

NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE

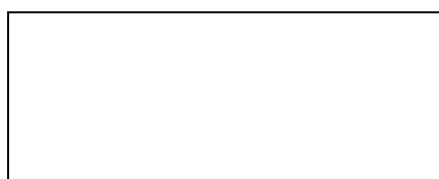
LOTTO COSTRUTTIVO 1 / LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 02C/CHANTIER DE CONSTRUCTION 02C
RILOCALIZZAZIONE DELL'AUTOPORTO DI SUSÀ
DEPLACEMENT DE L'AUTOPORTO DE SUSE
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 682325367F

STUDIO GENERALE GEOLOGICO, GEOTECNICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO
RELAZIONE GEOTECNICA

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/04/2017	Première diffusion / Prima emissione	M. CASALE (Studio CASALE)	L. BARBERIS (MUSINET Eng.)	C. GIOVANNETTI (MUSINET Eng.)
A	31/08/2017	Revisione a seguito commenti TELT Révision suite aux commentaires TELT	M. CASALE (Studio CASALE)	L. BARBERIS (MUSINET Eng.)	C. GIOVANNETTI (MUSINET Eng.)
B	30/04/2018	Recepimento istruttoria validazione RINA Check	L. PERRONE (MUSINET Eng.)	L. PERRONE (MUSINET Eng.)	L. BARBERIS (MUSINET Eng.)

1	0	2	C	C	1	6	1	6	7	O	O	A	0	O	G
Lot Cos. Lot. Con.	Cantiere operativo/ Chantier de construction		Contratto/Contrat				Opera/Oeuvre		Tratto Tronçon	Parte Partie					

E	G	E	R	E	0	0	8	2	B
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Object		Numero documento Numéro de document			Indice Index	



SCALA / ÉCHELLE
-

IL PROGETTISTA/LE DESIGNER



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE

SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE	6
2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	6
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
4. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	8
5. RICHIAMI DI CARATTERE GEOLOGICO	9
6. INDAGINI E PROVE UTILIZZATE PER LA ELABORAZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO E PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
7.1 Parametrizzazione geotecnica.....	17
7.1.1 Standard Penetration Test (SPT).....	17
7.1.2 Prove pressiometriche	20
7.1.3 Prove di permeabilità in foro	22
7.1.4 Prove di laboratorio.....	22
7.1.5 Prove di carico su piastra	24
7.1.6 Indagini geofisiche.....	24
7.2 Definizione del Modello Geotecnico.....	25
7.3 Scelta dei parametri geotecnici caratteristici	27
8. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI	32
9. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	46
10. STIMA DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI	49
11. INDICAZIONI COSTRUTTIVE	51
11.1 Caratteristiche dei materiali da rilevato ed indicazioni di compattazione.....	51
11.2 Caratteristiche dei geosintetici in termini di funzione e rigidità	51
11.3 Scotichi e bonifiche	54
12. PROGRAMMA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE DA ATTUARE PRIMA DELLA FASE COSTRUTTIVA	55
13. CONTROLLI GEOTECNICI IN FASE DI COSTRUZIONE E POST OPERAM	55
14. APPENDICE – ANALISI SI STABILITÀ DEI RILEVATI.....	57

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	– Planimetria schematica dell'ipotesi progettuale di delocalizzazione dell'Autoporto nel comune di San Didero	7
Figura 2	– Stralcio di foto aerea con ubicazione dell'area interessata dal progetto (contornata di rosso).....	8
Figura 3	– Curve granulometriche dei campioni di terreno di riporto (UG1).....	15
Figura 4	– Curve granulometriche dei campioni di sabbia e sabbia limosa con ghiaia (UG2).....	16
Figura 5	– Curve granulometriche dei campioni di ghiaia con sabbia limosa (UG3)....	16
Figura 6	– Curve granulometriche dei campioni di limo sabbioso con ghiaia (UG4)....	17
Figura 7	– Ubicazione delle indagini geofisiche realizzate durante la campagna di indagini per il Progetto Definitivo.....	25
Figura 8	– Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma down - Bishop.....	34
Figura 9	– Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma down - Spencer.....	34
Figura 10	– Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma up - Bishop...	35
Figura 11	– Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma up - Spencer.....	35
Figura 12	– Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- scorrimento non circolare - sisma up - Bishop.....	36
Figura 13	– Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- scorrimento non circolare - sisma up - Spencer.....	36
Figura 14	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma down - Bishop.....	37
Figura 15	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma down - Spencer.....	37
Figura 16	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma up - Bishop.....	38
Figura 17	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma up - Spencer.....	38
Figura 18	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - scorrimento non circolare - sisma up - Bishop.....	39
Figura 19	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - scorrimento non circolare - sisma up - Spencer.....	39
Figura 20	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma down - Bishop.....	40
Figura 21	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma down - Spencer.....	40
Figura 22	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma up - Bishop.....	41
Figura 23	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma up - Spencer.....	41
Figura 24	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino – scorrimento non circolare - sisma up - Bishop.....	42
Figura 25	– Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino – scorrimento non circolare - sisma up - Spencer	42

Figura 26	–	Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma down - Bishop.....	43
Figura 27	–	Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma down – Spencer.....	43
Figura 28	–	Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma up – Bishop.....	44
Figura 29	–	Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma up – Spencer.....	44
Figura 30	–	Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - scorrimento non circolare - sisma up – Bishop.....	45
Figura 31	–	Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - scorrimento non circolare - sisma up – Spencer.....	45
Figura 32	–	Limiti granulometrici che identificano la possibilità di liquefazione nel caso $U_c < 3,5$	46
Figura 33	–	Limiti granulometrici che identificano la possibilità di liquefazione nel caso $U_c > 3,5$	47
Figura 34	–	Calcolo della Magnitudo di terremoto attesa sul sito in esame, dal portale web INGV.....	48
Figura 35	–	Andamento delle componenti di cedimento nel tempo.....	49
Figura 36	–	Schema tipo rilevato nuovo.....	52
Figura 37	–	Schema tipo base sezioni in allargo.....	52
Figura 38	–	Schema tipo sezioni in allargo innesto rotatoria SS25.....	53

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	– Principali caratteristiche delle indagini realizzate nell’area interessata dal progetto, durante la campagna per il Progetto Definitivo	12
Tabella 2	– Principali caratteristiche delle indagini geofisiche realizzate nell’area interessata dal progetto, durante la campagna per il Progetto Definitivo.....	13
Tabella 3	– Elenco delle indagini preesistenti realizzate in prossimità dell’area interessata dal progetto	13
Tabella 4	– Composizioni granulometriche medie per ciascuna unità geotecnica omogenea.....	14
Tabella 5	– Sintesi dei risultati delle Prove SPT realizzate nei sondaggi della campagna relativa al Progetto Definitivo; (R = rifiuto)	18
Tabella 6	– Sintesi dei risultati delle Prove SPT realizzate in sondaggi precedenti, in prossimità dell’area di interesse; (R = rifiuto).....	19
Tabella 7	– Sintesi dei valori medi dei parametri ottenuti a partire dai risultati delle prove SPT, nei sondaggi della campagna per il Progetto Definitivo.....	20
Tabella 8	– Sintesi dei valori medi dei parametri ottenuti a partire dai risultati delle prove SPT, nei sondaggi della Banca Dati Geotecnica di ARPA Piemonte	20
Tabella 9	– Valori dei coefficienti reologici α da briand (1992).....	21
Tabella 10	– Sintesi dei risultati delle prove pressiometriche realizzate nei fori di sondaggio della campagna di indagini per il Progetto Definitivo	21
Tabella 11	– Sintesi dei risultati delle prove di permeabilità effettuate durante la campagna di indagini per il Progetto Definitivo	22
Tabella 12	– Sintesi dei risultati delle prove di laboratorio realizzate sui campioni di terreno prelevati all’interno dei sondaggi della campagna di indagini per il Progetto Definitivo.	23
Tabella 13	– Sintesi dei risultati delle prove di carico su piastra, realizzate nei pozzetti della campagna di indagini per il Progetto Definitivo.....	24
Tabella 14	– modello geotecnico”A”di riferimento.	27
Tabella 15	– modello geotecnico”B”di riferimento.	27
Tabella 16	– sintesi dei parametri geotecnici individuati nel Progetto Definitivo per le singole Unità Geotecniche.....	28
Tabella 17	– Parametri geotecnici caratteristici dell’unità UG1.	29
Tabella 18	– Parametri geotecnici caratteristici dell’unità UG2.	30
Tabella 19	– Parametri geotecnici caratteristici dell’unità UG3.	30
Tabella 20	– Parametri geotecnici caratteristici dell’unità UG4.	31
Tabella 21	– Riassunto delle analisi di stabilità dei rilevati effettuate, con indicazione del valore minimo del fattore di sicurezza ottenuto in ciascun caso.	33

1. Introduzione

La presente Relazione geotecnica è finalizzata alla progettazione esecutiva degli interventi necessari alla Delocalizzazione dell'area dell'Autoporto e dell'area di servizio attualmente ubicate nel comune di Susa (TO). L'area individuata per la realizzazione del nuovo Autoporto è posta all'interno del territorio comunale di San Didero (TO).

Questo documento ha lo scopo di illustrare i risultati delle indagini geognostiche eseguite sull'area e di quelle comunque disponibili e fruibili per la progettazione ed effettuare la caratterizzazione geotecnica dei litotipi individuati dalla Relazione geologica, esponendo le metodologie impiegate per l'attribuzione dei parametri geotecnici.

