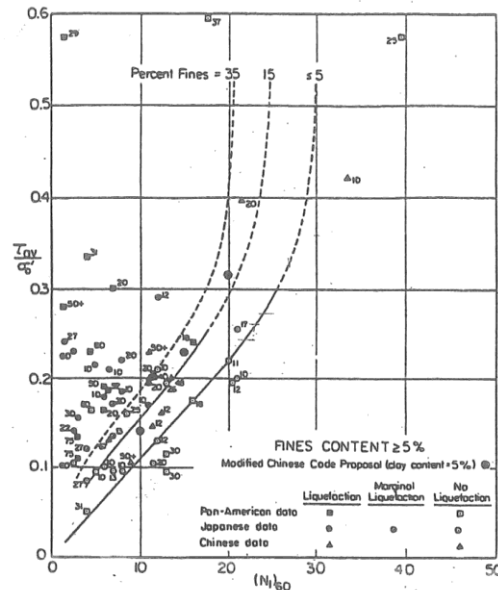


Figura 76: Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$

– sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

Le curve sono valide per eventi simili di magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame, come indicato in precedenza.

Le curve di resistenza ciclica sono state inoltre riferite a terreni aventi diverso contenuto di fine, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita ($FC < 5\%$).

La curva di riferimento per sabbie pulite è descritta dalla seguente equazione (Rauch, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

L'equazione è valida per $N_{1(60)} < 30$. Nel caso in cui sia $N_{1(60)} \geq 30$, le sabbie pulite sono classificate come non liquefacibili, a causa della loro elevata densità.

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori di $N_1(60)$ ai valori corrispondenti per sabbia pulita $(N_1)_{60cs}$:

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60}$$

Nella quale:

$$\alpha = 0 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\alpha = \exp [1.76 - (190/FC^2)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ per } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\beta = [0.99 + (FC1.5/1000)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\beta = 1.2 \text{ per } FC \geq 35\%$$

La resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento. Una rappresentazione di tale relazione è stata proposta da Hynes e Olsen (1999) e riportata da Youd et al. (2001), elaborata sulla base dei risultati di prove cicliche in laboratorio. In particolare, gli autori raccomandano di utilizzare il seguente coefficiente di correzione:

$$k_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \leq 1$$

dove:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

f = fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.

In accordo a Youd et al. (2001) il fattore "f" si può stimare come segue, sia per sabbie pulite o limose e per ghiaie:

$$40\% < DR < 60\% \quad f = 0.7 \div 0.8$$

$$60\% < DR < 80\% \quad f = 0.6 \div 0.7$$

In conclusione, in accordo a Youd et al. (2001) il fattore di sicurezza FL rispetto al fenomeno della liquefazione vale:

$$FL = (CRR_{7.5}/CSR) MSF k_s$$

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite, la verifica a liquefazione risulta soddisfatta.

| UNITA' | n. | bh/sample | Mw | ag | z (m) | zw (m) | γ (kN/m ³) | σ_v (kPa) | u (kPa) | σ'_{v0} (kPa) | σ'_{v0} /Pa | N _{SPT} | Dr (%) |
|--------|----|-----------|------|-------|-------|--------|-------------------------------|------------------|---------|----------------------|--------------------|------------------|--------|
| ALL_Gs | 1 | S-O3 | 5.29 | 0.265 | 6.50 | 2.5 | 19.5 | 127 | 40 | 86.8 | 0.87 | 20 | 70% |
| ALL_Gs | 2 | S-O3 | 5.29 | 0.265 | 9.00 | 2.5 | 19.5 | 176 | 65 | 110.5 | 1.11 | 100 | 103% |
| ALL_Gs | 3 | S-O13 | 5.29 | 0.265 | 3.00 | 0.4 | 19.5 | 59 | 26 | 32.5 | 0.33 | 20 | 65% |
| ALL_Gs | 4 | S-O13 | 5.29 | 0.265 | 6.00 | 0.4 | 19.5 | 117 | 56 | 61.0 | 0.61 | 41 | 77% |
| ALL_Gs | 5 | S-O13 | 5.29 | 0.265 | 9.00 | 0.4 | 19.5 | 176 | 86 | 89.5 | 0.90 | 88 | 101% |
| ALL_Gs | 6 | S-O13bis | 5.29 | 0.265 | 4.00 | 7.35 | 19.5 | 78 | 0 | 78.0 | 0.78 | 25 | 75% |
| ALL_Gs | 7 | S-O13bis | 5.29 | 0.265 | 8.00 | 7.35 | 19.5 | 156 | 7 | 149.5 | 1.50 | 25 | 72% |

| C _N | C _E | C _R | N ₆₀ | FC | α | β | N _{60cs} | MSF | CRR | rd | tau_m (kPa) | CSR | k _c | FL |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|----|----------|---------|-------------------|------|-------|------|-------------|------|----------------|------|
| 1.07 | 1.00 | 1.00 | 21 | 9 | 0.56 | 1.02 | 22 | 1.50 | 0.248 | 0.95 | 20.85 | 0.24 | 1.000 | 1.55 |
| 0.95 | 1.00 | 1.00 | 95 | 9 | 0.56 | 1.02 | 30 | 1.50 | 0.468 | 0.92 | 27.94 | 0.25 | 0.970 | 2.69 |
| 1.70 | 1.00 | 1.00 | 34 | 20 | 3.61 | 1.08 | 30 | 1.50 | 0.468 | 0.98 | 9.88 | 0.30 | 1.000 | 2.31 |
| 1.28 | 1.00 | 1.00 | 52 | 20 | 3.61 | 1.08 | 30 | 1.50 | 0.468 | 0.96 | 19.33 | 0.32 | 1.000 | 2.21 |
| 1.06 | 1.00 | 1.00 | 93 | 20 | 3.61 | 1.08 | 30 | 1.50 | 0.468 | 0.92 | 27.94 | 0.31 | 1.000 | 2.25 |
| 1.13 | 1.00 | 1.00 | 28 | 22 | 3.93 | 1.09 | 30 | 1.50 | 0.468 | 0.97 | 13.09 | 0.17 | 1.000 | 4.18 |
| 0.82 | 1.00 | 1.00 | 20 | 22 | 3.93 | 1.09 | 26 | 1.50 | 0.320 | 0.94 | 25.22 | 0.17 | 0.886 | 2.52 |

Figura77: Risultati della verifica a liquefazione.

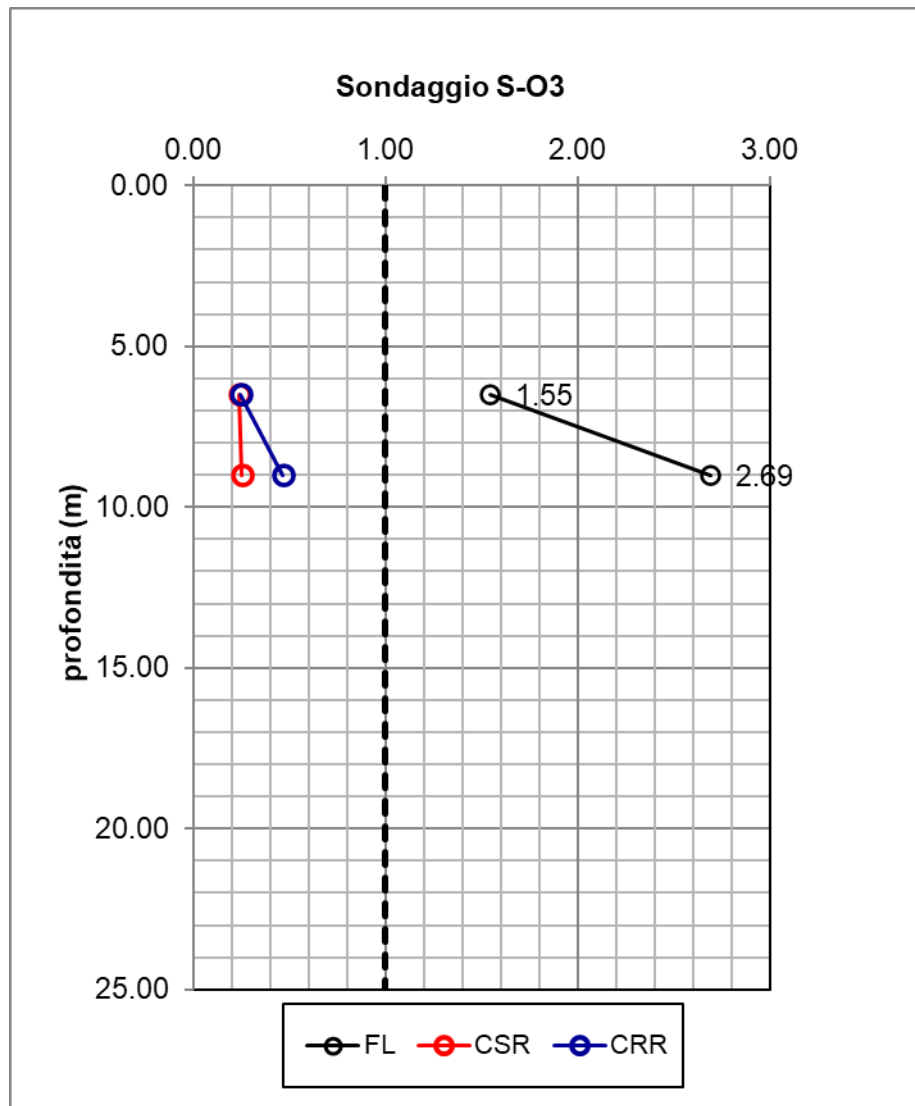


Figura78: valori del fattore di sicurezza a liquefazione (S-03).

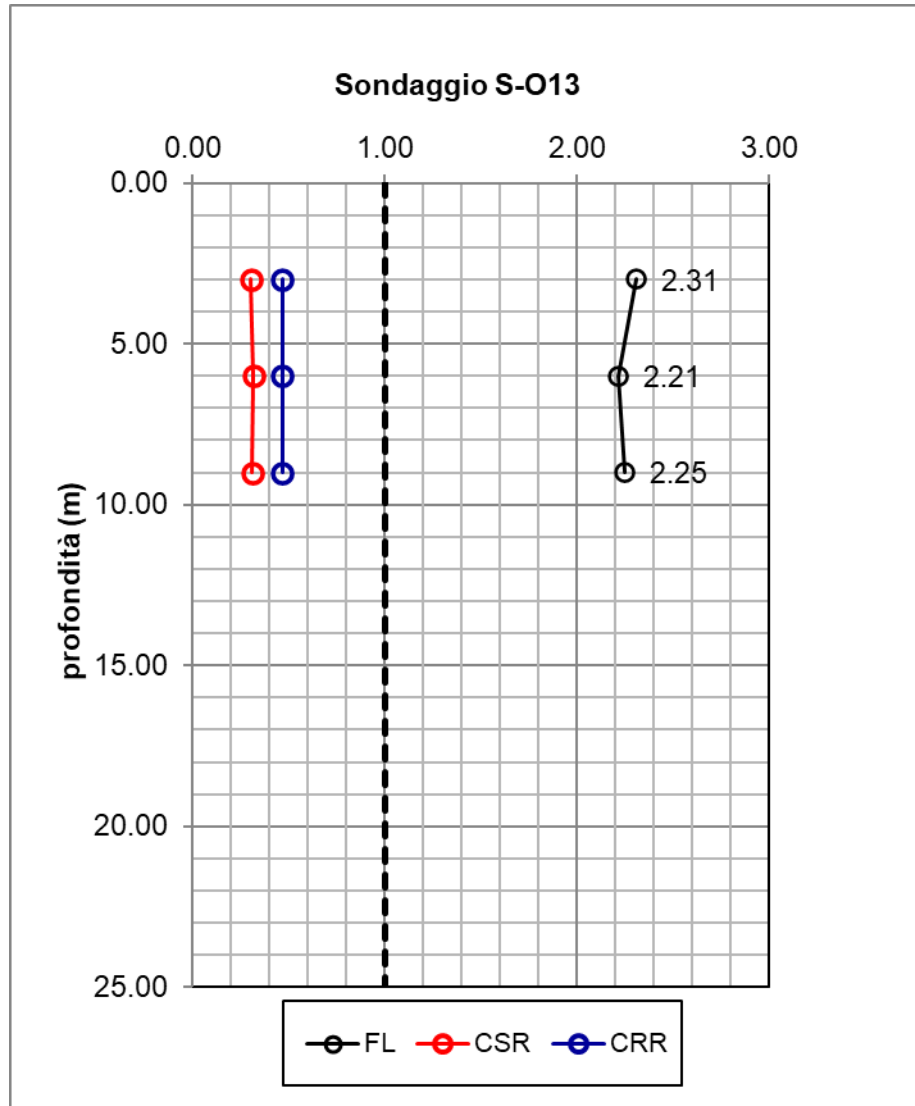


Figura79: valori del fattore di sicurezza a liquefazione (S-013).

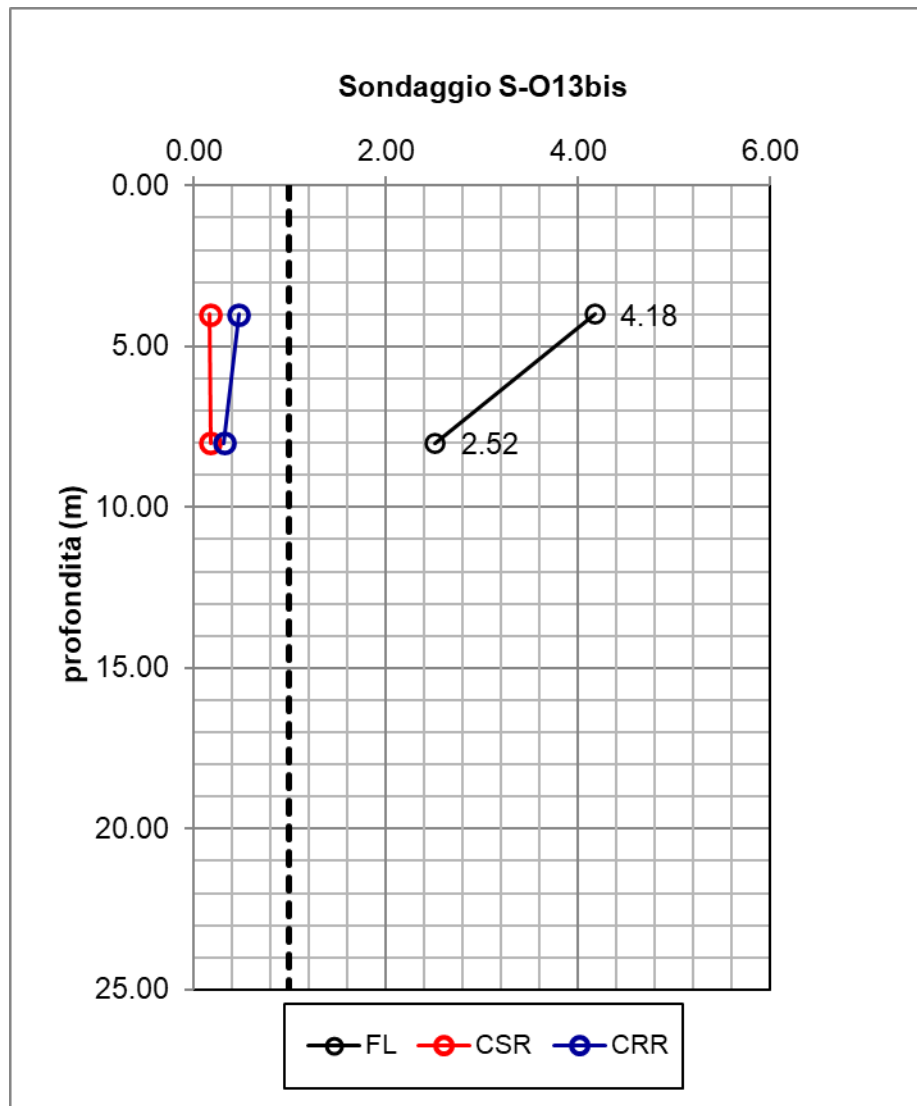


Figura80: valori del fattore di sicurezza a liquefazione (S-013bis).

10 ANALISI DI CONSOLIDAZIONE DEI RILEVATI STRADALI

Il caso in esame riguarda terreni stratificati, caratterizzati da un'alternanza di terreni incoerenti di tipo sabbioso-limoso e di terreni a matrice fine. I due terreni hanno comportamenti differenti e come tali sono stati introdotti nel codice di calcolo utilizzato.

L'applicazione di un carico di dimensioni finite su un deposito costituito da materiali argillosi saturi comporta un processo deformativo nel terreno può essere riassunto nei seguenti punti:

- La fase di carico avviene in condizioni non drenate con generazione di sovrappressioni interstiziali (u); i materiali argillosi si deformano allora a volume costante ed il cedimento che ne consegue è indicato come cedimento immediato;
- Il trasferimento del carico dall'acqua allo scheletro solido comporta ulteriori cedimenti, la cui velocità nel tempo è legata principalmente alle caratteristiche di permeabilità dell'argilla e alle condizioni di drenaggio. Il processo è noto come consolidazione primaria ed il cedimento conseguente a tale processo è indicato come cedimento di consolidazione primaria;

10.1 Valutazione dei cedimenti secondo la teoria dell'elasticità

Con riferimento alla teoria dell'elasticità il cedimento immediato in argille viene stimato con la seguente espressione:

$$w_i = \sum_{i=1}^n \frac{[\Delta\sigma_z - v_i \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)] \cdot h_i}{E_i}$$

dove:

w_i = cedimento immediato

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$ = tensioni indotte dal carico

h_i = altezza dello strato i-esimo

n = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile (H_c)

E_i = modulo di Young dello strato i-simo

ν = rapporto di Poisson

Lo spessore della zona compressibile (H_c) viene stabilito considerando il fatto che a profondità tali per cui l'incremento delle tensioni verticali ($\Delta\sigma_z$) o di quelle medie risulti inferiore rispettivamente a $(0,1 \div 0,15) \times \sigma'_{v0}$ o a $(0,05 \div 0,15) \times (\sigma'_{v0} + 2 \sigma'_{h0})/3$ il contributo al cedimento può essere considerato trascurabile.

Il cedimento immediato e di consolidazione primaria viene stimato con la seguente espressione:

$$w_t = \sum_{i=1}^n \frac{[\Delta\sigma_z - \nu' \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)] \cdot h_i}{E'_i}$$

dove:

w_t = cedimento immediato e di consolidazione primaria

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$ = tensioni indotte dal carico

h_i = altezza dello strato i-esimo

n = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile (H_c)

E'_i = modulo di Young dello strato i-esimo

ν' = rapporto di Poisson = 0,3

10.2 Analisi numerica agli elementi finiti

Considerata la geometria dei nuovi rilevati con altezze che in molti casi superano i 5.00 m, in relazione agli spessori degli strati compressibili, si è proceduto ad un'analisi numerica agli elementi finiti con codice di calcolo GeoStudio Versione 23.1.2.11.

GeoStudio è un programma agli Elementi Finiti impiegato per analisi di deformazione, stabilità e flusso in varie tipologie di applicazioni geotecniche. Le situazioni reali possono essere modellate in condizioni di deformazione piana o di assial-simmetria. Il programma utilizza un'interfaccia grafica che consente all'utente di generare con rapidità un modello geometrico e una mesh agli Elementi Finiti sulla base di una sezione trasversale rappresentativa della situazione in esame.

Con riferimento alle analisi in esame, esse sono state condotte in condizioni di deformazione piana (plane strain) e per il modello geometrico si sono scelti Elementi Finiti triangolari e quadrangolari in funzione della sezione analizzata.

10.2.1 Sezioni di calcolo

Le sezioni individuate e rappresentative del tracciato sono state utilizzate per la verifica delle condizioni di stabilità, statica e sismica, e per lo studio della consolidazione.

Da un esame delle sezioni trasversali di progetto e del modello stratigrafico e geotecnico del sottosuolo sono state analizzate le sezioni di calcolo più rappresentative in termini di condizioni stratigrafiche, di falda più gravose e altezze dei rilevati più significative. Tali sezioni sono riportate di seguito con le relative altezze dei rilevati.

Tabella 28: sezioni di calcolo per i rilevati stradali

| N° sez. | pk [m] | H _{Ril} [m] | TerraMesh | Bonifica |
|---------|---------|----------------------|-----------|----------|
| 4* | 1208.82 | 7.30 + 5 | ✓ | ✗ |
| 94 | 1580 | 6.2 | ✗ | ✓ |
| 99 | 1680 | 4.8 | ✗ | ✓ |
| 124 | 2100 | 3.3 | ✗ | ✓ |
| 137 | 2320 | 5.2 | ✗ | ✓ |
| 149 | 2540 | 7.2 | ✗ | ✗ |
| 234 | 3886 | 4.8 | ✗ | ✗ |

(* la sezione corrispondenza ad un rilevato con terra armata)

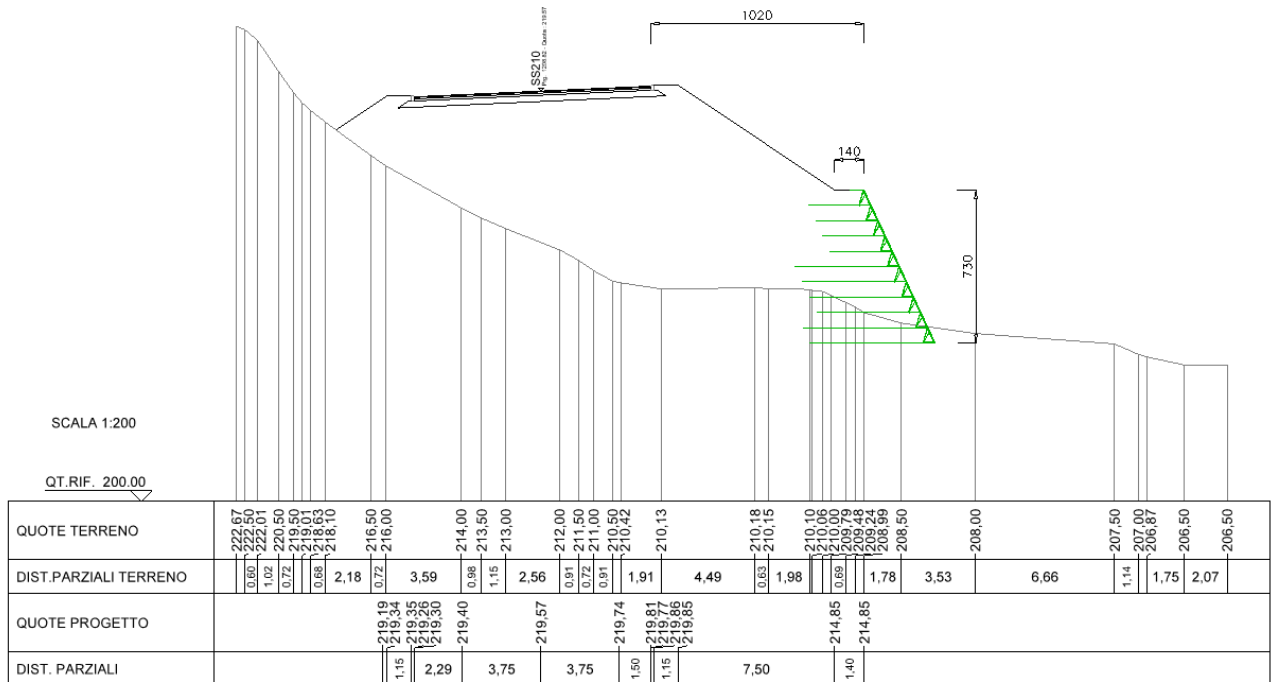


Figura 81: sezione di calcolo 4*

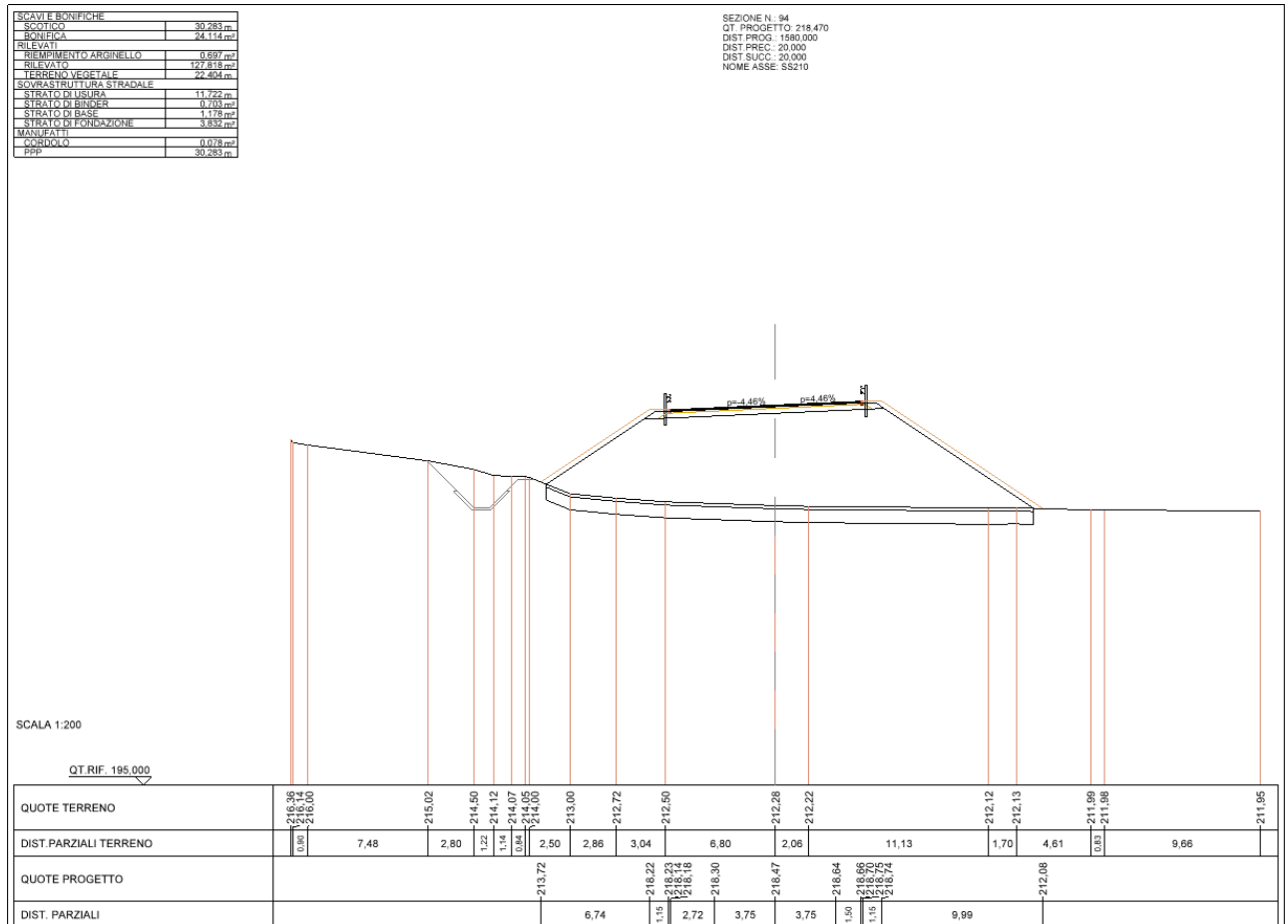


Figura 82: sezione di calcolo 94

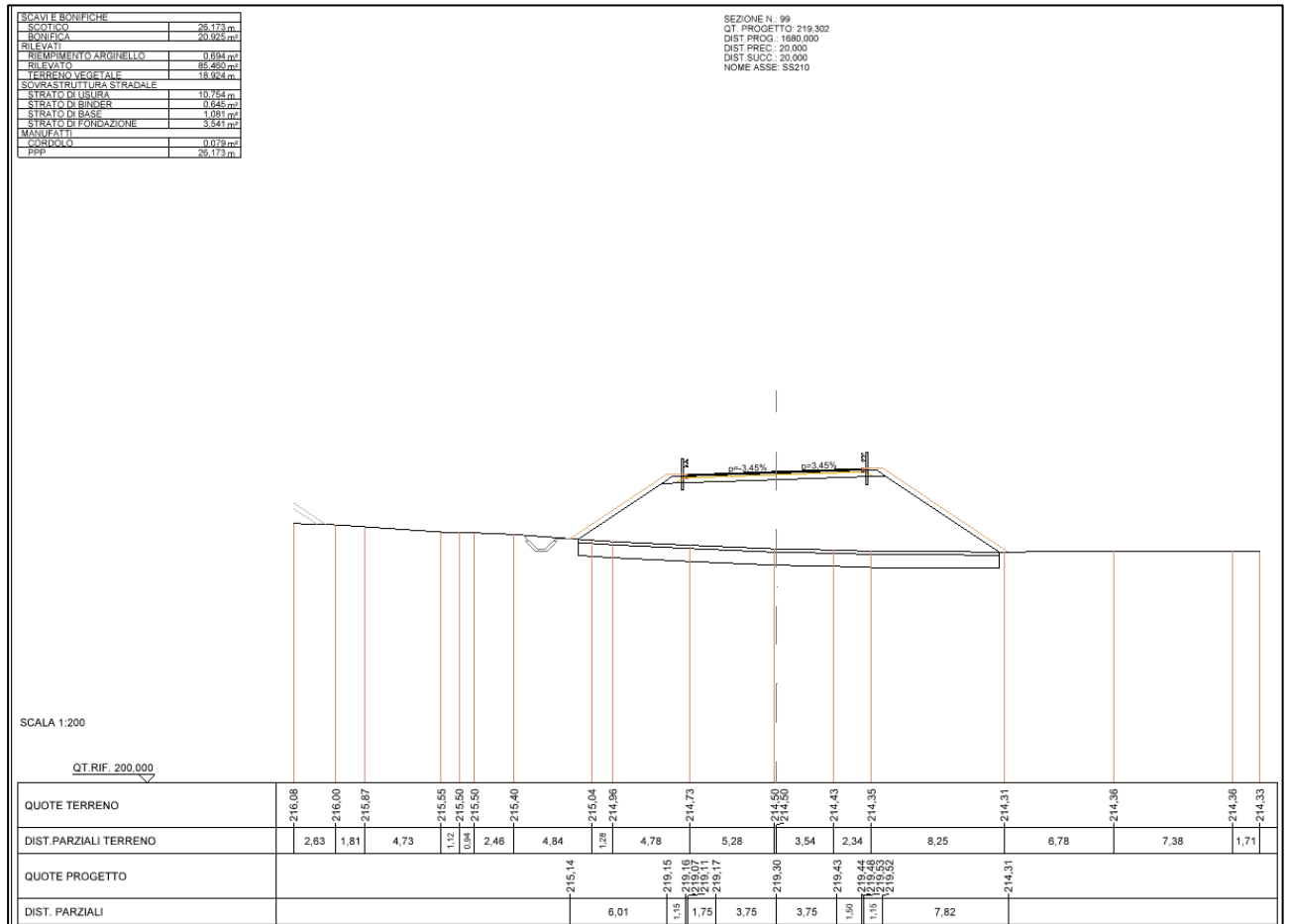


Figura 83: sezione di calcolo 99

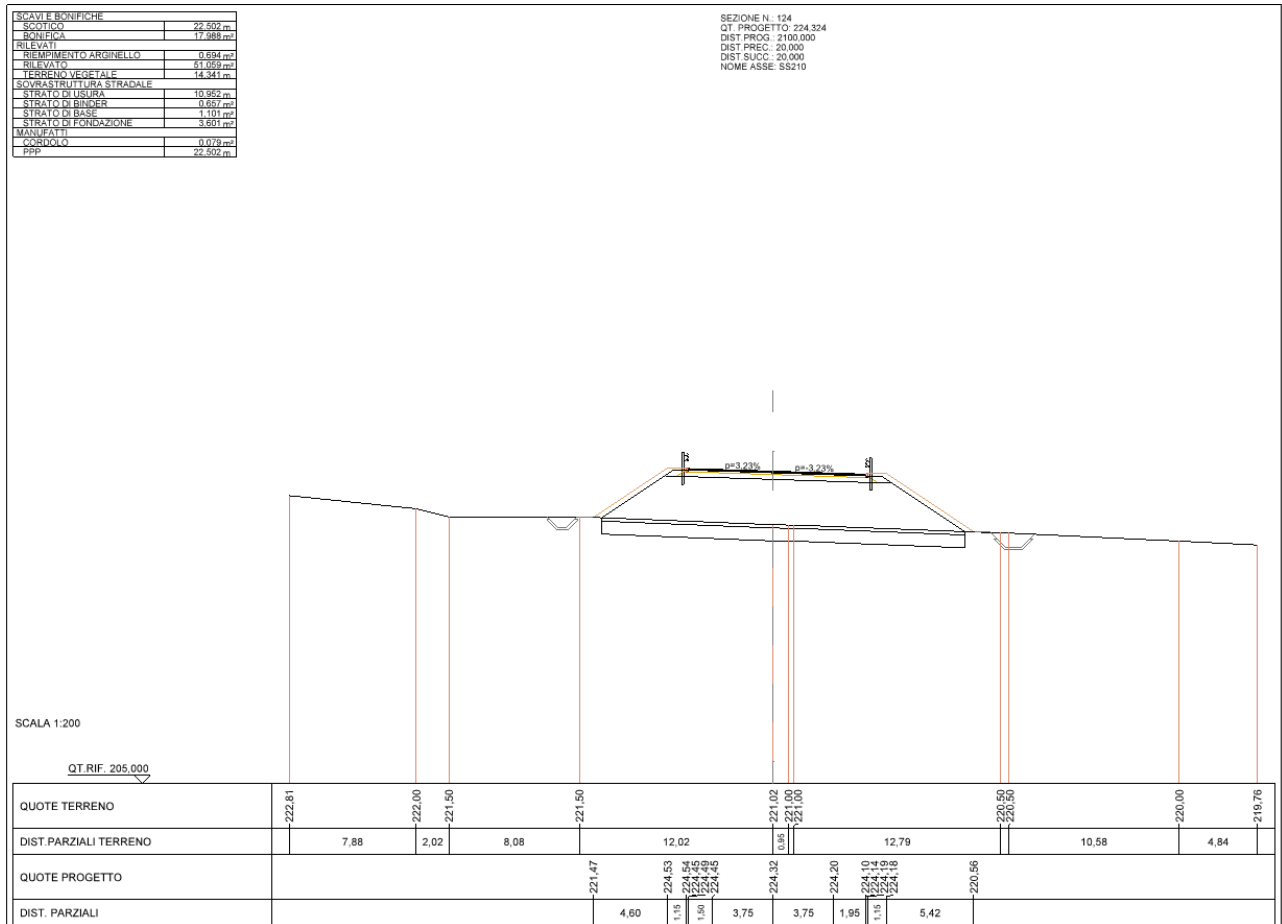


Figura 84: sezione di calcolo 124

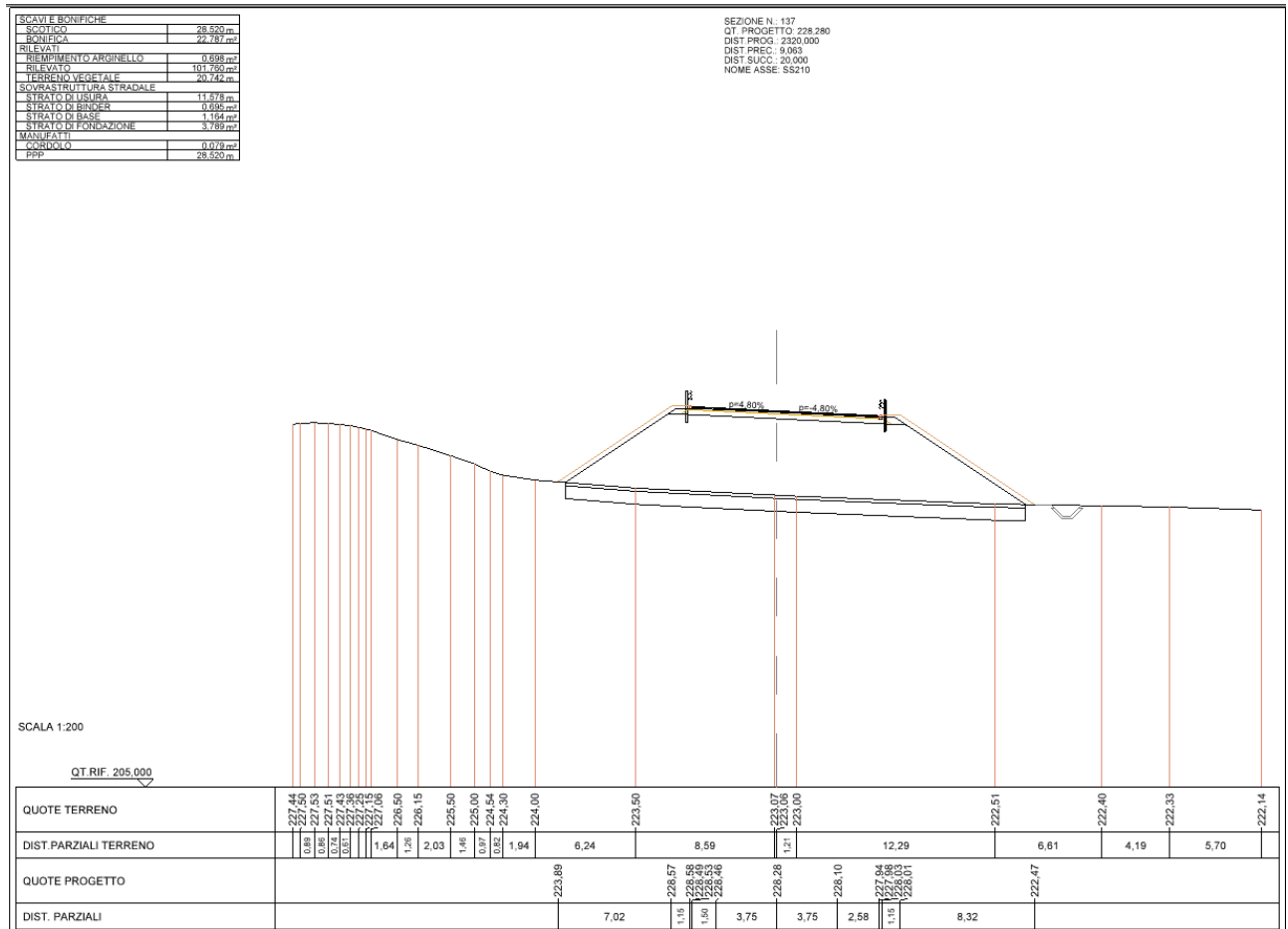


Figura 85: sezione di calcolo 137

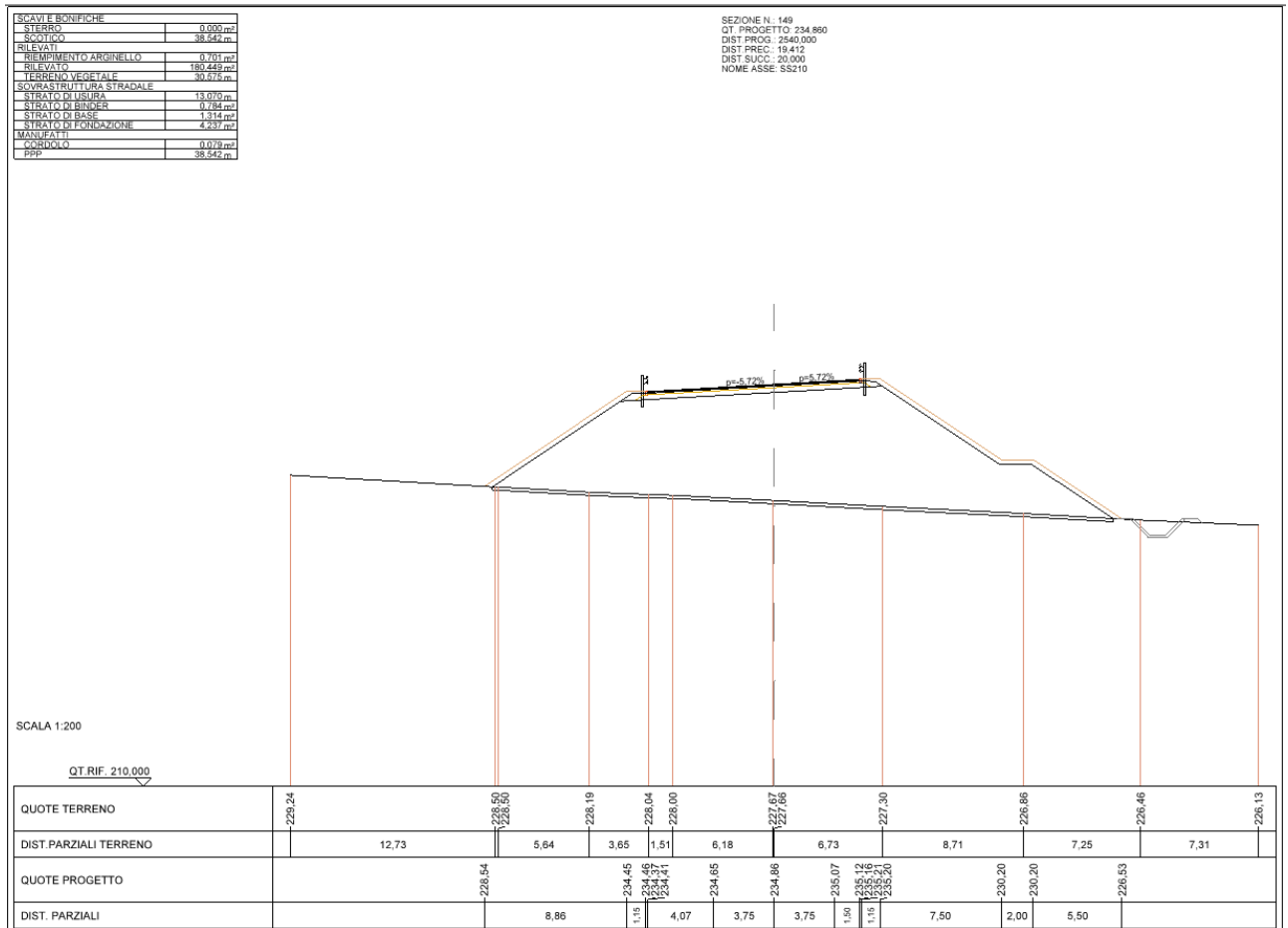


Figura 86: sezione di calcolo 149

Il criterio adottato prevede l'utilizzo di un modulo di rigidezza di primo carico, funzione dello stato tensionale e delle caratteristiche di resistenza del terreno e di un modulo di riferimento $E_{50,ref}$, secondo la relazione:

$$E_{50} = E_{50, ref} \left(\frac{c' \cot\varphi' - \sigma'_3}{c' \cot\varphi' + p^{ref}} \right)^m$$

dove:

- E_{50} modulo di Young secante corrispondente ad un grado di mobilitazione della resistenza pari al 50% di quella ultima, riferito ad una pressione di confinamento σ'_3 ;
- $E_{50, ref}$ modulo di Young secante corrispondente ad un grado di mobilitazione della resistenza pari al 50% di quella ultima, riferito ad una pressione di confinamento $p^{ref} = 100$ kPa;
- c' coesione efficace;
- φ' angolo di resistenza al taglio;
- σ'_3 tensione principale minima efficace che, in una prova triassiale, rappresenta la pressione di confinamento;
- m coefficiente adimensionale, variabile tra 0.5 e 1, funzione della granulometria del materiale.

Per le fasi di scarico e di successivo ricarico nel terreno il criterio prevede l'utilizzo di un differente modulo elastico di riferimento legato a quello di primo carico dalla seguente correlazione:

$$E_{ur,ref} = n \cdot E_{50,ref}$$

dove n assume di norma valori compresi fra 1 e 3 (in questo caso $n=3$).

In base alle caratteristiche di resistenza e allo stato tensionale raggiunto in ciascun punto del modello, il modulo di scarico - ricarica viene poi calcolato in base alla seguente relazione:

$$E_{ur} = E_{ur,ref} \left(\frac{c' \cot \varphi' - \sigma'_3}{c' \cot \varphi' + p^{ref}} \right)^m$$

essendo:

- E_{ur} modulo di Young secante adottato a scarico o ricarica.

Per quanto concerne i banchi argillosi, è stato utilizzato il modello costitutivo Cam-clay modificato. Tale modello lega la variazione del volume dei vuoti alla variazione delle tensioni per terreni sia normal consolidati sia per terreni sovraconsolidati. Analogamente ai modelli elasto-plastici inelastici la curva di sovraconsolidazione del diagramma volume change-pressure è analoga al tratto lineare elastico nel diagramma stress-strain mentre la curva di normal consolidazione al tratto inelastico.

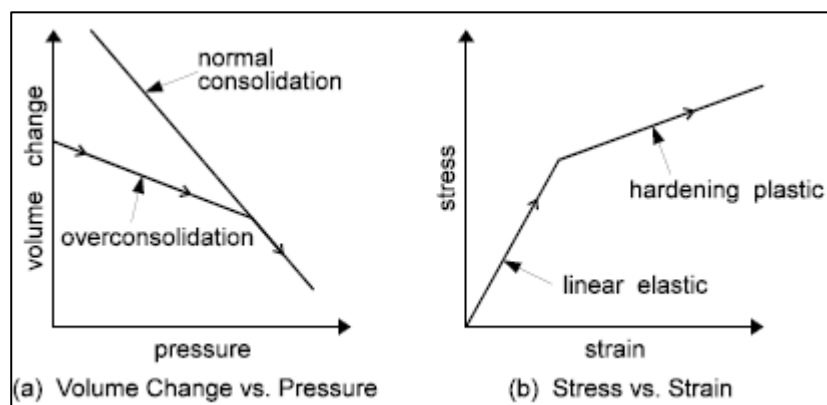


Figura 88: a) variazione del volume dei vuoti vs pressione; b) modello costitutivo elasto-plastico inelastico

I parametri necessari a definire tale legame costitutivo sono:

- $M = 6 \sin(\varphi') / (3 - \sin(\varphi'))$ pendenza della curva dello stato critico nel piano $p'-q$

- $\kappa = cs/2.303$ pendenza della curva di sovraconsolidazione
- $\lambda = cc/2.303$ pendenza della curva di normal consolidazione
- v volume specifico
- O.C. Ratio rapporto di sovraconsolidazione
- e volume dei vuoti iniziale
- ϕ' angolo di resistenza a taglio

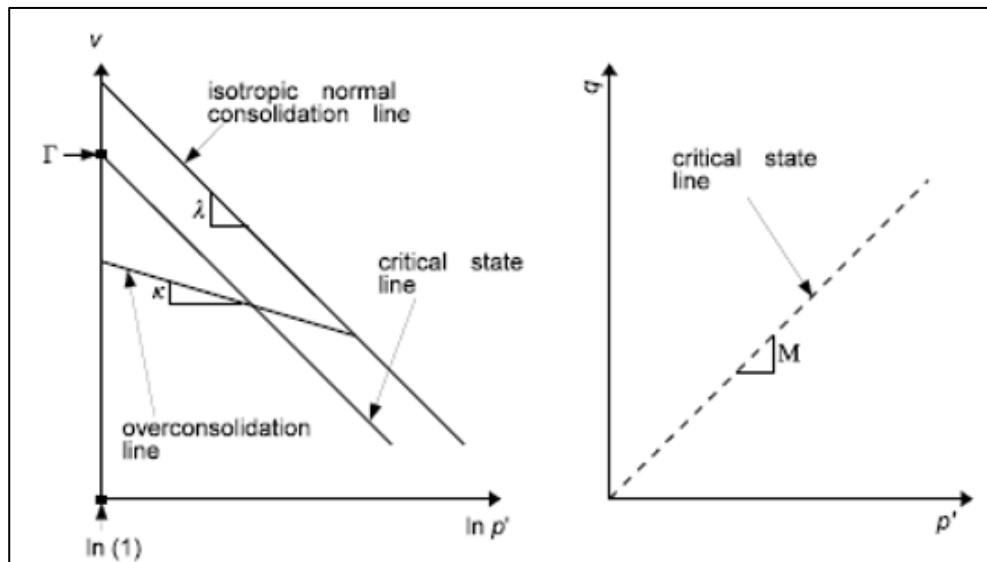


Figura 89: parametri modello Cam-clay

Per il materiale costituente il rilevato stradale e lo strato di bonifica è stato utilizzato un modello costitutivo di tipo Elastico Lineare Isotropo (ELI) con criterio di rottura alla Mohr-Coulomb caratterizzato dai seguenti parametri:

| Materiale | Modello costitutivo | γ [KN/m ³] | ϕ [°] | C' [kPa] | E [MPa] | ν [-] | e_0 [-] |
|-----------|---------------------|-------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Rilevato | ELI-MC | 19 | 37 | 0 | 50 | 0.3 | 0.5 |

| | | | | | | | |
|--------------------|--------|----|----|----|----|-----|-----|
| Strato di Bonifica | ELI-MC | 20 | 28 | 20 | 50 | 0.3 | 0.5 |
|--------------------|--------|----|----|----|----|-----|-----|

10.2.3 Stratigrafie di calcolo

Si riportano di seguito le stratigrafie di calcolo utilizzate e la relativa posizione della falda. Per un maggiore dettaglio delle stratigrafie e della falda si rimanda al profilo geotecnico di progetto.

Tabella 29: stratigrafie di calcolo e posizione della falda per i rilevati stradali

| N° sez. | pk [m] | Stratigrafia | Falda [m. da p.c.] |
|---------|---------|---------------------|--------------------|
| 4* | 1208.82 | Gs - Ma | 3.0 |
| 94 | 1580 | 2L - 3.5Gs - Ma | 1.0 |
| 99 | 1680 | 6L - 2Gs - Ma | 3.5 |
| 124 | 2100 | 8L - 2Gs - Ma | 1.0 |
| 137 | 2320 | 3Gs - 2L - 3Gs - Ma | 2.0 |
| 149 | 2540 | 1.5L - 8.5Gs - Ma | 6.0 |
| 234 | 3886 | 11Gs - Ma | 9.0 |

10.2.4 Fasi di calcolo

Le fasi ricostruite nel modello di calcolo sono le seguenti:

- Condizione geostatica (ricostruzione effettivo stato tensionale in sito);
- Realizzazione intervento di bonifica (ove presente);
- Costruzione del nuovo rilevato per strati da circa 100 cm di spessore (analisi di consolidazione – si ipotizza che ciascun strato venga realizzato in 30 giorni);
- Condizione di consolidazione (analisi di consolidazione). In questa fase viene valutato il decorso nel tempo del cedimento in asse del nuovo rilevato alla base dello stesso

10.3 Risultati delle analisi di consolidazione

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi di consolidazione condotte sulle sezioni di progetto scelte. Per ogni sezione si riporta il modello di calcolo utilizzato e gli spostamenti verticali del terreno in corrispondenza dell'asse del nuovo rilevato nel tempo (grafico) e in forma grafica (contours) a fine consolidazione.

10.3.1 SEZIONE 4*

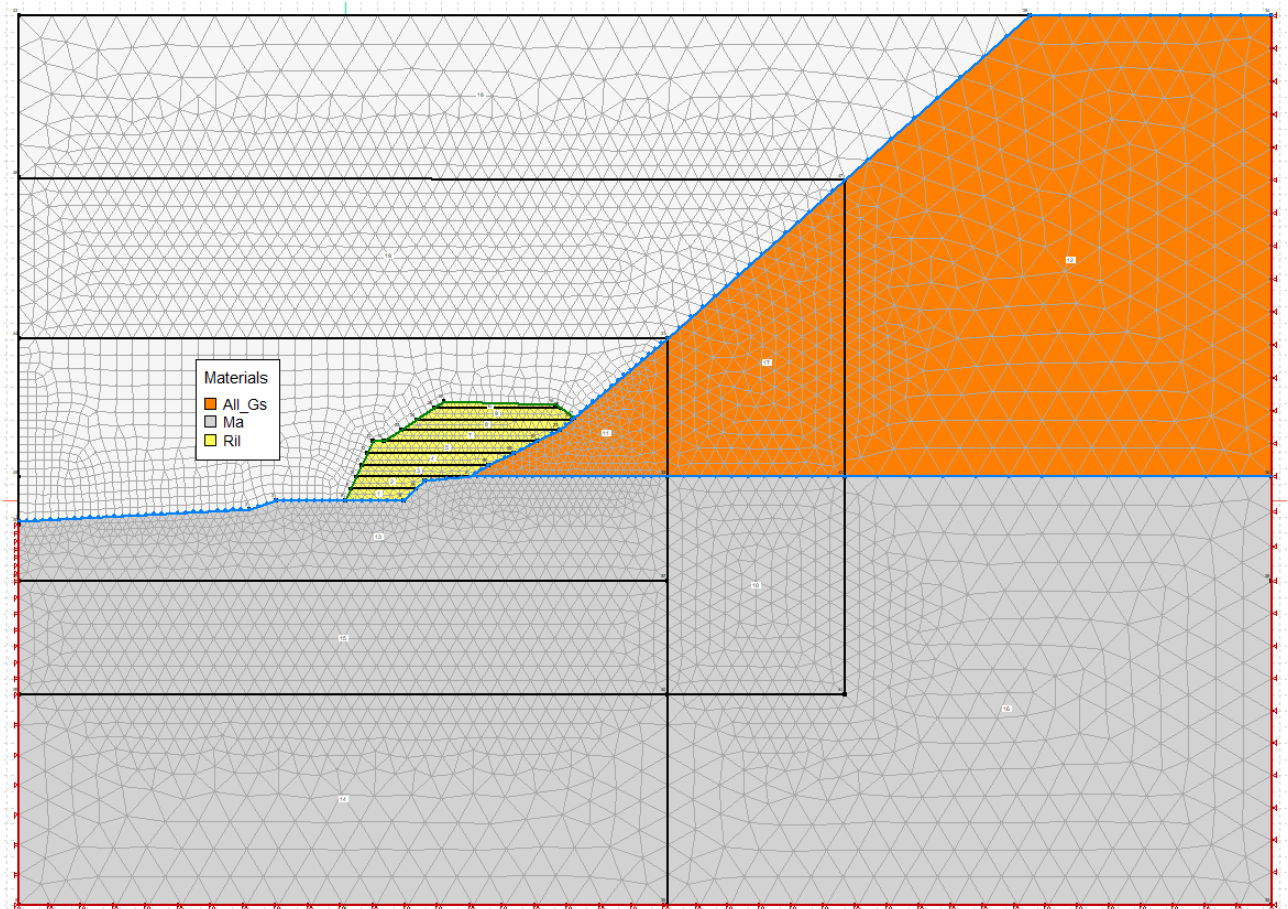


Figura 90: modello di calcolo

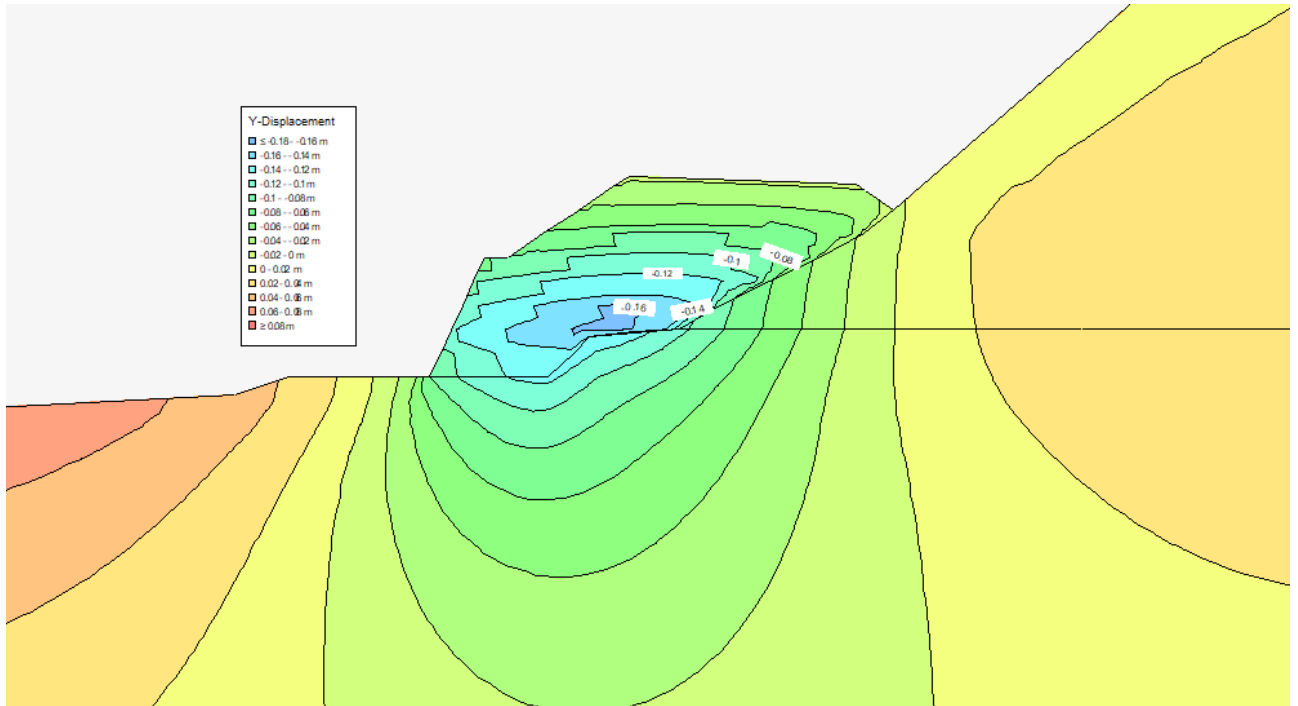


Figura 91: Spostamenti verticali del terreno al termine della consolidazione ($u_{y\max} = -16\text{ cm}$).*

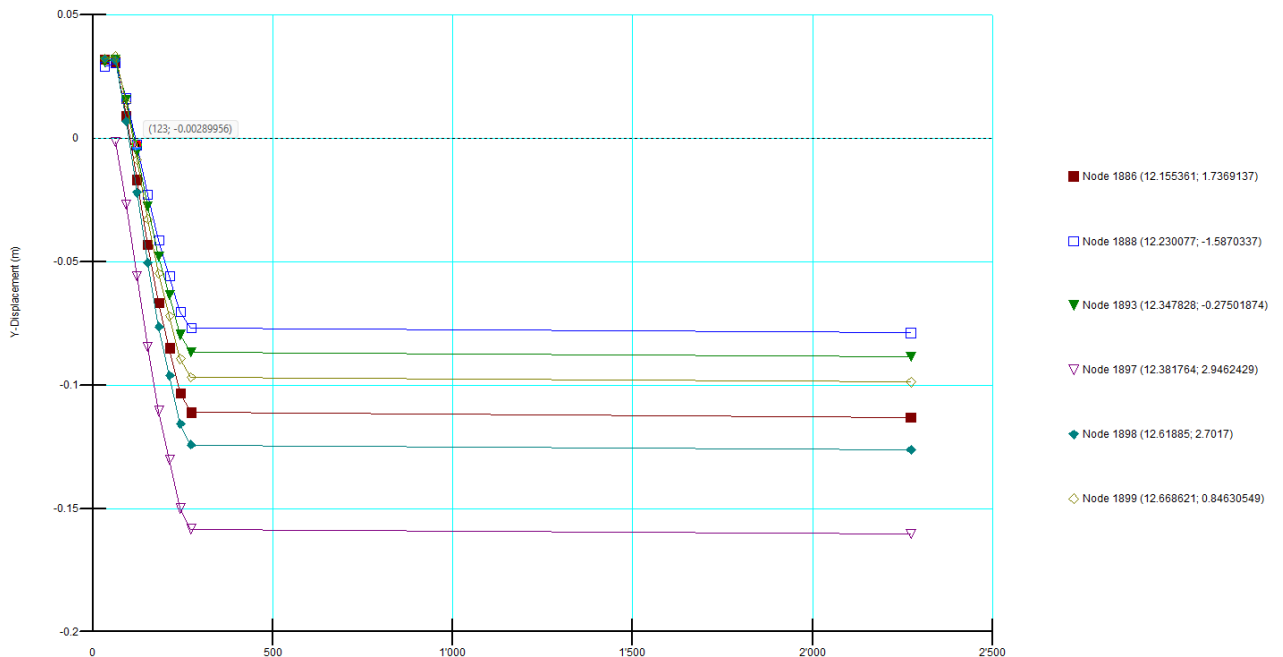


Figura 92: Andamento temporale degli spostamenti verticali in asse del rilevato alla base dello stesso

A fine costruzione del rilevato il cedimento in asse al rilevato alla base dello stesso risulta pari a c cm. Dunque, il cedimento residuo fino a fine consolidazione risulta pari a 0.2 cm.

10.3.2 SEZIONE 94

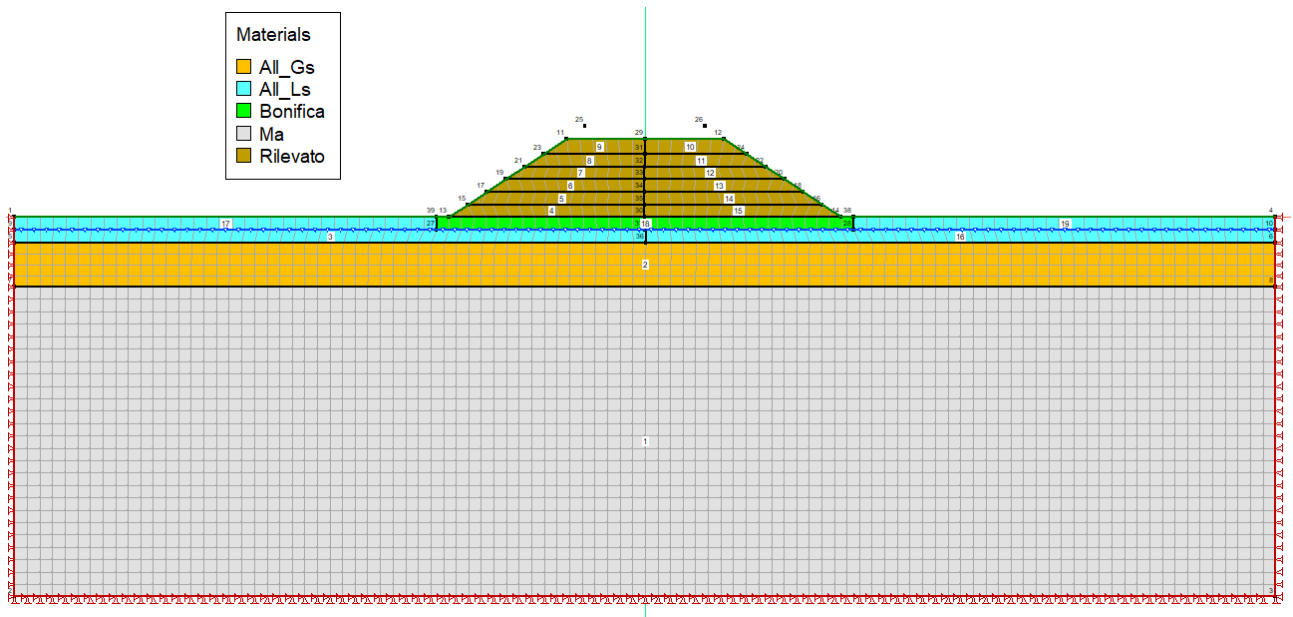


Figura 93: modello di calcolo

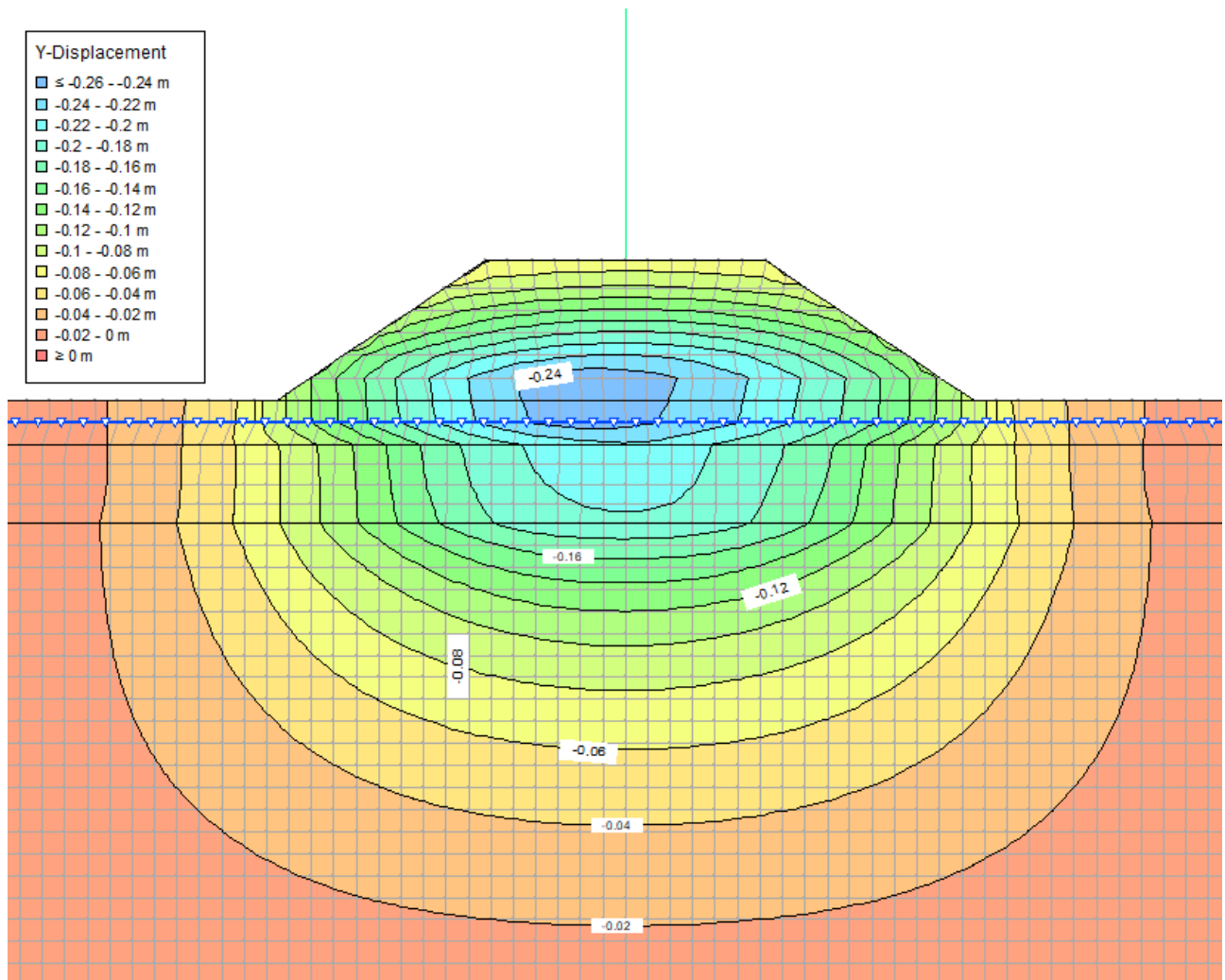


Figura 94: Spostamenti verticali del terreno al termine della consolidazione ($u_{y\max} = -24.6 \text{ cm}$).*

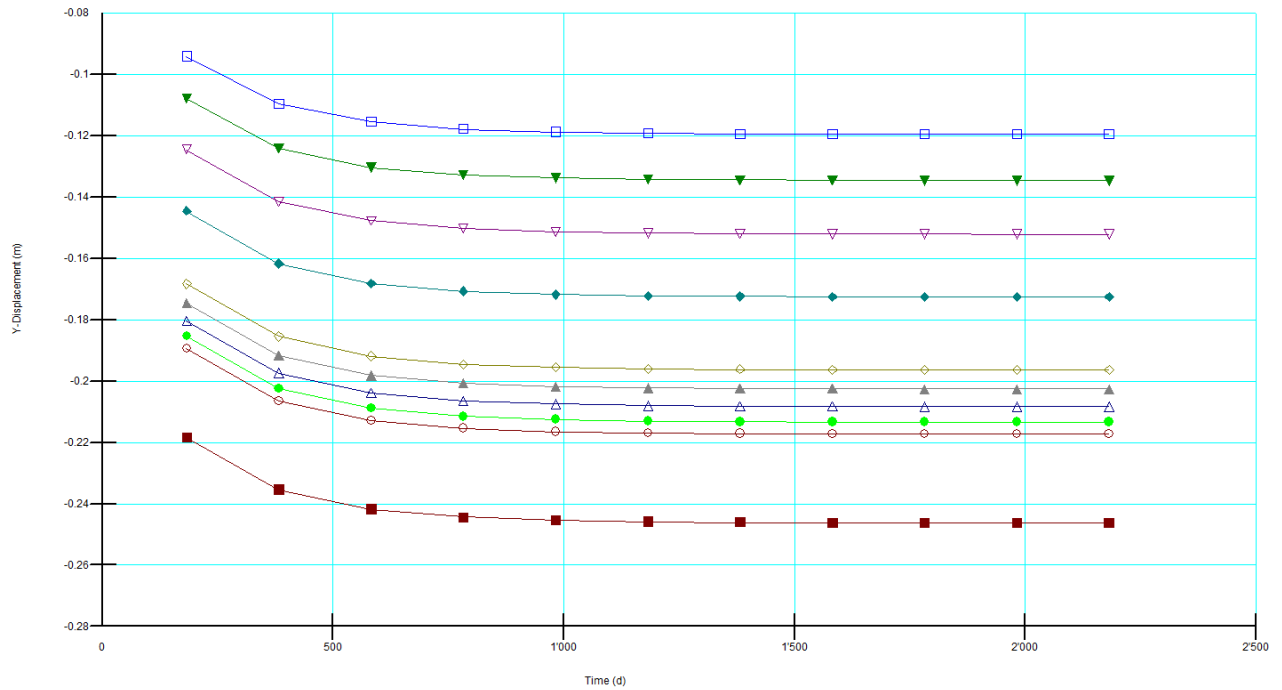


Figura 95: Andamento temporale degli spostamenti verticali in asse del rilevato alla base dello stesso

A fine costruzione del rilevato il cedimento in asse al rilevato alla base dello stesso risulta pari a 21.8 cm. Dunque, Il cedimento residuo fino a fine consolidazione risulta pari a 2.8 cm.

10.3.3 SEZIONE 99

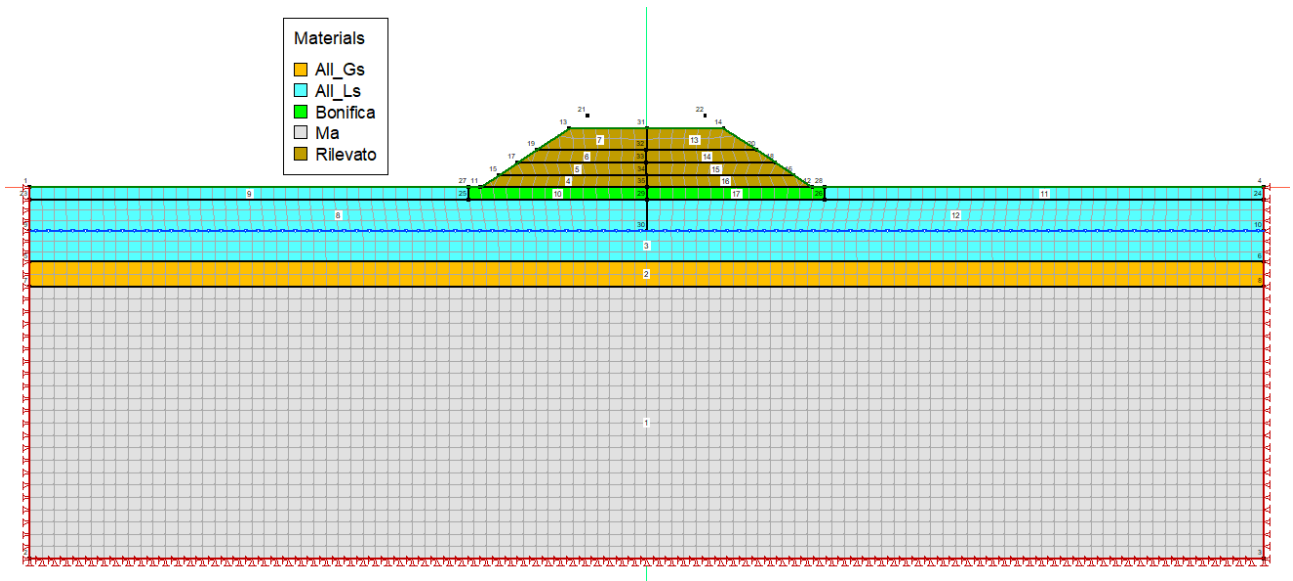


Figura 96: modello di calcolo

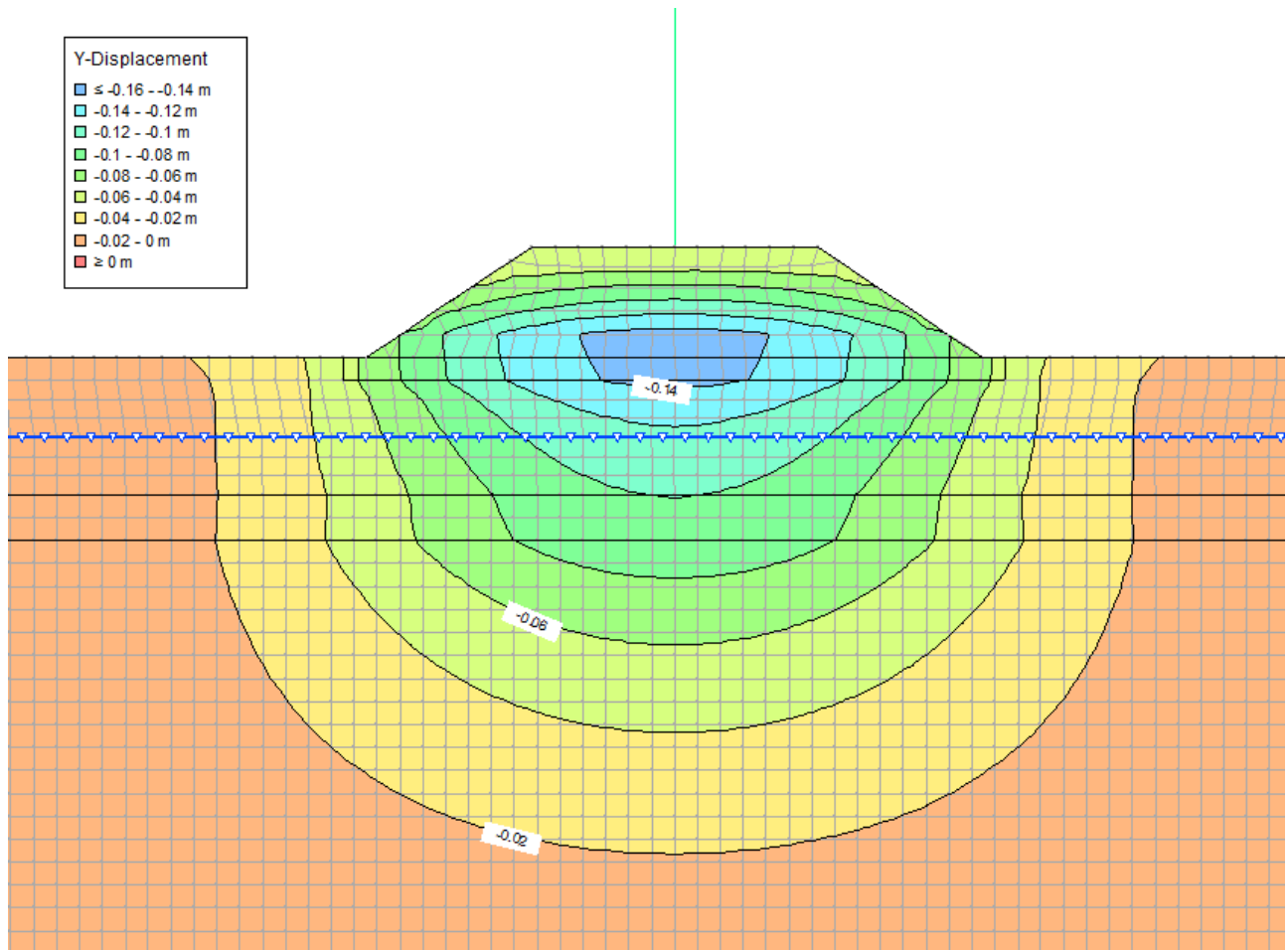


Figura 97: Spostamenti verticali del terreno al termine della consolidazione ($u_{y\max} = -14.5$ cm).*

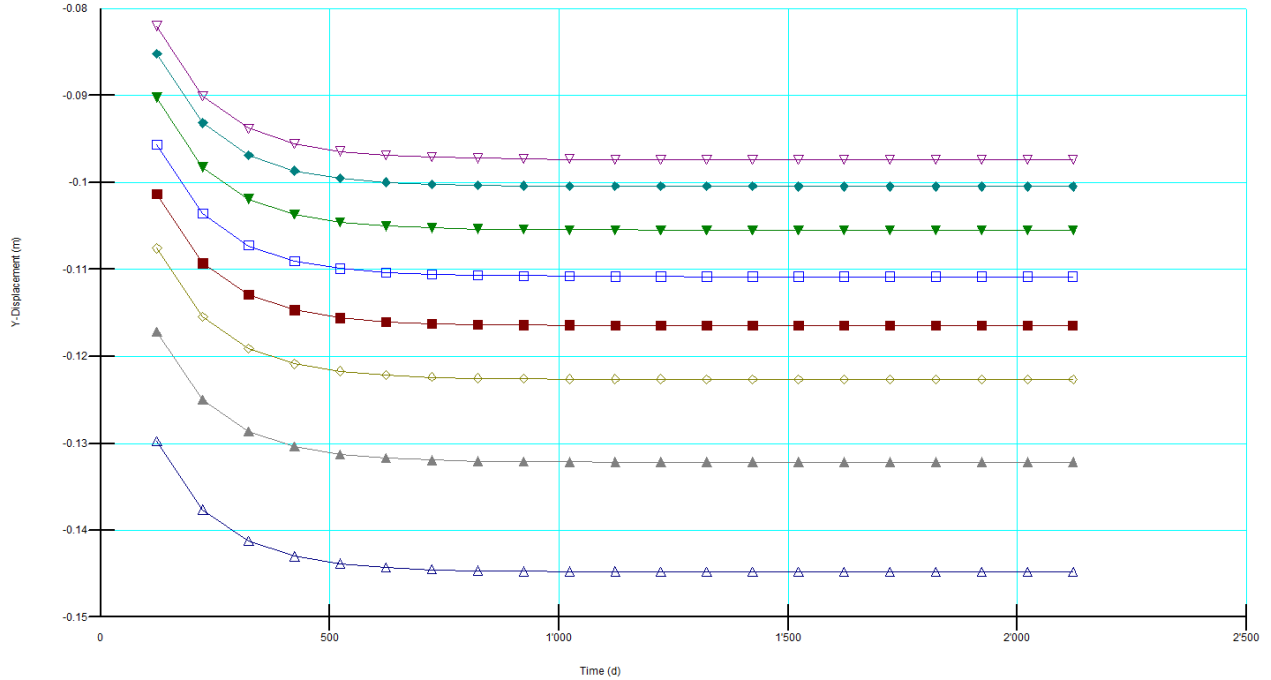


Figura 98: Andamento temporale degli spostamenti verticali in asse del rilevato alla base dello stesso

A fine costruzione del rilevato il cedimento in asse al rilevato alla base dello stesso risulta pari a 13.0 cm. Dunque, Il cedimento residuo fino a fine consolidazione risulta pari a 1.5 cm.

10.3.4 SEZIONE 124

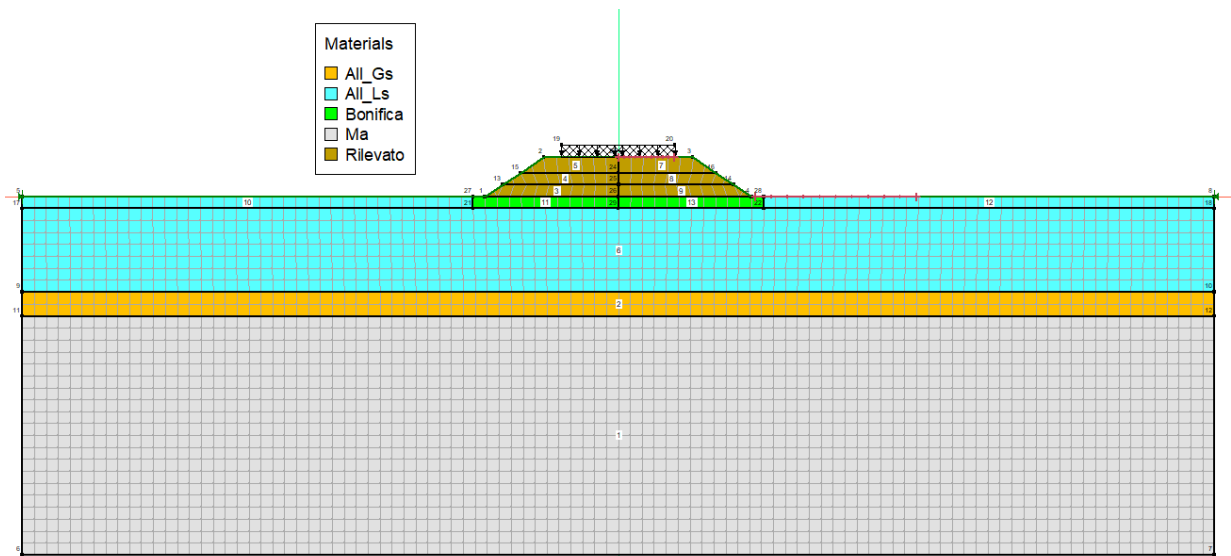


Figura 99: modello di calcolo

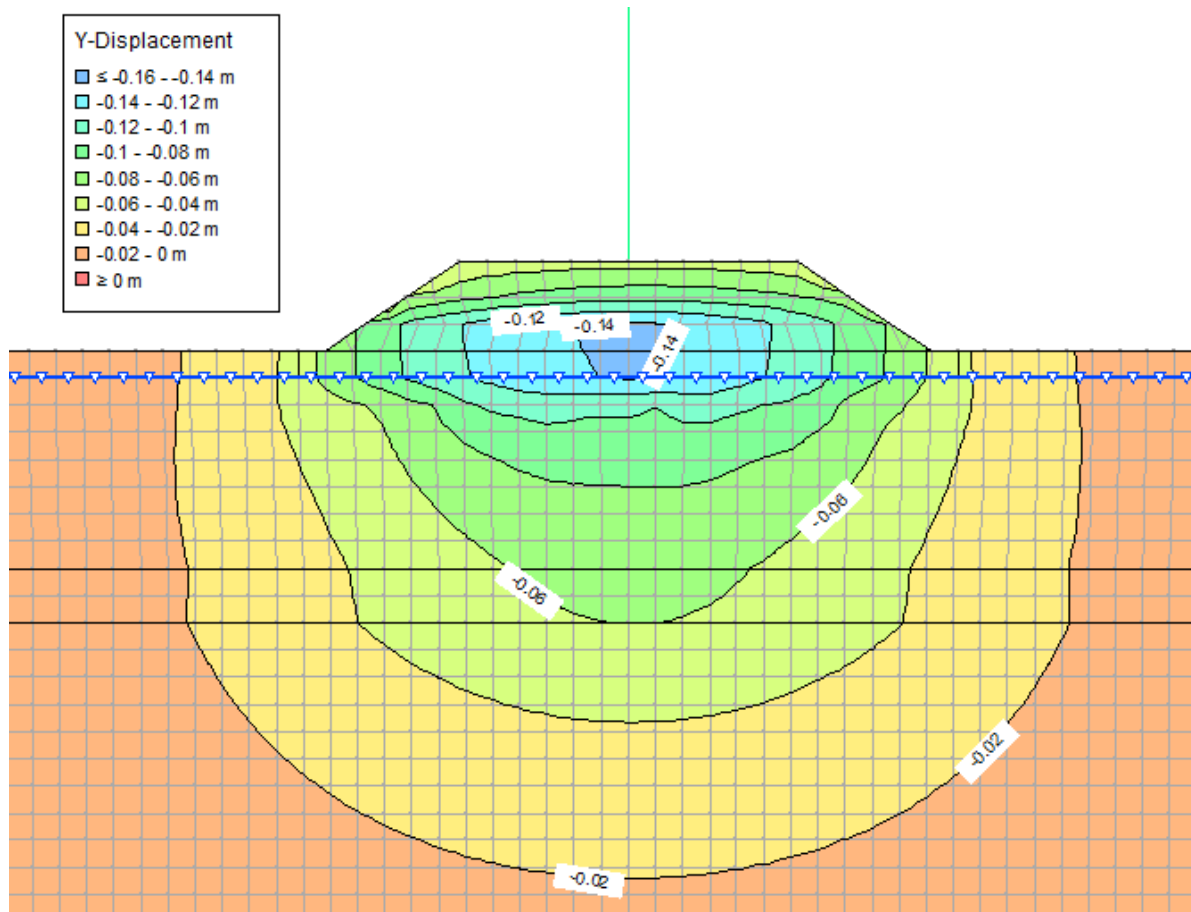


Figura 100: Spostamenti verticali del terreno al termine della consolidazione ($u_{y\max} = -14.2 \text{ cm}$).*

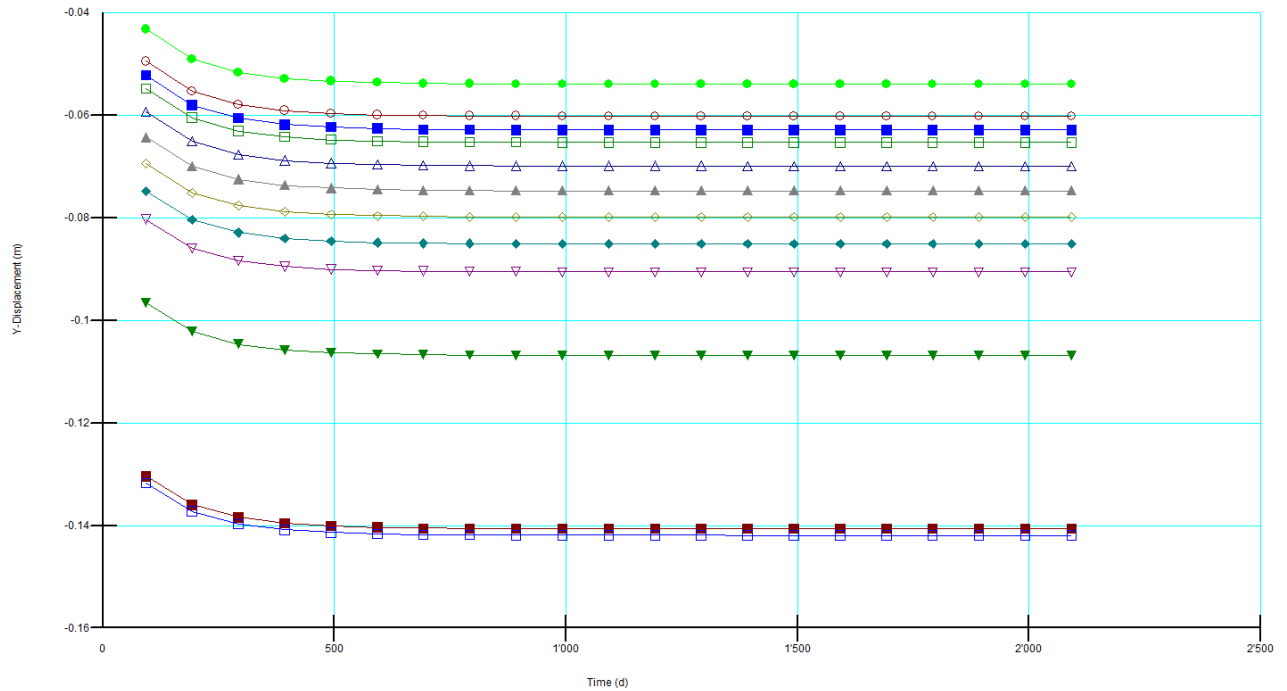


Figura 101: Andamento temporale degli spostamenti verticali in asse del rilevato alla base dello stesso

A fine costruzione del rilevato il cedimento in asse al rilevato alla base dello stesso risulta pari a 13.2 cm. Dunque, Il cedimento residuo fino a fine consolidazione risulta pari a 1.0 cm.