Inoltre si analizza la propensione dei terreni alla liquefazione in condizioni sismiche, terminando con le indicazioni geotecniche costruttive sulle principali tipologie di interventi ed opere in progetto.

Particolare attenzione è stata posta alle verifiche di stabilità dei rilevati, nuovi ed in allargamento di quelli esistenti, così come nella stima dei cedimenti derivanti dalla formazione di tali opere.

Per quanto riguarda le verifiche geotecniche delle fondazioni dei nuovi manufatti (pali trivellati, micropali, fondazioni dirette) si rimanda alle relazioni di calcolo specifiche di ogni singola opera.

2. Descrizione degli interventi

Il Progetto di Delocalizzazione dell'Autoporto prevede la realizzazione di due edifici principali destinati a posto di controllo centralizzato ed area di servizio e la realizzazione di aree di sosta per i mezzi pesanti. Fanno parte di tale progetto anche una serie di interventi di adeguamento e modifica della viabilità esistente, sia di quella autostradale, sia di quella ordinaria.

In particolare, l'ipotesi progettuale prevede, oltre la realizzazione degli edifici sopramenzionati, anche una serie di interventi di adeguamento dell'attuale tracciato autostradale, con la realizzazione di rampe di ingresso e di uscita in viadotto per il traffico da e verso Torino e da e verso Bardonecchia. Sono parte integrante del progetto anche la realizzazione di un ponte per lo scavalco del canale artificiale NIE e la realizzazione di una nuova rotatoria sulla SS25, per il collegamento con la viabilità ordinaria. Nell'area sono inoltre presenti alcuni edifici in stato d'abbandono che dovranno essere demoliti.

L'ipotesi progettuale oggetto di studio è riportata schematicamente nella figura seguente:

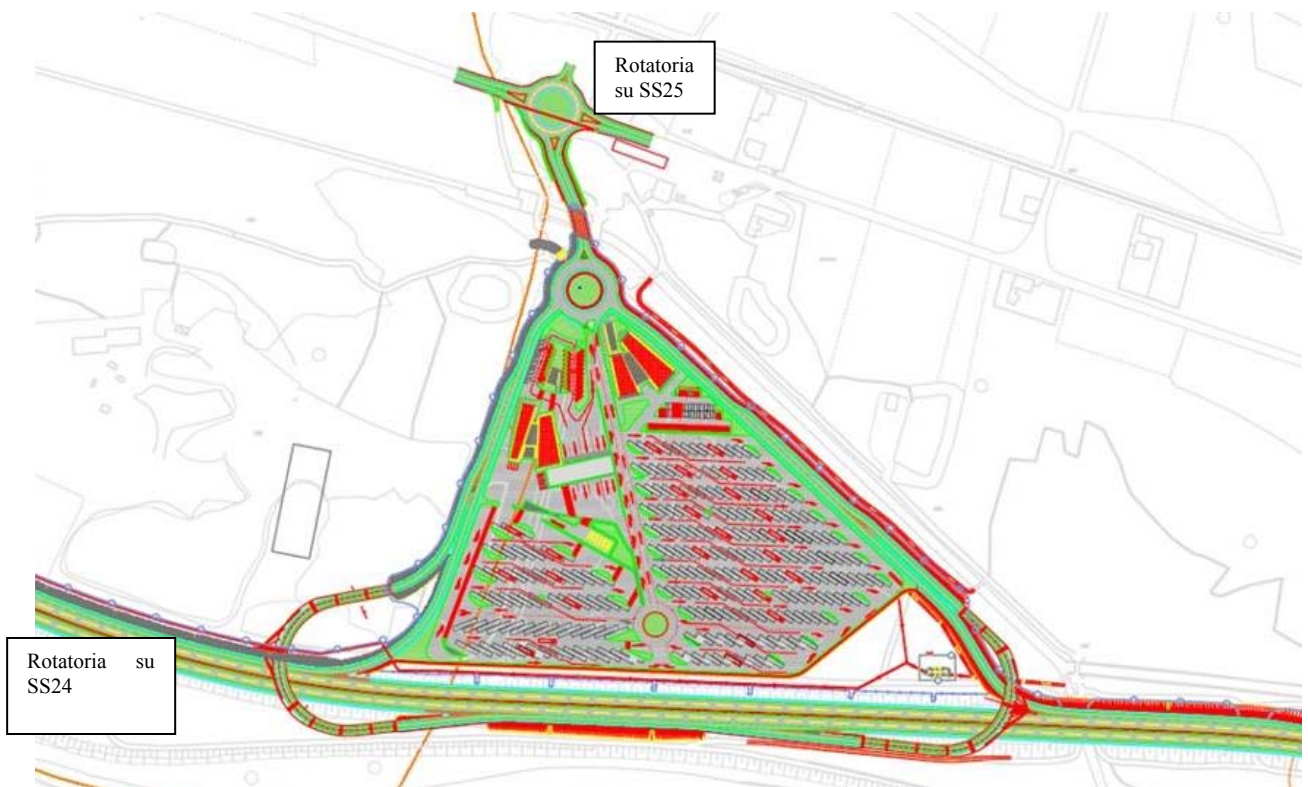


Figura 1 – Planimetria schematica dell'ipotesi progettuale di delocalizzazione dell'Autoporto nel comune di San Didero

3. Inquadramento geografico

L'area di progetto si trova all'interno del territorio del Comune di San Didero in provincia di Torino, circa 35 km a Ovest del capoluogo piemontese e più precisamente fa parte della bassa Valle di Susa.

Gli interventi previsti dal progetto interesseranno marginalmente anche i territori dei comuni limitrofi di Bruzolo e Borgone di Susa.

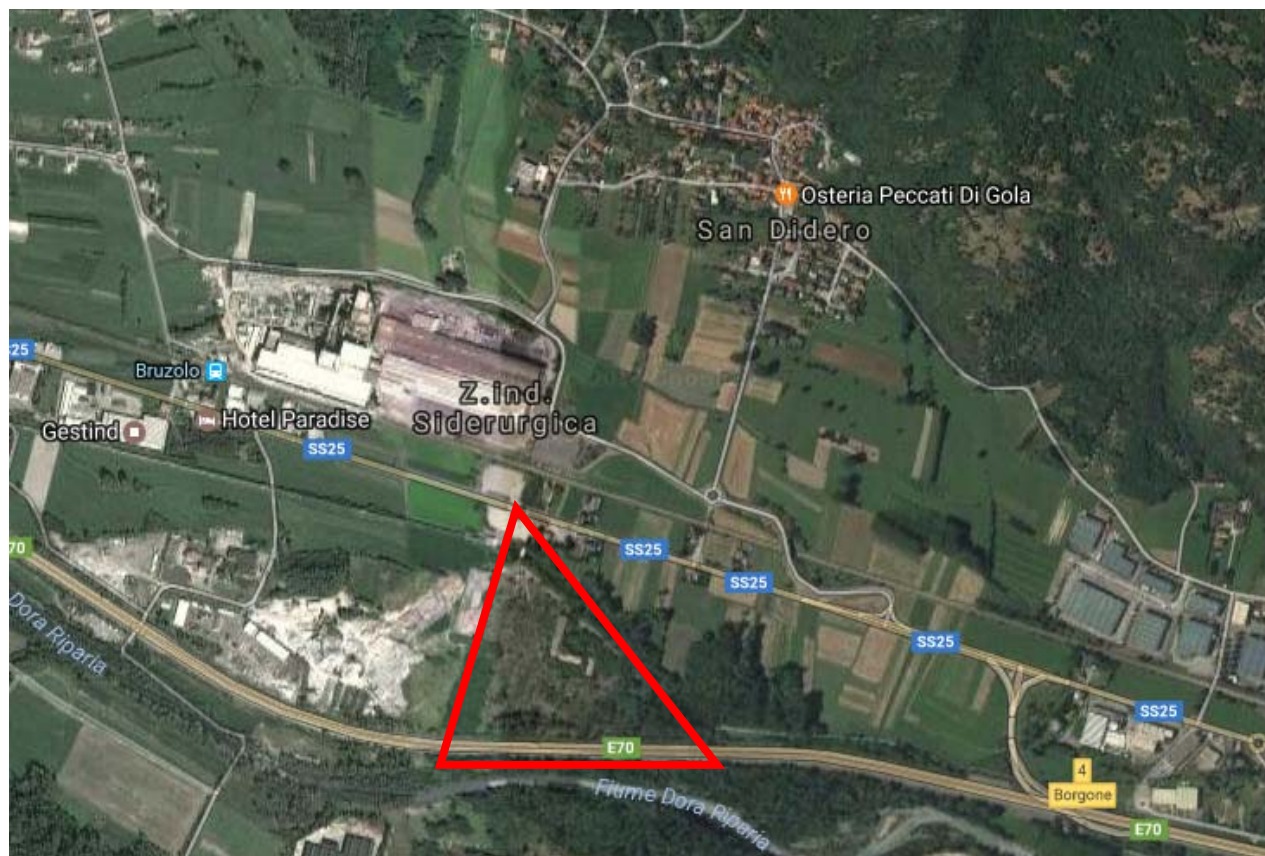


Figura 2 – Stralcio di foto aerea con ubicazione dell'area interessata dal progetto (contornata di rosso).