10.3.5 SEZIONE 137

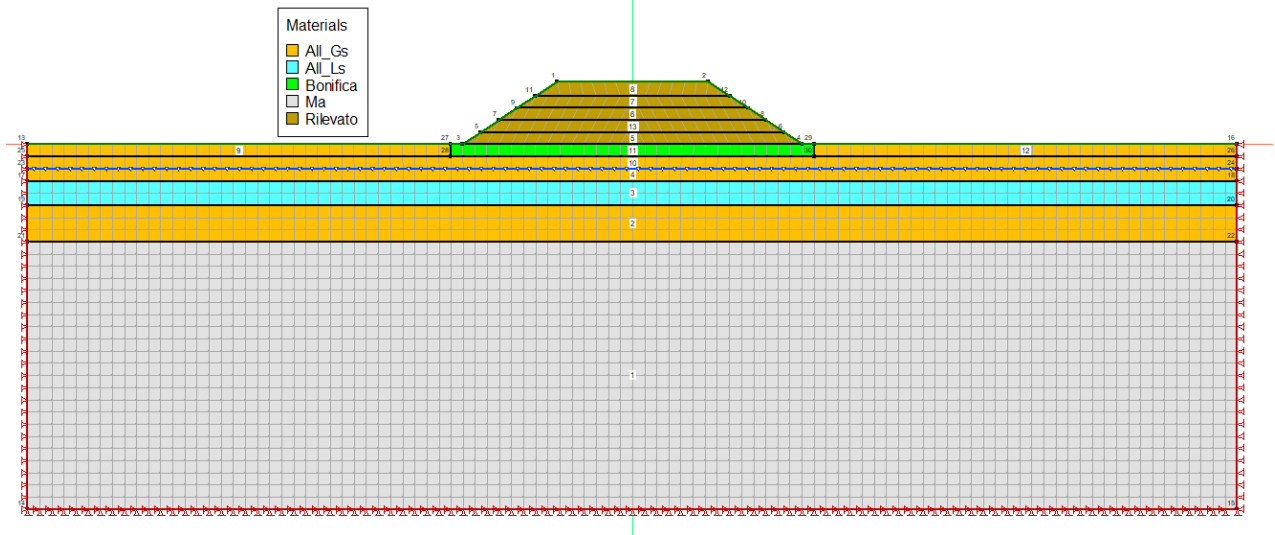


Figura 102: modello di calcolo

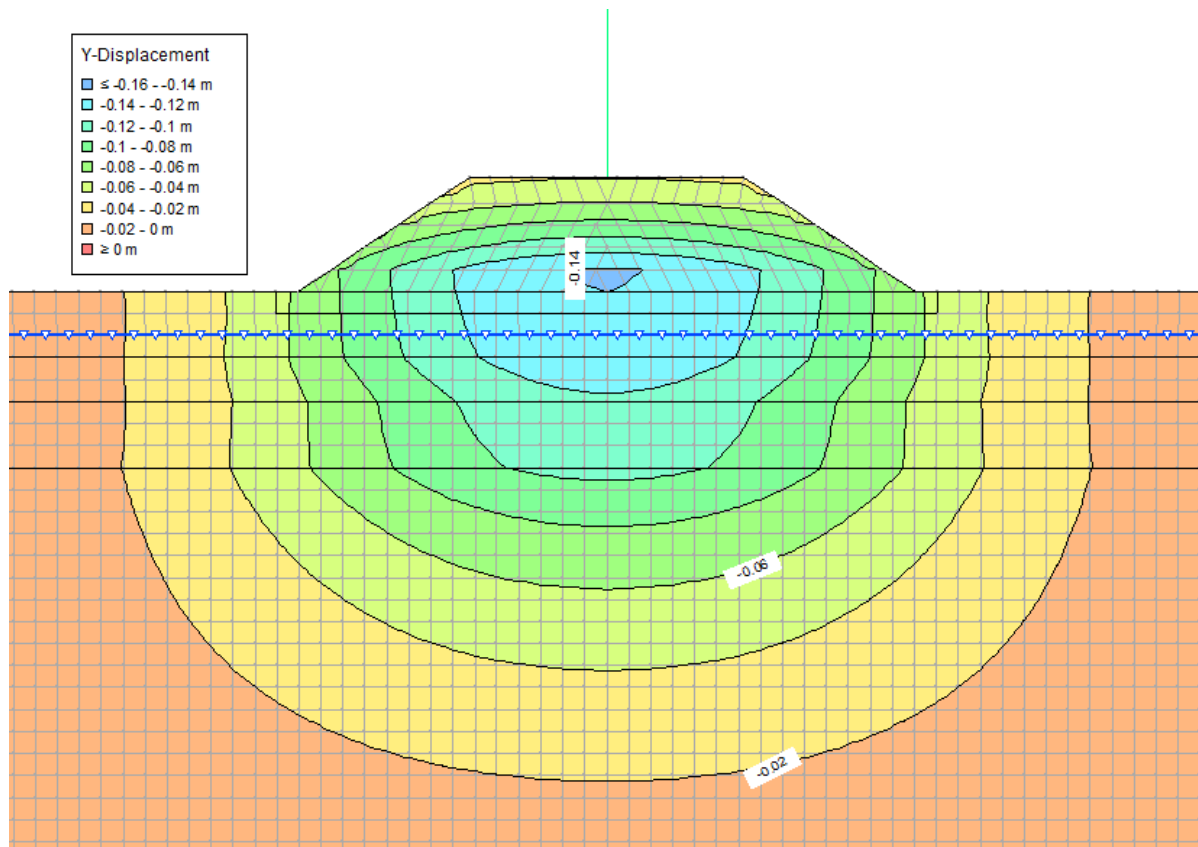


Figura 103: Spostamenti verticali del terreno al termine della consolidazione ($u_{y\max} = -14.0\text{ cm}$).*

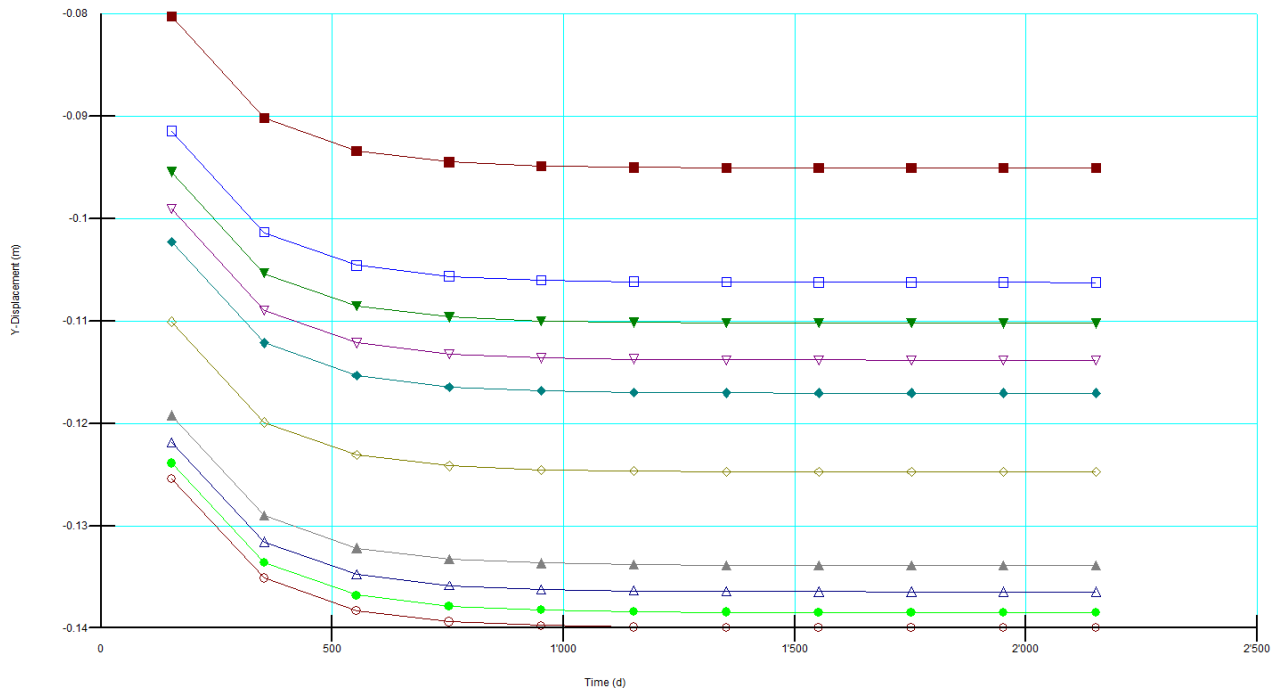


Figura 104: Andamento temporale degli spostamenti verticali in asse del rilevato alla base dello stesso

A fine costruzione del rilevato il cedimento in asse al rilevato alla base dello stesso risulta pari a 12.5 cm. Dunque, Il cedimento residuo fino a fine consolidazione risulta pari a 1.5 cm.

10.3.6 SEZIONE 149

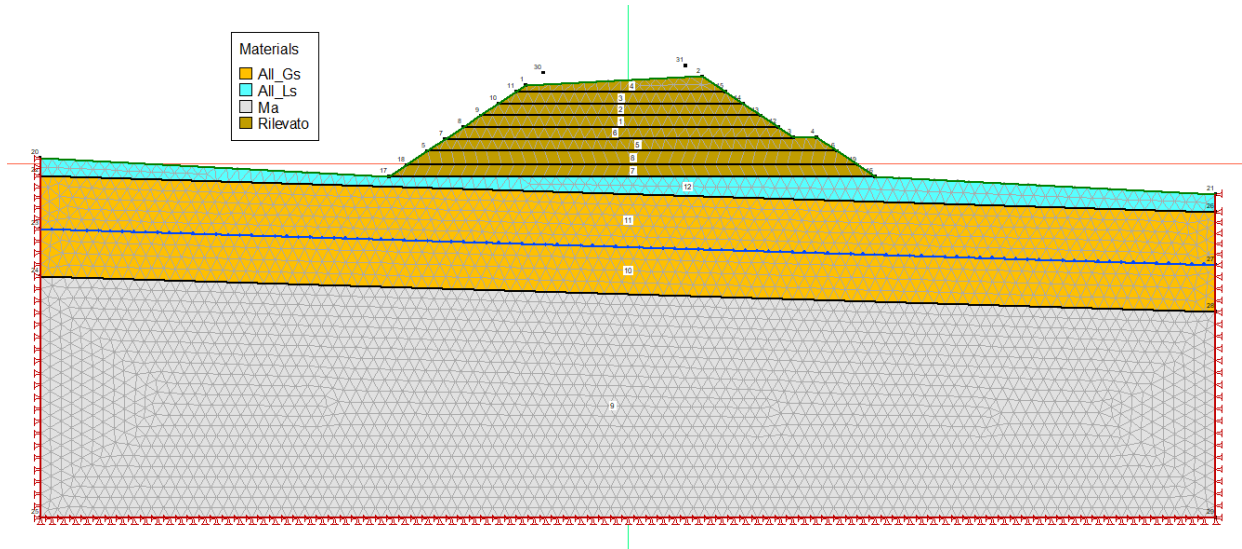


Figura 105: modello di calcolo

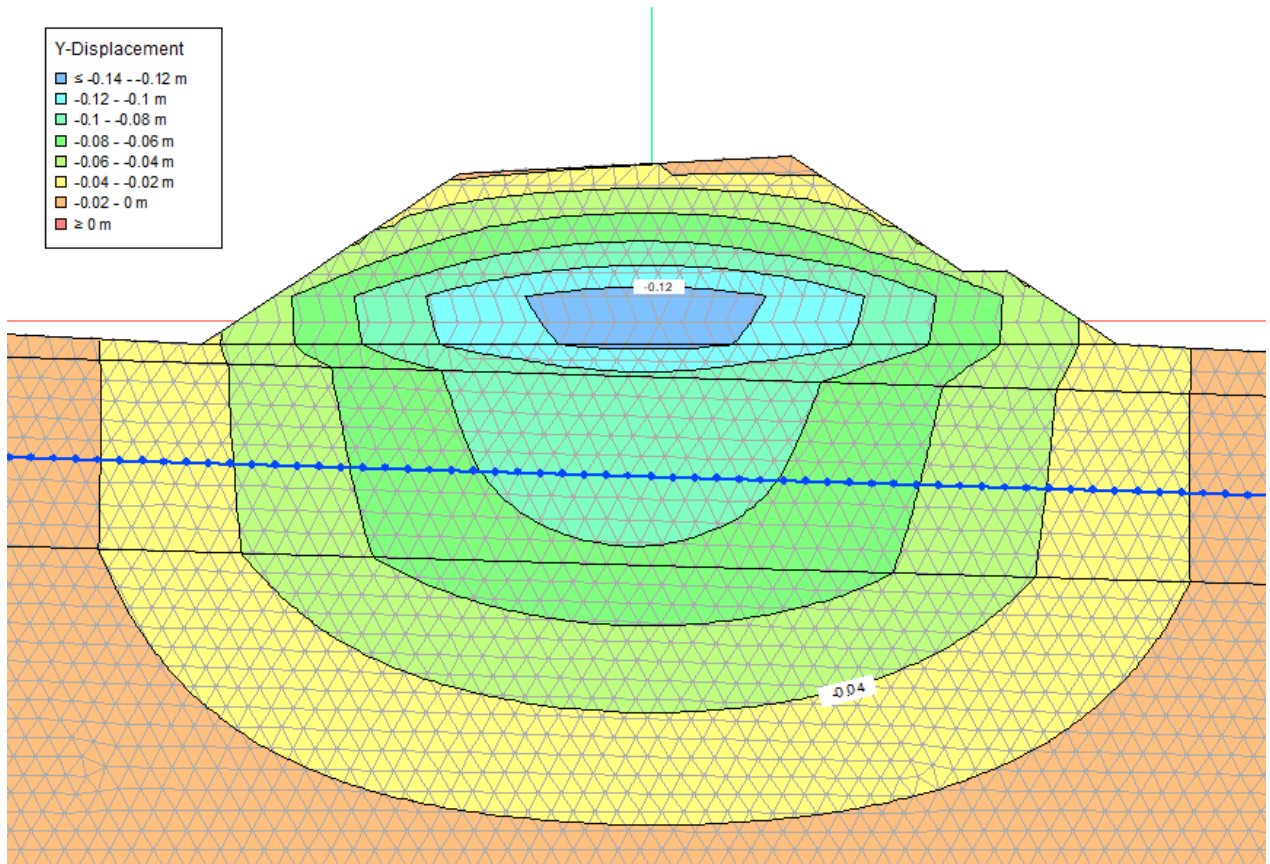


Figura 106: Spostamenti verticali del terreno al termine della consolidazione ($u_{y\max} = -12.4$ cm).*

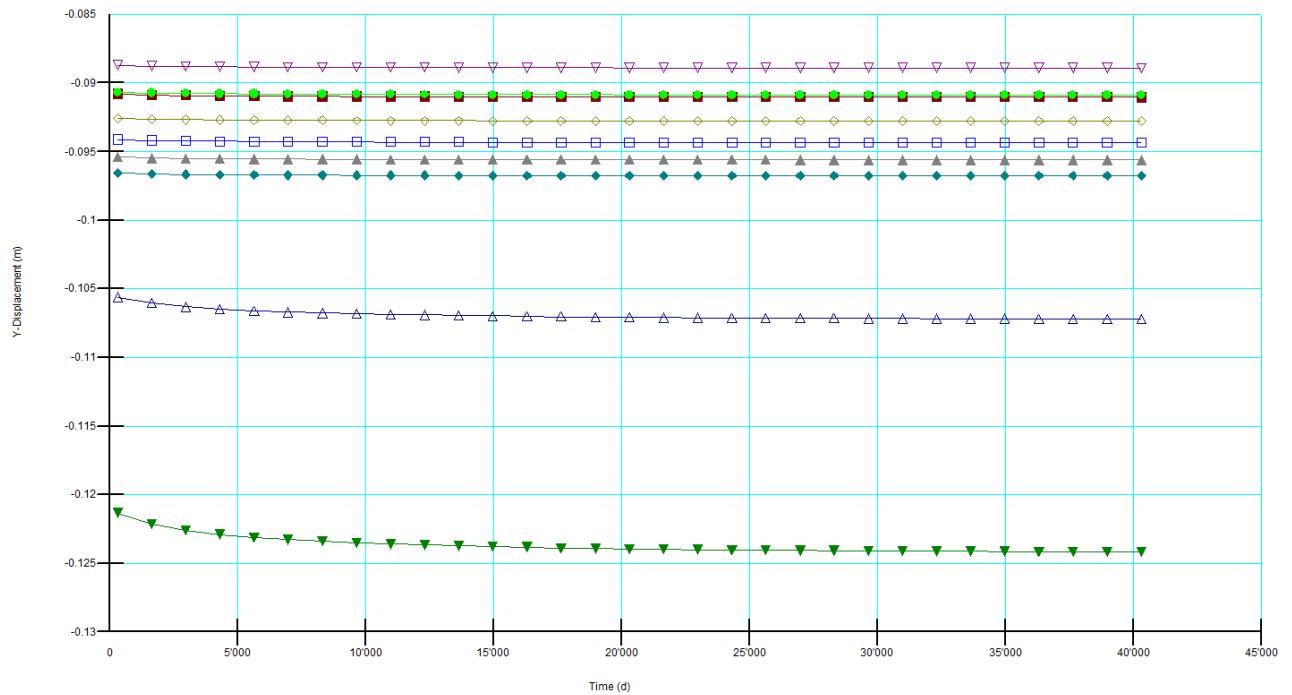


Figura 107: Andamento temporale degli spostamenti verticali in asse del rilevato alla base dello stesso

A fine costruzione del rilevato il cedimento in asse al rilevato alla base dello stesso risulta pari a 12.1 cm. Dunque, Il cedimento residuo fino a fine consolidazione risulta pari a 0.3 cm.

10.3.7 SEZIONE 234

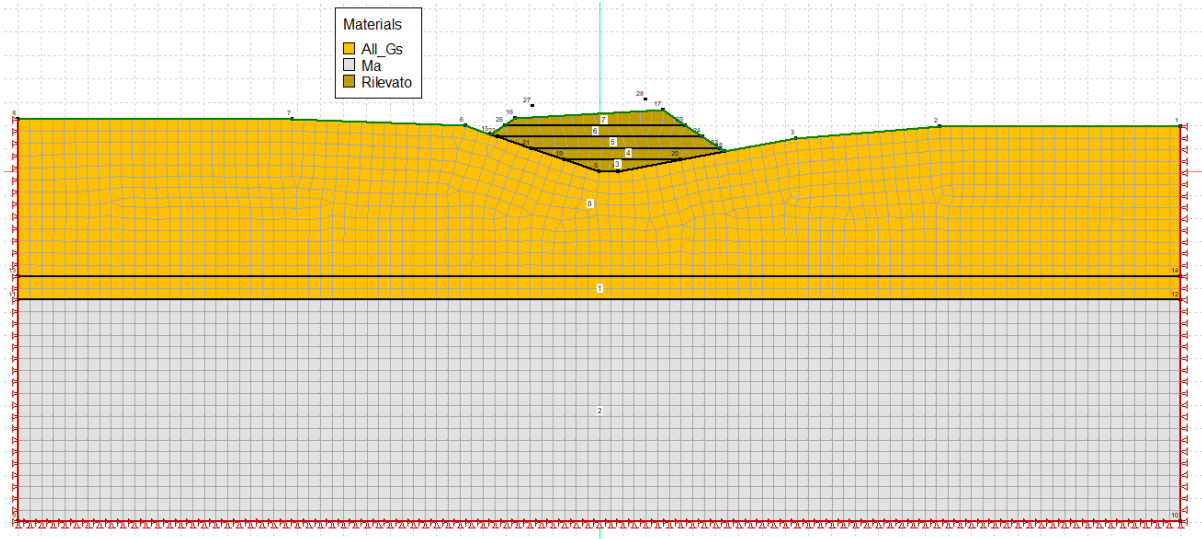


Figura 108: modello di calcolo

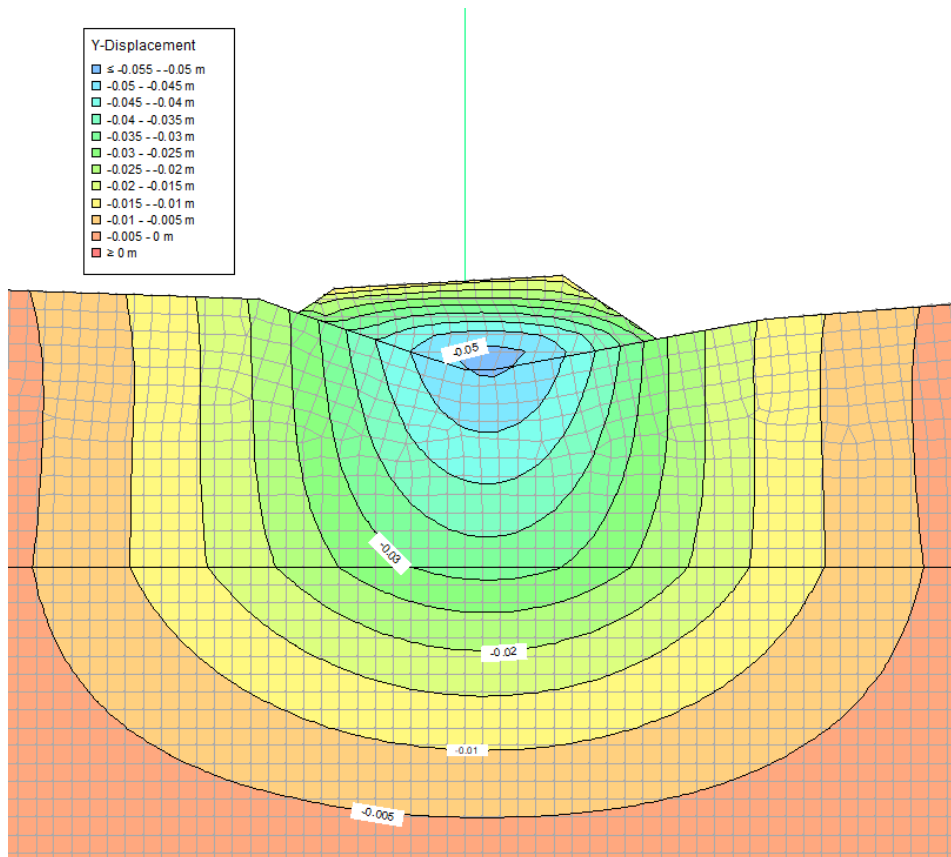


Figura 109: Spostamenti verticali del terreno al termine della consolidazione ($u_{y\max} = -5.0\text{ cm}$).*

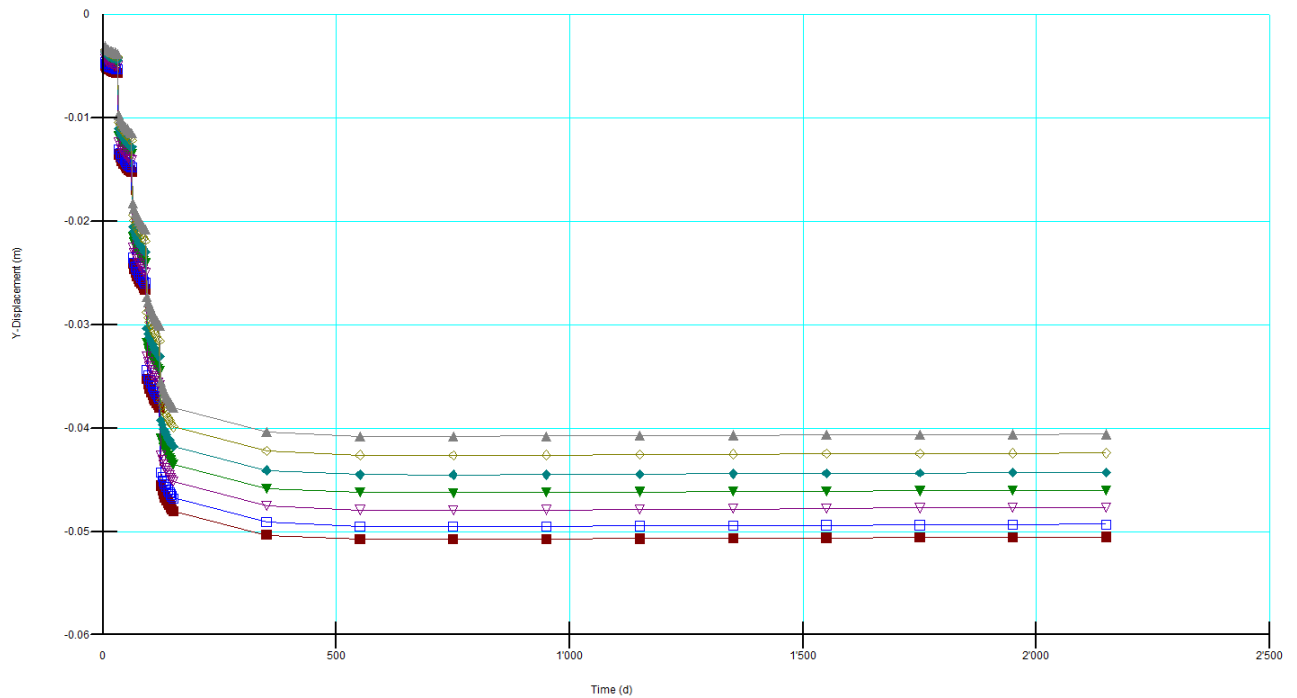


Figura 110: Andamento temporale degli spostamenti verticali in asse del rilevato alla base dello stesso

A fine costruzione del rilevato il cedimento in asse al rilevato alla base dello stesso risulta pari a 4.8 cm. Dunque, Il cedimento residuo fino a fine consolidazione risulta pari a 0.2 cm.

10.3.8 RIEPILOGO RISULTATI ANALISI DI CONSOLIDAZIONE

Si riporta un riepilogo dei risultati delle analisi di consolidazione per le varie sezioni analizzate. I cedimenti residui da fine rilevato a fine consolidazione risultano dell'ordine di 3-2 cm e si ritengono compatibili con l'esercizio dell'opera.

Tabella 30: Riepilogo risultati analisi di consolidazione

| N° sez. | pk [m] | w _{fine,ril} [m] | w _c [m] | w _{residuo} [m] |
|---------|---------|---------------------------|--------------------|--------------------------|
| 4* | 1208.82 | 0.158 | 0.16 | 0.002 |
| 94 | 1580 | 0.218 | 0.246 | 0.028 |
| 99 | 1680 | 0.130 | 0.145 | 0.015 |
| 124 | 2100 | 0.132 | 0.142 | 0.010 |
| 137 | 2320 | 0.125 | 0.14 | 0.015 |
| 149 | 2540 | 0.121 | 0.124 | 0.003 |
| 234 | 3886 | 0.048 | 0.05 | 0.002 |

11 VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI STRADALI

Nelle sezioni riportate nel §10.2.1, per le quali sono state eseguite analisi di consolidazione, sono state eseguite analisi di stabilità dei rilevati di nuova costruzione e del terreno di fondazione. Per le verifiche della sezione denominata 4* si faccia riferimento all'elaborato "T03OS02STRRE01A - OS02 - Relazione di calcolo muro di sottoscarpa in Terra Verde in Dx"

11.1 Criteri Per Le Verifiche Di Stabilità Globale Dei Rilevati

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d} \geq \gamma_R$$

essendo R resistenza globale del sistema, calcolata sulla base delle azioni di progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto.

Le verifiche in campo statico devono essere eseguite secondo il seguente approccio:

Approccio 1:

- Combinazione 2: A2 + M2 + R2

tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

| | | Coefficiente | EQU | A1 STR | A2 GEO | Comb. eccezionale | Comb. Sismica |
|------------------------------------|-------------|---------------|------|--------|--------|-------------------|---------------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi permanenti non strutturali | Favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi variabili da traffico | Favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 | 0,20 | 0,20 |
| Carichi variabili | Favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 0,00 |

Tabella 31: coefficienti parziali sulle azioni

| PARAMETRO | Coefficiente parziale | (M1) | (M2) |
|--|-----------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\gamma_{\phi'}$ | 1.0 | 1.25 |
| Coesione efficace | $\gamma_{c'}$ | 1.0 | 1.25 |
| Resistenza non drenata | γ_{Cu} | 1.0 | 1.4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_{γ} | 1.0 | 1.0 |

Tabella 32: coefficienti parziali sulle azioni

| PARAMETRO | Coefficiente parziale | R2 (statiche) | R2 (sismiche) |
|------------|-----------------------|---------------|---------------|
| Resistenza | γ_R | 1.1 | 1.2 |

Tabella 33: coefficienti parziali sulle azioni

11.2 Metodo Di Analisi

Le verifiche delle sezioni rappresentative sono state effettuate attraverso il metodo di Morgenstern-Price, basato sulla teoria dell'equilibrio limite applicata al terreno potenzialmente instabile dopo aver effettuato una suddivisione in un numero finito dei conci.

Le superfici di scorrimento critiche sono state ricercate variando la posizione della griglia dei centri ed i limiti di tangenza. Il programma utilizzato, GEOSLOPE, che analizza una striscia di 1 m di profondità e fornisce i fattori di sicurezza delle superfici a fattore di sicurezza minimo, ovvero:

$$F_s = T_f/T : \quad \text{fattore di sicurezza globale}$$

Dove :

- T_f : resistenza al taglio lungo il cerchio critico;
- T : forza di taglio totale agente lungo il cerchio critico

Il coefficiente FS rappresenta un indice della stabilità del pendio in oggetto ed è definito come il rapporto tra la somma delle forze (o dei momenti) risultanti che tendono a opporsi al movimento della massa, e la somma delle forze risultanti destabilizzanti che tendono a provocarlo, cioè:

Forze agenti:

- la componente tangenziale del peso proprio della massa e degli eventuali sovraccarichi superficiali agenti sulla superficie di scivolamento,

Forze resistenti:

- la resistenza al taglio mobilitata nei vari punti di detta superficie che dipende dagli sforzi normali applicati e dalla resistenza al taglio locale del sottosuolo, espressa in termini del criterio di rottura Mohr-Coulomb.

Per procedere con il calcolo di F_s la massa potenzialmente instabile viene suddivisa in conci. Su ogni concio vengono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti. L'insieme delle forze agenti sul concio singolo è presentato nella figura successiva nella quale:

- W =Peso del concio,
- T_R =Forza di taglio mobilitata sulla base del concio,
- P =Forza peso normale alla base del concio,
- U =Forza esercitata dal carico idraulico agente sulla base,
- X =Forza verticale laterale al concio,
- E =Forza orizzontale laterale al concio.

Le forze X ed E di interazione tra i conci adiacenti rimangono solitamente incognite. Nelle procedure di calcolo più rigorose esse non vengono trascurate; tuttavia, vengono fatte alcune assunzioni per permettere ugualmente la risoluzione della (eq. 1). Le varie procedure di calcolo nell'ambito del metodo dell'equilibrio limite si diversificano proprio per il tipo di assunzioni per eliminare alcune incognite nella equazione che permette il calcolo di F_s . Tale

equazione deve essere risolta sempre in modo iterativo, essendo espressa in forma implicita con l'incognita (F_S) in entrambi i membri, assumendo un valore di tentativo iniziale per F_S nel membro di destra e ripetendo i calcoli fino a convergenza quando la differenza tra i due F diventa minore di un certo valore assunto. Quando tutti i parametri di interesse sono noti si passa al calcolo di F_S .

L'algoritmo di calcolo può implementare uno dei diversi metodi esistenti nell'ambito dei modelli dell'equilibrio limite. I procedimenti di calcolo avvengono in modo iterativo, come già visto in precedenza, facendo uso di espressioni del tipo della (1). I vari metodi, BISHOP (1955), MORGESTERN & PRICE (1965), SPENCER (1967), JANBU (1954), JANBU (1973) sono tutti riconducibili al "General equilibrium method" di FREDLUND et al. (1981), abbreviato con GLE. Questi metodi si diversificano in base alle assunzioni e semplificazioni fatte per ridurre il numero delle incognite nel problema, tuttavia come mostrato in numerosi studi comparativi DUNCAN & WRIGHT (1980), FREDLUND et al. (1981), la differenza percentuale tra i valori di F calcolati generalmente non supera il 10%, il che è perfettamente compatibile con il grado di incertezza insito in tale tipo di analisi.

Valori di F minori od uguali ad 1 sono indicativi di condizioni di instabilità, mentre per valori maggiori di 1 le condizioni si definiscono stabili.

Il fattore di sicurezza deve essere valutato entro un preciso riferimento spaziale. È perciò necessario considerare una potenziale superficie di scorrimento nella massa del pendio e valutare tutte le forze agenti e resistenti su detta superficie. In pratica, essendo infinite le superfici di scivolamento possibili, F_S viene valutato per ognuna delle superfici di un campione rappresentativo, generate sulla base di prefissati criteri.

La seguente figura mostra una superficie di scorrimento tipica discretizzata in conci e lo schema delle forze agenti.

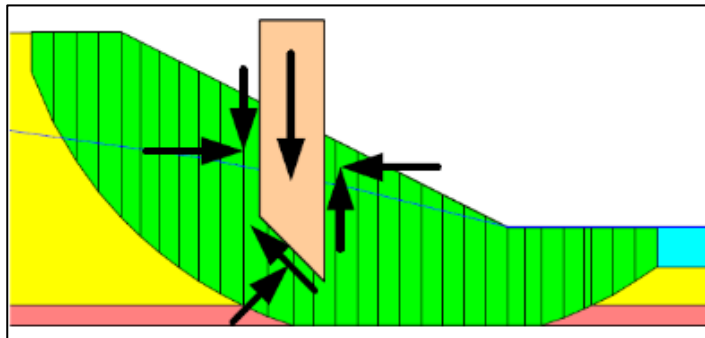


Figura 111: Discretizzazione in conci della superficie di scorrimento

Il metodo di Morgenstern & Price stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , ovvero definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa potenzialmente instabile. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata, vedi figura seguente) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili. La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rotazione sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale (equazione delle forze) che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutre alla base dU . Una seconda equazione, detta equazione dei momenti, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base del concio. Queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento. Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma.

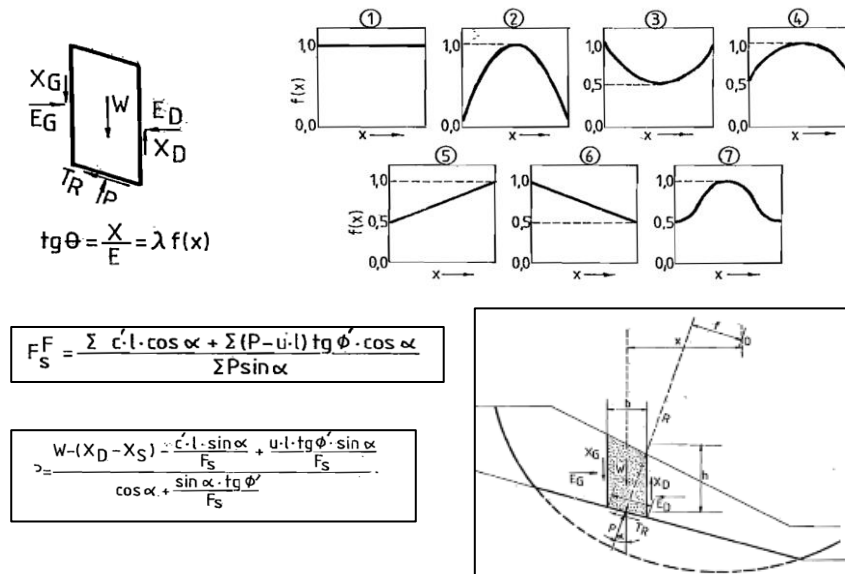


Figura 112: Forze coinvolte nell'equilibrio del singolo concio considerate nel codice di calcolo

11.3 Sovraccarico Accidentale

Sulla piattaforma stradale si considera un sovraccarico accidentale dovuto alla presenza del traffico stradale attraverso un carico uniformemente distribuito del valore di 20 kPa.

11.4 Azione Sismica

L'analisi è stata condotta mediante il metodo pseudostatico. Con riferimento al §6.7 si considerano i seguenti parametri sismici:

Parametri sismici (VR= 75 anni, categoria di suolo B, T1)

- $a_g/g = 0.203$
- $F_0 = 2.447$
- $T_c^* = 0.345 \text{ s}$
- $SS = 1.20$
- $C_c = 1.36$

- $ST = 1$
- $a_{max}/g = 0.244$
- $kh = 0.092$
- $k_v = \pm 0.0046$

Parametri sismici ($V_R = 75$ anni, categoria di suolo B, T2)

- $a_g/g = 0.203$
- $F_0 = 2.447$
- $T_c^* = 0.345$ s
- $SS = 1.20$
- $C_c = 1.36$
- $ST = 1.2$
- $a_{max}/g = 0.292$
- $kh = 0.111$
- $k_v = \pm 0.055$

Parametri sismici ($V_R = 75$ anni, categoria di suolo E, T1)

- $a_g/g = 0.203$
- $F_0 = 2.447$
- $T_c^* = 0.345$ s
- $SS = 1.45$
- $C_c = 1.76$
- $ST = 1$
- $a_{max}/g = 0.295$
- $kh = 0.112$

➤ $k_v = \pm 0.056$

In base a quanto disposto nella NTC18, si ottiene:

$$K_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = \frac{s_s \cdot s_T \cdot a_g}{g}$$
$$K_v = \pm \frac{K_h}{2}$$

dove:

K_h = coefficiente orizzontale

K_v = coefficiente verticale (con segno + verso l'alto, segno - verso il basso). Il K_v con segno positivo mi permette di effettuare le analisi pseudostatiche -, mentre il K_v con segno negativo mi permette di effettuare le analisi pseudostatiche +.

β_s = coefficiente di riduzione pari = 0,38;

s_s = coefficiente ottenuto in base alla categoria di sottosuolo C dalla tabella 3.2.VII delle norme;

s_T = coefficiente ottenuto in base alla categoria di sottosuolo C dalla tabella 3.2.VI delle norme.

Si riporta di seguito l'elenco delle sezioni analizzate con le relative categorie di sottosuolo e topografiche.

Tabella 34: stratigrafie di calcolo con relative categorie di sottosuolo e topografiche

| N° sez. | pk [m] | Cat. Sol. | Cat. Top. |
|---------|---------|-----------|-----------|
| 4* | 1208.82 | B | T2 |
| 94 | 1580 | E | T1 |
| 99 | 1680 | E | T1 |
| 124 | 2100 | B | T1 |
| 137 | 2320 | B | T1 |
| 149 | 2540 | B | T1 |
| 234 | 3886 | B | T1 |

11.5 Risultati Delle Analisi di Stabilità

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per le diverse sezioni di calcolo. Le analisi eseguite considerano sia la stabilità globale rilevato-fondazione che la stabilità del singolo rilevato. Si precisa che le verifiche di stabilità dei nuovi rilevati nella configurazione post-operam sono state condotte considerando la combinazione A2+M2+R2 che tiene dei coefficienti amplificativi delle azioni, riduttivi delle caratteristiche dei materiali e dei fattori parziali sulle resistenze ($\gamma_R = 1.1$ per lo SLU statico e $\gamma_R = 1.2$ per lo SLU sismico). Infatti, come previsto nel programma di calcolo, i risultati in termini di coefficiente di sicurezza sono espressi in termini di ODF (Over Design Factor) ≥ 1 , ovvero:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{\frac{1}{\gamma_R} \cdot R}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d \gamma_R} \geq 1.0$$

Per le verifiche eseguite si riportano i risultati per la condizione peggiore tra statica e sismica.