4. Documentazione di riferimento

- Risultati della campagna di indagini geognostiche del 2013 per il Progetto Definitivo.
- Risultati della campagna di indagini geofisiche del 2013 per il Progetto Definitivo.
- Risultati delle indagini effettuate nel 1989 per la realizzazione dell'Autostrada A32.
- Monitoraggio del piezometro pz-7 (Impianto di monitoraggio delle falde superficiali Autostrada A32) effettuato da Musinet Engineering nel periodo 1997-2016.
- Campagna di indagini effettuata all'interno dell'area di progetto per conto della DIERRE Holding SpA, nell'ambito del piano di caratterizzazione ex D.M. 471/99.
- Informazioni stratigrafiche e geotecniche derivanti dal Geoportale ARPA Piemonte (Banca dati Geotecnica).
- Relazione geologico-geotecnica a cura di Musinet Engineering S.p.A. per il Progetto Definitivo.
- Relazione geologica a cura di Musinet Engineering S.p.A. per il Progetto Esecutivo.
- Relazione sismica a cura di Musinet Engineering S.p.A. per il Progetto Esecutivo.
- D.M. 11.03.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circ. Min. LL.PP. n° 97/81-30483, 24.09.88, (Presidenza Consiglio Superiore, Servizio Tecnico Centrale) Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui

terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e scarpate ...”, di cui al D.M. 11.03.88.

- Circ. Min. LL.PP. n° 218/24/3, 09.01.96 “Ministero dei lavori pubblici - Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministero dei lavori pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica” (S.O. alla G.U. del 26/11/1996, n. 277).
- O.P.C.M. n. 3274, 20.03.2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” (G.U. del 08/05/2003, n. 105).
- O.P.C.M. n. 3316, 02.10.2003 “Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"” (G.U. del 10/10/2003, n. 236).
- O.P.C.M. n. 3333, 23.01.2004 “Disposizioni urgenti di protezione civile” (G.U. del 02/02/2004, n. 26).
- Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo (CNR 10024/86).
- O.P.C.M. n. 3431, 03.05.2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"” (G.U. del 10/05/2005, n. 107).
- D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 04/02/2008).
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 2 febbraio 2009, n° 617 “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, di cui al D.M 14 gennaio 2008”.
- Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali” (UNI EN 1997- 1: 2005).
- Eurocodice 7 “Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo” (UNI ENV 1997- 2: 2007).
- Eurocodice 8 “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici” (UNI EN 1998-1: 2005).
- Eurocodice 8 “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici” (UNI EN 1998-5: 2005).

5. Richiami di carattere geologico

L'area oggetto di studio è rappresentata da un settore debolmente inclinato localizzato nella pianura alluvionale della Dora Riparia.

Il sito in esame è impostato su una potente serie di depositi di età quaternaria, indagata direttamente fino a 30 m.

Tali depositi costituiscono i terreni di appoggio di tutti gli interventi in progetto; si tratta di sedimenti prevalentemente medio-grossolani costituiti da ghiaie e ghiaie ciottolose in

matrice sabbiosa o sabbioso-limosa, con subordinati livelli più fini di sabbie limose con ghiaia e ciottoli.

Il basamento roccioso, che non verrà interessato dalle opere in progetto, è costituito dai litotipi appartenenti all'Unità tettonometamorfica del Dora-Maira.

L'area è caratterizzata dalla presenza, pressoché ubiquitaria in superficie, di depositi ghiaiosi di riporto. Il sito è limitato a Sud dal rilevato della A32, ad Ovest dalle aree di cava attive ubicate nel comune di Bruzolo, a Nord e ad Est dal canale artificiale NIE. Tale area attualmente è inutilizzata e sono presenti alcuni fabbricati dismessi da demolire.

La superficie dei riporti pur non essendo pedogenizzata è interessata da una copertura vegetativa pioniera, rappresentata da sterpaglie, arbusti ed alberi decennali, che ricoprono l'intera area in modo diffuso.

Sono presenti inoltre cumuli di materiale granulare, diffusi in modo irregolare su tutta l'area, anch'essi parzialmente vegetati, in qualche caso associati ad accumuli di blocchi lapidei metamorfici da scogliera.

La falda libera nei depositi quaternari è molto superficiale data anche la vicinanza dell'alveo del fiume Dora Riparia. La ricostruzione dell'andamento della falda superficiale è stata effettuata sulla base dei dati piezometrici disponibili sul Geoportale ARPA e delle misure realizzate nei sondaggi effettuati durante la campagna indagini per il Progetto Definitivo. La soggiacenza della falda, nel settore in studio, oscilla tra circa 1.2 e 3.8 m (mediamente 2.5 m) mentre i livelli piezometrici sono compresi tra 397 e 407 m s.l.m.

Ulteriori informazioni derivano dal monitoraggio del piezometro pz-7 (Impianto di monitoraggio delle falde superficiali - Autostrada A32) effettuato da Musinet Engineering nel periodo 1997-2016, la cui ubicazione è interna all'area di progetto, all'estremità sud-orientale.

I valori di soggiacenza indicati dal piezometro pz-7 rientrano nel range di valori individuati precedentemente.

6. Indagini e prove utilizzate per la elaborazione del Modello Geotecnico e per la caratterizzazione geotecnica

Per la elaborazione del Modello geotecnico di riferimento dell'area in progetto e per la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono stati utilizzati principalmente i risultati della campagna indagini realizzata a supporto della progettazione definitiva ed anche i dati disponibili (principalmente stratigrafie dei sondaggi geognostici con relative prove in foro) provenienti dagli studi realizzati per la progettazione di altre infrastrutture, in particolare dell'autostrada A32 () e dalla campagna di indagini effettuata all'interno dell'area di progetto per conto della DIERRE Holding SpA, nell'ambito del piano di caratterizzazione ex D.M. 471/99.

Non è stato invece possibile eseguire una campagna di indagini mirata per il progetto esecutivo; per tale motivo il progetto esecutivo prevede una campagna di indagini integrative cui sarà dato corso nelle fasi preliminari della realizzazione dell'opera.

Nelle tabelle seguenti sono elencate le indagini realizzate durante la campagna indagini 2013 per il Progetto Definitivo e le indagini preesistenti ricadenti in prossimità dell'area di progetto; tali indagini sono state prese in considerazione per la elaborazione del Modello Geotecnico di Riferimento e per la caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti sul sito.

All'interno dei sondaggi della campagna indagini 2013 e di alcuni dei sondaggi preesistenti sono state inoltre realizzate sistematicamente prove in foro soprattutto di tipo S.P.T. Nei sondaggi per la progettazione definitiva inoltre sono state realizzate delle prove pressiometriche tipo Menard e delle prove di permeabilità Lefranc; sono inoltre stati prelevati una serie di campioni di terreno per la realizzazione di prove in laboratorio. La campagna di indagini per la progettazione definitiva è stata completata con la realizzazione di indagini geofisiche (tomografie elettriche, prove MASW e down-hole) le cui principali caratteristiche sono riassunte nella Tabella 2 – Principali caratteristiche delle indagini geofisiche realizzate nell'area interessata dal progetto, durante la campagna per il Progetto Definitivo

Sulla base di questi dati è possibile individuare nell'area di studio un'unica unità litotecnica costituita dai depositi alluvionali quaternari; si tratta di prevalenti depositi granulari ghiaioso-sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi ai quali si possono trovare intercalati subordinati sedimenti più fini, costituiti da limi-sabbiosi con ghiaia, che possono formare orizzonti discontinui di potenza generalmente ridotta (mediamente 1 m). Le stratigrafie dei sondaggi disponibili segnalano la presenza di un orizzonte superficiale di potenza variabile da circa 1m sino a oltre 3m di terreno di riporto di tipo ghiaioso-sabbioso.

Delocalizzazione Autoporto nel sito di San Didero: sondaggi e pozzetti esplorativi della campagna indagini per la Progettazione Definitiva									
Codice sondaggio	Profondità (m)	Tipo sondaggio	Opera di pertinenza	Straumentazione in foro	Falda (m da p.c.)	Litotipo	Prove Permeabilità (n°)	Prove pressiometriche (n°)	prove SPT (n°)
Sc6	30.00	carotato verticale	rampe di uscita dalla A32	tubo per down-hole		0-0,2: terreno di riporto vegetale 0,2-1,4: terreno di riporto: sabbia medio-fine limosa grigiastra con ghiaia 1,4-2,2: blocco di gneiss 2,2-3,4: terreno di riporto: sabbia grossa e media limosa nocciola e ghiaia poligenica ed eterometrica 3,4-3,8: limo sabbioso nocciola 3,8-10,4: ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbiosa grigiastra 10,4-11,6: ghiaia eterometrica poligenica e sabbia da limosa a con limo di colore bruno 11,6-18,9: ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola 18,9-19,5: limo argilloso-sabbioso grigiastro 19,5-30: ghiaia eterometrica poligenica e sabbia limosa di colore nocciola	2	2	9
Sc1	30.00	carotato verticale	ponte su canale NIE	piezometro	2.50	0,2-1,7: terreno di riporto ghiaioso con ciottoli in matrice sabbioso-limosa 1,7-3: sabbia grossa e media limosa grigia e ghiaia poligenica ed eterometrica 3-9: ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa grigiastra 9-14,4: ghiaia eterometrica poligenica, rari ciottoli, con sabbia limosa di colore nocciola 14,4-15: limo argilloso-sabbioso grigiastro 15-18: ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli con sabbia limosa di colore nocciola 18-19,3: limo argilloso-sabbioso debolmente ghiaioso nocciola-grigiastro 19,3-30: ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola	2	2	9
Sc4	30.00	carotato verticale	rampe di entrata sulla A32	piezometro	3.40	0,2-3: terreno di riporto ghiaioso con ciottoli in matrice sabbioso-limosa 3-10,5: ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa nocciola 10,5-16,4: ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa nocciola 16,4-17: limo argilloso-sabbioso nocciola 17-22,1: ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli con sabbia limosa di colore da nocciola a grigio 22,1-24,1: limo argilloso-sabbioso con livelli sabbiosi di colore nocciola-grigiastro 24,1-30: ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbioso-limosa di colore nocciola	2	2	9
Sc6 piez	12.00	carotato verticale	rampe di uscita dalla A32	piezometro	1.50	0-0,1: terreno di riporto vegetale 0,1-3: terreno di riporto: sabbia medio-fine limosa grigiastra con ghiaia e rari ciottoli 3-12: ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbiosa e limosa di colore nocciola			
PE1	2.50	escavatore	area sosta		no	0-1,8: terreno di riporto ghiaioso con ciottoli in matrice sabbioso-limosa grigia 1,8-2,5: ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa grigiastra			
PE2	2.50	escavatore	area sosta		2.10	0-0,4: sabbia-limosa o limo-sabbioso grigia 0,4-2,5: ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa grigiastra			
PE3	2.80	escavatore	area sosta		no	0-1,1: sabbia-limosa o limo-sabbioso grigia passante a sabbia ghiaiosa 1,1-2,8: ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa grigiastra			
PE4	2.60	escavatore	area sosta		no	0-2: terreno di riporto costituito da ghiaia e ciottoli in scarsa matrice sabbioso-limosa grigia			
PE5	2.00	escavatore	area sosta		no	0-1,6: terreno di riporto ghiaioso in matrice sabbioso-limosa grigia 1,6-2,6: ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa grigiastra			
PE6	3.00	escavatore	area sosta		2.80	0-1,7: terreno di riporto: sabbia-limosa o limo-sabbioso passante a ghiaia con ciottoli 1,7-2,6: limo argilloso di colore grigio 2,6-3: limo sabbioso grigiastro con ghiaia			
PE7	2.60	escavatore	area sosta		2.20	0-0,7: sabbia-limosa o limo-sabbioso grigia con rara ghiaia 0,7-2,6: ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa grigiastra			

Tabella 1 – Principali caratteristiche delle indagini realizzate nell'area interessata dal progetto, durante la campagna per il Progetto Definitivo

TIPOLOGIA INDAGINE	IDENTIFICATIVO RILIEVO	LUNGHEZZA (M)
Tomografia elettrica	E1	430
	E2	320
<i>Totale</i>		750
MASW	M1	56
	M2	56
	M3	56
	M4	56
	M5	56
	M6	56
	M7	56
	M8	56
	M9	56
	M10	56
	M11	56
	M12	56
	M13	56
	M14	56
<i>Totale</i>		784
Down-Hole	Sc-6	30
<i>Totale</i>		30

Tabella 2 – Principali caratteristiche delle indagini geofisiche realizzate nell'area interessata dal progetto, durante la campagna per il Progetto Definitivo

Delocalizzazione Autoporto nel sito di San Didero: indagini esistenti (GEOportale ARPA)							
Codice sondaggio	Profondità (m)	Tipo sondaggio	Opera di pertinenza	Straumentazione in foro	Falda (m da p.c.)	Litotipo	prove SPT (n°)
S4B	60.00	carotato verticale	Acciaierie Beltrame	piezometro	3.80	0-1,2: terreno di riporto 1,2-2: ghiaia con sabbia limosa 2-3,4: limo sabbioso con rara ghiaia 3,4-5,9: sabbia limosa con ghiaia e rari ciottoli 5,9-8,3: ghiaia con ciottoli in matrice sabbioso-limosa 8,3-10,6: sabbia limosa con ghiaia 10,6-16,6: ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa 16,6-17,7: limo sabbioso con ghiaia 17,7-26,8: ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa 26,8-28,6: sabbia da limosa a con limo con ghiaia 28,6-42: ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa 42-47: sabbia da limosa a con limo con ghiaia e rari ciottoli 47-51: ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa 51-52,2: sabbia da limosa a con limo con ghiaia e rari ciottoli 52,2-60: ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa-limosa	8
B55	30.00	carotato verticale	autostrada Torino-Bardonecchia	assente	1.20	0-0,5: terreno vegetale 0,5-3: ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa 3-3,6: limo sabbioso con ghiaia 3,6-12,5: ghiaie poligeniche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana 12,5-12,8: limo sabbioso con ghiaia 12,8-30: ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	18
B14	21.00	carotato verticale	autostrada Torino-Bardonecchia	piezometro	3.00	0-21: ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	14
B15	10.50	carotato verticale	autostrada Torino-Bardonecchia	assente		0-1,5: terreno vegetale 1,5-3: sabbie grosse e ghiaie mediamente addensate 3-10,5: ghiaie grosse e medie con debole matrice sabbiosa grossolana	7

Tabella 3 – Elenco delle indagini preesistenti realizzate in prossimità dell'area interessata dal progetto.

7. Caratterizzazione geotecnica

In questo capitolo verranno presi in considerazione e verranno caratterizzati da un punto di vista geotecnico i terreni di appoggio delle fondazioni delle opere in progetto. L'analisi delle stratigrafie dei sondaggi realizzati nell'area in esame ha permesso di ricostruire una potente sequenza caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali quaternari. Si tratta di sedimenti prevalentemente di tipo ghiaioso, localmente con ciottoli, e sabbioso-ghiaiosi con subordinati livelli discontinui di tipo limoso-sabbioso intercalati nei depositi più grossolani. Il basamento roccioso costituito dai litotipi appartenenti all'Unità del Dora-Maira non è stato raggiunto dai sondaggi realizzati (profondità massima 30 m) e non verrà incontrato durante la realizzazione delle opere in progetto.

In base alle stratigrafie ricavate dai sondaggi realizzati sull'area ed ai risultati delle prove in foro ed in laboratorio realizzate, è stato possibile riconoscere nell'area in studio quattro unità geotecniche omogenee:

- **unità geotecnica UG1:** comprende l'orizzonte di potenza variabile di terreno di riporto di tipo prevalentemente ghiaioso-ciottoloso con subordinata sabbia limosa.
- **unità geotecnica UG2:** corrispondente ai depositi prevalentemente costituiti da sabbia e sabbia limosa con ghiaia e rari ciottoli presenti localmente nei primi metri al di sotto dei terreni dell'UG1; orizzonti sabbiosi discontinui di potenza ridotta sono rinvenibili a differenti profondità intervallati alle ghiaie dominanti.
- **unità geotecnica UG3:** è l'unità dominante e comprende i depositi più grossolani rappresentati da ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa o sabbioso-limosa caratterizzati da un grado di addensamento da medio ad alto.
- **unità geotecnica UG4:** è costituita da depositi più fini limoso-sabbiosi con subordinata ghiaia. Tali terreni formano livelli discontinui di potenza ridotta (mediamente metrica) intercalati all'interno dei litotipi dell'unità sopradescritta a partire da circa 15 m di profondità.

Va sottolineato che tale discretizzazione geotecnica rappresenta comunque una semplificazione dell'assetto litostratigrafico presente nell'area in esame, viste le numerose intercalazioni reciproche e le interdigitazioni delle diverse facies. Pertanto all'interno dell'unità geotecnica rappresentata dalle ghiaie prevalenti, ad esempio, è possibile la presenza di orizzonti sabbiosi e/o limoso-sabbiosi. Le unità geotecniche vanno quindi intese come unità le cui caratteristiche geotecniche sono definite prevalentemente dalla facies dominante; locali variazioni di granulometria e quindi di caratteristiche geotecniche vanno comunque prese in considerazione.

La discretizzazione proposta è basata principalmente sulla distinzione granulometrica dei terreni incontrati, dedotta dalle descrizioni delle stratigrafie dei sondaggi e dalle prove di laboratorio. La granulometria dei terreni analizzati infatti ne condiziona il comportamento meccanico. La presenza di limo piuttosto che di argilla all'interno di una sabbia può determinare una netta variazione delle caratteristiche e proprietà geotecniche.

Nella tabella seguente sono riassunte, per le unità geotecniche interessate dal progetto, le composizioni granulometriche medie, ricavate dai risultati delle prove di laboratorio disponibili.

	Composizione granulometrica (%)			
	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
UG1	69,85	21,12	9,00	
UG2	19,66	46,53	29,13	11,06
UG3	59,12	29,27	21,33	6,47
UG4	3,31	17,26	56,52	22,91

Tabella 4 – Composizioni granulometriche medie per ciascuna unità geotecnica omogenea.

Dalle curve granulometriche riportate nel seguito, nonostante il numero di prove sia relativamente ridotto, emerge una netta distinzione granulometrica tra le unità individuate. Infatti il contenuto in sabbia (oltre 45%) dei litotipi appartenenti all'unità UG2 è decisamente superiore rispetto a quello delle ghiaie della unità UG3. Quest'ultima infatti è caratterizzata da una prevalenza netta della frazione grossolana (ghiaia + blocchi circa 60%) rispetto alla frazione sabbiosa e limoso-argillosa. L'unità UG4 invece presenta una composizione prevalentemente fine (limo + argilla oltre 70%) con un ridotto contenuto in sabbia e ghiaia.