Name:

| | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Permanent Point Loads/Surcharge Loads | | Material Parameters | |
| Favorable: | <input type="text" value="1"/> | Effective Cohesion: | <input type="text" value="1.25"/> |
| Unfavorable: | <input type="text" value="1"/> | Effective Coefficient of Friction: | <input type="text" value="1.25"/> |
| Variable Point Loads/Surcharge Loads | | Undrained Strength: | <input type="text" value="1.4"/> |
| Favorable: | <input type="text" value="0"/> | Shear Strength (Other Models): | <input type="text" value="1.25"/> |
| Unfavorable: | <input type="text" value="1.3"/> | Reinforcement Parameters | |
| Soil Unit Weight | | Pullout Resistance: | <input type="text" value="1"/> |
| Favorable: | <input type="text" value="1"/> | Shear Force: | <input type="text" value="1"/> |
| Unfavorable: | <input type="text" value="1"/> | Tensile Strength: | <input type="text" value="1"/> |
| Other Parameters | | | |
| Seismic Coefficients: | <input type="text" value="1"/> | | |
| Earth Resistance: | <input type="text" value="1.1"/> | | |

Figura 113: Fattori parziali di sicurezza per l'analisi statica

Name:

| | | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Permanent Point Loads/Surcharge Loads | | Material Parameters | |
| Favorable: | <input type="text" value="1"/> | Effective Cohesion: | <input type="text" value="1"/> |
| Unfavorable: | <input type="text" value="1"/> | Effective Coefficient of Friction: | <input type="text" value="1"/> |
| Variable Point Loads/Surcharge Loads | | Undrained Strength: | <input type="text" value="1"/> |
| Favorable: | <input type="text" value="1"/> | Shear Strength (Other Models): | <input type="text" value="1"/> |
| Unfavorable: | <input type="text" value="0.2"/> | Reinforcement Parameters | |
| Soil Unit Weight | | Pullout Resistance: | <input type="text" value="1"/> |
| Favorable: | <input type="text" value="1"/> | Shear Force: | <input type="text" value="1"/> |
| Unfavorable: | <input type="text" value="1"/> | Tensile Strength: | <input type="text" value="1"/> |
| Other Parameters | | | |
| Seismic Coefficients: | <input type="text" value="1"/> | | |
| Earth Resistance: | <input type="text" value="1.2"/> | | |

Figura 114: Fattori parziali di sicurezza per l'analisi sismica

11.5.1 SEZIONE 94

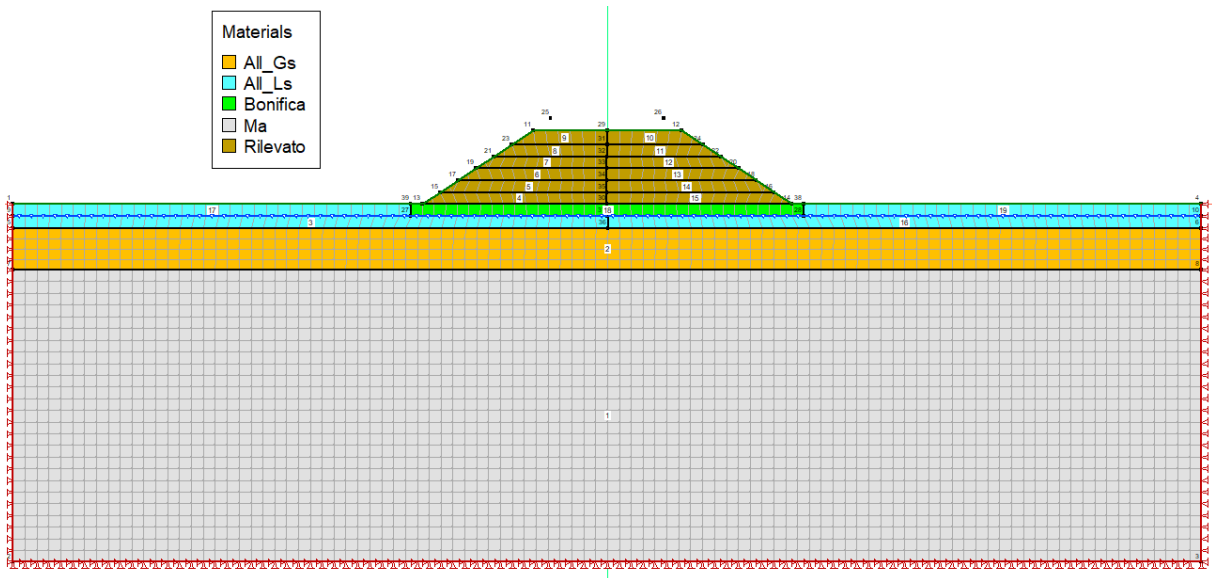


Figura 115: modello di calcolo

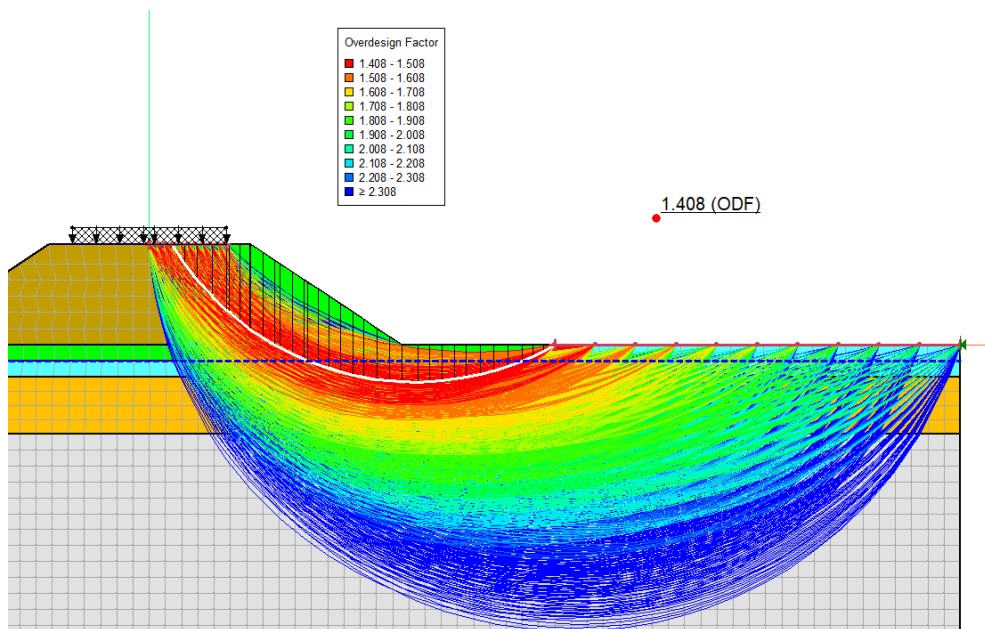


Figura 116: Verifica di stabilità globale rilevato-fondazione

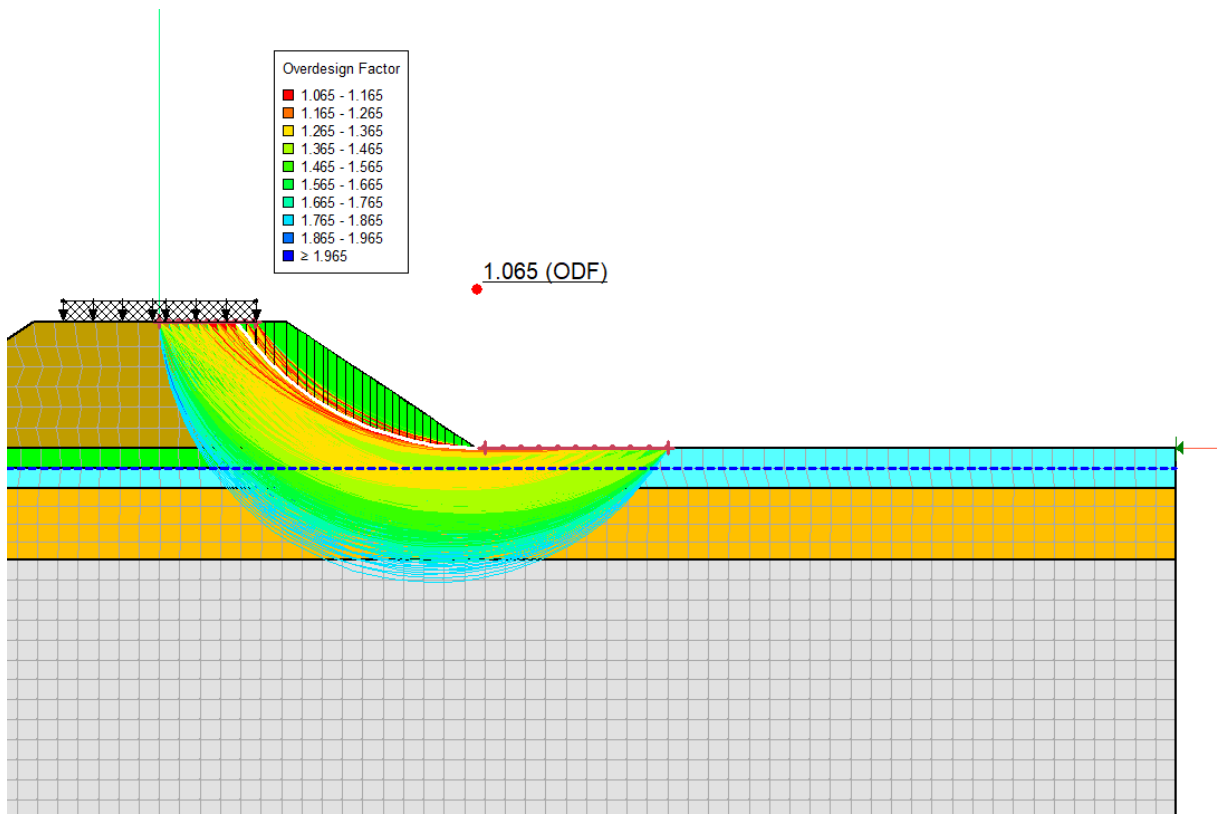


Figura 117: Verifica di stabilità rilevato

11.5.2 SEZIONE 99

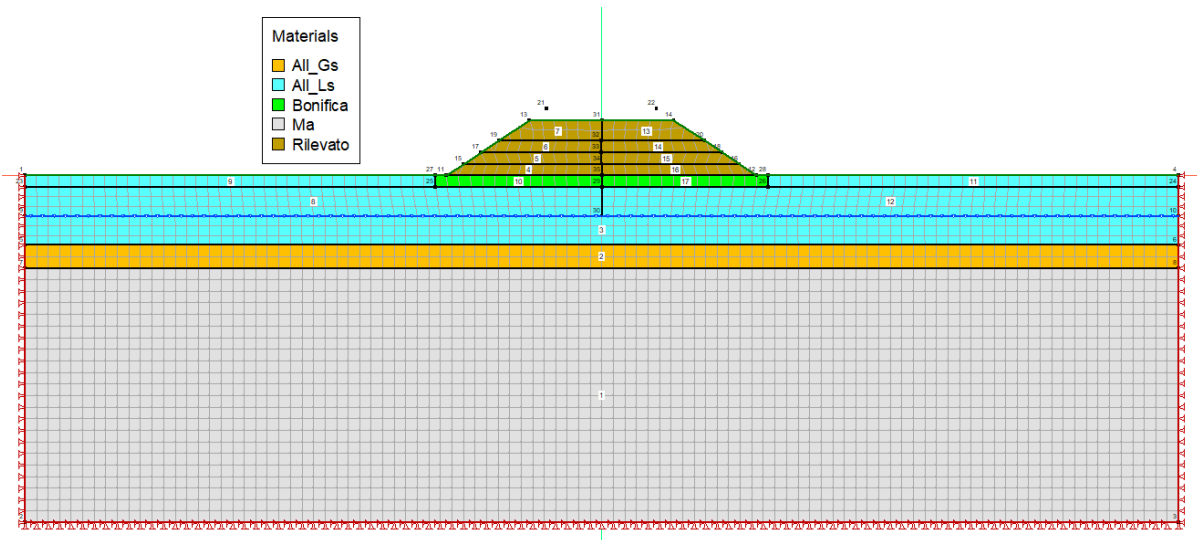


Figura 118: modello di calcolo

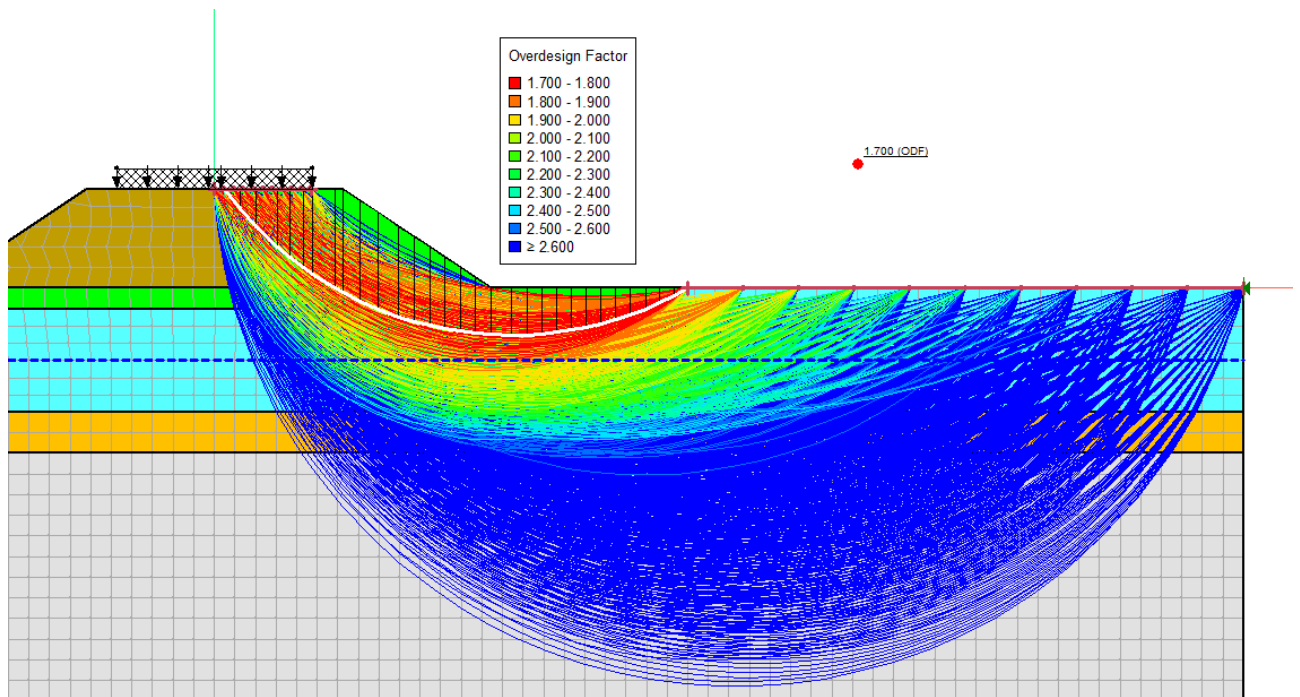


Figura 119: Verifica di stabilità globale rilevato-fondazione

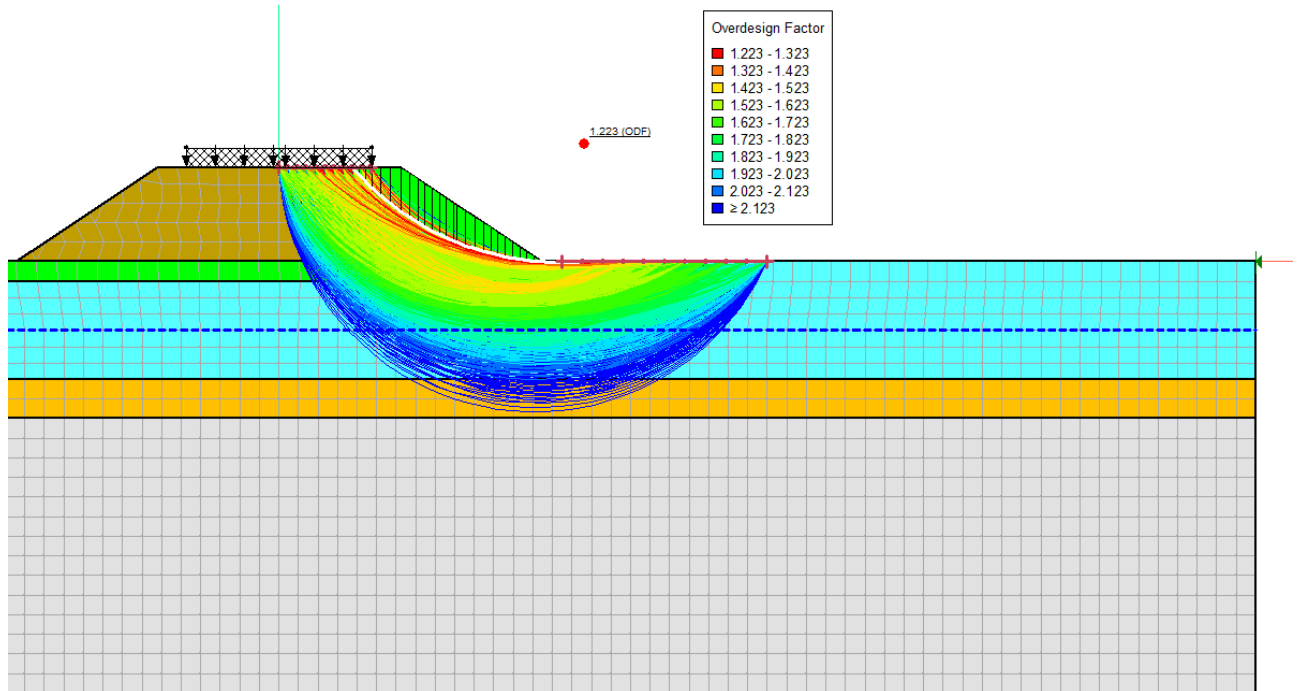


Figura 120: Verifica di stabilità rilevato

11.5.3 SEZIONE 124

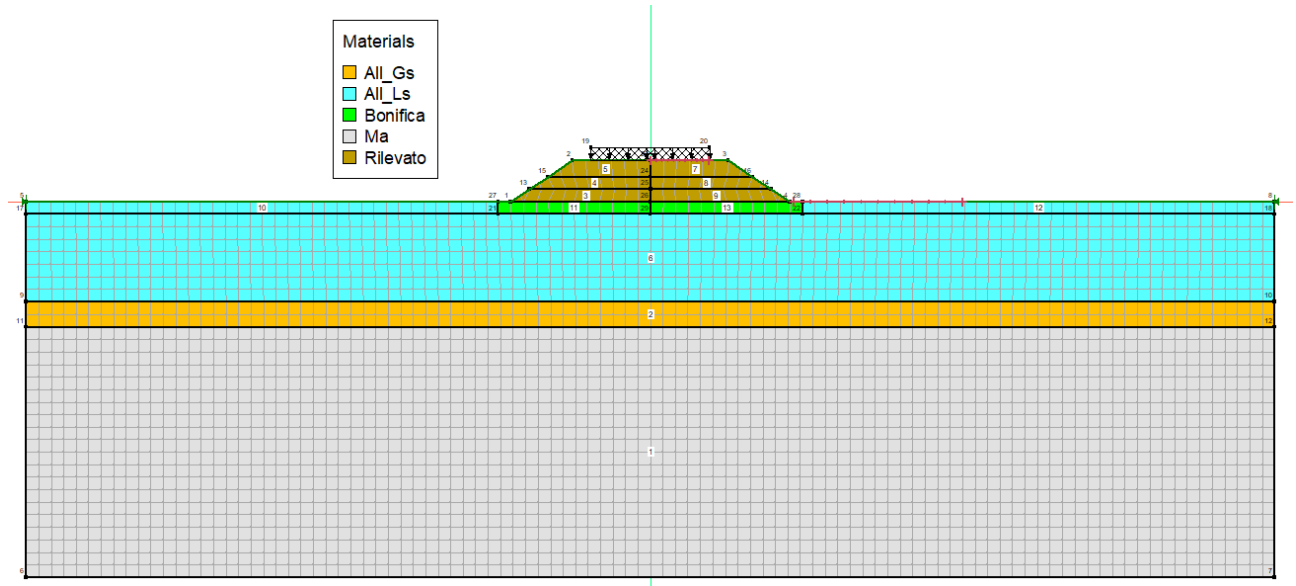


Figura 121: modello di calcolo

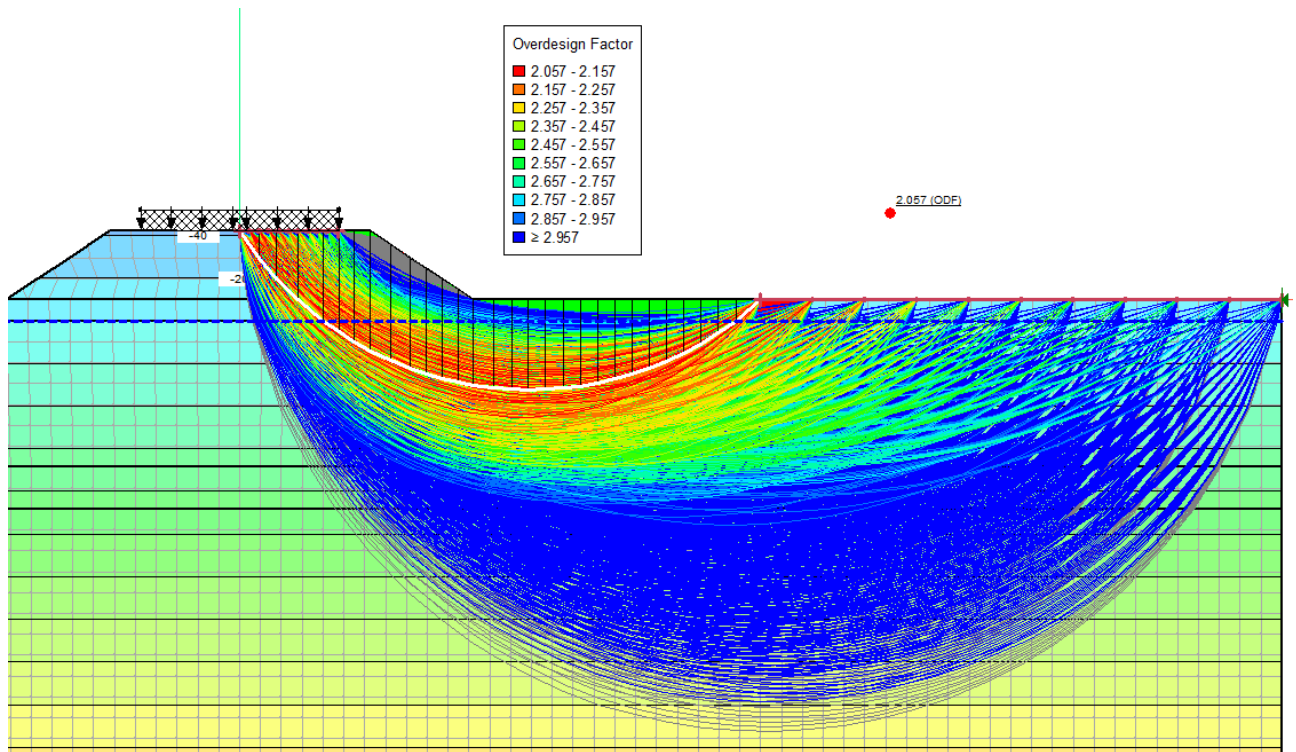


Figura 122: Verifica di stabilità globale rilevato-fondazione

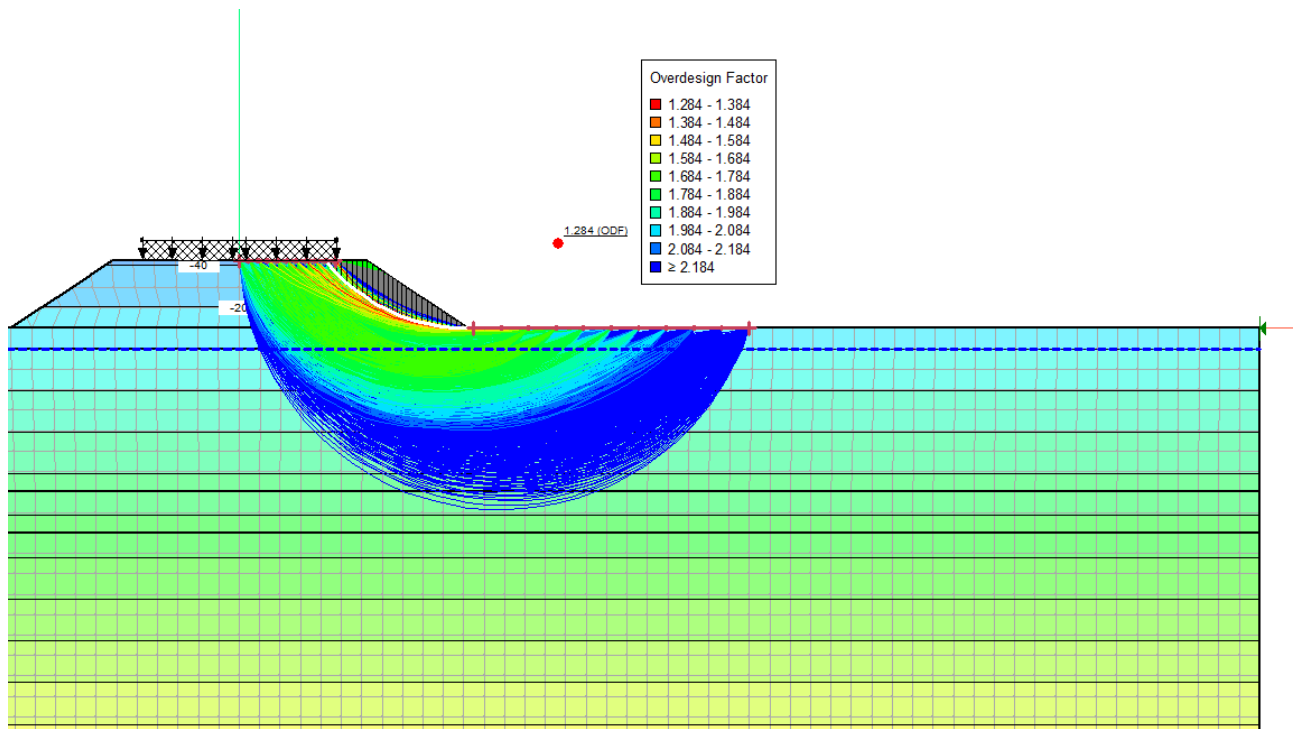


Figura 123: Verifica di stabilità rilevato

11.5.4 SEZIONE 137

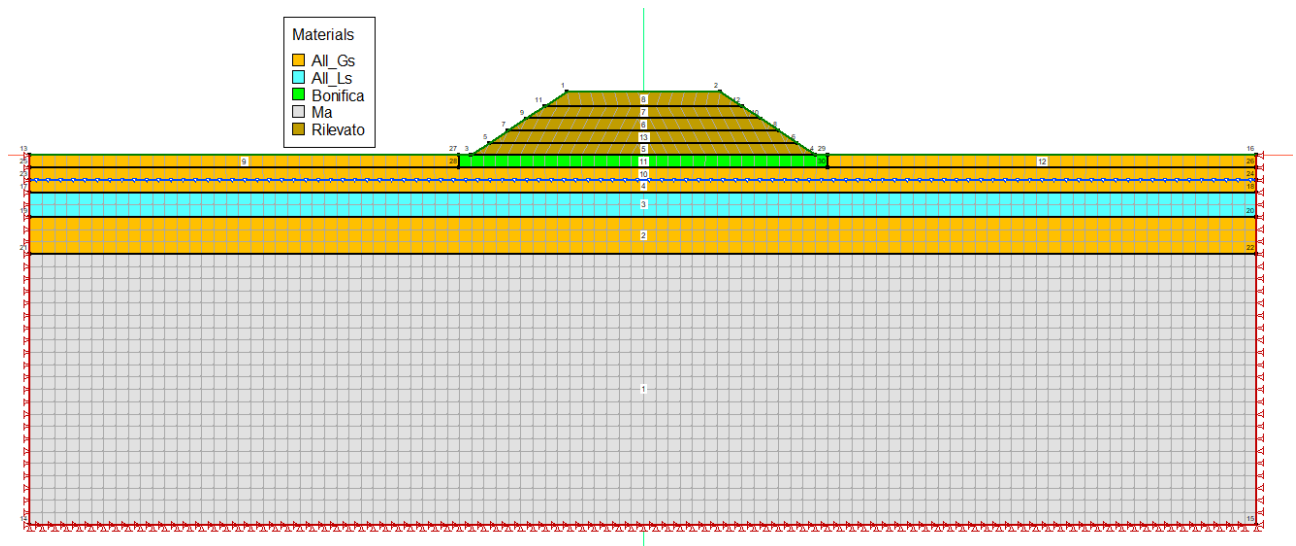


Figura 124: modello di calcolo

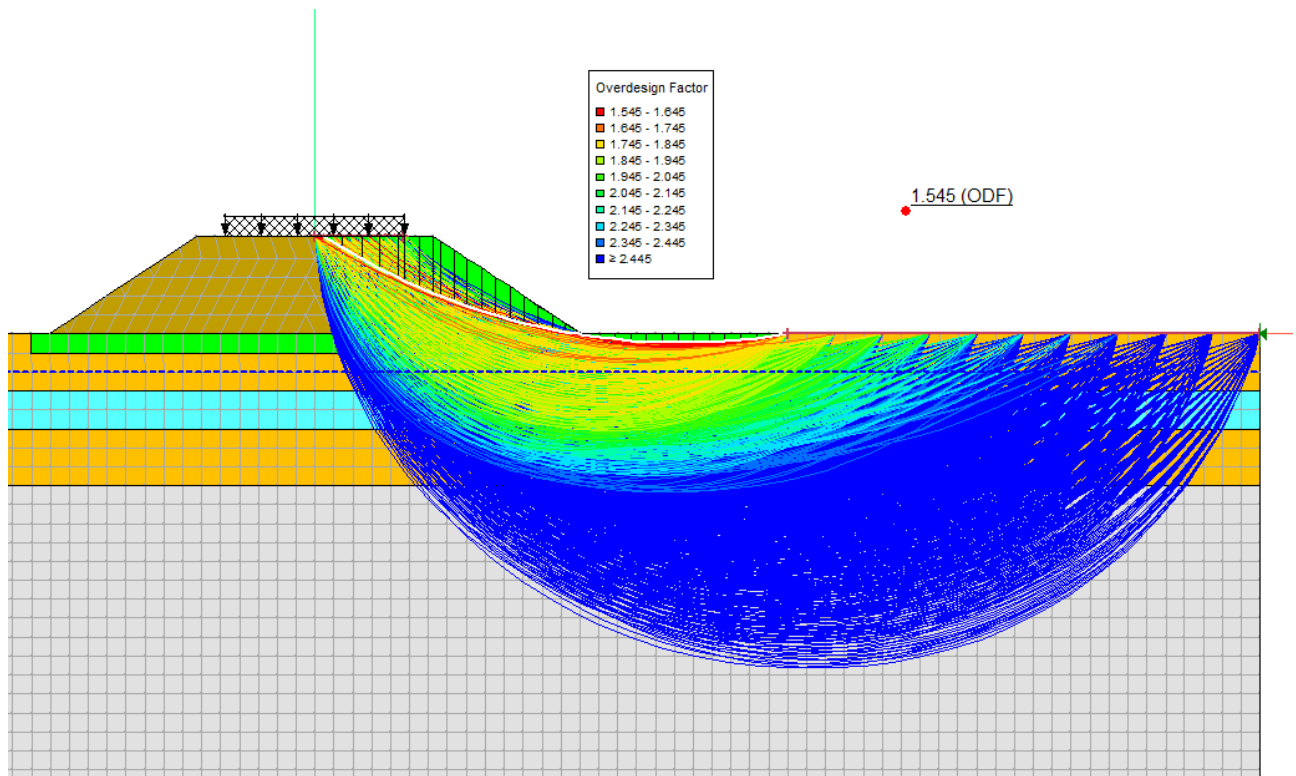


Figura 125: Verifica di stabilità globale rilevato-fondazione

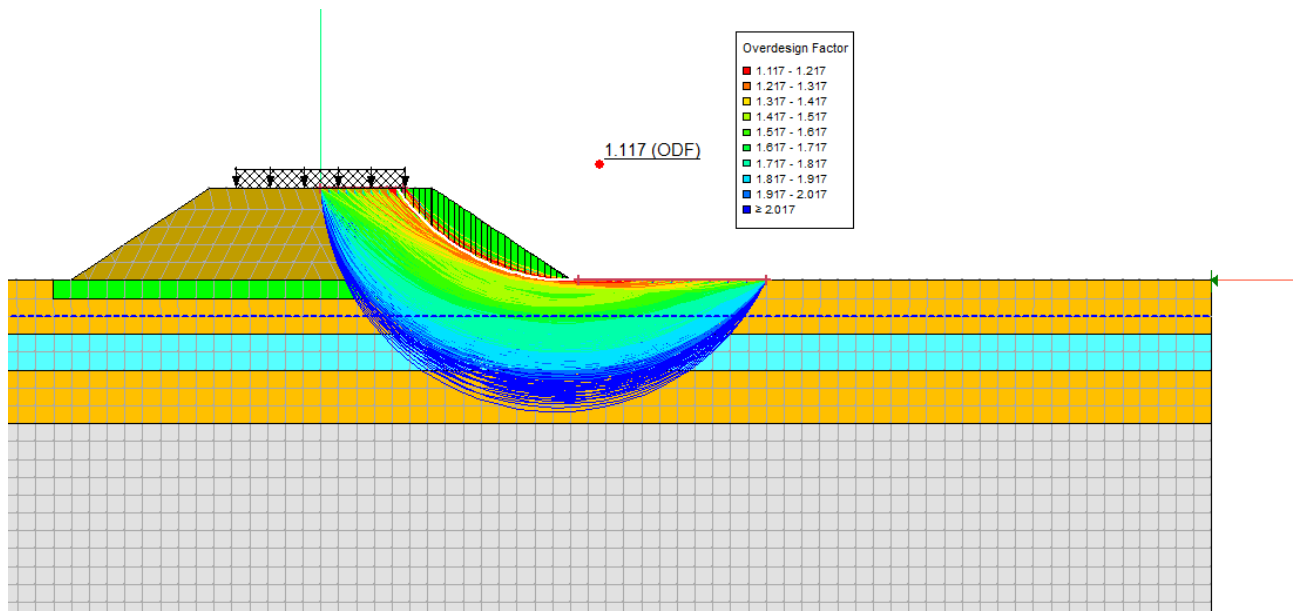


Figura 126: Verifica di stabilità rilevato

11.5.5 SEZIONE 149

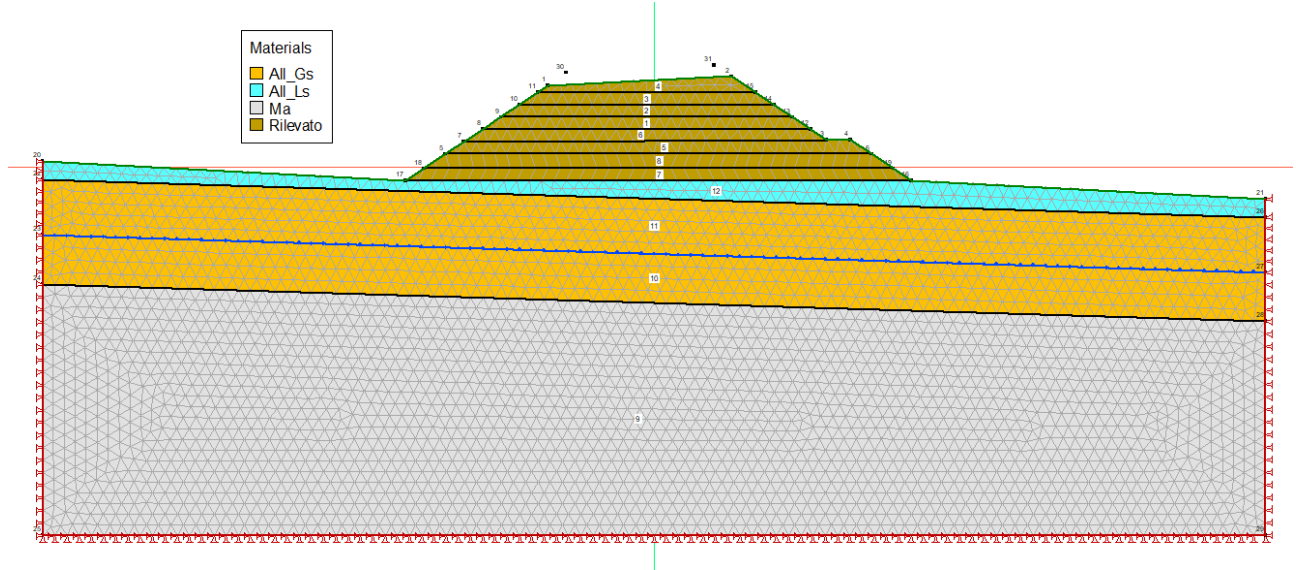


Figura 127: modello di calcolo

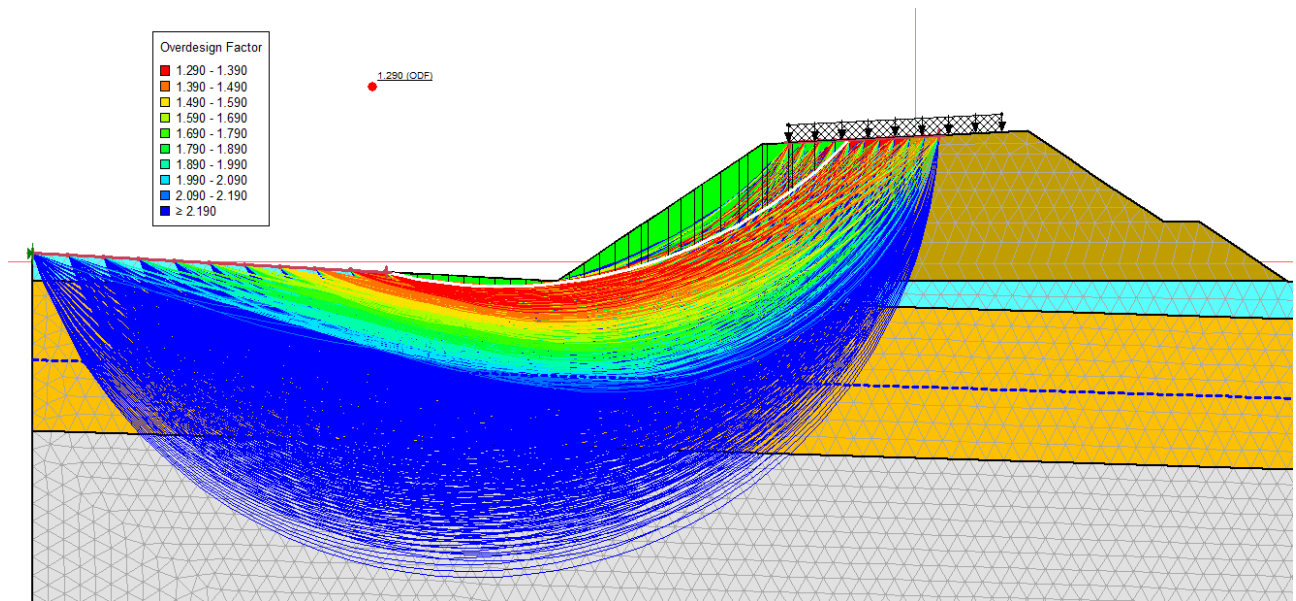


Figura 128: Verifica di stabilità globale rilevato-fondazione

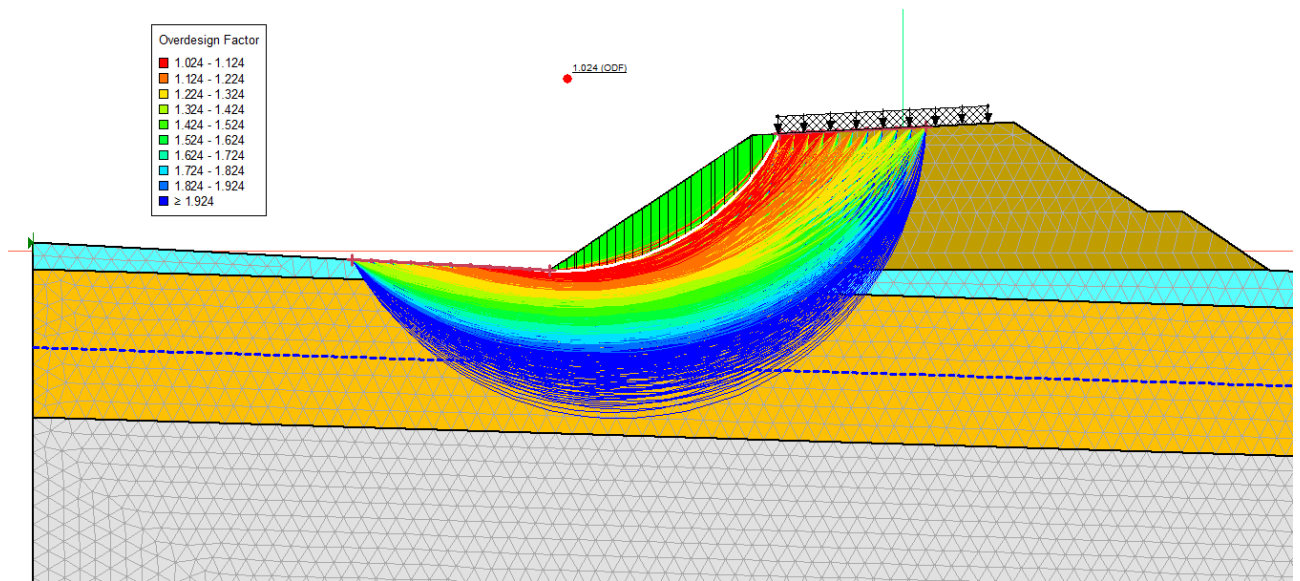


Figura 129: Verifica di stabilità rilevato

11.5.6 SEZIONE 234

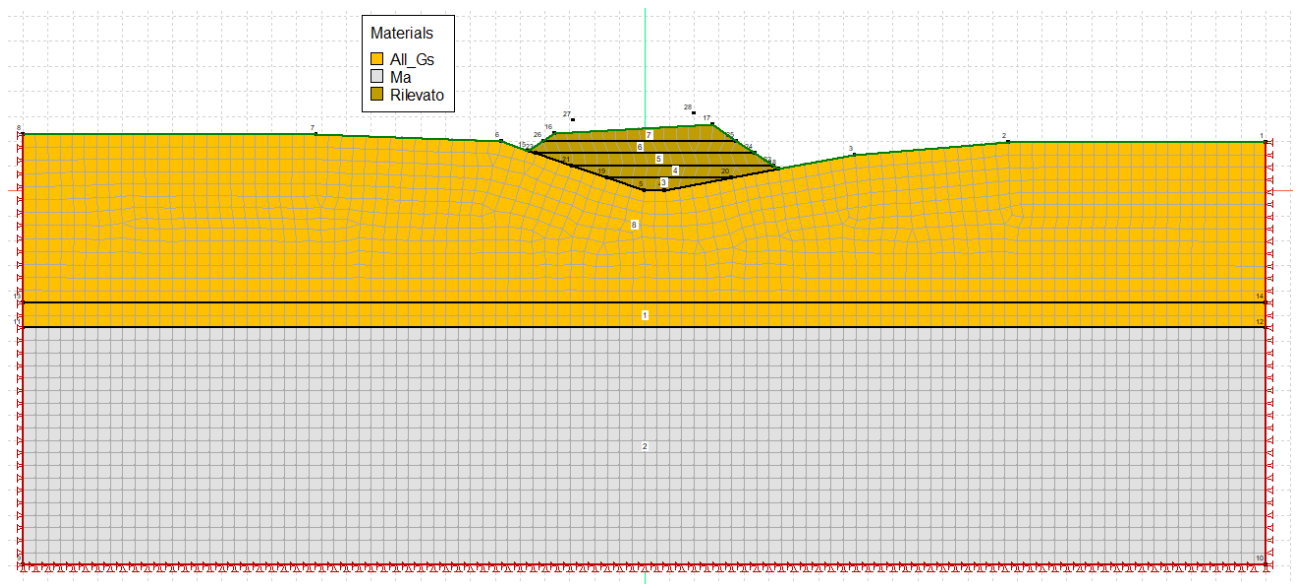


Figura 130: modello di calcolo

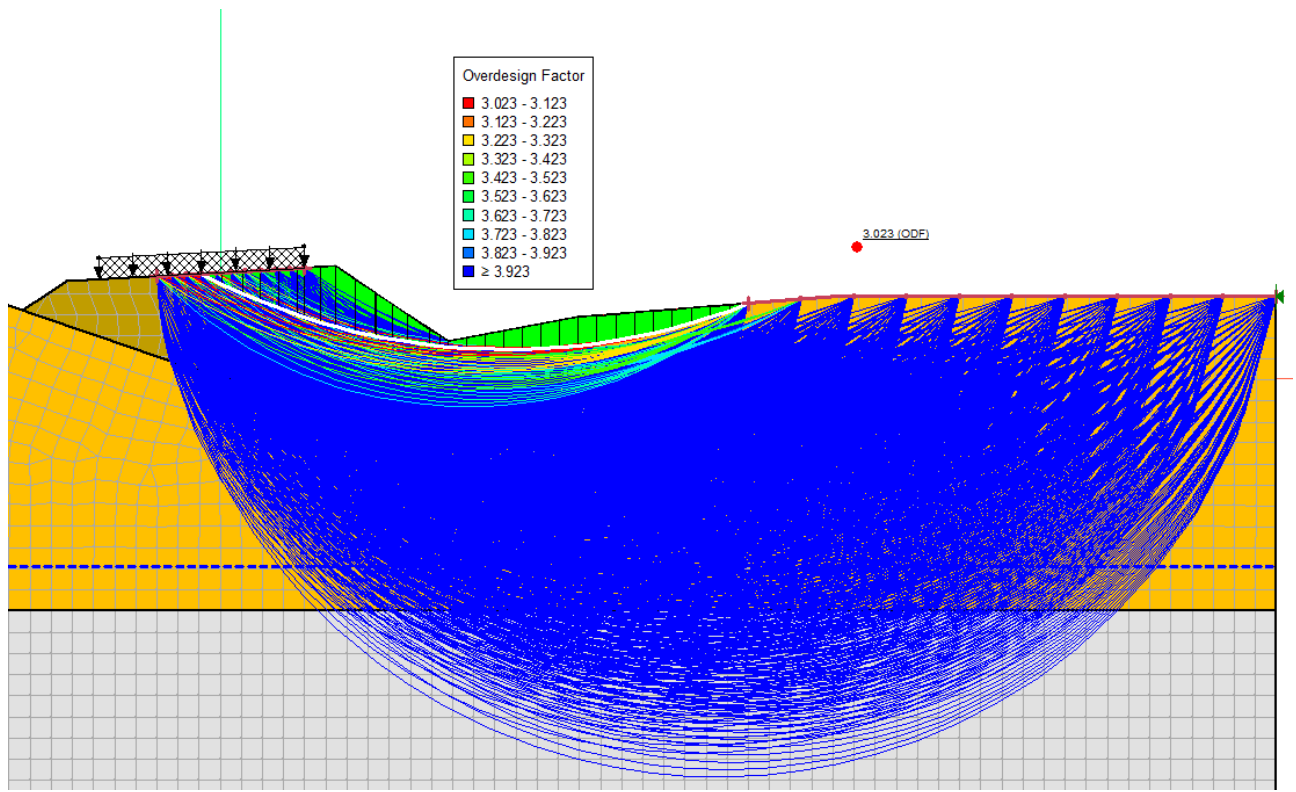


Figura 131: Verifica di stabilità globale rilevato-fondazione

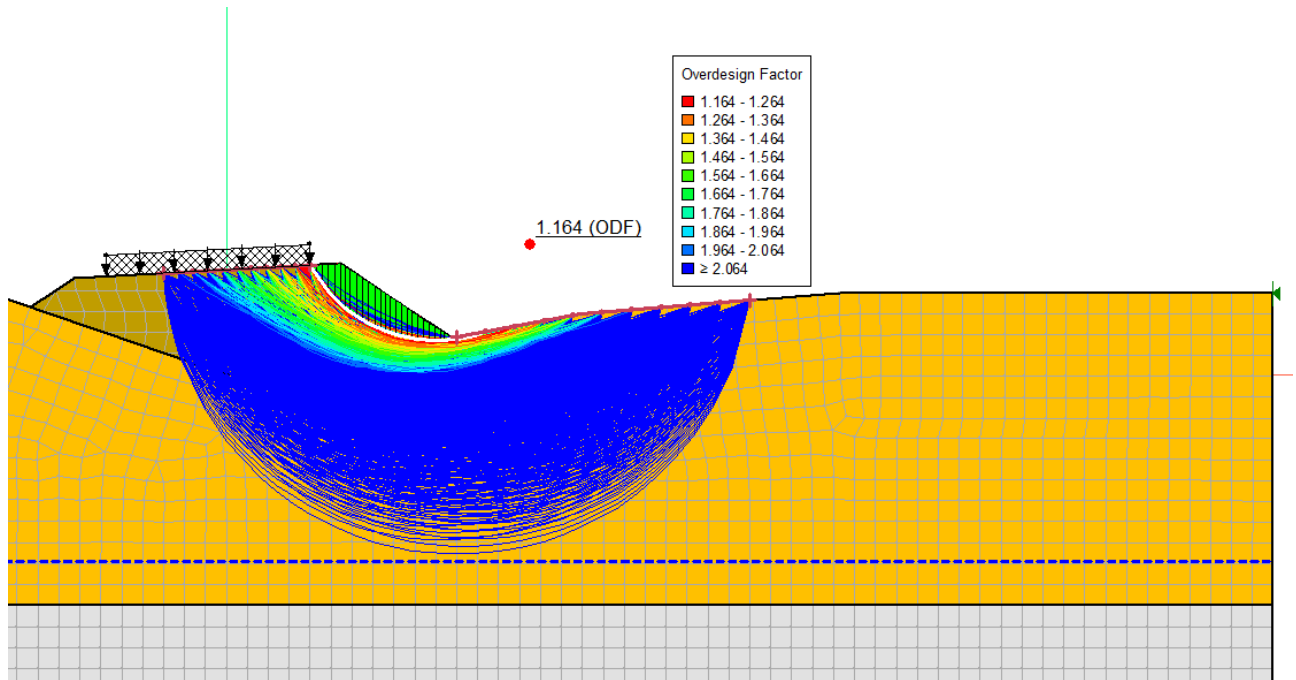


Figura 132: Verifica di stabilità rilevato

11.5.7 RIEPILOGO RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ

Si riporta un riepilogo dei risultati delle analisi di stabilità per le varie sezioni analizzate. I fattori di sicurezza ottenuti sono già comprensivi dei coefficienti sulle resistenze e risultati tutti maggiori di 1.