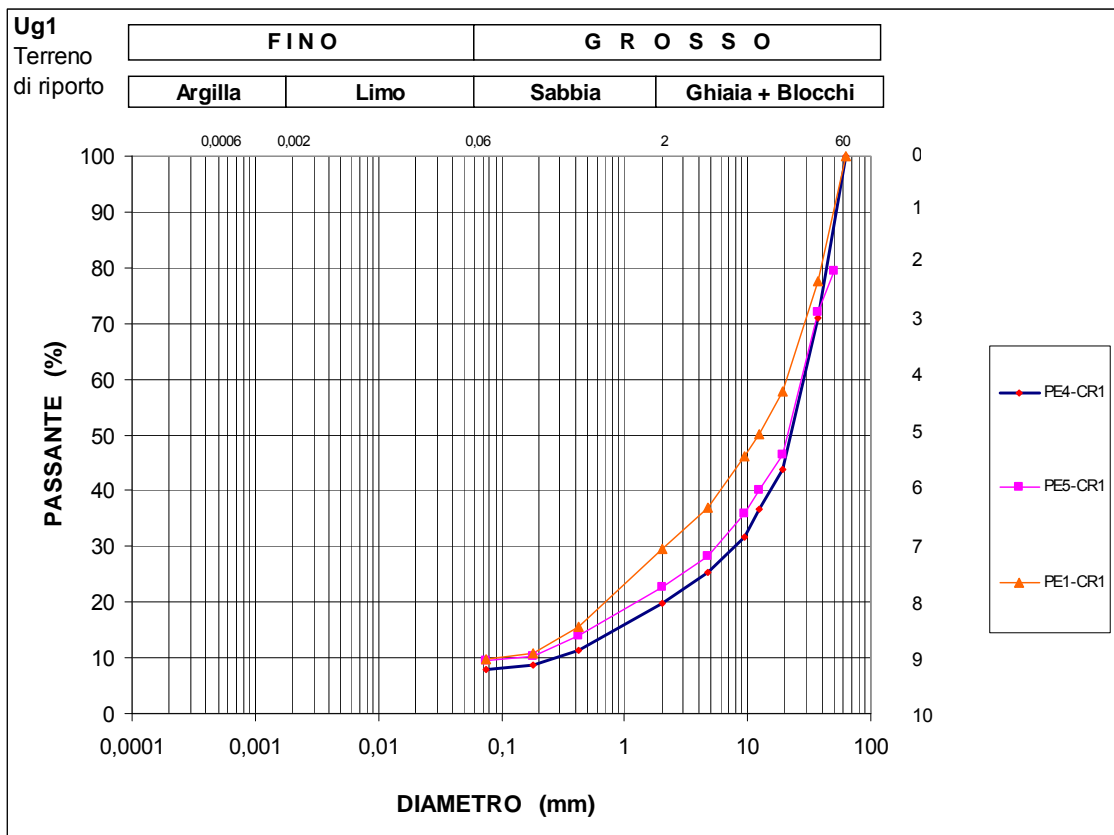


Figura 3 – Curve granulometriche dei campioni di terreno di riporto (UG1).

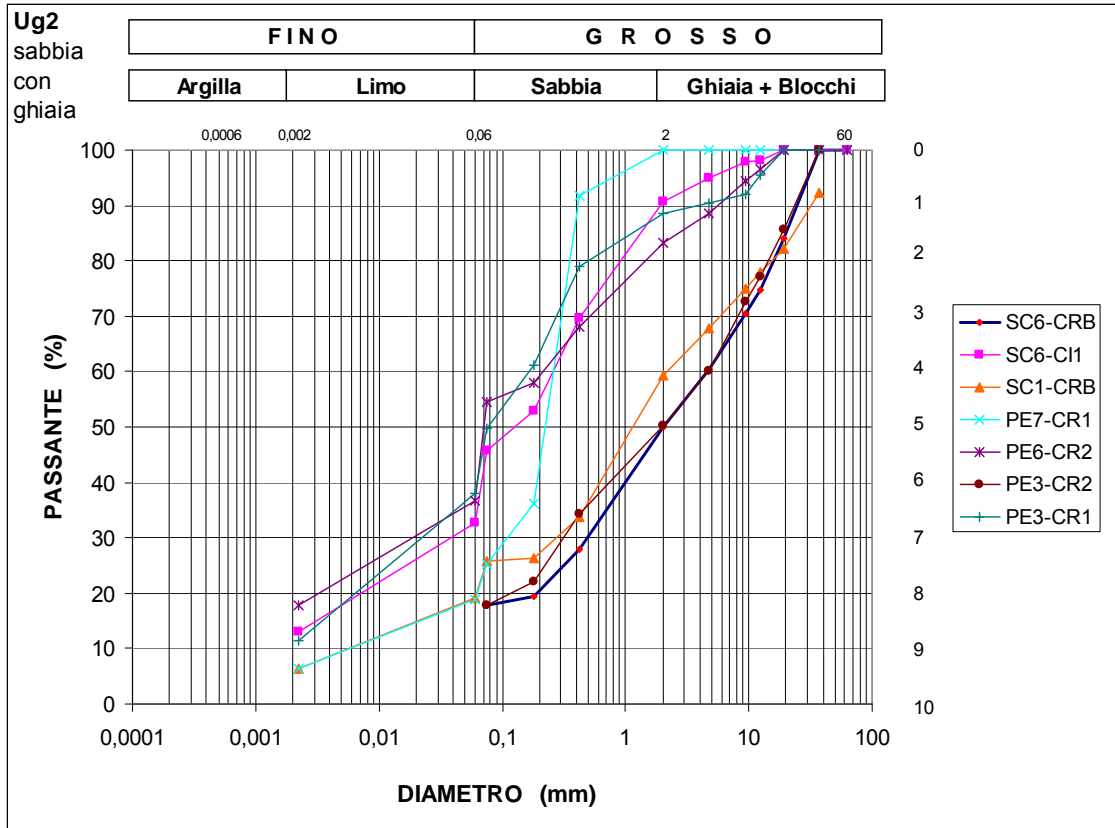


Figura 4 – Curve granulometriche dei campioni di sabbia e sabbia limosa con ghiaia (UG2).

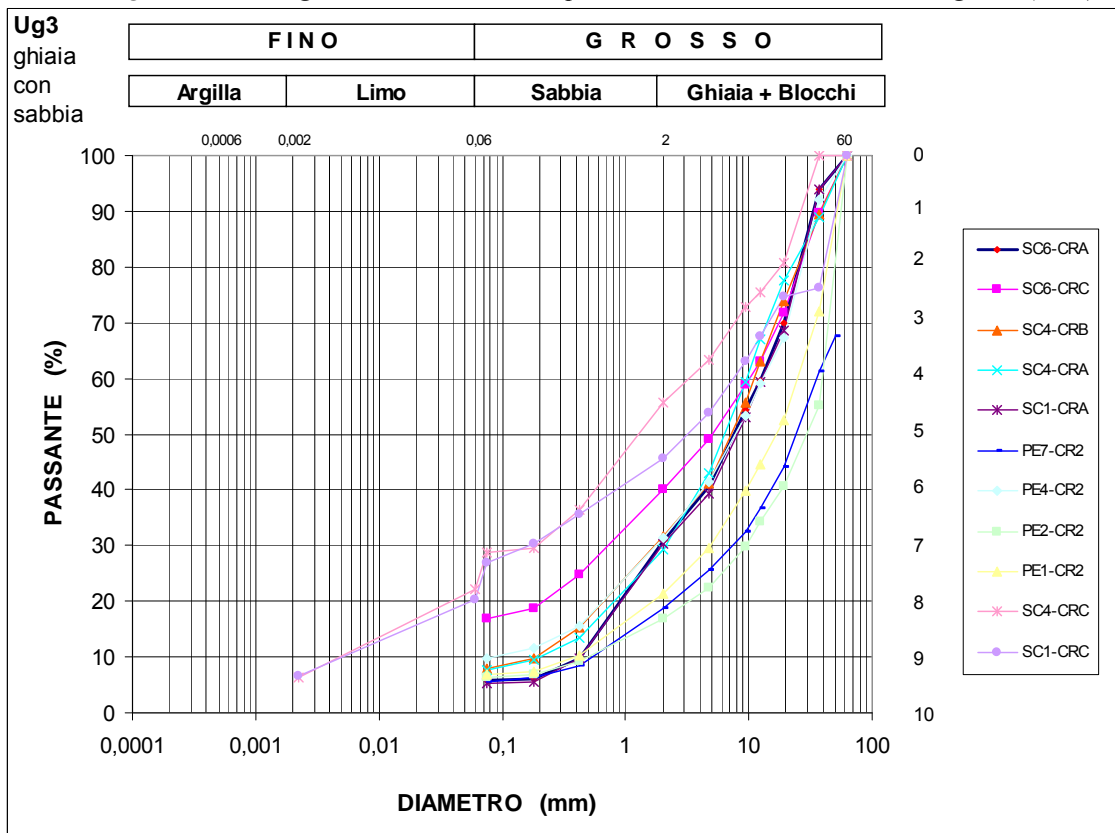


Figura 5 – Curve granulometriche dei campioni di ghiaia con sabbia limosa (UG3).

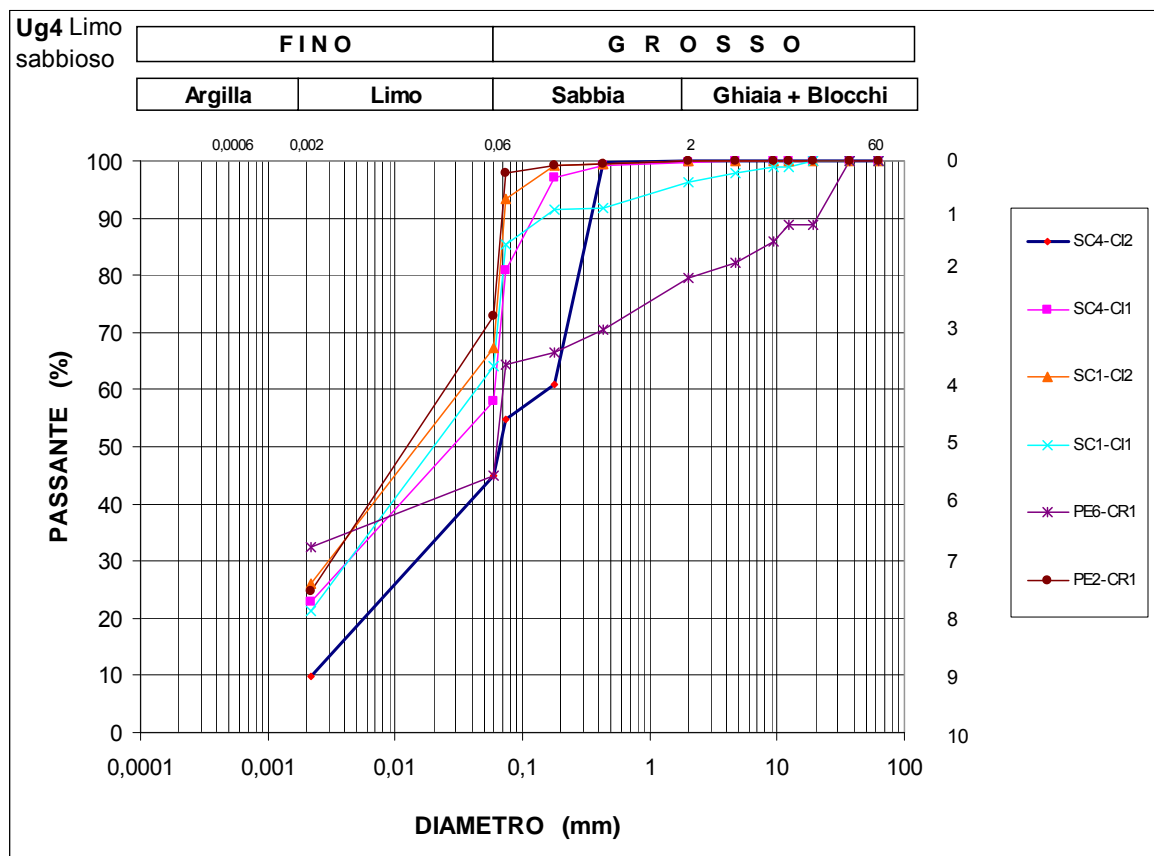


Figura 6 – Curve granulometriche dei campioni di limo sabbioso con ghiaia (UG4).

7.1 Parametrizzazione geotecnica

Per la caratterizzazione geotecnica, ovvero per la definizione dei principali parametri geotecnici delle unità geotecnicamente omogenee prima individuate, sono stati utilizzati i dati disponibili rappresentati dai risultati delle prove in foro (S.P.T., prove di permeabilità, prove pressiometriche e prove geofisiche) e delle prove di laboratorio realizzate durante le campagne di indagini.

I risultati di tutte le indagini sono stati sintetizzati nei capitoli che seguono. I risultati completi delle indagini (stratigrafie e prove in foro), i certificati delle prove di laboratorio ed i risultati delle indagini geofisiche sono riportate in allegato alla Relazione Geologica. L'ubicazione di tutte le indagini è riportata nella "Planimetria con ubicazione delle indagini".

7.1.1 Standard Penetration Test (SPT)

All'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite sistematicamente prove di tipo S.P.T (Standard Penetration Test). Esse consistono nell'infissione di una punta conica posata in fondo al foro per tre tratti successivi di 15.00 cm e nella registrazione del numero di colpi del maglio necessari per l'approfondimento. Il maglio utilizzato ha un peso di 63.50 Kg e viene lasciato cadere da un'altezza di 0.76 m, mentre la punta conica ha un diametro esterno di 51 mm e un'apertura di 60°. Sommando i numeri di colpi misurati negli ultimi due tratti di avanzamento si ottiene il valore di N_{spt} che può essere utilizzato tramite opportune correlazioni per dedurre alcuni dei principali parametri geotecnici del terreno.

Nella tabelle seguenti sono stati riassunti i risultati delle prove SPT, realizzate nei sondaggi ubicati in prossimità dell'area di progetto.

Codice sondaggio	Progetto	Straumentazione in foro	Profondità prova	Litotipo	Prove SPT			
					N1	N2	N3	NSPT
			(m)					
Sc1	PD delocalizzazione Autoporto	piezometro	3	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa grigiastrea	12	10	9	19
			6	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa grigiastrea	10	9	11	20
			9	ghiaia eterometrica poligenica, rari ciottoli, con sabbia limosa di colore nocciola	12	13	15	28
			12	ghiaia eterometrica poligenica, rari ciottoli, con sabbia limosa di colore nocciola	18	23	19	42
			15	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli con sabbia limosa di colore nocciola	11	15	25	40
			18	limo argilloso-sabbioso debolmente ghiaioso nocciola-grigiastro	10	8	8	16
			21	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola	17	23	25	48
			24	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola	22	28	30	58
			27	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola	25	28	33	61
Sc4	PD delocalizzazione Autoporto	piezometro	3	ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa nocciola	10	12	12	24
			6	ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa nocciola	17	20	23	43
			9	ghiaia eterometrica poligenica con ciottoli in matrice sabbioso-limosa nocciola	18	21	25	46
			12	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa nocciola	19	26	27	53
			15	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa nocciola	21	25	24	49
			18	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli con sabbia limosa di colore da nocciola a grigio	22	27	29	56
			21	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli con sabbia limosa di colore da nocciola a grigio	10	10	11	21
			24	ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbioso-limosa di colore nocciola	6	6	7	13
			27	ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbioso-limosa di colore nocciola	18	21	27	48
Sc6	PD delocalizzazione Autoporto	piezometro	3	terreno di riporto: sabbia grossa e media limosa nocciola e ghiaia poligenica ed eterometrica	7	7	8	15
			6	ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbiosa grigiastrea	11	12	10	22
			9	ghiaia eterometrica poligenica in matrice sabbiosa grigiastrea	23	28	R(8)	R(8)
			12	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola	18	22	30	52
			15	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola	20	25	29	54
			18	ghiaia eterometrica poligenica con rari ciottoli e sabbia limosa di colore nocciola	28	33	30	63
			21	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia limosa di colore nocciola	19	25	28	53
			24	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia limosa di colore nocciola	25	29	30	59
			27	ghiaia eterometrica poligenica e sabbia limosa di colore nocciola	29	38	R(3)	R(3)

Tabella 5 – Sintesi dei risultati delle Prove SPT realizzate nei sondaggi della campagna relativa al Progetto Definitivo; (R = rifiuto).

Codice sondaggio	Progetto	Straumentazione in foro	Profondità prova (m)	Litotipo	Prove SPT			
					N1	N2	N3	NSPT
S4B	Acciaierie Beltrame	piezometro	3	limo sabbioso con rara ghiaia	2	4	4	8
			6	ghiaia con ciottoli in matrice sabbioso-limosa	16	12	7	19
			9	sabbia limosa con ghiaia	6	5	7	12
			12	ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa	21	24	22	46
			15	ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa	6	11	20	31
			18	ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa	8	13	24	37
			21	ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa	23	23	29	52
			24	ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa	17	20	16	36
B14	autostrada Torino-Bardonecchia	piezometro	1,5	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	22	34	39	73
			3	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	31	40	48	88
			4,5	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	26	36	42	78
			6	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	23	29	36	65
			7,5	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	25	27	32	59
			9	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	20	25	30	55
			10,5	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	17	23	28	51
			12	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	21	23	25	48
			13,5	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	18	24	32	56
			15	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	26	29	40	69
			16,5	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	25	31	38	69
			18	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	22	34	37	71
			19,5	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	24	26	33	59
21	ghiaie grosse e medie ciottoli con debole matrice sabbiosa grossolana	21	28	37	65			
B15	autostrada Torino-Bardonecchia	assente	1,5	sabbie grosse e ghiaie	5	7	11	18
			3	ghiaie grosse e medie con debole matrice sabbiosa grossolana	6	12	37	49
			4,5	ghiaie grosse e medie con debole matrice sabbiosa grossolana	22	29	34	63
			6	ghiaie grosse e medie con debole matrice sabbiosa grossolana	37	48	R	R
			7,5	ghiaie grosse e medie con debole matrice sabbiosa grossolana	27	32	46	78
			9	ghiaie grosse e medie con debole matrice sabbiosa grossolana	33	36	43	79
			10,5	ghiaie grosse e medie con debole matrice sabbiosa grossolana	26	29	34	63
B55	autostrada Torino-Bardonecchia	assente	1,5	ghiaia con ciottoli in matrice sabbiosa	2	2	5	7
			3	limo sabbioso con ghiaia	6	3	5	8
			4,5	ghiaie poligeniche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	9	13	16	29
			6	ghiaie poligeniche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	7	9	13	22
			7,5	ghiaie poligeniche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	3	4	10	14
			9	ghiaie poligeniche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	7	16	21	37
			10,5	ghiaie poligeniche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	16	18	25	43
			12	ghiaie poligeniche con ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	34	R		R
			14	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	8	11	19	30
			16,5	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	24	27	37	64
			18	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	32	R		R
			19,5	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	14	18	37	55
			21	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	9	14	23	37
			22,5	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	R			R
			24	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	11	16	27	43
			25,5	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	7	7	8	15
27	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	14	17	28	45			
28,5	ghiaie poligeniche con rari ciottoli in matrice sabbiosa grossolana	12	16	17	33			

Tabella 6 – Sintesi dei risultati delle Prove SPT realizzate in sondaggi precedenti, in prossimità dell'area di interesse; (R = rifiuto).