Tabella 35: Riepilogo risultati analisi di stabilità

| N° sez. | pk [m] | H _{Ril} [m] | FS _G [-] | FS _{Ril} [-] |
|---------|--------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| 94 | 1580 | 6.2 | 1.408 | 1.065 |
| 99 | 1680 | 4.8 | 1.700 | 1.223 |
| 124 | 2100 | 3.3 | 2.057 | 1.284 |
| 137 | 2320 | 5.2 | 1.545 | 1.117 |
| 149 | 2540 | 7.2 | 1.29 | 1.024 |
| 234 | 3886 | 4.8 | 3.023 | 1.164 |

12 TABULATI DI CALCOLO

12.1 Tabulati analisi di consolidazione

Analysis Settings
Consolidazione
Kind: SIGMA/W
Parent: Rilevato 9° Strato
Analysis Type: Consolidation
Settings
Initial Stress and PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato 9° Strato [(last)]
Reset displacements and strains: No
Reset state variables: No
Water Settings
Initial PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato 9° Strato [(last)]
Maximum Number of Iterations: 100
Maximum Difference: 0.005
Significant Digits: 2
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 10
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Bulk Modulus of Pore-Fluid: 2'083'333.3 kPa
Convergence
Maximum Number of Iterations: 100
Convergence Scheme: Unbalanced Energy
Tolerable Error: 1e-05
Tolerable Error for Stress Update: 0.005
Steps
Starting Time: 273 d
Duration: 2'000 d
of Steps: 1
Step Generation Method: Linear
Time Increment: 2'000 d
Save Steps Every: 1
Materials
All_Gs
Stress
Stress Material Model: Mohr-Coulomb Hardening/Softening
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
Activation PWP: 0 kPa
Effective Elastic Modulus: 70'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Dilation Angle: 0 °
K0 Type: Calculated
K0: 0.4122
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky'/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ma
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 1.75
Lambda: 0.052
Kappa: 0.022
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 29 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.157
K0 Type: Calculated

K0: 0.6815
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 1e-06 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 0.1
Rotation: 0°
Volumetric Water Content: 0.17
Compressibility: 0./kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ril
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19 kN/m³
Response Type: Drained
Activation PWP: 0 kPa
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0°
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Boundary Conditions
Fixed X
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Fixed X/Y
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Y-Type: Y-Displacement 0 m
Zero Pressure
Category: Hydraulic
Kind: Water Pressure Head 0 m
Water K Functions
sand
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 0.0001)
Data Point: (0.01; 9.9493234e-05)
Data Point: (0.014384499; 9.9237937e-05)
Data Point: (0.020691381; 9.8855122e-05)
Data Point: (0.029763514; 9.8279592e-05)
Data Point: (0.042813324; 9.7416618e-05)
Data Point: (0.061584821; 9.6123937e-05)
Data Point: (0.088586679; 9.4192719e-05)
Data Point: (0.1274275; 9.1319748e-05)
Data Point: (0.18329807; 8.7077267e-05)
Data Point: (0.26366509; 8.0894014e-05)
Data Point: (0.37926902; 7.2093857e-05)
Data Point: (0.54555948; 6.0104818e-05)
Data Point: (0.78475997; 4.5027847e-05)
Data Point: (1.1288379; 2.8570928e-05)
Data Point: (1.6237767; 1.4307574e-05)
Data Point: (2.3357215; 5.3757477e-06)
Data Point: (3.3598183; 1.5275944e-06)
Data Point: (4.8329302; 3.5047692e-07)
Data Point: (6.951928; 7.0359769e-08)
Data Point: (10; 1.3137804e-08)
Estimation Properties
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: sand
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Maximum Suction: 10 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Vol. Water Content Functions

sand
Model: Vol WC Data Point Function
Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
Compressibility: 0 /kPa
Saturated Water Content: 0.300001
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Porosity: 0.300001
Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
Data Point: (0; 0.3)
Data Point: (0.01; 0.2999957)
Data Point: (0.014384499; 0.29999133)
Data Point: (0.020691381; 0.29998247)
Data Point: (0.029763514; 0.29996447)
Data Point: (0.042813324; 0.29992786)
Data Point: (0.061584821; 0.29985338)
Data Point: (0.088586679; 0.29970183)
Data Point: (0.1274275; 0.29939364)
Data Point: (0.18329807; 0.29876795)
Data Point: (0.26366509; 0.29750249)
Data Point: (0.37926902; 0.29496309)
Data Point: (0.54555948; 0.28994763)
Data Point: (0.78475997; 0.28034645)
Data Point: (1.1288379; 0.2630193)
Data Point: (1.6237767; 0.23482907)
Data Point: (2.3357215; 0.19582209)
Data Point: (3.3598183; 0.15214559)
Data Point: (4.8329302; 0.1128315)
Data Point: (6.951928; 0.082926402)
Data Point: (10; 0.062139446)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Saturated Water Content: 0.01
Sample Material: Sand
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum Suction: 1 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|------------|------------|
| Point 1 | -40.4809 m | -2.5416 m |
| Point 2 | -11.92 m | -1.0466 m |
| Point 3 | -8.6089 m | 0.0004 m |
| Point 4 | 15.3877 m | 2.9534 m |
| Point 5 | -40.4809 m | -50 m |
| Point 6 | 7.3 m | 0 m |
| Point 7 | 9.85 m | 2.45 m |
| Point 8 | 0 m | 0 m |
| Point 9 | 0.68 m | 1.46 m |
| Point 10 | 1.36 m | 2.92 m |
| Point 11 | 2.04 m | 4.38 m |
| Point 12 | 2.72 m | 5.84 m |
| Point 13 | 3.4 m | 7.3 m |
| Point 14 | 4.8 m | 7.3 m |
| Point 15 | 12.26 m | 12.3 m |
| Point 16 | 26.16 m | 11.8 m |
| Point 17 | 28.48 m | 10.25 m |
| Point 18 | 8.83439 m | 1.474218 m |
| Point 19 | 17.77886 m | 4.350842 m |
| Point 20 | 20.90064 m | 5.868589 m |
| Point 21 | 23.87494 m | 7.314635 m |

| | | |
|----------|------------|-------------|
| Point 22 | 7 m | 8.774531 m |
| Point 23 | 26.64096 m | 8.789852 m |
| Point 24 | 8.8284 m | 10 m |
| Point 25 | 28.16513 m | 10 m |
| Point 26 | 11 m | 11.455496 m |
| Point 27 | 26.7273 m | 11.420984 m |
| Point 28 | 85 m | 60 m |
| Point 29 | -40.4809 m | -10 m |
| Point 30 | -40.4809 m | -3 m |
| Point 31 | 40 m | 20.130907 m |
| Point 32 | 40 m | -50 m |
| Point 33 | 40 m | 2.9534 m |
| Point 34 | 115 m | 60 m |
| Point 35 | 115 m | -50 m |
| Point 36 | 115 m | 2.9534 m |
| Point 37 | 40 m | -10 m |
| Point 38 | 115 m | -10 m |
| Point 39 | -40.4809 m | -24 m |
| Point 40 | 40 m | -24 m |
| Point 41 | 62 m | -24 m |
| Point 42 | 62 m | 2.9534 m |
| Point 43 | -40.4809 m | 60 m |
| Point 44 | -40.4809 m | 20 m |
| Point 45 | -40.4809 m | 2.9534 m |
| Point 46 | -40.4809 m | 40 m |
| Point 47 | 62 m | 39.622463 m |

Lines

| | Start Point | End Point | Length | Angle | Hydraulic Boundary | Stress/Strain Boundary |
|---------|-------------|-----------|-----------|------------|--------------------|------------------------|
| Line 1 | 13 | 14 | 1.4 m | 0 ° | | |
| Line 2 | 15 | 16 | 13.909 m | -2.06 ° | | |
| Line 3 | 9 | 18 | 8.1544 m | 0.0999 ° | | |
| Line 4 | 10 | 4 | 14.028 m | 0.136 ° | | |
| Line 5 | 11 | 19 | 15.739 m | -0.106 ° | | |
| Line 6 | 12 | 20 | 18.181 m | 0.0901 ° | | |
| Line 7 | 14 | 21 | 19.075 m | 0.044 ° | | |
| Line 8 | 22 | 23 | 19.641 m | 0.0447 ° | | |
| Line 9 | 25 | 17 | 0.40205 m | 38.4 ° | | |
| Line 10 | 24 | 25 | 19.337 m | 0 ° | | |
| Line 11 | 26 | 15 | 1.5168 m | 33.8 ° | | |
| Line 12 | 16 | 27 | 0.68226 m | -33.7 ° | | |
| Line 13 | 26 | 27 | 15.727 m | -0.126 ° | | |
| Line 14 | 8 | 3 | 8.6089 m | -0.00266 ° | Zero Pressure | |
| Line 15 | 3 | 2 | 3.4727 m | 17.5 ° | Zero Pressure | |
| Line 16 | 1 | 2 | 28.6 m | 3 ° | Zero Pressure | |
| Line 17 | 6 | 8 | 7.3 m | 0 ° | Zero Pressure | |
| Line 18 | 1 | 30 | 0.4584 m | 90 ° | | |
| Line 19 | 30 | 29 | 7 m | 90 ° | | Fixed X |
| Line 20 | 31 | 17 | 15.177 m | 40.6 ° | Zero Pressure | |
| Line 21 | 32 | 5 | 80.481 m | 0 ° | | Fixed XY |
| Line 22 | 4 | 33 | 24.612 m | 0 ° | Zero Pressure | |
| Line 23 | 32 | 35 | 75 m | 0 ° | | Fixed XY |
| Line 24 | 36 | 34 | 57.047 m | 90 ° | Zero Pressure | Fixed X |
| Line 25 | 34 | 28 | 30 m | 0 ° | Zero Pressure | |
| Line 26 | 31 | 33 | 17.178 m | 90 ° | | |
| Line 27 | 33 | 37 | 12.953 m | 90 ° | | |
| Line 28 | 35 | 38 | 40 m | 90 ° | | Fixed X |
| Line 29 | 38 | 36 | 12.953 m | 90 ° | | Fixed X |

| | | | | | | |
|---------|----|----|----------|----------|---------------|---------|
| Line 30 | 29 | 37 | 80.481 m | 0 ° | | |
| Line 31 | 5 | 39 | 26 m | 90 ° | | Fixed X |
| Line 32 | 39 | 29 | 14 m | 90 ° | | Fixed X |
| Line 33 | 37 | 40 | 14 m | 90 ° | | |
| Line 34 | 40 | 32 | 26 m | 90 ° | | |
| Line 35 | 36 | 42 | 53 m | 0 ° | Zero Pressure | |
| Line 36 | 42 | 33 | 22 m | 0 ° | Zero Pressure | |
| Line 37 | 39 | 40 | 80.481 m | 0 ° | | |
| Line 38 | 40 | 41 | 22 m | 0 ° | | |
| Line 39 | 41 | 42 | 26.953 m | 90 ° | | |
| Line 40 | 47 | 31 | 29.393 m | 41.5 ° | Zero Pressure | |
| Line 41 | 43 | 28 | 125.48 m | 0 ° | | |
| Line 42 | 47 | 46 | 102.48 m | -0.211 ° | | |
| Line 43 | 46 | 43 | 20 m | 90 ° | | |
| Line 44 | 31 | 44 | 80.481 m | 0.0932 ° | | |
| Line 45 | 44 | 46 | 20 m | 90 ° | | |
| Line 46 | 1 | 45 | 5.495 m | 90 ° | | |
| Line 47 | 45 | 44 | 17.047 m | 90 ° | | |
| Line 48 | 28 | 47 | 30.729 m | 41.5 ° | Zero Pressure | |
| Line 49 | 47 | 42 | 36.669 m | 90 ° | | |
| Line 50 | 9 | 8 | 1.6106 m | 65 ° | | |
| Line 51 | 10 | 9 | 1.6106 m | 65 ° | | |
| Line 52 | 11 | 10 | 1.6106 m | 65 ° | | |
| Line 53 | 12 | 11 | 1.6106 m | 65 ° | | |
| Line 54 | 13 | 12 | 1.6106 m | 65 ° | | |
| Line 55 | 6 | 18 | 2.1278 m | 43.9 ° | Zero Pressure | |
| Line 56 | 18 | 7 | 1.4084 m | 43.9 ° | Zero Pressure | |
| Line 57 | 7 | 4 | 5.5605 m | 5.19 ° | Zero Pressure | |
| Line 58 | 4 | 19 | 2.7696 m | 30.3 ° | Zero Pressure | |
| Line 59 | 19 | 20 | 3.4712 m | 25.9 ° | Zero Pressure | |
| Line 60 | 20 | 21 | 3.3072 m | 25.9 ° | Zero Pressure | |
| Line 61 | 21 | 23 | 3.1348 m | 28.1 ° | Zero Pressure | |
| Line 62 | 23 | 25 | 1.9462 m | 38.4 ° | Zero Pressure | |
| Line 63 | 17 | 27 | 2.1079 m | -33.7 ° | | |
| Line 64 | 22 | 14 | 2.6484 m | 33.8 ° | | |
| Line 65 | 24 | 22 | 2.2011 m | 33.8 ° | | |
| Line 66 | 26 | 24 | 2.6143 m | 33.8 ° | | |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|------------------------------|------------------------|
| Region 1 | Ril | 8;6;18;9 | 11.329 m ² |
| Region 2 | Ril | 9;18;7;4;10 | 13.767 m ² |
| Region 3 | Ril | 10;4;19;11 | 21.261 m ² |
| Region 4 | Ril | 11;19;20;12 | 25.251 m ² |
| Region 5 | Ril | 12;20;21;14;13 | 28.034 m ² |
| Region 6 | Ril | 15;16;27;26 | 9.155 m ² |
| Region 7 | Ril | 14;21;23;22 | 28.513 m ² |
| Region 8 | Ril | 22;23;25;24 | 23.721 m ² |
| Region 9 | Ril | 24;25;17;27;26 | 25.625 m ² |
| Region 10 | Ma | 33;37;40;41;42 | 592.97 m ² |
| Region 11 | All_Gs | 17;25;23;21;20;19;4;33;31 | 186.37 m ² |
| Region 12 | All_Gs | 36;34;28;47;42 | 2'789.1 m ² |
| Region 13 | Ma | 4;7;18;6;8;3;2;1;30;29;37;33 | 842.61 m ² |
| Region 14 | Ma | 5;32;40;39 | 2'092.5 m ² |
| Region 15 | Ma | 37;29;39;40 | 1'126.7 m ² |
| Region 16 | Ma | 32;35;38;36;42;41;40 | 3'378.5 m ² |
| Region 17 | All_Gs | 31;33;42;47 | 592.31 m ² |
| Region 18 | | 43;28;47;46 | 2'303.3 m ² |

| | | | |
|-----------|--|--|------------------------|
| Region 19 | | 46;47;31;44 | 1'807.7 m ² |
| Region 20 | | 44;31;17;27;16;15;26;24;22;14;13;12;11;10;9;8;3;2;1;45 | 1'204.1 m ² |

Mesh Properties
Global Element Size: 1 m

Analysis Settings
Consolidazione
Kind: SIGMA/W
Parent: Rilevato - 6° strato
Analysis Type: Consolidation
Settings
Initial Stress and PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 6° strato [Step 10]
Reset displacements and strains: No
Reset state variables: No
Water Settings
Initial PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 6° strato [Step 10]
Maximum Number of Iterations: 500
Maximum Difference: 0.005
Significant Digits: 2
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 10
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Bulk Modulus of Pore-Fluid: 2'083'333.3 kPa
Convergence
Maximum Number of Iterations: 300
Convergence Scheme: Unbalanced Energy
Tolerable Error: 1e-05
Tolerable Error for Stress Update: 0.005
Steps
Starting Time: 182 d
Duration: 2'000 d
of Steps: 10
Step Generation Method: Linear
Time Increment: 200 d
Save Steps Every: 1
Materials
All_Gs
Stress
Stress Material Model: Hyperbolic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 70'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Kur / KL: 1
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Rf: 0.9
K0 Type: Calculated
K0: 0.4122
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 0.000175 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.05
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
All_Ls
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.6
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 2.7
Lambda: 0.069
Kappa: 0.013
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 28 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.113

K0 Type: Calculated
K0: 0.8717
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 2e-05 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.2
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ma
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 1.75
Lambda: 0.052
Kappa: 0.022
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 29 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.157
K0 Type: Calculated
K0: 0.6815
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 1e-08 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.17
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Rilevato
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes
Bonifica
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 0.0001 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.01
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Boundary Conditions
Fixed X
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Fixed X/Y
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Y-Type: Y-Displacement 0 m

Drainage
Category: Hydraulic
Kind: Water Flux 0 m/sec
Review: Yes
Water K Functions
sand
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 0.0001)
Data Point: (0.01; 9.9493209e-05)
Data Point: (0.014384499; 9.9237901e-05)
Data Point: (0.020691381; 9.8855072e-05)
Data Point: (0.029763514; 9.8279522e-05)
Data Point: (0.042813324; 9.7416521e-05)
Data Point: (0.061584821; 9.6123803e-05)
Data Point: (0.088586679; 9.4192538e-05)
Data Point: (0.1274275; 9.1319505e-05)
Data Point: (0.18329807; 8.7076948e-05)
Data Point: (0.26366509; 8.0893608e-05)
Data Point: (0.37926902; 7.2093365e-05)
Data Point: (0.54555948; 6.0104264e-05)
Data Point: (0.78475997; 4.5027298e-05)
Data Point: (1.1288379; 2.8570487e-05)
Data Point: (1.6237767; 1.4307316e-05)
Data Point: (2.3357215; 5.3756476e-06)
Data Point: (3.3598183; 1.5275697e-06)
Data Point: (4.8329302; 3.5047302e-07)
Data Point: (6.951928; 7.0359452e-08)
Data Point: (10; 1.3137841e-08)
Estimation Properties
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: sand
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Maximum Suction: 10 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Vol. Water Content Functions
sand
Model: Vol WC Data Point Function
Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
Compressibility: 0.0005 /kPa
Saturated Water Content: 0.30000252
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Porosity: 0.30000252
Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
Data Point: (0; 0.3)
Data Point: (0.01; 0.2999957)
Data Point: (0.014384499; 0.29999133)
Data Point: (0.020691381; 0.29998247)
Data Point: (0.029763514; 0.29996447)
Data Point: (0.042813324; 0.29992786)
Data Point: (0.061584821; 0.29985338)
Data Point: (0.088586679; 0.29970183)
Data Point: (0.1274275; 0.29939364)
Data Point: (0.18329807; 0.29876795)
Data Point: (0.26366509; 0.29750249)
Data Point: (0.37926902; 0.29496309)
Data Point: (0.54555948; 0.28994763)
Data Point: (0.78475997; 0.28034645)
Data Point: (1.1288379; 0.2630193)
Data Point: (1.6237767; 0.23482907)
Data Point: (2.3357215; 0.19582209)
Data Point: (3.3598183; 0.15214559)
Data Point: (4.8329302; 0.1128315)
Data Point: (6.951928; 0.082926402)
Data Point: (10; 0.062139446)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Saturated Water Content: 0.3
Sample Material: Sand

Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum Suction: 10 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|--------|
| Point 1 | -50 m | 0 m |
| Point 2 | -50 m | -30 m |
| Point 3 | 50 m | -30 m |
| Point 4 | 50 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | -2 m |
| Point 6 | 50 m | -2 m |
| Point 7 | -50 m | -5.5 m |
| Point 8 | 50 m | -5.5 m |
| Point 9 | -50 m | -1 m |
| Point 10 | 50 m | -1 m |
| Point 11 | -6.25 m | 6.2 m |
| Point 12 | 6.25 m | 6.2 m |
| Point 13 | -15.55 m | 0 m |
| Point 14 | 15.55 m | 0 m |
| Point 15 | -14.05 m | 1 m |
| Point 16 | 14.05 m | 1 m |
| Point 17 | -12.55 m | 2 m |
| Point 18 | 12.55 m | 2 m |
| Point 19 | -11.05 m | 3 m |
| Point 20 | 11.05 m | 3 m |
| Point 21 | -9.55 m | 4 m |
| Point 22 | 9.55 m | 4 m |
| Point 23 | -8.05 m | 5 m |
| Point 24 | 8.05 m | 5 m |
| Point 25 | -4.75 m | 7.2 m |
| Point 26 | 4.75 m | 7.2 m |
| Point 27 | -16.55 m | -1 m |
| Point 28 | 16.55 m | -1 m |
| Point 29 | -0.019597 m | 6.2 m |
| Point 30 | -0.033551 m | 0 m |
| Point 31 | -0.022298 m | 5 m |
| Point 32 | -0.024548 m | 4 m |
| Point 33 | -0.026799 m | 3 m |
| Point 34 | -0.02905 m | 2 m |
| Point 35 | -0.0313 m | 1 m |
| Point 36 | 0.036111 m | -2 m |
| Point 37 | -3.5e-05 m | -1 m |
| Point 38 | 16.55 m | 0 m |
| Point 39 | -16.55 m | 0 m |

Lines

| | Start Point | End Point | Stress/Strain Boundary | Length | Angle | Hydraulic Boundary |
|--------|-------------|-----------|------------------------|--------|-------|--------------------|
| Line 1 | 2 | 7 | Fixed X | 24.5 m | 90 ° | |
| Line 2 | 7 | 8 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 3 | 8 | 3 | Fixed X | 24.5 m | 90 ° | |
| Line 4 | 3 | 2 | Fixed XY | 100 m | 0 ° | |
| Line 5 | 7 | 5 | Fixed X | 3.5 m | 90 ° | |
| Line 6 | 6 | 8 | Fixed X | 3.5 m | 90 ° | |

| | | | | | | |
|---------|----|----|---------|----------|---------|----------|
| Line 7 | 5 | 9 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 8 | 10 | 6 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 9 | 14 | 16 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 10 | 15 | 13 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 11 | 15 | 17 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 12 | 18 | 16 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 13 | 17 | 19 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 14 | 20 | 18 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 15 | 19 | 21 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 16 | 22 | 20 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 17 | 21 | 23 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 18 | 24 | 22 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 19 | 23 | 11 | | 2.1633 m | 33.7 ° | |
| Line 20 | 12 | 24 | | 2.1633 m | -33.7 ° | |
| Line 21 | 27 | 9 | | 33.45 m | 0 ° | Drainage |
| Line 22 | 10 | 28 | | 33.45 m | 0 ° | Drainage |
| Line 23 | 11 | 29 | | 6.2304 m | 0 ° | |
| Line 24 | 29 | 12 | | 6.2696 m | 0 ° | |
| Line 25 | 14 | 30 | | 15.584 m | 0 ° | |
| Line 26 | 30 | 13 | | 15.516 m | 0 ° | |
| Line 27 | 23 | 31 | | 8.0277 m | 0 ° | |
| Line 28 | 31 | 24 | | 8.0723 m | 0 ° | |
| Line 29 | 29 | 31 | | 1.2 m | 89.9 ° | |
| Line 30 | 21 | 32 | | 9.5255 m | 0 ° | |
| Line 31 | 32 | 22 | | 9.5745 m | 0 ° | |
| Line 32 | 31 | 32 | | 1 m | 89.9 ° | |
| Line 33 | 19 | 33 | | 11.023 m | 0 ° | |
| Line 34 | 33 | 20 | | 11.077 m | 0 ° | |
| Line 35 | 32 | 33 | | 1 m | 89.9 ° | |
| Line 36 | 17 | 34 | | 12.521 m | 0 ° | |
| Line 37 | 34 | 18 | | 12.579 m | 0 ° | |
| Line 38 | 33 | 34 | | 1 m | 89.9 ° | |
| Line 39 | 16 | 35 | | 14.081 m | 0 ° | |
| Line 40 | 35 | 15 | | 14.019 m | 0 ° | |
| Line 41 | 34 | 35 | | 1 m | 89.9 ° | |
| Line 42 | 35 | 30 | | 1 m | 89.9 ° | |
| Line 43 | 5 | 36 | | 50.036 m | 0 ° | |
| Line 44 | 36 | 6 | | 49.964 m | 0 ° | |
| Line 45 | 37 | 36 | | 1.0007 m | -87.9 ° | |
| Line 46 | 9 | 1 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 47 | 1 | 39 | | 33.45 m | 0 ° | |
| Line 48 | 39 | 27 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 49 | 38 | 14 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 50 | 13 | 39 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 51 | 38 | 4 | | 33.45 m | 0 ° | |
| Line 52 | 4 | 10 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 53 | 28 | 38 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 54 | 37 | 28 | | 16.55 m | 0 ° | Drainage |
| Line 55 | 37 | 27 | | 16.55 m | 0 ° | Drainage |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|--------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 2;7;8;3 | 2'450 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 7;5;36;6;8 | 350 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 5;36;37;27;9 | 50.018 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 13;30;35;15 | 14.768 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;17;34;35 | 13.27 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 17;19;33;34 | 11.772 m ² |

| | | | |
|-----------|----------|-------------------------|-----------------------|
| Region 7 | Rilevato | 19;21;32;33 | 10,274 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 21;23;31;32 | 8.7766 m ² |
| Region 9 | Rilevato | 23;11;29;31 | 8.5549 m ² |
| Region 10 | Rilevato | 12;24;31;29 | 8.6051 m ² |
| Region 11 | Rilevato | 24;22;32;31 | 8.8234 m ² |
| Region 12 | Rilevato | 22;20;33;32 | 10.326 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 20;18;34;33 | 11.828 m ² |
| Region 14 | Rilevato | 18;16;35;34 | 13.33 m ² |
| Region 15 | Rilevato | 14;16;35;30 | 14.832 m ² |
| Region 16 | All_Ls | 6;10;28;37;36 | 49.982 m ² |
| Region 17 | All_Ls | 9;1;39;27 | 33.45 m ² |
| Region 18 | Bonifica | 39;27;37;28;38;14;30;13 | 33.1 m ² |
| Region 19 | All_Ls | 38;4;10;28 | 33.45 m ² |

Mesh Properties
Global Element Size: 1 m

Analysis Settings
Consolidation
Kind: SIGMA/W
Parent: Rilevato - 4° strato
Analysis Type: Consolidation
Settings
Initial Stress and PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 4° strato [Step 10]
Reset displacements and strains: No
Reset state variables: No
Water Settings
Initial PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 4° strato [Step 10]
Maximum Number of Iterations: 500
Maximum Difference: 0.005
Significant Digits: 2
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 10
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Bulk Modulus of Pore-Fluid: 2'083'333.3 kPa
Convergence
Maximum Number of Iterations: 300
Convergence Scheme: Unbalanced Energy
Tolerable Error: 1e-05
Tolerable Error for Stress Update: 0.005
Steps
Starting Time: 122 d
Duration: 2'000 d
of Steps: 20
Step Generation Method: Linear
Time Increment: 100 d
Save Steps Every: 1
Materials
All_Gs
Stress
Stress Material Model: Hyperbolic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 70'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Kur / KL: 1
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Rf: 0.9
K0 Type: Calculated
K0: 0.4122
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 0.000175 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.05
Compressibility: 0 /kPa

No change in water pressures due to volumetric strain: No
All_Ls
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.6
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 2.7
Lambda: 0.069
Kappa: 0.013
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 28 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.113
K0 Type: Calculated
K0: 0.8717
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: LS
K-Function: LS
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ma
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 1.75
Lambda: 0.052
Kappa: 0.022
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 29 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.157
K0 Type: Calculated
K0: 0.6815
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 1e-08 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.17
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Rilevato
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes
Bonifica
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 0.0001 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1

Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.01
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes
Boundary Conditions
Fixed X
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Fixed X/Y
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Y-Type: Y-Displacement 0 m
Drainage
Category: Hydraulic
Kind: Water Flux 0 m/sec
Review: Yes
Water K Functions
sand
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 0.0001)
Data Point: (0.01; 9.9493209e-05)
Data Point: (0.014384499; 9.9237901e-05)
Data Point: (0.020691381; 9.8855072e-05)
Data Point: (0.029763514; 9.8279522e-05)
Data Point: (0.042813324; 9.7416521e-05)
Data Point: (0.061584821; 9.6123803e-05)
Data Point: (0.088586679; 9.4192538e-05)
Data Point: (0.1274275; 9.1319505e-05)
Data Point: (0.18329807; 8.7076948e-05)
Data Point: (0.26366509; 8.0893608e-05)
Data Point: (0.37926902; 7.2093365e-05)
Data Point: (0.54555948; 6.0104264e-05)
Data Point: (0.78475997; 4.5027298e-05)
Data Point: (1.1288379; 2.8570487e-05)
Data Point: (1.6237767; 1.4307316e-05)
Data Point: (2.3357215; 5.3756476e-06)
Data Point: (3.3598183; 1.5275697e-06)
Data Point: (4.8329302; 3.5047302e-07)
Data Point: (6.951928; 7.0359452e-08)
Data Point: (10; 1.3137841e-08)
Estimation Properties
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: sand
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Maximum Suction: 10 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
LS
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 2e-05 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 2e-05)
Data Point: (0.01; 1.9970333e-05)
Data Point: (0.018329807; 1.994234e-05)
Data Point: (0.033598183; 1.9887757e-05)
Data Point: (0.061584821; 1.9781768e-05)
Data Point: (0.11288379; 1.9576135e-05)
Data Point: (0.20691381; 1.9178195e-05)
Data Point: (0.37926902; 1.8413543e-05)
Data Point: (0.6951928; 1.6967144e-05)
Data Point: (1.274275; 1.4338793e-05)
Data Point: (2.3357215; 1.005083e-05)
Data Point: (4.2813324; 4.748912e-06)
Data Point: (7.8475997; 1.137534e-06)
Data Point: (14.384499; 1.3008598e-07)
Data Point: (26.366509; 9.4607205e-09)
Data Point: (48.329302; 5.76468e-10)

Data Point: (88.586679; 3.3225615e-11)
Data Point: (162.37767; 1.8844462e-12)
Data Point: (297.63514; 1.0639285e-13)
Data Point: (545.55948; 5.999076e-15)
Data Point: (1'000; 3.3814286e-16)
Estimation Properties
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: LS
Saturated Kx: 2e-05 m/sec
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Vol. Water Content Functions
sand
Model: Vol WC Data Point Function
Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
Compressibility: 0.0005 /kPa
Saturated Water Content: 0.30000252
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Porosity: 0.30000252
Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
Data Point: (0; 0.3)
Data Point: (0.01; 0.2999957)
Data Point: (0.014384499; 0.29999133)
Data Point: (0.020691381; 0.29998247)
Data Point: (0.029763514; 0.29996447)
Data Point: (0.042813324; 0.29992786)
Data Point: (0.061584821; 0.29985338)
Data Point: (0.088586679; 0.29970183)
Data Point: (0.1274275; 0.29939364)
Data Point: (0.18329807; 0.29876795)
Data Point: (0.26366509; 0.29750249)
Data Point: (0.37926902; 0.29496309)
Data Point: (0.54555948; 0.28994763)
Data Point: (0.78475997; 0.28034645)
Data Point: (1.1288379; 0.2630193)
Data Point: (1.6237767; 0.23482907)
Data Point: (2.3357215; 0.19582209)
Data Point: (3.3598183; 0.15214559)
Data Point: (4.8329302; 0.1128315)
Data Point: (6.951928; 0.082926402)
Data Point: (10; 0.062139446)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Saturated Water Content: 0.3
Sample Material: Sand
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum Suction: 10 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
LS
Model: Vol WC Data Point Function
Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
Compressibility: 0 /kPa
Saturated Water Content: 0.30000028
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Porosity: 0.30000028
Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
Data Point: (0; 0.3)
Data Point: (0.01; 0.29999621)
Data Point: (0.018329807; 0.29999025)
Data Point: (0.033598183; 0.29997486)
Data Point: (0.061584821; 0.29993496)
Data Point: (0.11288379; 0.29983146)
Data Point: (0.20691381; 0.29956292)
Data Point: (0.37926902; 0.29886732)
Data Point: (0.6951928; 0.29707538)
Data Point: (1.274275; 0.29252873)
Data Point: (2.3357215; 0.28143152)
Data Point: (4.2813324; 0.25674265)
Data Point: (7.8475997; 0.21156936)

Data Point: (14.384499; 0.15208505)
Data Point: (26.366509; 0.099183781)
Data Point: (48.329302; 0.06424964)
Data Point: (88.586679; 0.043755901)
Data Point: (162.37767; 0.031610992)
Data Point: (297.63514; 0.023966697)
Data Point: (545.55948; 0.018806995)
Data Point: (1'000; 0.015081481)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Saturated Water Content: 0.3
Sample Material: Silty Sand
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|--------|
| Point 1 | -50 m | 0 m |
| Point 2 | -50 m | -30 m |
| Point 3 | 50 m | -30 m |
| Point 4 | 50 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | -6 m |
| Point 6 | 50 m | -6 m |
| Point 7 | -50 m | -8 m |
| Point 8 | 50 m | -8 m |
| Point 9 | -50 m | -3.5 m |
| Point 10 | 50 m | -3.5 m |
| Point 11 | -13.45 m | 0 m |
| Point 12 | 13.45 m | 0 m |
| Point 13 | -6.25 m | 4.8 m |
| Point 14 | 6.25 m | 4.8 m |
| Point 15 | -11.95 m | 1 m |
| Point 16 | 11.95 m | 1 m |
| Point 17 | -10.45 m | 2 m |
| Point 18 | 10.45 m | 2 m |
| Point 19 | -8.95 m | 3 m |
| Point 20 | 8.95 m | 3 m |
| Point 21 | -4.75 m | 5.8 m |
| Point 22 | 4.75 m | 5.8 m |
| Point 23 | -50 m | -1 m |
| Point 24 | 50 m | -1 m |
| Point 25 | -14.45 m | -1 m |
| Point 26 | 14.45 m | -1 m |
| Point 27 | -14.45 m | 0 m |
| Point 28 | 14.45 m | 0 m |
| Point 29 | 0.047685 m | -1 m |
| Point 30 | -0.010185 m | -3.5 m |
| Point 31 | 0.012963 m | 4.8 m |
| Point 32 | -0.027225 m | 3 m |
| Point 33 | -0.027225 m | 2 m |
| Point 34 | -0.007131 m | 1 m |
| Point 35 | 0.012963 m | 0 m |

Lines

| | Start Point | End Point | Stress/Strain Boundary | Length | Angle | Hydraulic Boundary |
|--------|-------------|-----------|------------------------|--------|-------|--------------------|
| Line 1 | 2 | 3 | Fixed XY | 100 m | 0 ° | |

| | | | | | | |
|---------|----|----|---------|----------|---------|----------|
| Line 2 | 3 | 8 | Fixed X | 22 m | 90 ° | |
| Line 3 | 8 | 7 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 4 | 7 | 2 | Fixed X | 22 m | 90 ° | |
| Line 5 | 5 | 7 | Fixed X | 2 m | 90 ° | |
| Line 6 | 8 | 6 | Fixed X | 2 m | 90 ° | |
| Line 7 | 6 | 5 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 8 | 5 | 9 | Fixed X | 2.5 m | 90 ° | |
| Line 9 | 10 | 6 | Fixed X | 2.5 m | 90 ° | |
| Line 10 | 12 | 16 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 11 | 15 | 11 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 12 | 15 | 17 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 13 | 18 | 16 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 14 | 17 | 19 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 15 | 20 | 18 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 16 | 19 | 13 | | 3.245 m | 33.7 ° | |
| Line 17 | 14 | 20 | | 3.245 m | -33.7 ° | |
| Line 18 | 9 | 23 | Fixed X | 2.5 m | 90 ° | |
| Line 19 | 23 | 25 | | 35.55 m | 0 ° | |
| Line 20 | 26 | 24 | | 35.55 m | 0 ° | |
| Line 21 | 24 | 10 | Fixed X | 2.5 m | 90 ° | |
| Line 22 | 23 | 1 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 23 | 1 | 27 | | 35.55 m | 0 ° | |
| Line 24 | 27 | 25 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 25 | 27 | 11 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 26 | 12 | 28 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 27 | 28 | 26 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 28 | 28 | 4 | | 35.55 m | 0 ° | |
| Line 29 | 4 | 24 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 30 | 25 | 29 | | 14.498 m | 0 ° | |
| Line 31 | 29 | 26 | | 14.402 m | 0 ° | |
| Line 32 | 9 | 30 | | 49.99 m | 0 ° | Drainage |
| Line 33 | 30 | 10 | | 50.01 m | 0 ° | Drainage |
| Line 34 | 29 | 30 | | 2.5007 m | 88.7 ° | |
| Line 35 | 13 | 31 | | 6.263 m | 0 ° | |
| Line 36 | 31 | 14 | | 6.237 m | 0 ° | |
| Line 37 | 19 | 32 | | 8.9228 m | 0 ° | |
| Line 38 | 32 | 20 | | 8.9772 m | 0 ° | |
| Line 39 | 31 | 32 | | 1.8004 m | 88.7 ° | |
| Line 40 | 17 | 33 | | 10.423 m | 0 ° | |
| Line 41 | 33 | 18 | | 10.477 m | 0 ° | |
| Line 42 | 32 | 33 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 43 | 16 | 34 | | 11.957 m | 0 ° | |
| Line 44 | 34 | 15 | | 11.943 m | 0 ° | |
| Line 45 | 33 | 34 | | 1.0002 m | -88.8 ° | |
| Line 46 | 12 | 35 | | 13.437 m | 0 ° | |
| Line 47 | 35 | 11 | | 13.463 m | 0 ° | |
| Line 48 | 34 | 35 | | 1.0002 m | -88.8 ° | |
| Line 49 | 35 | 29 | | 1.0006 m | -88 ° | |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|-------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 2;3;8;7 | 2'200 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 5;7;8;6 | 200 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 5;9;30;10;6 | 250 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 11;35;34;15 | 12.703 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;17;33;34 | 11.183 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 17;19;32;33 | 9.6728 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 19;13;31;32 | 13.667 m ² |

| | | | |
|-----------|----------|----------------|-----------------------|
| Region 8 | All_Ls | 9;23;25;29;30 | 125.05 m ² |
| Region 9 | All_Ls | 23;1;27;25 | 35.55 m ² |
| Region 10 | Bonifica | 27;11;35;29;25 | 14.48 m ² |
| Region 11 | All_Ls | 28;4;24;26 | 35.55 m ² |
| Region 12 | All_Ls | 26;24;10;30;29 | 124.95 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 14;20;32;31 | 13.693 m ² |
| Region 14 | Rilevato | 20;18;33;32 | 9.7272 m ² |
| Region 15 | Rilevato | 18;16;34;33 | 11.217 m ² |
| Region 16 | Rilevato | 12;16;34;35 | 12.697 m ² |
| Region 17 | Bonifica | 12;28;26;29;35 | 14.42 m ² |

Mesh Properties
Global Element Size: 1 m

Analysis Settings

Consolidation
Kind: SIGMA/W

Parent: Rilevato - 3° strato
Analysis Type: Consolidation

Settings

Initial Stress and PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 3° strato [Step 10]

Reset displacements and strains: No

Reset state variables: No

Water Settings

Initial PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 3° strato [Step 10]

Maximum Number of Iterations: 500

Maximum Difference: 0.005

Significant Digits: 2

Under-Relaxation Criteria

Initial Rate: 1

Minimum Rate: 0.1

Rate Reduction Factor: 0.65

Reduction Frequency (iterations): 10

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³

Bulk Modulus of Pore-Fluid: 2'083'333.3 kPa

Convergence

Maximum Number of Iterations: 300

Convergence Scheme: Unbalanced Energy

Tolerable Error: 1e-05

Tolerable Error for Stress Update: 0.005

Steps

Starting Time: 92 d

Duration: 2'000 d

of Steps: 20

Step Generation Method: Linear

Time Increment: 100 d

Save Steps Every: 1

Materials

All_Gs

Stress

Stress Material Model: Hyperbolic

Initial Void Ratio: 0.5

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Response Type: Drained

Effective Elastic Modulus: 70'000 kPa

Effective Poisson's Ratio: 0.3

K_{ur} / K_L: 1

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 36 °

Rf: 0.9

K₀ Type: Calculated

K₀: 0.4122

Hydraulic

Hydraulic Material Model: Saturated Only

Sat Kx: 0.000175 m/sec

K_y/K_x Ratio: 1

Rotation: 0 °

Volumetric Water Content: 0.05

Compressibility: 0 /kPa

No change in water pressures due to volumetric strain: No

All_Ls

Stress

Stress Material Model: Modified Cam Clay

Initial Void Ratio: 0.6
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 2.7
Lambda: 0.069
Kappa: 0.013
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 28 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.113
K0 Type: Calculated
K0: 0.8717
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: LS
K-Function: LS
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ma
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 1.75
Lambda: 0.052
Kappa: 0.022
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 29 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.157
K0 Type: Calculated
K0: 0.6815
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 1e-08 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.17
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Rilevato
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes
Bonifica
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 0.0001 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.01
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes

Boundary Conditions
Fixed X
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Fixed X/Y
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Y-Type: Y-Displacement 0 m
Drainage
Category: Hydraulic
Kind: Water Flux 0 m/sec
Review: Yes
Water K Functions
sand
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 0.0001)
Data Point: (0.01; 9.9493209e-05)
Data Point: (0.014384499; 9.9237901e-05)
Data Point: (0.020691381; 9.8855072e-05)
Data Point: (0.029763514; 9.8279522e-05)
Data Point: (0.042813324; 9.7416521e-05)
Data Point: (0.061584821; 9.6123803e-05)
Data Point: (0.088586679; 9.4192538e-05)
Data Point: (0.1274275; 9.1319505e-05)
Data Point: (0.18329807; 8.7076948e-05)
Data Point: (0.26366509; 8.0893608e-05)
Data Point: (0.37926902; 7.2093365e-05)
Data Point: (0.54555948; 6.0104264e-05)
Data Point: (0.78475997; 4.5027298e-05)
Data Point: (1.1288379; 2.8570487e-05)
Data Point: (1.6237767; 1.4307316e-05)
Data Point: (2.3357215; 5.3756476e-06)
Data Point: (3.3598183; 1.5275697e-06)
Data Point: (4.8329302; 3.5047302e-07)
Data Point: (6.951928; 7.0359452e-08)
Data Point: (10; 1.3137841e-08)
Estimation Properties
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: sand
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Maximum Suction: 10 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
LS
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 2e-05 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 2e-05)
Data Point: (0.01; 1.9970333e-05)
Data Point: (0.018329807; 1.994234e-05)
Data Point: (0.033598183; 1.9887757e-05)
Data Point: (0.061584821; 1.9781768e-05)
Data Point: (0.11288379; 1.9576135e-05)
Data Point: (0.20691381; 1.9178195e-05)
Data Point: (0.37926902; 1.8413543e-05)
Data Point: (0.6951928; 1.6967144e-05)
Data Point: (1.274275; 1.4338793e-05)
Data Point: (2.3357215; 1.005083e-05)
Data Point: (4.2813324; 4.748912e-06)
Data Point: (7.8475997; 1.137534e-06)
Data Point: (14.384499; 1.3008598e-07)
Data Point: (26.366509; 9.4607205e-09)
Data Point: (48.329302; 5.76468e-10)
Data Point: (88.586679; 3.3225615e-11)
Data Point: (162.37767; 1.8844462e-12)
Data Point: (297.63514; 1.0639285e-13)
Data Point: (545.55948; 5.999076e-15)

Data Point: (1'000; 3.3814286e-16)
 Estimation Properties
 Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
 Volume Water Content Function: LS
 Saturated Kx: 2e-05 m/sec
 Maximum Suction: 1'000 kPa
 Minimum Suction: 0.01 kPa
 Num. Points: 20
 Vol. Water Content Functions
 sand
 Model: Vol WC Data Point Function
 Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
 Compressibility: 0.0005 /kPa
 Saturated Water Content: 0.30000252
 Curve Fit to Data: 100 %
 Segment Curvature: 100 %
 Porosity: 0.30000252
 Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
 Data Point: (0; 0.3)
 Data Point: (0.01; 0.2999957)
 Data Point: (0.014384499; 0.29999133)
 Data Point: (0.020691381; 0.29998247)
 Data Point: (0.029763514; 0.29996447)
 Data Point: (0.042813324; 0.29992786)
 Data Point: (0.061584821; 0.29985338)
 Data Point: (0.088586679; 0.29970183)
 Data Point: (0.1274275; 0.29939364)
 Data Point: (0.18329807; 0.29876795)
 Data Point: (0.26366509; 0.29750249)
 Data Point: (0.37926902; 0.29496309)
 Data Point: (0.54555948; 0.28994763)
 Data Point: (0.78475997; 0.28034645)
 Data Point: (1.1288379; 0.2630193)
 Data Point: (1.6237767; 0.23482907)
 Data Point: (2.3357215; 0.19582209)
 Data Point: (3.3598183; 0.15214559)
 Data Point: (4.8329302; 0.1128315)
 Data Point: (6.951928; 0.082926402)
 Data Point: (10; 0.062139446)
 Estimation Properties
 Vol. WC Estimation Method: Sample functions
 Saturated Water Content: 0.3
 Sample Material: Sand
 Liquid Limit: 0 %
 Diameter at 10% passing: 0
 Diameter at 60% passing: 0
 Maximum Suction: 10 kPa
 Minimum Suction: 0.01 kPa
 Num. Points: 20
 LS
 Model: Vol WC Data Point Function
 Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
 Compressibility: 0 /kPa
 Saturated Water Content: 0.30000028
 Curve Fit to Data: 100 %
 Segment Curvature: 100 %
 Porosity: 0.30000028
 Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
 Data Point: (0; 0.3)
 Data Point: (0.01; 0.29999621)
 Data Point: (0.018329807; 0.29999025)
 Data Point: (0.033598183; 0.29997486)
 Data Point: (0.061584821; 0.29993496)
 Data Point: (0.11288379; 0.29983146)
 Data Point: (0.20691381; 0.29956292)
 Data Point: (0.37926902; 0.29886732)
 Data Point: (0.6951928; 0.29707538)
 Data Point: (1.274275; 0.29252873)
 Data Point: (2.3357215; 0.28143152)
 Data Point: (4.2813324; 0.25674265)
 Data Point: (7.8475997; 0.21156936)
 Data Point: (14.384499; 0.15208505)
 Data Point: (26.366509; 0.099183781)
 Data Point: (48.329302; 0.06424964)
 Data Point: (88.586679; 0.043755901)

Data Point: (162.37767; 0.031610992)
Data Point: (297.63514; 0.023966697)
Data Point: (545.55948; 0.018806995)
Data Point: (1'000; 0.015081481)

Estimation Properties

Vol. WC Estimation Method: Sample functions

Saturated Water Content: 0.3

Sample Material: Silty Sand

Liquid Limit: 0 %

Diameter at 10% passing: 0

Diameter at 60% passing: 0

Maximum Suction: 1'000 kPa

Minimum Suction: 0.01 kPa

Num. Points: 20

Geometry

Name: 2D Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Points

| | X | Y |
|----------|-------------|-------|
| Point 1 | -11.2 m | 0 m |
| Point 2 | -6.25 m | 3.3 m |
| Point 3 | 6.25 m | 3.3 m |
| Point 4 | 11.2 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | 0 m |
| Point 6 | -50 m | -30 m |
| Point 7 | 50 m | -30 m |
| Point 8 | 50 m | 0 m |
| Point 9 | -50 m | -8 m |
| Point 10 | 50 m | -8 m |
| Point 11 | -50 m | -10 m |
| Point 12 | 50 m | -10 m |
| Point 13 | -9.7 m | 1 m |
| Point 14 | 9.7 m | 1 m |
| Point 15 | -8.2 m | 2 m |
| Point 16 | 8.2 m | 2 m |
| Point 17 | -50 m | -1 m |
| Point 18 | 50 m | -1 m |
| Point 19 | -4.75 m | 4.3 m |
| Point 20 | 4.75 m | 4.3 m |
| Point 21 | -12.2 m | -1 m |
| Point 22 | 12.2 m | -1 m |
| Point 23 | -0.003782 m | 3.3 m |
| Point 24 | -0.003782 m | 2 m |
| Point 25 | 0.012963 m | 1 m |
| Point 26 | -0.003782 m | 0 m |
| Point 27 | -12.2 m | 0 m |
| Point 28 | 12.2 m | 0 m |
| Point 29 | -0.004092 m | -1 m |

Lines

| | Start Point | End Point | Stress/Strain Boundary | Length | Angle | Hydraulic Boundary |
|---------|-------------|-----------|------------------------|----------|---------|--------------------|
| Line 1 | 6 | 7 | Fixed XY | 100 m | 0 ° | |
| Line 2 | 7 | 12 | Fixed X | 20 m | 90 ° | |
| Line 3 | 12 | 11 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 4 | 11 | 6 | Fixed X | 20 m | 90 ° | |
| Line 5 | 9 | 11 | Fixed X | 2 m | 90 ° | |
| Line 6 | 12 | 10 | Fixed X | 2 m | 90 ° | |
| Line 7 | 10 | 9 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 8 | 1 | 13 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 9 | 14 | 4 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 10 | 13 | 15 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |

| | | | | | | |
|---------|----|----|---------|----------|---------|----------|
| Line 11 | 16 | 14 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 12 | 15 | 2 | | 2.3436 m | 33.7 ° | |
| Line 13 | 3 | 16 | | 2.3436 m | -33.7 ° | |
| Line 14 | 9 | 17 | Fixed X | 7 m | 90 ° | |
| Line 15 | 18 | 10 | Fixed X | 7 m | 90 ° | |
| Line 16 | 21 | 17 | | 37.8 m | 0 ° | Drainage |
| Line 17 | 18 | 22 | | 37.8 m | 0 ° | Drainage |
| Line 18 | 2 | 23 | | 6.2462 m | 0 ° | |
| Line 19 | 23 | 3 | | 6.2538 m | 0 ° | |
| Line 20 | 15 | 24 | | 8.1962 m | 0 ° | |
| Line 21 | 24 | 16 | | 8.2038 m | 0 ° | |
| Line 22 | 23 | 24 | | 1.3 m | 90 ° | |
| Line 23 | 13 | 25 | | 9.713 m | 0 ° | |
| Line 24 | 25 | 14 | | 9.687 m | 0 ° | |
| Line 25 | 24 | 25 | | 1.0001 m | -89 ° | |
| Line 26 | 4 | 26 | | 11.204 m | 0 ° | |
| Line 27 | 26 | 1 | | 11.196 m | 0 ° | |
| Line 28 | 25 | 26 | | 1.0001 m | 89 ° | |
| Line 29 | 5 | 17 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 30 | 21 | 27 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 31 | 27 | 5 | | 37.8 m | 0 ° | |
| Line 32 | 27 | 1 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 33 | 4 | 28 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 34 | 28 | 22 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 35 | 28 | 8 | | 37.8 m | 0 ° | |
| Line 36 | 8 | 18 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 37 | 22 | 29 | | 12.204 m | 0 ° | Drainage |
| Line 38 | 29 | 21 | | 12.196 m | 0 ° | Drainage |
| Line 39 | 26 | 29 | | 1 m | 90 ° | |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|---------------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 6;7;12;11 | 2'000 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 9;11;12;10 | 200 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 1;13;25;26 | 10.455 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 13;15;24;25 | 8.9546 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;2;23;24 | 9.3876 m ² |
| Region 6 | All_Ls | 9;10;18;22;29;21;17 | 700 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 3;16;24;23 | 9.3974 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 16;14;25;24 | 8.9454 m ² |
| Region 9 | Rilevato | 14;4;26;25 | 10.445 m ² |
| Region 10 | All_Ls | 5;17;21;27 | 37.8 m ² |
| Region 11 | Bonifica | 27;1;26;29;21 | 12.196 m ² |
| | | | |
| Region 12 | All_Ls | 28;8;18;22 | 37.8 m ² |
| Region 13 | Bonifica | 4;28;22;29;26 | 12.204 m ² |

Mesh Properties

Global Element Size: 1 m

Analysis Settings

Consolidazione

Kind: SIGMA/W

Parent: Rilevato - 5° strato

Analysis Type: Consolidation

Settings

Initial Stress and PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 5° strato [(last)]

Reset displacements and strains: No

Reset state variables: No

Water Settings

Initial PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 5° strato [(last)]

Maximum Number of Iterations: 500

Maximum Difference: 0.005

Significant Digits: 2

Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 10
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Bulk Modulus of Pore-Fluid: 2'083'333.3 kPa
Convergence
Maximum Number of Iterations: 300
Convergence Scheme: Unbalanced Energy
Tolerable Error: 1e-05
Tolerable Error for Stress Update: 0.005
Steps
Starting Time: 152 d
Duration: 2'000 d
of Steps: 10
Step Generation Method: Linear
Time Increment: 200 d
Save Steps Every: 1
Materials
All_Gs
Stress
Stress Material Model: Hyperbolic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 70'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Kur / Kl: 1
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Rf: 0.9
K0 Type: Calculated
K0: 0.4122
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
All_Ls
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.6
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 2.7
Lambda: 0.069
Kappa: 0.013
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 28 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.113
K0 Type: Calculated
K0: 0.8717
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 2e-05 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.2
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ma
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 1.75
Lambda: 0.052
Kappa: 0.022
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 29 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.157

K0 Type: Calculated
K0: 0.6815
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 1e-08 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.17
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Rilevato
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Specified
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes
Bonifica
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Boundary Conditions
Fixed X
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Fixed XY
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Y-Type: Y-Displacement 0 m
Drainage
Category: Hydraulic
Kind: Water Flux 0 m/sec
Review: Yes
Water K Functions
sand
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 0.0001)
Data Point: (0.01; 9.9289491e-05)
Data Point: (0.018329807; 9.865514e-05)
Data Point: (0.033598183; 9.7452891e-05)
Data Point: (0.061584821; 9.5190159e-05)
Data Point: (0.11288379; 9.096137e-05)
Data Point: (0.20691381; 8.3191197e-05)
Data Point: (0.37926902; 6.9520611e-05)
Data Point: (0.6951928; 4.7996752e-05)
Data Point: (1.274275; 2.2386275e-05)
Data Point: (2.3357215; 5.4061948e-06)

Data Point: (4.2813324; 6.4511126e-07)
 Data Point: (7.8475997; 4.9895204e-08)
 Data Point: (14.384499; 3.2449945e-09)
 Data Point: (26.366509; 1.9958412e-10)
 Data Point: (48.329302; 1.2073163e-11)
 Data Point: (88.586679; 7.2680045e-13)
 Data Point: (162.37767; 4.3692273e-14)
 Data Point: (297.63514; 2.6255461e-15)
 Data Point: (545.55948; 1.577555e-16)
 Data Point: (1'000; 9.4783986e-18)
 Estimation Properties
 Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
 Volume Water Content Function: sand
 Saturated Kx: 0.0001 m/sec
 Maximum Suction: 1'000 kPa
 Minimum Suction: 0.01 kPa
 Num. Points: 20
 Vol. Water Content Functions
 sand
 Model: Vol WC Data Point Function
 Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
 Compressibility: 0/kPa
 Saturated Water Content: 0.30000095
 Curve Fit to Data: 100 %
 Segment Curvature: 100 %
 Porosity: 0.30000095
 Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
 Data Point: (0; 0.3)
 Data Point: (0.01; 0.2999957)
 Data Point: (0.018329807; 0.29998614)
 Data Point: (0.033598183; 0.29995502)
 Data Point: (0.061584821; 0.29985338)
 Data Point: (0.11288379; 0.29952138)
 Data Point: (0.20691381; 0.29844017)
 Data Point: (0.37926902; 0.29496309)
 Data Point: (0.6951928; 0.28423228)
 Data Point: (1.274275; 0.25493375)
 Data Point: (2.3357215; 0.19582209)
 Data Point: (4.2813324; 0.12500967)
 Data Point: (7.8475997; 0.075092297)
 Data Point: (14.384499; 0.048030859)
 Data Point: (26.366509; 0.033478772)
 Data Point: (48.329302; 0.024980313)
 Data Point: (88.586679; 0.019566021)
 Data Point: (162.37767; 0.01585711)
 Data Point: (297.63514; 0.013158861)
 Data Point: (545.55948; 0.01108768)
 Data Point: (1'000; 0.0094138301)
 Estimation Properties
 Vol. WC Estimation Method: Sample functions
 Saturated Water Content: 0.3
 Sample Material: Sand
 Liquid Limit: 0 %
 Diameter at 10% passing: 0
 Diameter at 60% passing: 0
 Maximum Suction: 1'000 kPa
 Minimum Suction: 0.01 kPa
 Num. Points: 20
 Geometry
 Name: 2D Geometry
 Settings
 View: 2D
 Element Thickness: 1 m
 Points

| | X | Y |
|---------|----------|-------|
| Point 1 | -6.25 m | 5.2 m |
| Point 2 | 6.25 m | 5.2 m |
| Point 3 | -14.05 m | 0 m |
| Point 4 | 14.05 m | 0 m |
| Point 5 | -12.55 m | 1 m |
| Point 6 | 12.55 m | 1 m |
| Point 7 | -11.05 m | 2 m |

| | | |
|----------|----------|-------|
| Point 8 | 11.05 m | 2 m |
| Point 9 | -9.55 m | 3 m |
| Point 10 | 9.55 m | 3 m |
| Point 11 | -8.05 m | 4 m |
| Point 12 | 8.05 m | 4 m |
| Point 13 | -50 m | 0 m |
| Point 14 | -50 m | -30 m |
| Point 15 | 50 m | -30 m |
| Point 16 | 50 m | 0 m |
| Point 17 | -50 m | -3 m |
| Point 18 | 50 m | -3 m |
| Point 19 | -50 m | -5 m |
| Point 20 | 50 m | -5 m |
| Point 21 | -50 m | -8 m |
| Point 22 | 50 m | -8 m |
| Point 23 | -50 m | -2 m |
| Point 24 | 50 m | -2 m |
| Point 25 | -50 m | -1 m |
| Point 26 | 50 m | -1 m |
| Point 27 | -15.05 m | 0 m |
| Point 28 | -15.05 m | -1 m |
| Point 29 | 15.05 m | 0 m |
| Point 30 | 15.05 m | -1 m |

Lines

| | Start Point | End Point | Stress/Strain Boundary | Length | Angle | Hydraulic Boundary |
|---------|-------------|-----------|------------------------|----------|---------|--------------------|
| Line 1 | 21 | 14 | Fixed X | 22 m | 90 ° | |
| Line 2 | 14 | 15 | Fixed XY | 100 m | 0 ° | |
| Line 3 | 15 | 22 | Fixed X | 22 m | 90 ° | |
| Line 4 | 22 | 21 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 5 | 19 | 21 | Fixed X | 3 m | 90 ° | |
| Line 6 | 22 | 20 | Fixed X | 3 m | 90 ° | |
| Line 7 | 20 | 19 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 8 | 17 | 19 | Fixed X | 2 m | 90 ° | |
| Line 9 | 20 | 18 | Fixed X | 2 m | 90 ° | |
| Line 10 | 18 | 17 | | 100 m | 0 ° | |
| Line 11 | 23 | 17 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 12 | 18 | 24 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 13 | 24 | 23 | | 100 m | 0 ° | Drainage |
| Line 14 | 4 | 3 | | 28.1 m | 0 ° | |
| Line 15 | 4 | 6 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 16 | 6 | 5 | | 25.1 m | 0 ° | |
| Line 17 | 5 | 3 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 18 | 10 | 9 | | 19.1 m | 0 ° | |
| Line 19 | 9 | 7 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 20 | 9 | 11 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 21 | 11 | 12 | | 16.1 m | 0 ° | |
| Line 22 | 12 | 10 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 23 | 8 | 7 | | 22.1 m | 0 ° | |
| Line 24 | 8 | 10 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |
| Line 25 | 11 | 1 | | 2.1633 m | 33.7 ° | |
| Line 26 | 1 | 2 | | 12.5 m | 0 ° | |
| Line 27 | 2 | 12 | | 2.1633 m | -33.7 ° | |
| Line 28 | 13 | 27 | | 34.95 m | 0 ° | |
| Line 29 | 27 | 28 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 30 | 28 | 25 | | 34.95 m | 0 ° | |
| Line 31 | 25 | 13 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 32 | 28 | 30 | | 30.1 m | 0 ° | |

| | | | | | | |
|---------|----|----|---------|----------|---------|--|
| Line 33 | 30 | 26 | | 34.95 m | 0 ° | |
| Line 34 | 26 | 24 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 35 | 23 | 25 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 36 | 27 | 3 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 37 | 4 | 29 | | 1 m | 0 ° | |
| Line 38 | 29 | 30 | | 1 m | 90 ° | |
| Line 39 | 29 | 16 | | 34.95 m | 0 ° | |
| Line 40 | 16 | 26 | Fixed X | 1 m | 90 ° | |
| Line 41 | 5 | 7 | | 1.8028 m | 33.7 ° | |
| Line 42 | 8 | 6 | | 1.8028 m | -33.7 ° | |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|-------------------|----------------------|
| Region 1 | Ma | 21;14;15;22 | 2'200 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 19;21;22;20 | 300 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 17;19;20;18 | 200 m ² |
| Region 4 | All_Gs | 23;17;18;24 | 100 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 3;4;6;5 | 26.6 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 7;8;10;9 | 20.6 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 9;11;12;10 | 17.6 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 11;1;2;12 | 17.16 m ² |
| Region 9 | All_Gs | 13;27;28;25 | 34.95 m ² |
| Region 10 | All_Gs | 25;28;30;26;24;23 | 100 m ² |
| Region 11 | Bonifica | 27;3;4;29;30;28 | 30.1 m ² |
| Region 12 | All_Gs | 29;16;26;30 | 34.95 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 5;7;8;6 | 23.6 m ² |

Mesh Properties

Global Element Size: 1 m

Analysis Settings

Consolidazione

Kind: SIGMA/W

Parent: Rilevato - 8° strato

Analysis Type: Consolidation

Settings

Initial Stress and PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 8° strato [Step 10]

Reset displacements and strains: No

Reset state variables: No

Water Settings

Initial PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 8° strato [Step 10]

Maximum Number of Iterations: 500

Maximum Difference: 0.005

Significant Digits: 2

Under-Relaxation Criteria

Initial Rate: 1

Minimum Rate: 0.1

Rate Reduction Factor: 0.65

Reduction Frequency (iterations): 10

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³

Bulk Modulus of Pore-Fluid: 2'083'333.3 kPa

Convergence

Maximum Number of Iterations: 300

Convergence Scheme: Unbalanced Energy

Tolerable Error: 1e-05

Tolerable Error for Stress Update: 0.005

Steps

Starting Time: 300 d

Duration: 40'000 d

of Steps: 30

Step Generation Method: Linear

Time Increment: 1'333.3333 d

Save Steps Every: 1

Materials

All_Gs

Stress

Stress Material Model: Mohr-Coulomb Hardening/Softening

Initial Void Ratio: 0.5

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Response Type: Drained

Effective Elastic Modulus: 70'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Dilation Angle: 0 °
K0 Type: Calculated
K0: 0.4122
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
All_Ls
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.6
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 2.7
Lambda: 0.069
Kappa: 0.013
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 28 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.113
K0 Type: Calculated
K0: 0.8717
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: LS
K-Function: LS
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ma
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 1.75
Lambda: 0.052
Kappa: 0.022
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 29 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.157
K0 Type: Calculated
K0: 0.6815
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 5e-06 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 0.1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.17
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Rilevato
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.3
Unit Weight: 19 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Calculated
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes
Boundary Conditions

Fixed X
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Fixed XY
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Y-Type: Y-Displacement 0 m
Zero Pressure
Category: Hydraulic
Kind: Water Pressure Head 0 m
Water K Functions
sand
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 0.0001)
Data Point: (0.01; 9.9517711e-05)
Data Point: (0.018329807; 9.9044747e-05)
Data Point: (0.033598183; 9.8105931e-05)
Data Point: (0.061584821; 9.6254019e-05)
Data Point: (0.11288379; 9.2622039e-05)
Data Point: (0.20691381; 8.5603634e-05)
Data Point: (0.37926902; 7.2578564e-05)
Data Point: (0.6951928; 5.0887549e-05)
Data Point: (1.274275; 2.3755203e-05)
Data Point: (2.3357215; 5.4753019e-06)
Data Point: (4.2813324; 5.9073373e-07)
Data Point: (7.8475997; 4.0529738e-08)
Data Point: (14.384499; 2.3412015e-09)
Data Point: (26.366509; 1.2831001e-10)
Data Point: (48.329302; 6.9279525e-12)
Data Point: (88.586679; 3.7251955e-13)
Data Point: (162.37767; 2.0007754e-14)
Data Point: (297.63514; 1.0742642e-15)
Data Point: (545.55948; 5.7674837e-17)
Data Point: (1'000; 3.0963592e-18)
Estimation Properties
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: sand
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
LS
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 2e-05 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 2e-05)
Data Point: (0.01; 1.9970333e-05)
Data Point: (0.018329807; 1.994234e-05)
Data Point: (0.033598183; 1.9887757e-05)
Data Point: (0.061584821; 1.9781768e-05)
Data Point: (0.11288379; 1.9576135e-05)
Data Point: (0.20691381; 1.9178195e-05)
Data Point: (0.37926902; 1.8413543e-05)
Data Point: (0.6951928; 1.6967144e-05)
Data Point: (1.274275; 1.4338793e-05)
Data Point: (2.3357215; 1.005083e-05)
Data Point: (4.2813324; 4.748912e-06)
Data Point: (7.8475997; 1.137534e-06)
Data Point: (14.384499; 1.3008598e-07)
Data Point: (26.366509; 9.4607205e-09)
Data Point: (48.329302; 5.76468e-10)
Data Point: (88.586679; 3.3225615e-11)
Data Point: (162.37767; 1.8844462e-12)
Data Point: (297.63514; 1.0639285e-13)
Data Point: (545.55948; 5.999076e-15)
Data Point: (1'000; 3.3814286e-16)
Estimation Properties

Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: LS
Saturated Kx: 2e-05 m/sec
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Vol. Water Content Functions
sand
Model: Vol WC Data Point Function
Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
Compressibility: 0.0005 /kPa
Saturated Water Content: 0.30000259
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Porosity: 0.30000259
Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
Data Point: (0; 0.3)
Data Point: (0.01; 0.2999957)
Data Point: (0.018329807; 0.29998614)
Data Point: (0.033598183; 0.29995502)
Data Point: (0.061584821; 0.29985338)
Data Point: (0.11288379; 0.29952138)
Data Point: (0.20691381; 0.29844017)
Data Point: (0.37926902; 0.29496309)
Data Point: (0.6951928; 0.28423228)
Data Point: (1.274275; 0.25493375)
Data Point: (2.3357215; 0.19582209)
Data Point: (4.2813324; 0.12500967)
Data Point: (7.8475997; 0.075092297)
Data Point: (14.384499; 0.048030859)
Data Point: (26.366509; 0.033478772)
Data Point: (48.329302; 0.024980313)
Data Point: (88.586679; 0.019566021)
Data Point: (162.37767; 0.01585711)
Data Point: (297.63514; 0.013158861)
Data Point: (545.55948; 0.01108768)
Data Point: (1'000; 0.0094138301)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Saturated Water Content: 0.3
Sample Material: Sand
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
LS
Model: Vol WC Data Point Function
Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
Compressibility: 0 /kPa
Saturated Water Content: 0.30000028
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Porosity: 0.30000028
Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
Data Point: (0; 0.3)
Data Point: (0.01; 0.29999621)
Data Point: (0.018329807; 0.29999025)
Data Point: (0.033598183; 0.29997486)
Data Point: (0.061584821; 0.29993496)
Data Point: (0.11288379; 0.29983146)
Data Point: (0.20691381; 0.29956292)
Data Point: (0.37926902; 0.29886732)
Data Point: (0.6951928; 0.29707538)
Data Point: (1.274275; 0.29252873)
Data Point: (2.3357215; 0.28143152)
Data Point: (4.2813324; 0.25674265)
Data Point: (7.8475997; 0.21156936)
Data Point: (14.384499; 0.15208505)
Data Point: (26.366509; 0.099183781)
Data Point: (48.329302; 0.06424964)
Data Point: (88.586679; 0.043755901)
Data Point: (162.37767; 0.031610992)
Data Point: (297.63514; 0.023966697)

Data Point: (545.55948; 0.018806995)
Data Point: (1'000; 0.015081481)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Saturated Water Content: 0.3
Sample Material: Silty Sand
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|------------|----------|
| Point 1 | -8.6824 m | 6.6338 m |
| Point 2 | 6.3464 m | 7.3812 m |
| Point 3 | 14.0724 m | 2.228 m |
| Point 4 | 16.0724 m | 2.228 m |
| Point 5 | -17.0305 m | 1.0656 m |
| Point 6 | 17.8152 m | 1.0656 m |
| Point 7 | -15.5305 m | 2.0656 m |
| Point 8 | -14.0305 m | 3.0656 m |
| Point 9 | -12.5305 m | 4.0656 m |
| Point 10 | -11.0305 m | 5.0656 m |
| Point 11 | -9.5305 m | 6.0656 m |
| Point 12 | 12.8167 m | 3.0656 m |
| Point 13 | 11.3167 m | 4.0656 m |
| Point 14 | 9.8167 m | 5.0656 m |
| Point 15 | 8.3167 m | 6.0656 m |
| Point 16 | 21.0724 m | -1.122 m |
| Point 17 | -20.3 m | -1.122 m |
| Point 18 | -18.8 m | -0.122 m |
| Point 19 | 19.5724 m | -0.122 m |
| Point 20 | -50 m | 0.45 m |
| Point 21 | 50 m | -2.6 m |
| Point 22 | -50 m | -1.05 m |
| Point 23 | -50 m | -5.55 m |
| Point 24 | -50 m | -9.55 m |
| Point 25 | -50 m | -30 m |
| Point 26 | 50 m | -4.1 m |
| Point 27 | 50 m | -8.6 m |
| Point 28 | 50 m | -12.6 m |
| Point 29 | 50 m | -30 m |
| Point 30 | -7.2 m | 7.7 m |
| Point 31 | 4.9 m | 8.3 m |

Lines

| | Start Point | End Point | Length | Angle | Stress/Strain Boundary | Hydraulic Boundary |
|---------|-------------|-----------|----------|---------|------------------------|--------------------|
| Line 1 | 5 | 6 | 34.846 m | 0 ° | | |
| Line 2 | 8 | 12 | 26.847 m | 0 ° | | |
| Line 3 | 8 | 9 | 1.8028 m | 33.7 ° | | |
| Line 4 | 9 | 13 | 23.847 m | 0 ° | | |
| Line 5 | 13 | 12 | 1.8028 m | -33.7 ° | | |
| Line 6 | 9 | 10 | 1.8028 m | 33.7 ° | | |
| Line 7 | 10 | 14 | 20.847 m | 0 ° | | |
| Line 8 | 14 | 13 | 1.8028 m | -33.7 ° | | |
| Line 9 | 10 | 11 | 1.8028 m | 33.7 ° | | |
| Line 10 | 11 | 15 | 17.847 m | 0 ° | | |

| | | | | | | |
|---------|----|----|----------|---------|----------|---------------|
| Line 11 | 15 | 14 | 1.8028 m | -33.7 ° | | |
| Line 12 | 11 | 1 | 1.0208 m | 33.8 ° | | |
| Line 13 | 1 | 2 | 15.047 m | 2.85 ° | | |
| Line 14 | 2 | 15 | 2.3692 m | -33.7 ° | | |
| Line 15 | 5 | 7 | 1.8028 m | 33.7 ° | | |
| Line 16 | 7 | 3 | 29.603 m | 0.314 ° | | |
| Line 17 | 3 | 4 | 2 m | 0 ° | | |
| Line 18 | 4 | 6 | 2.0949 m | -33.7 ° | | |
| Line 19 | 7 | 8 | 1.8028 m | 33.7 ° | | |
| Line 20 | 12 | 3 | 1.5094 m | -33.7 ° | | |
| Line 21 | 17 | 18 | 1.8028 m | 33.7 ° | | |
| Line 22 | 18 | 19 | 38.372 m | 0 ° | | |
| Line 23 | 19 | 16 | 1.8028 m | -33.7 ° | | |
| Line 24 | 16 | 17 | 41.372 m | 0 ° | | |
| Line 25 | 18 | 5 | 2.1311 m | 33.9 ° | | |
| Line 26 | 6 | 19 | 2.1209 m | -34.1 ° | | |
| Line 27 | 25 | 29 | 100 m | 0 ° | Fixed XY | |
| Line 28 | 29 | 28 | 17.4 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 29 | 28 | 24 | 100.05 m | -1.75 ° | | |
| Line 30 | 24 | 25 | 20.45 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 31 | 23 | 24 | 4 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 32 | 28 | 27 | 4 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 33 | 27 | 23 | 100.05 m | -1.75 ° | | Zero Pressure |
| Line 34 | 22 | 23 | 4.5 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 35 | 27 | 26 | 4.5 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 36 | 26 | 22 | 100.05 m | -1.75 ° | | |
| Line 37 | 20 | 22 | 1.5 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 38 | 26 | 21 | 1.5 m | 90 ° | Fixed X | |
| Line 39 | 21 | 16 | 28.965 m | -2.92 ° | | |
| Line 40 | 17 | 20 | 29.742 m | -3.03 ° | | |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|-------------------|------------------------|
| Region 1 | Rilevato | 8;9;13;12 | 25.347 m ² |
| Region 2 | Rilevato | 9;10;14;13 | 22.347 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 10;11;15;14 | 19.347 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 11;1;2;15 | 15.693 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 5;7;3;4;6 | 36.094 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 7;8;12;3 | 25.923 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 17;18;19;16 | 39.872 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 18;5;6;19 | 43.477 m ² |
| Region 9 | Ma | 25;29;28;24 | 1'892.5 m ² |
| Region 10 | All_Gs | 23;24;28;27 | 400 m ² |
| Region 11 | All_Gs | 22;23;27;26 | 450 m ² |
| Region 12 | All_Ls | 20;22;26;21;16;17 | 147.27 m ² |

Mesh Properties

Global Element Size: 1 m

Analysis Settings

Consolidazione

Kind: SIGMA/W

Parent: Rilevato - 5° strato

Analysis Type: Consolidation

Settings

Initial Stress and PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 5° strato [(last)]

Reset displacements and strains: No

Reset state variables: No

Water Settings

Initial PWP Conditions from Parent Analysis: Rilevato - 5° strato [(last)]

Maximum Number of Iterations: 500

Maximum Difference: 0.005

Significant Digits: 2

Under-Relaxation Criteria

Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 10
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Bulk Modulus of Pore-Fluid: 2'083'333.3 kPa
Convergence
Maximum Number of Iterations: 300
Convergence Scheme: Unbalanced Energy
Tolerable Error: 1e-05
Tolerable Error for Stress Update: 0.005
Steps
Starting Time: 150 d
Duration: 2'000 d
of Steps: 10
Step Generation Method: Linear
Time Increment: 200 d
Save Steps Every: 1
Materials
All_Gs
Stress
Stress Material Model: Hyperbolic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 70'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Kur / Kl: 1
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Rf: 0.9
K0 Type: Calculated
K0: 0.4122
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand
K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Ma
Stress
Stress Material Model: Modified Cam Clay
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Response Type: Drained
O.C. Ratio: 1.75
Lambda: 0.052
Kappa: 0.022
Effective Poisson's Ratio: 0.3
Effective Friction Angle: 29 °
Critical Stress Ratio in Compression M_c: 1.157
K0 Type: Calculated
K0: 0.6815
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated Only
Sat Kx: 1e-08 m/sec
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0 °
Volumetric Water Content: 0.17
Compressibility: 0 /kPa
No change in water pressures due to volumetric strain: No
Rilevato
Stress
Stress Material Model: Isotropic Elastic
Initial Void Ratio: 0.5
Unit Weight: 19 kN/m³
Response Type: Drained
Effective Elastic Modulus: 50'000 kPa
Effective Poisson's Ratio: 0.3
K0 Type: Specified
K0: 1
Hydraulic
Hydraulic Material Model: Saturated / Unsaturated
Vol. WC. Function: sand

K-Function: sand
Ky/Kx' Ratio: 1
Rotation: 0°
No change in water pressures due to volumetric strain: Yes
Boundary Conditions
Fixed X
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Fixed X/Y
Category: Stress/Strain
X-Type: X-Displacement 0 m
Y-Type: Y-Displacement 0 m
Water K Functions
sand
Model: Hyd K Data Point Function
Function: Water X-Conductivity vs. Water Pressure
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Data Points: Matric Suction (kPa), Water X-Conductivity (m/sec)
Data Point: (0; 0.0001)
Data Point: (0.01; 9.9289491e-05)
Data Point: (0.018329807; 9.865514e-05)
Data Point: (0.033598183; 9.7452891e-05)
Data Point: (0.061584821; 9.5190159e-05)
Data Point: (0.11288379; 9.096137e-05)
Data Point: (0.20691381; 8.3191197e-05)
Data Point: (0.37926902; 6.9520611e-05)
Data Point: (0.6951928; 4.7996752e-05)
Data Point: (1.274275; 2.2386275e-05)
Data Point: (2.3357215; 5.4061948e-06)
Data Point: (4.2813324; 6.4511126e-07)
Data Point: (7.8475997; 4.9895204e-08)
Data Point: (14.384499; 3.2449945e-09)
Data Point: (26.366509; 1.9958412e-10)
Data Point: (48.329302; 1.2073163e-11)
Data Point: (88.586679; 7.2680045e-13)
Data Point: (162.37767; 4.3692273e-14)
Data Point: (297.63514; 2.6255461e-15)
Data Point: (545.55948; 1.577555e-16)
Data Point: (1'000; 9.4783986e-18)
Estimation Properties
Hyd. K-Function Estimation Method: Van Genuchten Function
Volume Water Content Function: sand
Saturated Kx: 0.0001 m/sec
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Vol. Water Content Functions
sand
Model: Vol WC Data Point Function
Function: Volumetric Water Content vs. Water Pressure
Compressibility: 0 /kPa
Saturated Water Content: 0.30000095
Curve Fit to Data: 100 %
Segment Curvature: 100 %
Porosity: 0.30000095
Data Points: Matric Suction (kPa), Volumetric Water Content
Data Point: (0; 0.3)
Data Point: (0.01; 0.2999957)
Data Point: (0.018329807; 0.29998614)
Data Point: (0.033598183; 0.29995502)
Data Point: (0.061584821; 0.29985338)
Data Point: (0.11288379; 0.29952138)
Data Point: (0.20691381; 0.29844017)
Data Point: (0.37926902; 0.29496309)
Data Point: (0.6951928; 0.28423228)
Data Point: (1.274275; 0.25493375)
Data Point: (2.3357215; 0.19582209)
Data Point: (4.2813324; 0.12500967)
Data Point: (7.8475997; 0.075092297)
Data Point: (14.384499; 0.048030859)
Data Point: (26.366509; 0.033478772)
Data Point: (48.329302; 0.024980313)
Data Point: (88.586679; 0.019566021)

Data Point: (162.37767; 0.01585711)
Data Point: (297.63514; 0.013158861)
Data Point: (545.55948; 0.01108768)
Data Point: (1'000; 0.0094138301)
Estimation Properties
Vol. WC Estimation Method: Sample functions
Saturated Water Content: 0.3
Sample Material: Sand
Liquid Limit: 0 %
Diameter at 10% passing: 0
Diameter at 60% passing: 0
Maximum Suction: 1'000 kPa
Minimum Suction: 0.01 kPa
Num. Points: 20
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|------------|
| Point 1 | 50 m | 3.858 m |
| Point 2 | 29.2451 m | 3.858 m |
| Point 3 | 16.9067 m | 2.8627 m |
| Point 4 | 1.6122 m | 0.0403 m |
| Point 5 | 0 m | 0 m |
| Point 6 | -11.5293 m | 3.9459 m |
| Point 7 | -26.4232 m | 4.4941 m |
| Point 8 | -50 m | 4.4941 m |
| Point 9 | -50 m | -30 m |
| Point 10 | 50 m | -30 m |
| Point 11 | -50 m | -11 m |
| Point 12 | 50 m | -11 m |
| Point 13 | -50 m | -9 m |
| Point 14 | 50 m | -9 m |
| Point 15 | -9.3545 m | 3.2016 m |
| Point 16 | -7.2743 m | 4.5891 m |
| Point 17 | 5.4745 m | 5.2737 m |
| Point 18 | 10.7834 m | 1.7327 m |
| Point 19 | -3 m | 1.026757 m |
| Point 20 | 7 m | 1.034533 m |
| Point 21 | -5.843641 m | 2 m |
| Point 22 | 10.382646 m | 2 m |
| Point 23 | -8.765461 m | 3 m |
| Point 24 | 8.88338 m | 3 m |
| Point 25 | 7.384114 m | 4 m |
| Point 26 | -8.157504 m | 4 m |
| Point 27 | -5.7743 m | 5.6696 m |
| Point 28 | 3.9789 m | 6.1934 m |

Lines

| | Start Point | End Point | Length | Angle | Stress/Strain Boundary |
|---------|-------------|-----------|----------|---------|------------------------|
| Line 1 | 13 | 14 | 100 m | 0 ° | |
| Line 2 | 4 | 5 | 1.6127 m | 1.43 ° | |
| Line 3 | 13 | 11 | 2 m | 90 ° | Fixed X |
| Line 4 | 11 | 12 | 100 m | 0 ° | |
| Line 5 | 12 | 14 | 2 m | 90 ° | Fixed X |
| Line 6 | 11 | 9 | 19 m | 90 ° | Fixed X |
| Line 7 | 9 | 10 | 100 m | 0 ° | Fixed XY |
| Line 8 | 10 | 12 | 19 m | 90 ° | Fixed X |
| Line 9 | 16 | 17 | 12.767 m | 3.07 ° | |
| Line 10 | 5 | 19 | 3.1708 m | -18.9 ° | |
| Line 11 | 18 | 20 | 3.8473 m | 10.5 ° | |

| | | | | | |
|---------|----|----|-----------|----------|---------|
| Line 12 | 20 | 4 | 5.4788 m | 10.5 ° | |
| Line 13 | 20 | 19 | 10 m | 0.0446 ° | |
| Line 14 | 19 | 21 | 3.0056 m | -18.9 ° | |
| Line 15 | 22 | 18 | 0.48172 m | -33.7 ° | |
| Line 16 | 22 | 21 | 16.226 m | 0 ° | |
| Line 17 | 21 | 23 | 3.0882 m | -18.9 ° | |
| Line 18 | 23 | 15 | 0.62258 m | -18.9 ° | |
| Line 19 | 24 | 22 | 1.8022 m | -33.7 ° | |
| Line 20 | 24 | 23 | 17.649 m | 0 ° | |
| Line 21 | 17 | 25 | 2.2954 m | -33.7 ° | |
| Line 22 | 25 | 24 | 1.8022 m | -33.7 ° | |
| Line 23 | 15 | 26 | 1.4388 m | 33.7 ° | |
| Line 24 | 26 | 16 | 1.0616 m | 33.7 ° | |
| Line 25 | 25 | 26 | 15.542 m | 0 ° | |
| Line 26 | 7 | 6 | 14.904 m | -2.11 ° | |
| Line 27 | 6 | 15 | 2.2986 m | -18.9 ° | |
| Line 28 | 18 | 3 | 6.2267 m | 10.5 ° | |
| Line 29 | 3 | 2 | 12.378 m | 4.61 ° | |
| Line 30 | 2 | 1 | 20.755 m | 0 ° | |
| Line 31 | 1 | 14 | 12.858 m | 90 ° | Fixed X |
| Line 32 | 13 | 8 | 13.494 m | 90 ° | Fixed X |
| Line 33 | 8 | 7 | 23.577 m | 0 ° | |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|---|------------------------|
| Region 1 | All_Gs | 13;11;12;14 | 200 m ² |
| Region 2 | Ma | 11;9;10;12 | 1'900 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 19;5;4;20 | 5.8383 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 21;19;20;18;22 | 13.356 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 23;21;22;24 | 16.938 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 15;23;24;25;26 | 16.951 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 16;26;25;17 | 13.351 m ² |
| Region 8 | All_Gs | 7;6;15;23;21;19;5;4;20;18;3;2;1;14;13;8 | 1'235.3 m ² |

Mesh Properties

Global Element Size: 1 m

12.2 Tabulati analisi di Stabilità

Analysis Settings
Stabilità Globale - SLV
Kind: SLOPE/W
Parent: Consolidazione
Analysis Type: Morgenstern-Price
Settings
Side Function
Intercolumn force function option: Half-Sine
PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]
Limit State Design Approach: SLV
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Slip Surface
Direction of movement: Left to Right
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack Option: (none)
Distribution
ODF Calculation Option: Constant
Convergence
Geometry Settings
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
Number of Columns: 30
Overdesign Factor Convergence Settings
Maximum Number of Iterations: 100
Tolerable difference in ODF: 0.001
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 50
Solution Settings
Search Method: Root Finder
Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
Max Absolute Lambda: 2
Materials
All_Gs
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Phi-B: 0 °
All_Ls
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 7.5 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Ma
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Bonifica
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 20 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (0; 6.2) m

Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 6.2) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (25; 0) m
Right-Zone Right Coordinate: (50; 0) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0) m
Right Coordinate: (50; 0) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.112
Vert Seismic Coef.: -0.056
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|---------|-------|
| | -4.75 m | 7.2 m |
| | 4.75 m | 7.2 m |