I risultati delle prove S.P.T. che non hanno raggiunto il rifiuto sono stati utilizzati per determinare, tramite opportune correlazioni reperibili in bibliografia, alcuni dei principali parametri geotecnici dei terreni presenti in sito.

In particolare sono stati ricavati i seguenti parametri geotecnici, facendo ricorso alle correlazioni indicate:

- angolo di attrito ϕ ($^{\circ}$): metodo diretto “Japanese National Railway” e metodo diretto “Peck-Hanson & Thornburn”;
- modulo di Young E (MPa): metodo di “Menzenbach & Malcev”;
- Modulo di taglio dinamico G_0 (MPa): metodo di “Crespellani e Vannucchi”;

La coesione drenata c' dei terreni ghiaiosi dominanti, vista la loro natura prevalentemente grossolana e granulare, è stata assunta cautelativamente posta uguale a zero.

Nella tabella successiva sono riassunti i valori medi dei parametri geotecnici, ricavati a partire dalle prove SPT, per ciascuna delle unità geotecniche.

Sintesi dei valori medi dei parametri geotecnici (sondaggi PD 2013)				Japanese national railway	Peck-Hanson & Thornburn	Menzenbach & Malcev	Crespellani e Vannucchi
n° prove non a rifiuto	Litotipo	NSPT	Unità geotecnica	φ°	φ°	E (MPa)	G0 (Mpa)
1	terreno di riporto ghiaioso-sabbioso	15	UG1	25	31	19	41
2 valori	sabbia limosa con ghiaia	51	UG2	35	41	56	86
20 valori	ghiaia e sabbia limosa con locali ciottoli	43	UG3	33	39	48	76
2 valori	limo sabbioso con rara ghiaia	15	UG4	24	31	19	40

Tabella 7 – Sintesi dei valori medi dei parametri ottenuti a partire dai risultati delle prove SPT, nei sondaggi della campagna per il Progetto Definitivo.

Sintesi dei valori medi dei parametri geotecnici (SPT sondaggi Banca Dati Geotecnica ARPA Piemonte)				Japanese national railway	Peck-Hanson & Thornburn	Menzenbach & Malcev	Crespellani e Vannucchi
n° prove non a rifiuto	Litotipo	NSPT	Unità geotecnica	φ°	φ°	E (MPa)	G0 (Mpa)
no valori	terreno di riporto ghiaioso-sabbioso		UG1				
2 valori	sabbia limosa con ghiaia	15	UG2	25	31	19	41
39 valori	ghiaia e sabbia limosa con locali ciottoli	50	UG3	35	41	55	83
2 valori	limo sabbioso con rara ghiaia	8	UG4	22	29	12	28

Tabella 8 – Sintesi dei valori medi dei parametri ottenuti a partire dai risultati delle prove SPT, nei sondaggi della Banca Dati Geotecnica di ARPA Piemonte.

7.1.2 Prove pressiometriche

Nei fori di sondaggio realizzati durante la campagna indagini per la progettazione definitiva sono state realizzate una serie di prove pressiometriche di tipo Menard. La prova con pressimetro tipo Menard si esegue misurando, nel foro di sondaggio, la deformazione del terreno, quando questo viene sollecitato mediante l'espansione radiale di una sonda cilindrica, posta a contatto con le pareti del foro stesso. La prova consiste nell'incrementare gradualmente la pressione con gradini prefissati, possibilmente sino alla rottura del terreno, misurando il volume d'acqua assorbito dalla cella di misura e, di conseguenza, la deformazione del terreno.

I volumi d'acqua iniettati nella cella di misura sono diagrammati in funzione della pressione applicata, ottenendo così una curva dalla quale si ricavano:

- Pressione di ricompressione (P0);
- Pressione di fluage (Pf);
- Pressione limite (Pl);

A partire dalla curva sperimentale corretta si possono determinare, oltre ai parametri sopraindicati, alcuni parametri geotecnici caratteristici del terreno:

- Modulo di taglio (G)
- Modulo pressiometrico (Em)

Il valore del modulo pressiométrico è stato utilizzato per il calcolo del modulo di Young dei terreni, tramite la relazione di Briaud (1992): $E = E_M / \alpha$ dove α rappresenta il coefficiente reologico definito nella tabella successiva:

Stato del terreno \ Natura del terreno	Torba		Argilla			Limo			Sabbia		Sabbia e ghiaia		Roccia	
	α	$\frac{E_M}{P_l}$	α	$\frac{E_M}{P_l}$	α	$\frac{E_M}{P_l}$	α	$\frac{E_M}{P_l}$	α	$\frac{E_M}{P_l}$	α	Stato di fratturazione	α	
Iperconsolidato troppo costipato	–	>16	1	>14	2/3	>12	1/2	>10	1/3			Scarsamente fratturato	2/3	
Normalconsolidato normalmente costipato	1	9-16	2/3	8-14	1/2	1-12	1/3	6-10	1/4			Normale	1/2	
												Molto fratturato	1/3	
Iperconsolidato alterato rimaneggiato o sciolto	–	7-9	1/2	5-8	1/2	5-7	1/3	–	–			Molto alterato	2/3	

α : coefficiente reologico; E_M : modulo pressiométrico del terreno; P_l .

Tabella 9 – Valori dei coefficienti reologici α da Briaud (1992).

Il valore del modulo di Young, ottenuto a partire dalle prove pressiométriche, è stato utilizzato per stimare il valore del modulo di taglio operativo G , tramite la relazione:

$$v = E/2G - 1$$

dove:

v = coefficiente di Poisson (assunto uguale a 0,33)

E = modulo elastico.

Nella tabella seguente si riportano sinteticamente i risultati delle prove pressiométriche realizzate nell'area di progetto.

Codice sondaggio	Profondità prova	Litologia	Pressione limite	Pressione di fluage	Modulo pressiométrico	Modulo di Young	Modulo di taglio	Unità geotecnica	Modulo di taglio $v = E/2G - 1$
	(m)		PL (Mpa)	PF (Mpa)	E_M (Mpa)	E (Mpa)	G (Mpa)		G (Mpa)
Sc1	8.5	ghiaia con rari ciottoli in abbondante matrice sabbioso-limosa	5.309	3.218	38.4	76.8	14.4	UG3	51.08
	17.5	ghiaia con rari ciottoli con sabbia limosa	2.289	1.704	25.9	51.8	9.7	UG3	34.45
Sc4	16.8	limo argilloso-sabbioso	4.746	2.622	33.2	66.5	12.5	UG4	44.21
	23	limo argilloso-sabbioso	2.08	0.94	15.4	30.7	5.8	UG4	20.44
Sc6	11.8	ghiaia con rari ciottoli e sabbia limosa	6.292	3.303	58.3	116.7	21.9	UG3	77.58
	15	ghiaia con rari ciottoli e sabbia limosa	5.785	3.508	52.4	104.8	19.7	UG3	69.69

Tabella 10 – Sintesi dei risultati delle prove pressiométriche realizzate nei fori di sondaggio della campagna di indagini per il Progetto Definitivo.

7.1.3 Prove di permeabilità in foro

Durante la campagna di indagini per il Progetto Definitivo, sono state anche realizzate alcune prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc, per la determinazione del coefficiente di permeabilità del terreno (K in m/s); tale prova può essere eseguita in due differenti modalità: a carico costante ed a carico variabile.

Nel seguito viene data una sintesi dei risultati di tutte le prove disponibili per l'area di progetto:

Risultati delle prove di permeabilità in foro realizzate a supporto della Progettazione Definitiva							
Codice sondaggio	Profondità (m)	Fase progettuale	Tipo sondaggio	Falda (m)	Litotipo	coefficiente Permeabilità K (m/sec)	Unità geotecnica
Sc1	3	PD	carotato	2,5	ghiaia con rari ciottoli in matrice sabbioso-limosa	1,17E-04	UG3
	6					2,52E-04	UG3
Sc4	3	PD	carotato	3,4	ghiaia con ciottoli in matrice sabbioso-limosa	8,36E-05	UG3
	12					1,49E-04	UG3
Sc6	3	PD	carotato	1,5	ghiaia in matrice sabbiosa	3,86E-04	UG3
	9					2,29E-04	UG3

Tabella 11 – Sintesi dei risultati delle prove di permeabilità effettuate durante la campagna di indagini per il Progetto Definitivo.

7.1.4 Prove di laboratorio

Nei sondaggi realizzati durante la campagna di indagini per il Progetto Definitivo sono stati prelevati una serie di campioni di terreno, sia indisturbati sia rimaneggiati, da sottoporre alle prove geotecniche di laboratorio. I risultati delle prove di laboratorio sono riportati sinteticamente nella tabella seguente.