Design Factor Set: SLV
Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1
Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|----------|--------|
| Point 1 | -50 m | 0 m |
| Point 2 | -50 m | -30 m |
| Point 3 | 50 m | -30 m |
| Point 4 | 50 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | -2 m |
| Point 6 | 50 m | -2 m |
| Point 7 | -50 m | -5.5 m |
| Point 8 | 50 m | -5.5 m |
| Point 9 | -50 m | -1 m |
| Point 10 | 50 m | -1 m |
| Point 11 | -6.25 m | 6.2 m |
| Point 12 | 6.25 m | 6.2 m |
| Point 13 | -15.55 m | 0 m |
| Point 14 | 15.55 m | 0 m |
| Point 15 | -14.05 m | 1 m |
| Point 16 | 14.05 m | 1 m |
| Point 17 | -12.55 m | 2 m |
| Point 18 | 12.55 m | 2 m |
| Point 19 | -11.05 m | 3 m |
| Point 20 | 11.05 m | 3 m |
| Point 21 | -9.55 m | 4 m |
| Point 22 | 9.55 m | 4 m |
| Point 23 | -8.05 m | 5 m |

| | | |
|----------|-------------|-------|
| Point 24 | 8.05 m | 5 m |
| Point 25 | -4.75 m | 7.2 m |
| Point 26 | 4.75 m | 7.2 m |
| Point 27 | -16.55 m | -1 m |
| Point 28 | 16.55 m | -1 m |
| Point 29 | -0.019597 m | 6.2 m |
| Point 30 | -0.033551 m | 0 m |
| Point 31 | -0.022298 m | 5 m |
| Point 32 | -0.024548 m | 4 m |
| Point 33 | -0.026799 m | 3 m |
| Point 34 | -0.02905 m | 2 m |
| Point 35 | -0.0313 m | 1 m |
| Point 36 | 0.036111 m | -2 m |
| Point 37 | -3.5e-05 m | -1 m |
| Point 38 | 16.55 m | 0 m |
| Point 39 | -16.55 m | 0 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|-------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 2;7;8;3 | 2'450 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 7;5;36;6;8 | 350 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 5;36;37;27;9 | 50.018 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 13;30;35;15 | 14.768 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;17;34;35 | 13.27 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 17;19;33;34 | 11.772 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 19;21;32;33 | 10.274 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 21;23;31;32 | 8.7766 m ² |
| Region 9 | Rilevato | 23;11;29;31 | 8.5549 m ² |
| Region 10 | Rilevato | 12;24;31;29 | 8.6051 m ² |
| Region 11 | Rilevato | 24;22;32;31 | 8.8234 m ² |
| Region 12 | Rilevato | 22;20;33;32 | 10.326 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 20;18;34;33 | 11.828 m ² |
| Region 14 | Rilevato | 18;16;35;34 | 13.33 m ² |
| Region 15 | Rilevato | 14;16;35;30 | 14.832 m ² |
| Region 16 | All_Ls | 6;10;28;37;36 | 49.982 m ² |
| Region 17 | All_Ls | 9;1;39;27 | 33.45 m ² |
| Region 18 | Bonifica | 39;27;37;28;38;14;30;13 | 33.1 m ² |
| Region 19 | All_Ls | 38;4;10;28 | 33.45 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1415 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 537

Overdesign Factor: 1.408

Degree of Utilization: 0.710

Volume: 69.294617 m³

Weight: 1'333.8771 kN

Resisting Moment: 12'416.726 kN-m

Activating Moment: 8'817.4309 kN-m

Resisting Force: 637.19157 kN

Activating Force: 452.37933 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (25; 0) m

Entry: (1.41; 6.2) m

Radius: 17.412027 m

Center: (16.363993; 15.11946) m

Slip Columns

Analysis Settings

Stabilità Rilevato - SLV

Kind: SLOPE/W

Parent: Consolidazione

Analysis Type: Morgenstern-Price

Settings

Side Function

Intercolumn force function option: Half-Sine

PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]
Limit State Design Approach: SLV
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Slip Surface
Direction of movement: Left to Right
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack Option: (none)
Distribution
ODF Calculation Option: Constant
Convergence
Geometry Settings
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
Number of Columns: 30
Overdesign Factor Convergence Settings
Maximum Number of Iterations: 100
Tolerable difference in ODF: 0.001
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 50
Solution Settings
Search Method: Root Finder
Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
Max Absolute Lambda: 2
Materials
All_Gs
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Phi-B: 0 °
All_Ls
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 7.5 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Ma
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Bonifica
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 20 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (0; 6.2) m
Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 6.2) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (16; 0) m
Right-Zone Right Coordinate: (25; 0) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0) m
Right Coordinate: (50; 0) m
Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.112
Vert Seismic Coef.: -0.056
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|---------|-------|
| | -4.75 m | 7.2 m |
| | 4.75 m | 7.2 m |

Design Factor Set: SLV
Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1
Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|--------|
| Point 1 | -50 m | 0 m |
| Point 2 | -50 m | -30 m |
| Point 3 | 50 m | -30 m |
| Point 4 | 50 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | -2 m |
| Point 6 | 50 m | -2 m |
| Point 7 | -50 m | -5.5 m |
| Point 8 | 50 m | -5.5 m |
| Point 9 | -50 m | -1 m |
| Point 10 | 50 m | -1 m |
| Point 11 | -6.25 m | 6.2 m |
| Point 12 | 6.25 m | 6.2 m |
| Point 13 | -15.55 m | 0 m |
| Point 14 | 15.55 m | 0 m |
| Point 15 | -14.05 m | 1 m |
| Point 16 | 14.05 m | 1 m |
| Point 17 | -12.55 m | 2 m |
| Point 18 | 12.55 m | 2 m |
| Point 19 | -11.05 m | 3 m |
| Point 20 | 11.05 m | 3 m |
| Point 21 | -9.55 m | 4 m |
| Point 22 | 9.55 m | 4 m |
| Point 23 | -8.05 m | 5 m |
| Point 24 | 8.05 m | 5 m |
| Point 25 | -4.75 m | 7.2 m |
| Point 26 | 4.75 m | 7.2 m |
| Point 27 | -16.55 m | -1 m |
| Point 28 | 16.55 m | -1 m |
| Point 29 | -0.019597 m | 6.2 m |
| Point 30 | -0.033551 m | 0 m |
| Point 31 | -0.022298 m | 5 m |
| Point 32 | -0.024548 m | 4 m |

| | | |
|----------|-------------|------|
| Point 33 | -0.026799 m | 3 m |
| Point 34 | -0.02905 m | 2 m |
| Point 35 | -0.0313 m | 1 m |
| Point 36 | 0.036111 m | -2 m |
| Point 37 | -3.5e-05 m | -1 m |
| Point 38 | 16.55 m | 0 m |
| Point 39 | -16.55 m | 0 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|-------------------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 2;7;8;3 | 2'450 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 7;5;36;6;8 | 350 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 5;36;37;27;9 | 50.018 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 13;30;35;15 | 14.768 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;17;34;35 | 13.27 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 17;19;33;34 | 11.772 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 19;21;32;33 | 10.274 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 21;23;31;32 | 8.7766 m ² |
| Region 9 | Rilevato | 23;11;29;31 | 8.5549 m ² |
| Region 10 | Rilevato | 12;24;31;29 | 8.6051 m ² |
| Region 11 | Rilevato | 24;22;32;31 | 8.8234 m ² |
| Region 12 | Rilevato | 22;20;33;32 | 10.326 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 20;18;34;33 | 11.828 m ² |
| Region 14 | Rilevato | 18;16;35;34 | 13.33 m ² |
| Region 15 | Rilevato | 14;16;35;30 | 14.832 m ² |
| Region 16 | All_Ls | 6;10;28;37;36 | 49.982 m ² |
| Region 17 | All_Ls | 9;1;39;27 | 33.45 m ² |
| Region 18 | Bonifica | 39;27;37;28;38;14;30;13 | 33.1 m ² |
| Region 19 | All_Ls | 38;4;10;28 | 33.45 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1321 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1'415

Overdesign Factor: 1.065

Degree of Utilization: 0.939

Volume: 22.307778 m³

Weight: 423.84925 kN

Resisting Moment: 3'424.8738 kN-m

Activating Moment: 3'216.9029 kN-m

Resisting Force: 209.93656 kN

Activating Force: 197.03596 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (16; 0) m

Entry: (3.76; 6.2) m

Radius: 14.480315 m

Center: (15.6423; 14.475896) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Stress | Normal | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|------------|------------|----------------|---------------|--------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | 3.993253 m | 5.883760 m | -67.509036 kPa | 5.1391633 kPa | | 3.2271977 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 4.459759 m | 5.283760 m | -61.624836 kPa | 10.730681 kPa | | 6.7384565 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 4.721506 m | 4.967274 m | -58.521059 kPa | 13.671822 kPa | | 8.5853804 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 4.973886 m | 4.690460 m | -55.806344 kPa | 13.97442 kPa | | 8.7754009 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | 5.421659 m | 4.223186 m | -51.223785 kPa | 18.39816 kPa | | 11.55334 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | 5.947772 m | 3.727408 m | -46.361689 kPa | 23.366625 kPa | | 14.673346 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | 6.530742 m | 3.227408 m | -41.458189 kPa | 26.985776 kPa | | 16.946034 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | 7.017903 m | 2.846913 m | -37.726678 kPa | 28.297122 kPa | | 17.769509 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-------|----------|
| Column 9 | 7.430742 m | 2.551677 m | -34.831294 kPa | 29.448641 kPa | 18.492619 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | 7.843581 m | 2.277558 m | -32.143008 kPa | 30.666639 kPa | 19.257475 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | 8.170843 m | 2.072794 m | -30.134892 kPa | 31.693346 kPa | 19.902208 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | 8.501405 m | 1.881095 m | -28.254901 kPa | 32.737425 kPa | 20.557849 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | 8.920843 m | 1.652267 m | -26.010783 kPa | 34.110166 kPa | 21.419878 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | 9.340281 m | 1.440951 m | -23.938402 kPa | 35.472844 kPa | 22.275588 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | 9.748317 m | 1.251172 m | -22.077241 kPa | 36.728263 kPa | 23.063943 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | 10.144951 m | 1.081393 m | -20.412221 kPa | 37.797427 kPa | 23.735337 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | 10.519951 m | 0.933172 m | -18.958619 kPa | 38.595476 kPa | 24.236481 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | 10.873317 m | 0.804711 m | -17.698802 kPa | 39.06346 kPa | 24.530357 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | 11.237500 m | 0.683198 m | -16.507127 kPa | 39.172551 kPa | 24.598862 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 20 | 11.612500 m | 0.568987 m | -15.387057 kPa | 38.806607 kPa | 24.369063 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 21 | 11.987500 m | 0.465743 m | -14.374537 kPa | 37.86887 kPa | 23.780201 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 22 | 12.362500 m | 0.373224 m | -13.467205 kPa | 36.297301 kPa | 22.793315 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 23 | 12.737500 m | 0.291221 m | -12.663 kPa | 34.061097 kPa | 21.389065 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 24 | 13.112500 m | 0.219551 m | -11.960141 kPa | 31.167752 kPa | 19.572155 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 25 | 13.487500 m | 0.158061 m | -11.357105 kPa | 27.665749 kPa | 17.373031 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 26 | 13.862500 m | 0.106619 m | -10.85261 kPa | 23.641788 kPa | 14.846137 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 27 | 14.255767 m | 0.063599 m | -10.430715 kPa | 18.985252 kPa | 11.922011 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 28 | 14.667300 m | 0.029915 m | -10.10038 kPa | 13.807922 kPa | 8.6708464 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 29 | 15.078834 m | 0.008014 m | -9.8855913 kPa | 8.4900576 kPa | 5.3314311 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 30 | 15.417300 m | -0.002062 m | -9.7867754 kPa | 5.2518545 kPa | 2.3270505 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 31 | 15.775000 m | -0.002062 m | -9.7867754 kPa | 1.6376512 kPa | 0.72562881 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |

Analysis Settings
 Stabilità Globale - SLV
 Kind: SLOPE/W
 Parent: Consolidation
 Analysis Type: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Intercolumn force function option: Half-Sine
 PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidation [(last)]
 Limit State Design Approach: SLV
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 ODF Calculation Option: Constant
 Convergence

Geometry Settings
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
Number of Columns: 30
Overdesign Factor Convergence Settings
Maximum Number of Iterations: 100
Tolerable difference in ODF: 0.001
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 50
Solution Settings
Search Method: Root Finder
Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
Max Absolute Lambda: 2
Materials
All_Gs
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Phi-B: 0 °
All_Ls
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 7.5 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Ma
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Bonifica
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 20 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (0; 4.8) m
Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 4.8) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (23; 0) m
Right-Zone Right Coordinate: (50; 0) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0) m
Right Coordinate: (50; 0) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.112
Vert Seismic Coef.: -0.056
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|---------|-------|
| | -4.75 m | 5.8 m |
| | 4.75 m | 5.8 m |

Design Factor Set: SLV

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1
Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|--------|
| Point 1 | -50 m | 0 m |
| Point 2 | -50 m | -30 m |
| Point 3 | 50 m | -30 m |
| Point 4 | 50 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | -6 m |
| Point 6 | 50 m | -6 m |
| Point 7 | -50 m | -8 m |
| Point 8 | 50 m | -8 m |
| Point 9 | -50 m | -3.5 m |
| Point 10 | 50 m | -3.5 m |
| Point 11 | -13.45 m | 0 m |
| Point 12 | 13.45 m | 0 m |
| Point 13 | -6.25 m | 4.8 m |
| Point 14 | 6.25 m | 4.8 m |
| Point 15 | -11.95 m | 1 m |
| Point 16 | 11.95 m | 1 m |
| Point 17 | -10.45 m | 2 m |
| Point 18 | 10.45 m | 2 m |
| Point 19 | -8.95 m | 3 m |
| Point 20 | 8.95 m | 3 m |
| Point 21 | -4.75 m | 5.8 m |
| Point 22 | 4.75 m | 5.8 m |
| Point 23 | -50 m | -1 m |
| Point 24 | 50 m | -1 m |
| Point 25 | -14.45 m | -1 m |
| Point 26 | 14.45 m | -1 m |
| Point 27 | -14.45 m | 0 m |
| Point 28 | 14.45 m | 0 m |
| Point 29 | 0.047685 m | -1 m |
| Point 30 | -0.010185 m | -3.5 m |
| Point 31 | 0.012963 m | 4.8 m |
| Point 32 | -0.027225 m | 3 m |
| Point 33 | -0.027225 m | 2 m |
| Point 34 | -0.007131 m | 1 m |
| Point 35 | 0.012963 m | 0 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|-------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 2;3;8;7 | 2'200 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 5;7;8;6 | 200 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 5;9;30;10;6 | 250 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 11;35;34;15 | 12.703 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;17;33;34 | 11.183 m ² |

| | | | |
|-----------|----------|----------------|-----------------------|
| Region 6 | Rilevato | 17;19;32;33 | 9.6728 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 19;13;31;32 | 13.667 m ² |
| Region 8 | All_Ls | 9;23;25;29;30 | 125.05 m ² |
| Region 9 | All_Ls | 23;1;27;25 | 35.55 m ² |
| Region 10 | Bonifica | 27;11;35;29;25 | 14.48 m ² |
| Region 11 | All_Ls | 28;4;24;26 | 35.55 m ² |
| Region 12 | All_Ls | 26;24;10;30;29 | 124.95 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 14;20;32;31 | 13.693 m ² |
| Region 14 | Rilevato | 20;18;33;32 | 9.7272 m ² |
| Region 15 | Rilevato | 18;16;34;33 | 11.217 m ² |
| Region 16 | Rilevato | 12;16;34;35 | 12.697 m ² |
| Region 17 | Bonifica | 12;28;26;29;35 | 14.42 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1479 of 1936 converged
Current Slip Surface
Slip Surface: 184
Overdesign Factor: 1.700
Degree of Utilization: 0.588
Volume: 60.04574 m³
Weight: 1'157.7616 kN
Resisting Moment: 11'724.347 kN-m
Activating Moment: 6'897.1807 kN-m
Resisting Force: 619.47564 kN
Activating Force: 364.39647 kN
Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces
Exit: (23; 0) m
Entry: (0.47; 4.8) m
Radius: 17.329268 m
Center: (14.432951; 15.063505) m
Slip Columns

Analysis Settings

Stabilità Rilevato - SLV
Kind: SLOPE/W
Parent: Consolidation
Analysis Type: Morgenstern-Price
Settings
Side Function
Intercolumn force function option: Half-Sine
PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidation [(last)]
Limit State Design Approach: SLV
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Slip Surface
Direction of movement: Left to Right
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack Option: (none)
Distribution
ODF Calculation Option: Constant
Convergence
Geometry Settings
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
Number of Columns: 30
Overdesign Factor Convergence Settings
Maximum Number of Iterations: 100
Tolerable difference in ODF: 0.001
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 50
Solution Settings
Search Method: Root Finder
Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
Max Absolute Lambda: 2
Materials
All_Gs

Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Phi-B: 0 °
All_Ls
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 7.5 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Ma
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Bonifica
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 20 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (0; 4.8) m
Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 4.8) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (14.5; 0) m
Right-Zone Right Coordinate: (25; 0) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0) m
Right Coordinate: (50; 0) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.112
Vert Seismic Coef.: -0.056
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|---------|-------|
| | -4.75 m | 5.8 m |
| | 4.75 m | 5.8 m |

Design Factor Set: SLV
Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1
Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|--------|
| Point 1 | -50 m | 0 m |
| Point 2 | -50 m | -30 m |
| Point 3 | 50 m | -30 m |
| Point 4 | 50 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | -6 m |
| Point 6 | 50 m | -6 m |
| Point 7 | -50 m | -8 m |
| Point 8 | 50 m | -8 m |
| Point 9 | -50 m | -3.5 m |
| Point 10 | 50 m | -3.5 m |
| Point 11 | -13.45 m | 0 m |
| Point 12 | 13.45 m | 0 m |
| Point 13 | -6.25 m | 4.8 m |
| Point 14 | 6.25 m | 4.8 m |
| Point 15 | -11.95 m | 1 m |
| Point 16 | 11.95 m | 1 m |
| Point 17 | -10.45 m | 2 m |
| Point 18 | 10.45 m | 2 m |
| Point 19 | -8.95 m | 3 m |
| Point 20 | 8.95 m | 3 m |
| Point 21 | -4.75 m | 5.8 m |
| Point 22 | 4.75 m | 5.8 m |
| Point 23 | -50 m | -1 m |
| Point 24 | 50 m | -1 m |
| Point 25 | -14.45 m | -1 m |
| Point 26 | 14.45 m | -1 m |
| Point 27 | -14.45 m | 0 m |
| Point 28 | 14.45 m | 0 m |
| Point 29 | 0.047685 m | -1 m |
| Point 30 | -0.010185 m | -3.5 m |
| Point 31 | 0.012963 m | 4.8 m |
| Point 32 | -0.027225 m | 3 m |
| Point 33 | -0.027225 m | 2 m |
| Point 34 | -0.007131 m | 1 m |
| Point 35 | 0.012963 m | 0 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|----------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 2;3;8;7 | 2'200 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 5;7;8;6 | 200 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 5;9;30;10;6 | 250 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 11;35;34;15 | 12.703 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;17;33;34 | 11.183 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 17;19;32;33 | 9.6728 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 19;13;31;32 | 13.667 m ² |
| Region 8 | All_Ls | 9;23;25;29;30 | 125.05 m ² |
| Region 9 | All_Ls | 23;1;27;25 | 35.55 m ² |
| Region 10 | Bonifica | 27;11;35;29;25 | 14.48 m ² |
| Region 11 | All_Ls | 28;4;24;26 | 35.55 m ² |
| Region 12 | All_Ls | 26;24;10;30;29 | 124.95 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 14;20;32;31 | 13.693 m ² |
| Region 14 | Rilevato | 20;18;33;32 | 9.7272 m ² |
| Region 15 | Rilevato | 18;16;34;33 | 11.217 m ² |
| Region 16 | Rilevato | 12;16;34;35 | 12.697 m ² |
| Region 17 | Bonifica | 12;28;26;29;35 | 14.42 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1395 of 1936 converged
Current Slip Surface

Slip Surface: 1'430
 Overdesign Factor: 1.223
 Degree of Utilization: 0.817
 Volume: 13.774783 m³
 Weight: 261.76358 kN
 Resisting Moment: 2'368.931 kN-m
 Activating Moment: 1'936.4543 kN-m
 Resisting Force: 150.36982 kN
 Activating Force: 122.90001 kN
 Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces
 Exit: (15.55; 0) m
 Entry: (3.76; 4.8) m
 Radius: 14.268254 m
 Center: (14.470201; 14.227337) m
 Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|-----------|-------------|------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | 3.925000 m | 4.618913 m | -79.622182 kPa | 4.5359196 kPa | 2.8483838 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 4.255000 m | 4.268578 m | -76.186442 kPa | 8.3952283 kPa | 5.2718819 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 4.585000 m | 3.940767 m | -72.971602 kPa | 11.972107 kPa | 7.5180246 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 4.978772 m | 3.578302 m | -69.416903 kPa | 13.342804 kPa | 8.3787697 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | 5.436317 m | 3.187199 m | -65.58136 kPa | 17.722102 kPa | 11.128802 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | 5.957545 m | 2.782473 m | -61.612209 kPa | 22.49258 kPa | 14.124479 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | 6.466652 m | 2.418112 m | -58.038924 kPa | 25.426262 kPa | 15.966719 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | 6.899957 m | 2.135639 m | -55.268715 kPa | 25.853675 kPa | 16.235118 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | 7.299948 m | 1.893417 m | -52.893239 kPa | 26.209308 kPa | 16.458442 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | 7.666626 m | 1.687363 m | -50.872468 kPa | 26.485358 kPa | 16.631791 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | 8.033304 m | 1.495203 m | -48.987952 kPa | 26.708513 kPa | 16.771923 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | 8.399983 m | 1.316315 m | -47.2336 kPa | 26.860622 kPa | 16.867442 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | 8.766661 m | 1.150154 m | -45.604062 kPa | 26.916567 kPa | 16.902573 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | 9.035187 m | 1.035096 m | -44.475686 kPa | 26.894452 kPa | 16.888686 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | 9.341979 m | 0.914635 m | -43.294328 kPa | 26.721671 kPa | 16.780186 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | 9.785187 m | 0.752223 m | -41.701554 kPa | 26.266433 kPa | 16.494314 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | 10.228396 m | 0.606166 m | -40.269168 kPa | 25.451057 kPa | 15.982289 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | 10.637500 m | 0.484863 m | -39.079549 kPa | 24.317103 kPa | 15.27021 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | 11.012500 m | 0.385732 m | -38.10737 kPa | 22.882958 kPa | 14.369621 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 20 | 11.387500 m | 0.297399 m | -37.241096 kPa | 21.03992 kPa | 13.212264 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 21 | 11.762500 m | 0.219662 m | -36.478721 kPa | 18.762221 kPa | 11.781956 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 22 | 12.130050 m | 0.153479 m | -35.829673 kPa | 16.102161 kPa | 10.111541 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 23 | 12.490151 m | 0.098309 m | -35.288617 kPa | 13.092477 kPa | 8.2215745 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 24 | 12.850251 m | 0.052500 m | -34.839367 kPa | 9.7153313 kPa | 6.1008561 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 25 | 13.210351 m | 0.015962 m | -34.481035 kPa | 6.0177799 kPa | 3.7789354 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-------|----------|
| Column 26 | 13.420201 m | -0.002199 m | -34.302935 kPa | 7.0901103 kPa | 3.1415654 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 27 | 13.616667 m | -0.014386 m | -34.183412 kPa | 6.4355303 kPa | 2.8515268 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 28 | 13.950000 m | -0.030456 m | -34.025818 kPa | 5.7538103 kPa | 2.5494627 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 29 | 14.283333 m | -0.038720 m | -33.944773 kPa | 4.805533 kPa | 2.1292893 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 30 | 14.633333 m | -0.038807 m | -33.943922 kPa | 2.4188682 kPa | 1.0717792 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 31 | 15.000000 m | -0.029898 m | -34.031294 kPa | 1.7310153 kPa | 0.76699765 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 32 | 15.366667 m | -0.011542 m | -34.211303 kPa | 0.86749981 kPa | 0.38438152 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |

Analysis Settings
 Stabilità Globale - SLV
 Kind: SLOPE/W
 Parent: Consolidation
 Analysis Type: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Intercolumn force function option: Half-Sine
 PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidation [(last)]
 Limit State Design Approach: SLV
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 ODF Calculation Option: Constant
 Convergence
 Geometry Settings
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
 Number of Columns: 30
 Overdesign Factor Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in ODF: 0.001
 Under-Relaxation Criteria
 Initial Rate: 1
 Minimum Rate: 0.1
 Rate Reduction Factor: 0.65
 Reduction Frequency (iterations): 50
 Solution Settings
 Search Method: Root Finder
 Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
 Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
 Max Absolute Lambda: 2
 Materials
 All_Gs
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 36 °
 Phi-B: 0 °
 All_Ls
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 7.5 kPa
 Effective Friction Angle: 28 °
 Phi-B: 0 °
 Ma
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 10 kPa
 Effective Friction Angle: 29 °
 Phi-B: 0 °
 Rilevato

Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Bonifica
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 20 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (0; 3.3) m
Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 3.3) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (25; 0) m
Right-Zone Right Coordinate: (50; 0) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0) m
Right Coordinate: (50; 0) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.092
Vert Seismic Coef.: -0.046
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|---------|-------|
| | -4.75 m | 4.3 m |
| | 4.75 m | 4.3 m |

Design Factor Set: SLV
Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1
Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|---------|-------|
| Point 1 | -11.2 m | 0 m |
| Point 2 | -6.25 m | 3.3 m |
| Point 3 | 6.25 m | 3.3 m |
| Point 4 | 11.2 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | 0 m |
| Point 6 | -50 m | -30 m |
| Point 7 | 50 m | -30 m |
| Point 8 | 50 m | 0 m |
| Point 9 | -50 m | -8 m |
| Point 10 | 50 m | -8 m |
| Point 11 | -50 m | -10 m |
| Point 12 | 50 m | -10 m |
| Point 13 | -9.7 m | 1 m |

| | | |
|----------|-------------|-------|
| Point 14 | 9.7 m | 1 m |
| Point 15 | -8.2 m | 2 m |
| Point 16 | 8.2 m | 2 m |
| Point 17 | -50 m | -1 m |
| Point 18 | 50 m | -1 m |
| Point 19 | -4.75 m | 4.3 m |
| Point 20 | 4.75 m | 4.3 m |
| Point 21 | -12.2 m | -1 m |
| Point 22 | 12.2 m | -1 m |
| Point 23 | -0.003782 m | 3.3 m |
| Point 24 | -0.003782 m | 2 m |
| Point 25 | 0.012963 m | 1 m |
| Point 26 | -0.003782 m | 0 m |
| Point 27 | -12.2 m | 0 m |
| Point 28 | 12.2 m | 0 m |
| Point 29 | -0.004092 m | -1 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|---------------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 6;7;12;11 | 2'000 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 9;11;12;10 | 200 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 1;13;25;26 | 10.455 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 13;15;24;25 | 8.9546 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;2;23;24 | 9.3876 m ² |
| Region 6 | All_Ls | 9;10;18;22;29;21;17 | 700 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 3;16;24;23 | 9.3974 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 16;14;25;24 | 8.9454 m ² |
| Region 9 | Rilevato | 14;4;26;25 | 10.445 m ² |
| Region 10 | All_Ls | 5;17;21;27 | 37.8 m ² |
| Region 11 | Bonifica | 27;1;26;29;21 | 12.196 m ² |
| Region 12 | All_Ls | 28;8;18;22 | 37.8 m ² |
| Region 13 | Bonifica | 4;28;22;29;26 | 12.204 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1540 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 9

Overdesign Factor: 2.057

Degree of Utilization: 0.486

Volume: 89.986572 m³

Weight: 1'746.8635 kN

Resisting Moment: 12'866.177 kN-m

Activating Moment: 6'256.2749 kN-m

Resisting Force: 696.18408 kN

Activating Force: 338.48514 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (25; 0) m

Entry: (0; 3.3) m

Radius: 16.497205 m

Center: (13.892252; 12.197365) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|------------|-------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | 0.462078 m | 2.650000 m | -35.79555 kPa | 10.820077 kPa | 6.7945941 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 1.350630 m | 1.500000 m | -24.5175 kPa | 25.876082 kPa | 16.249188 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 2.280805 m | 0.500000 m | -14.7105 kPa | 39.611024 kPa | 24.874206 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 3.388951 m | -0.500000 m | -4.9035 kPa | 52.624074 kPa | 23.317264 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 5 | 4.371699 m | -1.267485 m | 2.6232211 kPa | 68.745324 kPa | 29.298121 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 6 | 5.125000 m | -1.770349 m | 7.5548131 kPa | 74.4274 kPa | 29.630654 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 7 | 5.875000 m | -2.214342 m | 11.909052 kPa | 82.678538 kPa | 31.357336 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|----------|-------|--------|
| Column 8 | 6.737500 m | -2.657752 m | 16.257577 kPa | 86.341931 kPa | 31.05376 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 9 | 7.712500 m | -3.089621 m | 20.492914 kPa | 85.121173 kPa | 28.636212 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 10 | 8.575000 m | -3.414415 m | 23.678165 kPa | 83.168646 kPa | 26.359708 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 11 | 9.325000 m | -3.650211 m | 25.990623 kPa | 80.716714 kPa | 24.248649 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 12 | 10.075000 m | -3.847503 m | 27.925458 kPa | 77.589867 kPa | 22.005862 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 13 | 10.825000 m | -4.007698 m | 29.496497 kPa | 73.755065 kPa | 19.610581 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 14 | 11.700000 m | -4.145747 m | 30.85034 kPa | 74.117757 kPa | 19.171411 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 15 | 12.613968 m | -4.245000 m | 31.823713 kPa | 77.926837 kPa | 20.427888 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 16 | 13.441904 m | -4.288492 m | 32.250236 kPa | 81.080975 kPa | 21.63647 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 17 | 14.269841 m | -4.290320 m | 32.268164 kPa | 83.505138 kPa | 22.702652 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 18 | 15.097777 m | -4.250498 m | 31.877633 kPa | 85.098581 kPa | 23.581733 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 19 | 15.925713 m | -4.168722 m | 31.075655 kPa | 85.749246 kPa | 24.225387 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 20 | 16.753649 m | -4.044356 m | 29.855997 kPa | 85.339206 kPa | 24.584121 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 21 | 17.581586 m | -3.876409 m | 28.208939 kPa | 83.751029 kPa | 24.610211 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 22 | 18.409522 m | -3.663492 m | 26.120865 kPa | 80.874725 kPa | 24.260953 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 23 | 19.237458 m | -3.403759 m | 23.573663 kPa | 76.614708 kPa | 23.50202 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 24 | 20.065394 m | -3.094816 m | 20.54386 kPa | 70.896019 kPa | 22.310598 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 25 | 20.893330 m | -2.733597 m | 17.001387 kPa | 63.66897 kPa | 20.677995 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 26 | 21.721267 m | -2.316183 m | 12.907805 kPa | 54.911321 kPa | 18.611388 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 27 | 22.549203 m | -1.837535 m | 8.2137029 kPa | 44.627254 kPa | 16.134524 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 28 | 23.377139 m | -1.291096 m | 2.8547812 kPa | 32.842609 kPa | 13.287342 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 29 | 24.395554 m | -0.500000 m | -4.9035 kPa | 15.060875 kPa | 6.6733413 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |

Analysis Settings
 Stabilità Rilevato - SLU
 Kind: SLOPE/W
 Parent: Consolidation
 Analysis Type: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Intercolumn force function option: Half-Sine
 PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidation [(last)]
 Limit State Design Approach: SLU - A2+M2-R2
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 ODF Calculation Option: Constant
 Convergence
 Geometry Settings
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
 Number of Columns: 30
 Overdesign Factor Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in ODF: 0.001
 Under-Relaxation Criteria
 Initial Rate: 1
 Minimum Rate: 0.1
 Rate Reduction Factor: 0.65
 Reduction Frequency (iterations): 50
 Solution Settings
 Search Method: Root Finder
 Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
 Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
 Max Absolute Lambda: 2
 Materials
 All_Gs
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 36 °
 Phi-B: 0 °
 All_Ls
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 7.5 kPa
 Effective Friction Angle: 28 °
 Phi-B: 0 °
 Ma
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 10 kPa
 Effective Friction Angle: 29 °
 Phi-B: 0 °
 Rilevato
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 37 °
 Phi-B: 0 °
 Bonifica
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Effective Cohesion: 20 kPa
 Effective Friction Angle: 28 °
 Phi-B: 0 °
 Slip Surface Entry and Exit
 Left Type: Range
 Left-Zone Left Coordinate: (0; 3.3) m
 Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 3.3) m
 Left-Zone Increment: 10
 Right Type: Range
 Right-Zone Left Coordinate: (11.5; 0) m
 Right-Zone Right Coordinate: (25; 0) m
 Right-Zone Increment: 10
 Radius Increments: 20
 Slip Surface Limits
 Left Coordinate: (-50; 0) m
 Right Coordinate: (50; 0) m
 Surcharge Loads
 Surcharge Load 1
 Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
 Direction: Vertical
 Mode: Variable
 Coordinates

| | X | Y |
|--|---------|-------|
| | -4.75 m | 4.3 m |
| | 4.75 m | 4.3 m |

Design Factor Set: SLU - A2+M2-R2
 Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 1.3
 Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Effective Cohesion: 1.25
 Effective Coefficient of Friction: 1.25

Undrained Strength: 1.4
Shear Strength (Other Models): 1.25
Pullout Resistance: 1.1
Shear Force: 1.1
Tensile Strength: 1.1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 0
Earth Resistance: 1.1
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|-------|
| Point 1 | -11.2 m | 0 m |
| Point 2 | -6.25 m | 3.3 m |
| Point 3 | 6.25 m | 3.3 m |
| Point 4 | 11.2 m | 0 m |
| Point 5 | -50 m | 0 m |
| Point 6 | -50 m | -30 m |
| Point 7 | 50 m | -30 m |
| Point 8 | 50 m | 0 m |
| Point 9 | -50 m | -8 m |
| Point 10 | 50 m | -8 m |
| Point 11 | -50 m | -10 m |
| Point 12 | 50 m | -10 m |
| Point 13 | -9.7 m | 1 m |
| Point 14 | 9.7 m | 1 m |
| Point 15 | -8.2 m | 2 m |
| Point 16 | 8.2 m | 2 m |
| Point 17 | -50 m | -1 m |
| Point 18 | 50 m | -1 m |
| Point 19 | -4.75 m | 4.3 m |
| Point 20 | 4.75 m | 4.3 m |
| Point 21 | -12.2 m | -1 m |
| Point 22 | 12.2 m | -1 m |
| Point 23 | -0.003782 m | 3.3 m |
| Point 24 | -0.003782 m | 2 m |
| Point 25 | 0.012963 m | 1 m |
| Point 26 | -0.003782 m | 0 m |
| Point 27 | -12.2 m | 0 m |
| Point 28 | 12.2 m | 0 m |
| Point 29 | -0.004092 m | -1 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|---------------------|-----------------------|
| Region 1 | Ma | 6;7;12;11 | 2'000 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 9;11;12;10 | 200 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 1;13;25;26 | 10.455 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 13;15;24;25 | 8.9546 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 15;2;23;24 | 9.3876 m ² |
| Region 6 | All_Ls | 9;10;18;22;29;21;17 | 700 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 3;16;24;23 | 9.3974 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 16;14;25;24 | 8.9454 m ² |
| Region 9 | Rilevato | 14;4;26;25 | 10.445 m ² |
| Region 10 | All_Ls | 5;17;21;27 | 37.8 m ² |
| Region 11 | Bonifica | 27;1;26;29;21 | 12.196 m ² |
| Region 12 | All_Ls | 28;8;18;22 | 37.8 m ² |
| Region 13 | Bonifica | 4;28;22;29;26 | 12.204 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1979 of 2541 converged

Current Slip Surface
 Slip Surface: 2'087
 Overdesign Factor: 1.284
 Degree of Utilization: 0.779
 Volume: 7.8826457 m³
 Weight: 149.7721 kN
 Resisting Moment: 837.74541 kN-m
 Activating Moment: 652.55049 kN-m
 Resisting Force: 83.312853 kN
 Activating Force: 64.893517 kN
 Slip Rank: 1 of 2'541 slip surfaces
 Exit: (11.5; 0) m
 Entry: (4.23; 3.3) m
 Radius: 8.957048 m
 Center: (11.179208; 8.9513017) m
 Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Stress | Normal | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|-----------|-------------|------------|----------------|---------------|--------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | 4.360000 m | 3.147262 m | -40.672199 kPa | 18.649792 kPa | | 10.220819 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 4.620000 m | 2.854661 m | -37.802657 kPa | 21.765988 kPa | | 11.928617 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 4.880080 m | 2.586068 m | -35.168568 kPa | 7.7279599 kPa | | 4.2352258 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 5.140241 m | 2.338545 m | -32.741114 kPa | 10.804238 kPa | | 5.921147 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | 5.400401 m | 2.109876 m | -30.498554 kPa | 13.75671 kPa | | 7.5392178 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | 5.650401 m | 1.905894 m | -28.498105 kPa | 16.544577 kPa | | 9.0670785 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | 5.890241 m | 1.724031 m | -26.714567 kPa | 19.213322 kPa | | 10.529655 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | 6.130080 m | 1.554415 m | -25.051148 kPa | 21.916754 kPa | | 12.011243 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | 6.384239 m | 1.387459 m | -23.413811 kPa | 23.606078 kPa | | 12.937059 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | 6.652717 m | 1.223729 m | -21.808108 kPa | 24.227364 kPa | | 13.277548 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | 6.921196 m | 1.072549 m | -20.325483 kPa | 24.817791 kPa | | 13.601125 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | 7.169891 m | 0.942700 m | -19.052059 kPa | 25.32203 kPa | | 13.877468 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | 7.398804 m | 0.832108 m | -17.967479 kPa | 25.718618 kPa | | 14.094814 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | 7.627717 m | 0.729375 m | -16.959983 kPa | 26.029516 kPa | | 14.265198 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | 7.856630 m | 0.634211 m | -16.02671 kPa | 26.225709 kPa | | 14.372719 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | 8.085543 m | 0.546358 m | -15.165137 kPa | 26.274603 kPa | | 14.399515 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | 8.325000 m | 0.462202 m | -14.339816 kPa | 26.126503 kPa | | 14.318351 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | 8.575000 m | 0.382186 m | -13.555101 kPa | 25.718425 kPa | | 14.094708 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | 8.825000 m | 0.310143 m | -12.848571 kPa | 25.004548 kPa | | 13.703475 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 20 | 9.075000 m | 0.245874 m | -12.218283 kPa | 23.947633 kPa | | 13.124244 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 21 | 9.325000 m | 0.189207 m | -11.662558 kPa | 22.521724 kPa | | 12.34279 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 22 | 9.575000 m | 0.139998 m | -11.179956 kPa | 20.716378 kPa | | 11.35339 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 23 | 9.815842 m | 0.099398 m | -10.781794 kPa | 18.628842 kPa | | 10.209338 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 24 | 10.047525 m | 0.066800 m | -10.462111 kPa | 16.315059 kPa | | 8.9412936 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-------|----------|
| Column 25 | 10.279208 m | 0.040345 m | -10.202661 kPa | 13.741099 kPa | 7.5306623 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 26 | 10.510892 m | 0.019977 m | -10.002911 kPa | 10.954455 kPa | 6.0034719 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 27 | 10.742575 m | 0.005654 m | -9.8624506 kPa | 8.0101879 kPa | 4.3898978 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 28 | 11.029208 m | -0.002861 m | -9.7789412 kPa | 4.8624884 kPa | 1.8803134 kPa | 14.545455 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 29 | 11.350000 m | -0.002861 m | -9.7789412 kPa | 1.1501266 kPa | 0.44475139 kPa | 14.545455 kPa | 0 kPa | Bonifica |

Analysis Settings
 Stabilità Globale - SLV
 Kind: SLOPE/W
 Parent: Consolidazione
 Analysis Type: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Intercolumn force function option: Half-Sine
 PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]
 Limit State Design Approach: SLV
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 ODF Calculation Option: Constant
 Convergence
 Geometry Settings
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
 Number of Columns: 30
 Overdesign Factor Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in ODF: 0.001
 Under-Relaxation Criteria
 Initial Rate: 1
 Minimum Rate: 0.1
 Rate Reduction Factor: 0.65
 Reduction Frequency (iterations): 50
 Solution Settings
 Search Method: Root Finder
 Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
 Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
 Max Absolute Lambda: 2
 Materials
 All_Gs
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 36 °
 Phi-B: 0 °
 All_Ls
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 7.5 kPa
 Effective Friction Angle: 28 °
 Phi-B: 0 °
 Ma
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 10 kPa
 Effective Friction Angle: 29 °
 Phi-B: 0 °
 Rilevato
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 37 °

Phi-B: 0 °
Bonifica
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 20 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (0; 5.2) m
Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 5.2) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (25; 0) m
Right-Zone Right Coordinate: (50; 0) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0) m
Right Coordinate: (50; 0) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.092
Vert Seismic Coef.: -0.046
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|---------|-------|
| | -4.75 m | 6.2 m |
| | 4.75 m | 6.2 m |

Design Factor Set: SLV
Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1
Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|----------|-------|
| Point 1 | -6.25 m | 5.2 m |
| Point 2 | 6.25 m | 5.2 m |
| Point 3 | -14.05 m | 0 m |
| Point 4 | 14.05 m | 0 m |
| Point 5 | -12.55 m | 1 m |
| Point 6 | 12.55 m | 1 m |
| Point 7 | -11.05 m | 2 m |
| Point 8 | 11.05 m | 2 m |
| Point 9 | -9.55 m | 3 m |
| Point 10 | 9.55 m | 3 m |
| Point 11 | -8.05 m | 4 m |
| Point 12 | 8.05 m | 4 m |
| Point 13 | -50 m | 0 m |
| Point 14 | -50 m | -30 m |
| Point 15 | 50 m | -30 m |
| Point 16 | 50 m | 0 m |

| | | |
|----------|----------|------|
| Point 17 | -50 m | -3 m |
| Point 18 | 50 m | -3 m |
| Point 19 | -50 m | -5 m |
| Point 20 | 50 m | -5 m |
| Point 21 | -50 m | -8 m |
| Point 22 | 50 m | -8 m |
| Point 23 | -50 m | -2 m |
| Point 24 | 50 m | -2 m |
| Point 25 | -50 m | -1 m |
| Point 26 | 50 m | -1 m |
| Point 27 | -15.05 m | 0 m |
| Point 28 | -15.05 m | -1 m |
| Point 29 | 15.05 m | 0 m |
| Point 30 | 15.05 m | -1 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|-------------------|----------------------|
| Region 1 | Ma | 21;14;15;22 | 2'200 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 19;21;22;20 | 300 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 17;19;20;18 | 200 m ² |
| Region 4 | All_Gs | 23;17;18;24 | 100 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 3;4;6;5 | 26.6 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 7;8;10;9 | 20.6 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 9;11;12;10 | 17.6 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 11;1;2;12 | 17.16 m ² |
| Region 9 | All_Gs | 13;27;28;25 | 34.95 m ² |
| Region 10 | All_Gs | 25;28;30;26;24;23 | 100 m ² |
| Region 11 | Bonifica | 27;3;4;29;30;28 | 30.1 m ² |
| Region 12 | All_Gs | 29;16;26;30 | 34.95 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 5;7;8;6 | 23.6 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1454 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 180

Overdesign Factor: 1.545

Degree of Utilization: 0.647

Volume: 25.839415 m³

Weight: 492.61765 kN

Resisting Moment: 10'547.937 kN-m

Activating Moment: 6'827.9341 kN-m

Resisting Force: 285.31421 kN

Activating Force: 184.71 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (25; 0) m

Entry: (0.47; 5.2) m

Radius: 34.807212 m

Center: (19.468694; 34.364904) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|------------|------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | 0.965891 m | 4.888719 m | -41.799459 kPa | 7.5893886 kPa | 4.7658454 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 1.957674 m | 4.288719 m | -38.162278 kPa | 16.126433 kPa | 10.126783 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 2.934212 m | 3.740493 m | -35.609605 kPa | 23.983093 kPa | 15.060464 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 3.895506 m | 3.240493 m | -34.023629 kPa | 31.306253 kPa | 19.659128 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | 4.563077 m | 2.911418 m | -33.086862 kPa | 36.269387 kPa | 22.775786 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | 5.125000 m | 2.653218 m | -32.594565 kPa | 36.938828 kPa | 23.19617 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | 5.875000 m | 2.324499 m | -31.990683 kPa | 42.200665 kPa | 26.500402 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-------|----------|
| Column 8 | 6.455150 m | 2.082700 m | -31.683423 kPa | 44.16618 kPa | 27.73467 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | 7.007724 m | 1.866784 m | -31.179764 kPa | 42.280222 kPa | 26.55036 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | 7.702575 m | 1.608773 m | -30.455793 kPa | 39.721165 kPa | 24.943371 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | 8.425000 m | 1.358504 m | -29.659266 kPa | 36.78001 kPa | 23.096438 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | 9.175000 m | 1.116930 m | -28.795363 kPa | 33.399047 kPa | 20.973323 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | 9.925697 m | 0.893714 m | -27.4859 kPa | 29.636644 kPa | 18.610677 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | 10.675697 m | 0.688866 m | -25.874611 kPa | 25.460312 kPa | 15.988101 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | 11.425000 m | 0.502057 m | -24.295202 kPa | 20.831947 kPa | 13.081665 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | 12.175000 m | 0.332612 m | -22.783055 kPa | 15.708961 kPa | 9.8646262 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | 12.896847 m | 0.185553 m | -21.410739 kPa | 10.29439 kPa | 6.4644826 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | 13.590540 m | 0.059431 m | -20.193098 kPa | 4.6177114 kPa | 2.8997459 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | 13.993694 m | -0.008968 m | -19.52545 kPa | 3.8102957 kPa | 1.6883085 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 20 | 14.550000 m | -0.089317 m | -18.73792 kPa | 4.8399989 kPa | 2.1445609 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 21 | 15.464583 m | -0.208712 m | -17.567171 kPa | 4.3827056 kPa | 2.6535183 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 22 | 16.293750 m | -0.294703 m | -16.723843 kPa | 6.2159924 kPa | 3.7634857 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 23 | 17.122917 m | -0.360687 m | -16.076746 kPa | 7.6705012 kPa | 4.6441211 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 24 | 17.952083 m | -0.406775 m | -15.624757 kPa | 8.7140652 kPa | 5.2759491 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 25 | 18.781250 m | -0.433048 m | -15.3671 kPa | 9.3204842 kPa | 5.6431068 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 26 | 19.610417 m | -0.439550 m | -15.303334 kPa | 9.4724015 kPa | 5.7350854 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 27 | 20.439583 m | -0.426292 m | -15.433352 kPa | 9.1633569 kPa | 5.5479737 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 28 | 21.268750 m | -0.393252 m | -15.757374 kPa | 8.3986799 kPa | 5.0849984 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 29 | 22.097917 m | -0.340374 m | -16.275956 kPa | 7.1950441 kPa | 4.3562546 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 30 | 22.927083 m | -0.267565 m | -16.989988 kPa | 5.5787121 kPa | 3.377643 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 31 | 23.756250 m | -0.174701 m | -17.900708 kPa | 3.5827115 kPa | 2.1691602 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 32 | 24.585417 m | -0.061618 m | -19.009708 kPa | 1.2433475 kPa | 0.75278734 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |

Analysis Settings
Stabilità Rilevato - SLV
Kind: SLOPE/W
Parent: Consolidazione
Analysis Type: Morgenstern-Price
Settings
Side Function
Intercolumn force function option: Half-Sine
PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]
Limit State Design Approach: SLV
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Slip Surface
Direction of movement: Left to Right
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack Option: (none)
Distribution
ODF Calculation Option: Constant
Convergence
Geometry Settings
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
Number of Columns: 30
Overdesign Factor Convergence Settings
Maximum Number of Iterations: 100
Tolerable difference in ODF: 0.001
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 50
Solution Settings
Search Method: Root Finder
Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
Max Absolute Lambda: 2
Materials
All_Gs
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Phi-B: 0 °
All_Ls
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 7.5 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Ma
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Bonifica
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Effective Cohesion: 20 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (0; 5.2) m
Left-Zone Right Coordinate: (4.7; 5.2) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (14.5; 0) m
Right-Zone Right Coordinate: (25; 0) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0) m
Right Coordinate: (50; 0) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.092
Vert Seismic Coef.: -0.046
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | | |
|--|---------|-------|
| | X | Y |
| | -4.75 m | 6.2 m |
| | 4.75 m | 6.2 m |

Design Factor Set: SLV

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1

Effective Coefficient of Friction: 1

Undrained Strength: 1

Shear Strength (Other Models): 1

Pullout Resistance: 1

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.2

Geometry

Name: 2D Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Points

| | X | Y |
|----------|----------|-------|
| Point 1 | -6.25 m | 5.2 m |
| Point 2 | 6.25 m | 5.2 m |
| Point 3 | -14.05 m | 0 m |
| Point 4 | 14.05 m | 0 m |
| Point 5 | -12.55 m | 1 m |
| Point 6 | 12.55 m | 1 m |
| Point 7 | -11.05 m | 2 m |
| Point 8 | 11.05 m | 2 m |
| Point 9 | -9.55 m | 3 m |
| Point 10 | 9.55 m | 3 m |
| Point 11 | -8.05 m | 4 m |
| Point 12 | 8.05 m | 4 m |
| Point 13 | -50 m | 0 m |
| Point 14 | -50 m | -30 m |
| Point 15 | 50 m | -30 m |
| Point 16 | 50 m | 0 m |
| Point 17 | -50 m | -3 m |
| Point 18 | 50 m | -3 m |
| Point 19 | -50 m | -5 m |
| Point 20 | 50 m | -5 m |
| Point 21 | -50 m | -8 m |
| Point 22 | 50 m | -8 m |
| Point 23 | -50 m | -2 m |
| Point 24 | 50 m | -2 m |
| Point 25 | -50 m | -1 m |
| Point 26 | 50 m | -1 m |
| Point 27 | -15.05 m | 0 m |
| Point 28 | -15.05 m | -1 m |
| Point 29 | 15.05 m | 0 m |
| Point 30 | 15.05 m | -1 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|-------------|----------------------|
| Region 1 | Ma | 21;14;15;22 | 2'200 m ² |
| Region 2 | All_Gs | 19;21;22;20 | 300 m ² |
| Region 3 | All_Ls | 17;19;20;18 | 200 m ² |
| Region 4 | All_Gs | 23;17;18;24 | 100 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 3;4;6;5 | 26.6 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 7;8;10;9 | 20.6 m ² |

| | | | |
|-----------|----------|-------------------|----------------------|
| Region 7 | Rilevato | 9;11;12;10 | 17.6 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 11;1;2;12 | 17.16 m ² |
| Region 9 | All_Gs | 13;27;28;25 | 34.95 m ² |
| Region 10 | All_Gs | 25;28;30;26;24;23 | 100 m ² |
| Region 11 | Bonifica | 27;3;4;29;30;28 | 30.1 m ² |
| Region 12 | All_Gs | 29;16;26;30 | 34.95 m ² |
| Region 13 | Rilevato | 5;7;8;6 | 23.6 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1362 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1'591

Overdesign Factor: 1.117

Degree of Utilization: 0.895

Volume: 15.337706 m³

Weight: 291.41729 kN

Resisting Moment: 2'032.3325 kN-m

Activating Moment: 1'819.6089 kN-m

Resisting Force: 148.34286 kN

Activating Force: 132.77199 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (14.5; 0) m

Entry: (4.23; 5.2) m

Radius: 12.146755 m

Center: (14.196885; 12.142972) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|-----------|-------------|------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | 4.360000 m | 5.020457 m | -42.620754 kPa | 3.9680329 kPa | 2.4917727 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 4.620000 m | 4.674221 m | -40.662847 kPa | 7.3254128 kPa | 4.6000787 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 4.966901 m | 4.253764 m | -38.27737 kPa | 9.0942629 kPa | 5.7108489 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 5.353173 m | 3.820031 m | -36.38266 kPa | 13.305175 kPa | 8.3551405 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | 5.691915 m | 3.473898 m | -35.416202 kPa | 16.768995 kPa | 10.530287 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | 6.030657 m | 3.153867 m | -34.548482 kPa | 20.154561 kPa | 12.656292 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | 6.225014 m | 2.978266 m | -34.094069 kPa | 22.121963 kPa | 13.891745 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | 6.407974 m | 2.824489 m | -33.778277 kPa | 22.795295 kPa | 14.314572 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | 6.723921 m | 2.569138 m | -33.255716 kPa | 23.677856 kPa | 14.868787 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | 7.039868 m | 2.330606 m | -32.843674 kPa | 24.565791 kPa | 15.426376 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | 7.355815 m | 2.107691 m | -32.460087 kPa | 25.467032 kPa | 15.992321 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | 7.647842 m | 1.914172 m | -31.953798 kPa | 26.319215 kPa | 16.527459 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | 7.915947 m | 1.747351 m | -31.322707 kPa | 27.108499 kPa | 17.023099 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | 8.213978 m | 1.573536 m | -30.640665 kPa | 27.985561 kPa | 17.57386 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | 8.541934 m | 1.394444 m | -29.944856 kPa | 28.946786 kPa | 18.177473 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | 8.869889 m | 1.228144 m | -29.252784 kPa | 29.86772 kPa | 18.755785 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | 9.197845 m | 1.074057 m | -28.558148 kPa | 30.705536 kPa | 19.281901 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | 9.455911 m | 0.960111 m | -27.88766 kPa | 31.286752 kPa | 19.646882 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | 9.737500 m | 0.846207 m | -26.982564 kPa | 31.746028 kPa | 19.93529 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 20 | 10.112500 m | 0.705236 m | -25.843165 kPa | 32.096601 kPa | 20.155436 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|----------------|---------------|----------------|---------------|-------|----------|
| Column 21 | 10.487500 m | 0.578140 m | -24.79523 kPa | 32.014768 kPa | 20.104049 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 22 | 10.862500 m | 0.464466 m | -23.836529 kPa | 31.398531 kPa | 19.717075 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 23 | 11.237500 m | 0.363825 m | -22.961297 kPa | 30.163994 kPa | 18.941833 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 24 | 11.612500 m | 0.275884 m | -22.183679 kPa | 28.256988 kPa | 17.744307 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 25 | 11.987500 m | 0.200363 m | -21.503211 kPa | 25.662282 kPa | 16.114931 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 26 | 12.362500 m | 0.137027 m | -20.915478 kPa | 22.40878 kPa | 14.071856 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 27 | 12.717971 m | 0.087773 m | -20.453692 kPa | 18.78796 kPa | 11.798119 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 28 | 13.053913 m | 0.051289 m | -20.109868 kPa | 14.960129 kPa | 9.3943883 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 29 | 13.389856 m | 0.024226 m | -19.847645 kPa | 10.843471 kPa | 6.8092844 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 30 | 13.725798 m | 0.006520 m | -19.675949 kPa | 6.5443446 kPa | 4.1095978 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 31 | 13.971885 m | -0.001447 m | -19.599103 kPa | 4.4727878 kPa | 1.9818529 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |
| Column 32 | 14.275000 m | -0.001447 m | -19.599546 kPa | 1.7214434 kPa | 0.76275639 kPa | 16.666667 kPa | 0 kPa | Bonifica |

Analysis Settings
 Stabilità Globale - SLV
 Kind: SLOPE/W
 Parent: Consolidazione
 Analysis Type: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Intercolumn force function option: Half-Sine
 PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]
 Limit State Design Approach: SLV
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 Slip Surface
 Direction of movement: Right to Left
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 ODF Calculation Option: Constant
 Convergence
 Geometry Settings
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
 Number of Columns: 30
 Overdesign Factor Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in ODF: 0.001
 Under-Relaxation Criteria
 Initial Rate: 1
 Minimum Rate: 0.1
 Rate Reduction Factor: 0.65
 Reduction Frequency (iterations): 50
 Solution Settings
 Search Method: Root Finder
 Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
 Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
 Max Absolute Lambda: 2
 Materials
 All_Gs
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 36 °
 Phi-B: 0 °
 All_Ls

Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 7.5 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °

Ma

Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °

Rilevato

Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °

Slip Surface Entry and Exit

Left Type: Range

Left-Zone Left Coordinate: (-50; 0.45) m

Left-Zone Right Coordinate: (-30; -0.608586) m

Left-Zone Increment: 10

Right Type: Range

Right-Zone Left Coordinate: (-7.118223; 6.711588) m

Right-Zone Right Coordinate: (1.317929; 7.131128) m

Right-Zone Increment: 10

Radius Increments: 15

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-50; 0.45) m

Right Coordinate: (50; -2.6) m

Seismic Coefficients

Horz Seismic Coef.: 0.111

Vert Seismic Coef.: -0.055

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Mode: Variable

Coordinates

| | X | Y |
|--|--------|-------|
| | -7.2 m | 7.7 m |
| | 4.9 m | 8.3 m |

Design Factor Set: SLV

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1

Effective Coefficient of Friction: 1

Undrained Strength: 1

Shear Strength (Other Models): 1

Pullout Resistance: 1

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.2

Geometry

Name: 2D Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Points

| | X | Y |
|---------|------------|----------|
| Point 1 | -8.6824 m | 6.6338 m |
| Point 2 | 6.3464 m | 7.3812 m |
| Point 3 | 14.0724 m | 2.228 m |
| Point 4 | 16.0724 m | 2.228 m |
| Point 5 | -17.0305 m | 1.0656 m |
| Point 6 | 17.8152 m | 1.0656 m |
| Point 7 | -15.5305 m | 2.0656 m |
| Point 8 | -14.0305 m | 3.0656 m |

| | | |
|----------|------------|----------|
| Point 9 | -12.5305 m | 4.0656 m |
| Point 10 | -11.0305 m | 5.0656 m |
| Point 11 | -9.5305 m | 6.0656 m |
| Point 12 | 12.8167 m | 3.0656 m |
| Point 13 | 11.3167 m | 4.0656 m |
| Point 14 | 9.8167 m | 5.0656 m |
| Point 15 | 8.3167 m | 6.0656 m |
| Point 16 | 21.0724 m | -1.122 m |
| Point 17 | -20.3 m | -1.122 m |
| Point 18 | -18.8 m | -0.122 m |
| Point 19 | 19.5724 m | -0.122 m |
| Point 20 | -50 m | 0.45 m |
| Point 21 | 50 m | -2.6 m |
| Point 22 | -50 m | -1.05 m |
| Point 23 | -50 m | -5.55 m |
| Point 24 | -50 m | -9.55 m |
| Point 25 | -50 m | -30 m |
| Point 26 | 50 m | -4.1 m |
| Point 27 | 50 m | -8.6 m |
| Point 28 | 50 m | -12.6 m |
| Point 29 | 50 m | -30 m |
| Point 30 | -7.2 m | 7.7 m |
| Point 31 | 4.9 m | 8.3 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|-----------|----------|-------------------|------------------------|
| Region 1 | Rilevato | 8;9;13;12 | 25.347 m ² |
| Region 2 | Rilevato | 9;10;14;13 | 22.347 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 10;11;15;14 | 19.347 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 11;1;2;15 | 15.693 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 5;7;3;4;6 | 36.094 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 7;8;12;3 | 25.923 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 17;18;19;16 | 39.872 m ² |
| Region 8 | Rilevato | 18;5;6;19 | 43.477 m ² |
| Region 9 | Ma | 25;29;28;24 | 1'892.5 m ² |
| Region 10 | All_Gs | 23;24;28;27 | 400 m ² |
| Region 11 | All_Gs | 22;23;27;26 | 450 m ² |
| Region 12 | All_Ls | 20;22;26;21;16;17 | 147.27 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1357 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1'830

Overdesign Factor: 1.290

Degree of Utilization: 0.775

Volume: 41.129598 m³

Weight: 783.07719 kN

Resisting Moment: 13'420.205 kN-m

Activating Moment: 10'406.712 kN-m

Resisting Force: 442.45439 kN

Activating Force: 342.90712 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (-3.7437622; 6.8794043) m

Entry: (-30; -0.60858586) m

Radius: 27.644581 m

Center: (-23.464585; 26.252374) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|-------------|------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | -4.160698 m | 6.472502 m | -71.495519 kPa | 7.2595822 kPa | 4.5587396 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | -5.142153 m | 5.565600 m | -66.059621 kPa | 17.53823 kPa | 11.013337 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | -6.339875 m | 4.565600 m | -61.956038 kPa | 29.004325 kPa | 18.213605 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-------------|----------------|---------------|---------------|----------|-------|----------|
| Column 4 | -7.086538 m | 3.982157 m | -60.17867 kPa | 35.896704 kPa | 22.541755 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | -7.805734 m | 3.482157 m | -59.116244 kPa | 39.092733 kPa | 24.548739 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | -8.546934 m | 2.978771 m | -58.228728 kPa | 45.439038 kPa | 28.533976 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | -9.106450 m | 2.634150 m | -57.8512 kPa | 46.559446 kPa | 29.237549 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | -9.776615 m | 2.236087 m | -57.508959 kPa | 46.528412 kPa | 29.218061 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | -10.526615 m | 1.828890 m | -57.399582 kPa | 46.169778 kPa | 28.992853 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | -11.549972 m | 1.313782 m | -57.47725 kPa | 45.326128 kPa | 28.463073 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | -12.299972 m | 0.963825 m | -57.62245 kPa | 44.430463 kPa | 27.900629 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | -12.905500 m | 0.707044 m | -57.838496 kPa | 43.388718 kPa | 27.246453 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | -13.655500 m | 0.409701 m | -58.023818 kPa | 41.801898 kPa | 26.249991 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | -14.605828 m | 0.072681 m | -57.986016 kPa | 39.134958 kPa | 24.575255 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | -15.355828 m | -0.175594 m | -57.567015 kPa | 36.641212 kPa | 23.009278 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | -15.905500 m | -0.335801 m | -57.002166 kPa | 34.367974 kPa | 21.581772 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | -16.655500 m | -0.537726 m | -56.079693 kPa | 30.810201 kPa | 19.347627 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | -17.472875 m | -0.731267 m | -54.940161 kPa | 26.15392 kPa | 16.423661 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | -18.357625 m | -0.912662 m | -53.588064 kPa | 20.175444 kPa | 12.669407 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 20 | -19.204440 m | -1.058913 m | -52.248432 kPa | 13.539933 kPa | 8.5025592 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 21 | -19.954440 m | -1.166239 m | -51.091909 kPa | 8.0861069 kPa | 3.5828828 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 22 | -20.740909 m | -1.254136 m | -50.074453 kPa | 6.4631638 kPa | 2.863771 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 23 | -21.622727 m | -1.327240 m | -49.171871 kPa | 9.1683982 kPa | 4.0624365 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 24 | -22.504545 m | -1.372008 m | -48.538182 kPa | 11.269715 kPa | 4.9935113 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 25 | -23.386364 m | -1.388579 m | -48.173295 kPa | 12.708122 kPa | 5.6308571 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 26 | -24.268182 m | -1.377003 m | -48.07813 kPa | 13.437682 kPa | 5.9541184 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 27 | -25.150000 m | -1.337245 m | -48.253968 kPa | 13.431599 kPa | 5.951423 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 28 | -26.031818 m | -1.269182 m | -48.702599 kPa | 12.686352 kPa | 5.6212109 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 29 | -26.913636 m | -1.172603 m | -49.427297 kPa | 11.223029 kPa | 4.9728252 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 30 | -27.795455 m | -1.047206 m | -50.431885 kPa | 9.0854703 kPa | 4.0256919 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 31 | -28.677273 m | -0.892591 m | -51.720928 kPa | 6.3354073 kPa | 2.8071632 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 32 | -29.559091 m | -0.708254 m | -53.299952 kPa | 3.0453361 kPa | 1.3493616 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |

Analysis Settings
Stabilità Rilevato - SLV
Kind: SLOPE/W
Parent: Consolidazione
Analysis Type: Morgenstern-Price
Settings
Side Function
Intercolumn force function option: Half-Sine
PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]

Limit State Design Approach: SLV
Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
Slip Surface
Direction of movement: Right to Left
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack Option: (none)
Distribution
ODF Calculation Option: Constant
Convergence
Geometry Settings
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
Number of Columns: 30
Overdesign Factor Convergence Settings
Maximum Number of Iterations: 100
Tolerable difference in ODF: 0.001
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 50
Solution Settings
Search Method: Root Finder
Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
Max Absolute Lambda: 2
Materials
All_Gs
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Phi-B: 0 °
All_Ls
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 7.5 kPa
Effective Friction Angle: 28 °
Phi-B: 0 °
Ma
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (-31.68783; -0.51925) m
Left-Zone Right Coordinate: (-20.322619; -1.120803) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (-7.118223; 6.711588) m
Right-Zone Right Coordinate: (1.317929; 7.131128) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 0.45) m
Right Coordinate: (50; -2.6) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.111
Vert Seismic Coef.: -0.055
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable

Coordinates

| | X | Y |
|--|--------|-------|
| | -7.2 m | 7.7 m |
| | 4.9 m | 8.3 m |

Design Factor Set: SLV
 Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
 Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Effective Cohesion: 1
 Effective Coefficient of Friction: 1
 Undrained Strength: 1
 Shear Strength (Other Models): 1
 Pullout Resistance: 1
 Shear Force: 1
 Tensile Strength: 1
 Compressive Strength: 1
 Seismic Coefficients: 1
 Earth Resistance: 1.2
 Geometry
 Name: 2D Geometry
 Settings
 View: 2D
 Element Thickness: 1 m
 Points

| | X | Y |
|----------|------------|----------|
| Point 1 | -8.6824 m | 6.6338 m |
| Point 2 | 6.3464 m | 7.3812 m |
| Point 3 | 14.0724 m | 2.228 m |
| Point 4 | 16.0724 m | 2.228 m |
| Point 5 | -17.0305 m | 1.0656 m |
| Point 6 | 17.8152 m | 1.0656 m |
| Point 7 | -15.5305 m | 2.0656 m |
| Point 8 | -14.0305 m | 3.0656 m |
| Point 9 | -12.5305 m | 4.0656 m |
| Point 10 | -11.0305 m | 5.0656 m |
| Point 11 | -9.5305 m | 6.0656 m |
| Point 12 | 12.8167 m | 3.0656 m |
| Point 13 | 11.3167 m | 4.0656 m |
| Point 14 | 9.8167 m | 5.0656 m |
| Point 15 | 8.3167 m | 6.0656 m |
| Point 16 | 21.0724 m | -1.122 m |
| Point 17 | -20.3 m | -1.122 m |
| Point 18 | -18.8 m | -0.122 m |
| Point 19 | 19.5724 m | -0.122 m |
| Point 20 | -50 m | 0.45 m |
| Point 21 | 50 m | -2.6 m |
| Point 22 | -50 m | -1.05 m |
| Point 23 | -50 m | -5.55 m |
| Point 24 | -50 m | -9.55 m |
| Point 25 | -50 m | -30 m |
| Point 26 | 50 m | -4.1 m |
| Point 27 | 50 m | -8.6 m |
| Point 28 | 50 m | -12.6 m |
| Point 29 | 50 m | -30 m |
| Point 30 | -7.2 m | 7.7 m |
| Point 31 | 4.9 m | 8.3 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|-------------|-----------------------|
| Region 1 | Rilevato | 8;9;13;12 | 25.347 m ² |
| Region 2 | Rilevato | 9;10;14;13 | 22.347 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 10;11;15;14 | 19.347 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 11;1;2;15 | 15.693 m ² |

| | | | |
|-----------|----------|-------------------|------------|
| Region 5 | Rilevato | 5;7;3;4;6 | 36.094 m² |
| Region 6 | Rilevato | 7;8;12;3 | 25.923 m² |
| Region 7 | Rilevato | 17;18;19;16 | 39.872 m² |
| Region 8 | Rilevato | 18;5;6;19 | 43.477 m² |
| Region 9 | Ma | 25;29;28;24 | 1'892.5 m² |
| Region 10 | All_Gs | 23;24;28;27 | 400 m² |
| Region 11 | All_Gs | 22;23;27;26 | 450 m² |
| Region 12 | All_LS | 20;22;26;21;16;17 | 147.27 m² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1243 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1'593

Overdesign Factor: 1.024

Degree of Utilization: 0.977

Volume: 29.173348 m³

Weight: 554.3203 kN

Resisting Moment: 4'321.5606 kN-m

Activating Moment: 4'219.6376 kN-m

Resisting Force: 265.15949 kN

Activating Force: 259.01852 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (-7.118223; 6.7115884) m

Entry: (-21.45914; -1.0606475) m

Radius: 14.208404 m

Center: (-19.832331; 13.054318) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|-----------|--------------|-------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | -7.159112 m | 6.630916 m | -74.533522 kPa | 2.4162611 kPa | 1.5173194 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | -7.330768 m | 6.307922 m | -72.024886 kPa | 3.1520884 kPa | 1.9793908 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | -7.772005 m | 5.565600 m | -67.616578 kPa | 9.0003377 kPa | 5.6518674 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | -8.382437 m | 4.656614 m | -63.756832 kPa | 16.367971 kPa | 10.278459 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | -8.755509 m | 4.156614 m | -62.126358 kPa | 20.165792 kPa | 12.663345 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | -9.179559 m | 3.667336 m | -60.96785 kPa | 22.028282 kPa | 13.832917 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | -9.629083 m | 3.167336 m | -59.853965 kPa | 24.063215 kPa | 15.110777 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | -9.994168 m | 2.809671 m | -59.26642 kPa | 25.473989 kPa | 15.99669 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | -10.527174 m | 2.322664 m | -58.587082 kPa | 27.536028 kPa | 17.291571 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | -10.912088 m | 1.996068 m | -58.246335 kPa | 29.045558 kPa | 18.239498 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | -11.324564 m | 1.680585 m | -58.095872 kPa | 30.594415 kPa | 19.212121 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | -11.912692 m | 1.263110 m | -57.783707 kPa | 32.934857 kPa | 20.681829 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | -12.368628 m | 0.965658 m | -57.721866 kPa | 34.849462 kPa | 21.884128 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | -12.780500 m | 0.722753 m | -57.722094 kPa | 36.571915 kPa | 22.965762 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | -13.280500 m | 0.449839 m | -57.670556 kPa | 38.713249 kPa | 24.310438 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | -13.780500 m | 0.202169 m | -57.50214 kPa | 40.817682 kPa | 25.631941 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | -14.273249 m | -0.018776 m | -57.266631 kPa | 42.754677 kPa | 26.8483 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | -14.769623 m | -0.218740 m | -56.792357 kPa | 44.414066 kPa | 27.890333 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | -15.276874 m | -0.401345 m | -56.150361 kPa | 45.627902 kPa | 28.652575 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 20 | -15.780500 m | -0.561606 m | -55.478636 kPa | 46.12738 kPa | 28.966228 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-------------|----------------|---------------|----------------|----------|-------|----------|
| Column 21 | -16.280500 m | -0.700557 m | -54.794611 kPa | 45.698332 kPa | 28.696802 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 22 | -16.780500 m | -0.820103 m | -54.112353 kPa | 44.151063 kPa | 27.725177 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 23 | -17.251687 m | -0.915952 m | -53.485356 kPa | 41.542492 kPa | 26.087094 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 24 | -17.694063 m | -0.990486 m | -52.930291 kPa | 38.008921 kPa | 23.868147 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 25 | -18.136437 m | -1.050755 m | -52.42732 kPa | 33.504139 kPa | 21.039316 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 26 | -18.578813 m | -1.096941 m | -51.986054 kPa | 28.147889 kPa | 17.675796 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 27 | -18.838994 m | -1.119267 m | -51.750403 kPa | 24.701576 kPa | 15.511644 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 28 | -19.114991 m | -1.133982 m | -51.562677 kPa | 21.586454 kPa | 9.5647675 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 29 | -19.588994 m | -1.150025 m | -51.319774 kPa | 14.666938 kPa | 6.498791 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 30 | -20.062998 m | -1.150236 m | -51.228034 kPa | 7.3295542 kPa | 3.2476609 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 31 | -20.589785 m | -1.130914 m | -51.312165 kPa | 2.9815548 kPa | 1.3211007 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |
| Column 32 | -21.169355 m | -1.088044 m | -51.611452 kPa | 1.5418854 kPa | 0.68319585 kPa | 6.25 kPa | 0 kPa | All_Ls |

Analysis Settings
 Stabilità Globale - SLV
 Kind: SLOPE/W
 Parent: Consolidazione
 Analysis Type: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Intercolumn force function option: Half-Sine
 PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]
 Limit State Design Approach: SLV
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 ODF Calculation Option: Constant
 Convergence
 Geometry Settings
 Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
 Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
 Number of Columns: 30
 Overdesign Factor Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in ODF: 0.001
 Under-Relaxation Criteria
 Initial Rate: 1
 Minimum Rate: 0.1
 Rate Reduction Factor: 0.65
 Reduction Frequency (iterations): 50
 Solution Settings
 Search Method: Root Finder
 Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
 Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
 Max Absolute Lambda: 2
 Materials
 All_Gs
 Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19.5 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 36 °
 Phi-B: 0 °
 Ma

Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (-3; 4.818626) m
Left-Zone Right Coordinate: (4; 5.194521) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (25; 3.515561) m
Right-Zone Right Coordinate: (50; 3.858) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 4.4941) m
Right Coordinate: (50; 3.858) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.092
Vert Seismic Coef.: -0.046
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|-----------|----------|
| | -5.7743 m | 5.6696 m |
| | 3.9789 m | 6.1934 m |

Design Factor Set: SLV
Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1
Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|------------|----------|
| Point 1 | 50 m | 3.858 m |
| Point 2 | 29.2451 m | 3.858 m |
| Point 3 | 16.9067 m | 2.8627 m |
| Point 4 | 1.6122 m | 0.0403 m |
| Point 5 | 0 m | 0 m |
| Point 6 | -11.5293 m | 3.9459 m |
| Point 7 | -26.4232 m | 4.4941 m |
| Point 8 | -50 m | 4.4941 m |
| Point 9 | -50 m | -30 m |
| Point 10 | 50 m | -30 m |
| Point 11 | -50 m | -11 m |
| Point 12 | 50 m | -11 m |
| Point 13 | -50 m | -9 m |

| | | |
|----------|-------------|------------|
| Point 14 | 50 m | -9 m |
| Point 15 | -9.3545 m | 3.2016 m |
| Point 16 | -7.2743 m | 4.5891 m |
| Point 17 | 5.4745 m | 5.2737 m |
| Point 18 | 10.7834 m | 1.7327 m |
| Point 19 | -3 m | 1.026757 m |
| Point 20 | 7 m | 1.034533 m |
| Point 21 | -5.843641 m | 2 m |
| Point 22 | 10.382646 m | 2 m |
| Point 23 | -8.765461 m | 3 m |
| Point 24 | 8.88338 m | 3 m |
| Point 25 | 7.384114 m | 4 m |
| Point 26 | -8.157504 m | 4 m |
| Point 27 | -5.7743 m | 5.6696 m |
| Point 28 | 3.9789 m | 6.1934 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|---|------------------------|
| Region 1 | All_Gs | 13;11;12;14 | 200 m ² |
| Region 2 | Ma | 11;9;10;12 | 1'900 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 19;5;4;20 | 5.8383 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 21;19;20;18;22 | 13.356 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 23;21;22;24 | 16.938 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 15;23;24;25;26 | 16.951 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 16;26;25;17 | 13.351 m ² |
| Region 8 | All_Gs | 7;6;15;23;21;19;5;4;20;18;3;2;1;14;13;8 | 1'235.3 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1473 of 1936 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 532

Overdesign Factor: 3.023

Degree of Utilization: 0.331

Volume: 30.858472 m³

Weight: 592.54093 kN

Resisting Moment: 11'372.925 kN-m

Activating Moment: 3'761.6942 kN-m

Resisting Force: 353.29952 kN

Activating Force: 116.8609 kN

Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces

Exit: (25; 3.5155611) m

Entry: (-0.90000001; 4.9313946) m

Radius: 31.189717 m

Center: (13.598293; 32.54657) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|----------|-------------|------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | -0.416801 m | 4.688304 m | -42.012324 kPa | 7.9989951 kPa | 5.0230627 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 0.549596 m | 4.222607 m | -38.71298 kPa | 16.458182 kPa | 10.335108 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 1.462057 m | 3.818656 m | -36.456677 kPa | 23.895508 kPa | 15.005464 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 2.320581 m | 3.470813 m | -35.118498 kPa | 30.421847 kPa | 19.103755 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | 3.179105 m | 3.152157 m | -33.962063 kPa | 36.547127 kPa | 22.950196 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | 3.793634 m | 2.938649 m | -33.302029 kPa | 40.750048 kPa | 25.589469 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | 4.352800 m | 2.761238 m | -33.020608 kPa | 40.613257 kPa | 25.50357 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | 5.100600 m | 2.539294 m | -32.774003 kPa | 45.220734 kPa | 28.396889 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | 5.930141 m | 2.317827 m | -32.796038 kPa | 44.460081 kPa | 27.919228 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------|----------|
| Column 10 | 6.841424 m | 2.101122 m | -33.137292 kPa | 38.158365 kPa | 23.961992 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | 7.340590 m | 1.991086 m | -33.39913 kPa | 34.534653 kPa | 21.68644 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | 7.758930 m | 1.910731 m | -33.92801 kPa | 31.280357 kPa | 19.642866 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | 8.508564 m | 1.777288 m | -34.876601 kPa | 25.212646 kPa | 15.832576 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | 9.403563 m | 1.644676 m | -36.656853 kPa | 17.395794 kPa | 10.923892 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | 10.153196 m | 1.548563 m | -38.91389 kPa | 10.504036 kPa | 6.3596906 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 16 | 10.583023 m | 1.503599 m | -40.623826 kPa | 6.3632034 kPa | 3.8526149 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 17 | 11.220779 m | 1.450696 m | -43.656673 kPa | 6.5672615 kPa | 3.9761623 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 18 | 12.095536 m | 1.396155 m | -47.873133 kPa | 10.752396 kPa | 6.5100609 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 19 | 12.970293 m | 1.366245 m | -51.725221 kPa | 14.554387 kPa | 8.8119846 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 20 | 13.845050 m | 1.360897 m | -53.215554 kPa | 17.954913 kPa | 10.87084 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 21 | 14.719807 m | 1.380097 m | -53.230465 kPa | 20.93192 kPa | 12.673275 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 22 | 15.594564 m | 1.423890 m | -53.08762 kPa | 23.460654 kPa | 14.204303 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 23 | 16.469321 m | 1.492381 m | -52.916448 kPa | 25.514853 kPa | 15.448022 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 24 | 17.356328 m | 1.587396 m | -52.868014 kPa | 26.168326 kPa | 15.843668 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 25 | 18.255583 m | 1.709883 m | -52.920686 kPa | 25.363474 kPa | 15.356369 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 26 | 19.154839 m | 1.859204 m | -53.092635 kPa | 23.962787 kPa | 14.50832 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 27 | 20.054094 m | 2.035755 m | -53.336572 kPa | 21.95367 kPa | 13.291896 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 28 | 20.953350 m | 2.240012 m | -53.956727 kPa | 19.32867 kPa | 11.702584 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 29 | 21.852606 m | 2.472539 m | -54.911133 kPa | 16.08545 kPa | 9.7389698 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 30 | 22.751861 m | 2.733999 m | -56.037858 kPa | 12.226244 kPa | 7.4024055 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 31 | 23.651117 m | 3.025162 m | -57.341487 kPa | 7.7567674 kPa | 4.6963512 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 32 | 24.550372 m | 3.346917 m | -58.827215 kPa | 2.684611 kPa | 1.6254034 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |

Analysis Settings
 Stabilità Rilevato - SLV
 Kind: SLOPE/W
 Parent: Consolidazione
 Analysis Type: Morgenstern-Price
 Settings
 Side Function
 Intercolumn force function option: Half-Sine
 PWP Conditions from Parent Analysis: Consolidazione [(last)]
 Limit State Design Approach: SLV
 Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³
 Slip Surface
 Direction of movement: Left to Right
 Use Passive Mode: No
 Slip Surface Option: Entry and Exit
 Critical slip surfaces saved: 1
 Optimize Critical Slip Surface Location: No
 Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 ODF Calculation Option: Constant
 Convergence

Geometry Settings
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m
Minimum Slip Surface Volume: 1 m³
Number of Columns: 30
Overdesign Factor Convergence Settings
Maximum Number of Iterations: 100
Tolerable difference in ODF: 0.001
Under-Relaxation Criteria
Initial Rate: 1
Minimum Rate: 0.1
Rate Reduction Factor: 0.65
Reduction Frequency (iterations): 50
Solution Settings
Search Method: Root Finder
Tolerable difference between starting and converged ODF: 3
Maximum iterations to calculate converged lambda: 20
Max Absolute Lambda: 2
Materials
All_Gs
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19.5 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 36 °
Phi-B: 0 °
Ma
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20.5 kN/m³
Effective Cohesion: 10 kPa
Effective Friction Angle: 29 °
Phi-B: 0 °
Rilevato
Slope Stability Material Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Effective Cohesion: 0 kPa
Effective Friction Angle: 37 °
Phi-B: 0 °
Slip Surface Entry and Exit
Left Type: Range
Left-Zone Left Coordinate: (-3; 4.818626) m
Left-Zone Right Coordinate: (4; 5.194521) m
Left-Zone Increment: 10
Right Type: Range
Right-Zone Left Coordinate: (11; 1.772672) m
Right-Zone Right Coordinate: (25; 3.515561) m
Right-Zone Increment: 10
Radius Increments: 15
Slip Surface Limits
Left Coordinate: (-50; 4.4941) m
Right Coordinate: (50; 3.858) m
Seismic Coefficients
Horz Seismic Coef.: 0.092
Vert Seismic Coef.: -0.046
Surcharge Loads
Surcharge Load 1
Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
Direction: Vertical
Mode: Variable
Coordinates

| | X | Y |
|--|-----------|----------|
| | -5.7743 m | 5.6696 m |
| | 3.9789 m | 6.1934 m |

Design Factor Set: SLV
Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 0.2
Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Effective Cohesion: 1
Effective Coefficient of Friction: 1
Undrained Strength: 1
Shear Strength (Other Models): 1
Pullout Resistance: 1
Shear Force: 1
Tensile Strength: 1
Compressive Strength: 1
Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.2
Geometry
Name: 2D Geometry
Settings
View: 2D
Element Thickness: 1 m
Points

| | X | Y |
|----------|-------------|------------|
| Point 1 | 50 m | 3.858 m |
| Point 2 | 29.2451 m | 3.858 m |
| Point 3 | 16.9067 m | 2.8627 m |
| Point 4 | 1.6122 m | 0.0403 m |
| Point 5 | 0 m | 0 m |
| Point 6 | -11.5293 m | 3.9459 m |
| Point 7 | -26.4232 m | 4.4941 m |
| Point 8 | -50 m | 4.4941 m |
| Point 9 | -50 m | -30 m |
| Point 10 | 50 m | -30 m |
| Point 11 | -50 m | -11 m |
| Point 12 | 50 m | -11 m |
| Point 13 | -50 m | -9 m |
| Point 14 | 50 m | -9 m |
| Point 15 | -9.3545 m | 3.2016 m |
| Point 16 | -7.2743 m | 4.5891 m |
| Point 17 | 5.4745 m | 5.2737 m |
| Point 18 | 10.7834 m | 1.7327 m |
| Point 19 | -3 m | 1.026757 m |
| Point 20 | 7 m | 1.034533 m |
| Point 21 | -5.843641 m | 2 m |
| Point 22 | 10.382646 m | 2 m |
| Point 23 | -8.765461 m | 3 m |
| Point 24 | 8.88338 m | 3 m |
| Point 25 | 7.384114 m | 4 m |
| Point 26 | -8.157504 m | 4 m |
| Point 27 | -5.7743 m | 5.6696 m |
| Point 28 | 3.9789 m | 6.1934 m |

Regions

| | Material | Points | Area |
|----------|----------|---|------------------------|
| Region 1 | All_Gs | 13;11;12;14 | 200 m ² |
| Region 2 | Ma | 11;9;10;12 | 1'900 m ² |
| Region 3 | Rilevato | 19;5;4;20 | 5.8383 m ² |
| Region 4 | Rilevato | 21;19;20;18;22 | 13.356 m ² |
| Region 5 | Rilevato | 23;21;22;24 | 16.938 m ² |
| Region 6 | Rilevato | 15;23;24;25;26 | 16.951 m ² |
| Region 7 | Rilevato | 16;26;25;17 | 13.351 m ² |
| Region 8 | All_Gs | 7;6;15;23;21;19;5;4;20;18;3;2;1;14;13;8 | 1'235.3 m ² |

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1382 of 1936 converged
Current Slip Surface
Slip Surface: 1'785
Overdesign Factor: 1.164
Degree of Utilization: 0.859
Volume: 9.102851 m³
Weight: 173.01751 kN
Resisting Moment: 659.88793 kN-m
Activating Moment: 567.20489 kN-m
Resisting Force: 84.324547 kN
Activating Force: 72.462227 kN
Slip Rank: 1 of 1'936 slip surfaces
Exit: (12.389147; 2.0290261) m
Entry: (4; 5.1945206) m
Radius: 6.9380121 m
Center: (10.063879; 8.5657793) m

Slip Columns

| | X | Y | PWP | Base Normal Stress | Frictional Strength | Cohesive Strength | Suction Strength | Base Material |
|-----------|-------------|------------|----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Column 1 | 4.139988 m | 4.964264 m | -42.606901 kPa | 2.1735543 kPa | 1.3649089 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 2 | 4.419964 m | 4.537857 m | -40.113993 kPa | 6.3407411 kPa | 3.9817426 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 3 | 4.699939 m | 4.170853 m | -38.090202 kPa | 10.053608 kPa | 6.3132808 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 4 | 4.998570 m | 3.830307 m | -36.676998 kPa | 13.687697 kPa | 8.5953495 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 5 | 5.315857 m | 3.511581 m | -35.794934 kPa | 17.391078 kPa | 10.920931 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 6 | 5.586286 m | 3.268067 m | -35.224244 kPa | 19.656324 kPa | 12.343419 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 7 | 5.809858 m | 3.086793 m | -34.730219 kPa | 20.441953 kPa | 12.836764 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 8 | 6.067891 m | 2.896910 m | -34.368942 kPa | 21.312785 kPa | 13.383613 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 9 | 6.360385 m | 2.701461 m | -34.209348 kPa | 22.302147 kPa | 14.004895 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 10 | 6.652879 m | 2.526501 m | -34.089234 kPa | 23.289335 kPa | 14.62481 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 11 | 6.945373 m | 2.370287 m | -34.005919 kPa | 24.269686 kPa | 15.240433 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 12 | 7.237867 m | 2.231427 m | -33.957562 kPa | 25.220746 kPa | 15.837663 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 13 | 7.493556 m | 2.122522 m | -34.084577 kPa | 26.007585 kPa | 16.331767 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 14 | 7.712439 m | 2.039432 m | -34.215759 kPa | 26.595359 kPa | 16.700867 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 15 | 7.954568 m | 1.957646 m | -34.405002 kPa | 27.109556 kPa | 17.023763 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 16 | 8.219943 m | 1.878705 m | -34.656953 kPa | 27.458276 kPa | 17.242746 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 17 | 8.485318 m | 1.811108 m | -34.931947 kPa | 27.479556 kPa | 17.256109 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 18 | 8.750693 m | 1.754517 m | -35.377152 kPa | 27.064894 kPa | 16.995717 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 19 | 9.017531 m | 1.708465 m | -35.893147 kPa | 26.093835 kPa | 16.385929 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 20 | 9.285833 m | 1.672853 m | -36.453215 kPa | 24.453224 kPa | 15.355688 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 21 | 9.554135 m | 1.647826 m | -37.054121 kPa | 22.066993 kPa | 13.857227 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 22 | 9.822437 m | 1.633269 m | -37.81237 kPa | 18.903434 kPa | 11.870633 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 23 | 10.090739 m | 1.629116 m | -38.972204 kPa | 14.994313 kPa | 9.4158545 kPa | 0 kPa | 0 kPa | Rilevato |
| Column 24 | 10.303768 m | 1.632365 m | -39.944534 kPa | 11.288132 kPa | 6.8344235 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 25 | 10.583023 m | 1.650136 m | -41.291356 kPa | 6.2199499 kPa | 3.7658818 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 26 | 10.917212 m | 1.681765 m | -43.16395 kPa | 2.5669112 kPa | 1.5541418 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 27 | 11.184837 m | 1.720264 m | -45.058475 kPa | 2.7134396 kPa | 1.6428577 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 28 | 11.452461 m | 1.769516 m | -47.012697 kPa | 2.5375512 kPa | 1.5363657 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 29 | 11.720086 m | 1.829756 m | -49.045438 kPa | 2.0748666 kPa | 1.2562324 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 30 | 11.987710 m | 1.901285 m | -50.951483 kPa | 1.3723848 kPa | 0.83091325 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |
| Column 31 | 12.255334 m | 1.984469 m | -52.821132 kPa | 0.47858979 kPa | 0.2897632 kPa | 0 kPa | 0 kPa | All_Gs |