Nell'ambito della campagna di indagini per il Progetto Definitivo sono stati prelevati anche dei campioni di terreno da sottoporre ad analisi in laboratorio di tipo ambientale; nel complesso sono stati prelevati 4 campioni di terreno superficiale (tra 0 e 1,5 m), all'interno dei pozzetti PE4, PE5 e PE1 e del sondaggio SC4. Tutti i campioni, limitatamente ai parametri analizzati, sono risultati accettabili rispetto ai valori limiti imposti nella Tabella 1 – colonna A e B – Allegato 5 – Titolo V – D. Lgs. 152/2006.

7.1.5 Prove di carico su piastra

Durante la campagna di indagini realizzata a supporto della progettazione definitiva sono stati realizzati 7 pozzetti esplorativi, con escavatore, spinti sino ad una profondità massima di 3 metri. La realizzazione di tali pozzetti ha permesso la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico dell'area nei primissimi metri, la realizzazione di prove di carico su piastra, per determinare il modulo di deformabilità del terreno, nonché il prelievo di alcuni campioni di terreno per le prove di laboratorio.

La prova consiste nel caricare con incrementi successivi e regolari una piastra rigida (circolare) appoggiata sul terreno di prova, misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico, con possibilità di effettuare cicli di carico e scarico.

Il modulo di deformazione M_d viene calcolato tramite la seguente espressione:

$$M_d = \Delta p / \Delta s \times D$$

dove:

- Δp (in MPa) è l'incremento di pressione applicata;
- Δs (in mm) è il corrispondente incremento di cedimento della piastra caricata;
- D è il diametro della piastra (300 mm).

I risultati delle prove di carico su piastra eseguite sono riportati sinteticamente nella tabella che segue.

Codice scavo	Profondità scavo (m)	Profondità prova di carico (m)	Modulo di deformazione		Unità geotecnica
			M_d (MPa) 1° ciclo	$M'd$ (Mpa) 2° ciclo	
PE1	2,5	0,3	45	1000	UG1
PE2	2,5	0,4	4,6	1000	UG4
PE3	2,8	0,4	4,72	54,5	UG2
PE4	2,6	0,3	24,5	600	UG1
PE5	2	0,3	16,2	250	UG1
PE6	3	0,4	15,2	1500	UG1
PE7	2,6	0,4	8,87	157,9	UG2

Tabella 13 – Sintesi dei risultati delle prove di carico su piastra, realizzate nei pozzetti della campagna di indagini per il Progetto Definitivo.

7.1.6 Indagini geofisiche

Durante il mese di Luglio 2013, a supporto della progettazione definitiva, è stata effettuata una campagna di indagini geofisiche di tipo geoelettrico e sismico, con prove in foro e superficie; in particolare:

- Tomografia elettrica (n. 2 stendimenti) effettuata allo scopo di determinare la distribuzione della resistività elettrica nel sottosuolo.
- Prova down-hole (n. 1 prova) effettuata allo scopo di determinare le velocità di propagazione delle onde compressionali P e delle onde di taglio S, per la determinazione del parametro Vs30, ai fini della caratterizzazione sismica di sito.
- Prospezioni MASW Multichannel Analysis of Surface Waves (n. 14 prove) finalizzate a definire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio S, attraverso l'analisi

della dispersione delle onde di superficie di Rayleigh, per la determinazione del parametro V_{s30} .

I risultati delle indagini geofisiche sono riassunti nel paragrafo seguente; l'ubicazione delle indagini geofisiche è riportata schematicamente nella figura seguente.

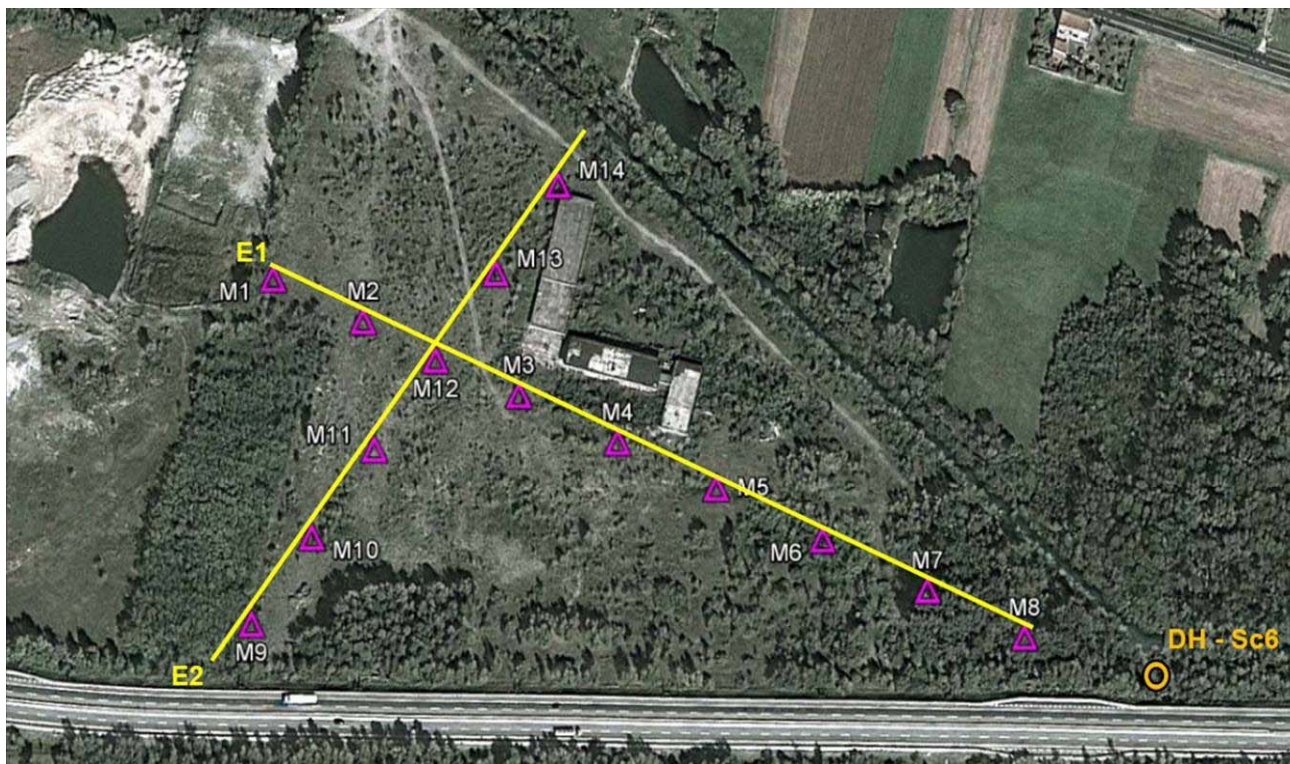


Figura 7 – Ubicazione delle indagini geofisiche realizzate durante la campagna di indagini per il Progetto Definitivo.

Nella Tabella 2 – Principali caratteristiche delle indagini geofisiche realizzate nell'area interessata dal progetto, durante la campagna per il Progetto Definitivo

sono riassunte le principali caratteristiche delle indagini geofisiche realizzate nell'ambito della progettazione definitiva.

Nell'allegata Relazione Geologica si riporta una descrizione dettagliata dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche e l'elaborazione dei dati utilizzati per la classificazione sismica di sito.

7.2 Definizione del Modello Geotecnico

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi che manifestano frequenti interdigitazioni ed eteropie di facies laterali. Non è dunque possibile ricondursi ad un unico modello geotecnico di riferimento che sia valido per tutta l'area, a meno di importanti semplificazioni che trascurino la presenza discontinua e disuniforme dei livelli più fini, o che rappresentino la variabilità dei parametri geotecnici dei depositi, facendo genericamente riferimento a valori medi.

Senza appesantire oltremodo l'elaborazione, si è pertanto scelto di individuare due modelli geotecnici di riferimento, sulla base delle unità geotecniche precedentemente definite.

Il primo, denominato **Modello "A"**, è rappresentativo della porzione meridionale dell'area di interesse, a cavallo dell'asse autostradale e sarà utilizzato per la progettazione delle fondazioni dei nuovi svincoli autostradali. La distribuzione verticale delle unità geotecniche nel modello "A" è ottenuta facendo riferimento cautelativo alla stratigrafia del sondaggio SC4, realizzato in corrispondenza dello svincolo lato Bardonecchia, il quale ha intercettato un orizzonte significativo di sabbie con ghiaie (Unità UG2) e due livelli di limi sabbiosi (Unità UG4). Applicare tale modello anche allo svincolo lato Torino risulta essere più cautelativo rispetto alla elaborazione di un ulteriore modello ricavabile dal log stratigrafico del sondaggio SC6 (eseguito in corrispondenza dello svincolo lato Torino), in quanto quest'ultimo non ha intercettato il livello di limi sabbiosi (Unità UG4) ed ha rinvenuto un solo livello, di esiguo spessore, di sabbia con ghiaia riferibile all'unità UG2.

Ad ulteriore cautela, si precisa che, per la definizione del modello geotecnico di riferimento, il log stratigrafico del sondaggio SC4 è stato impiegato unicamente per definire gli spessori e la posizione delle unità geotecniche, mentre l'attribuzione dei parametri geotecnici caratteristici alle varie unità tiene conto dei risultati di tutte le prove e dati disponibili sull'area. Ciò in quanto le sabbie presentano valori inferiori dei parametri di resistenza al taglio, rispetto alle ghiaie, a parità di addensamento.

Il secondo modello, denominato **Modello "B"** è rappresentativo della porzione settentrionale dell'area di intervento e sarà utilizzato per le opere di scavalco del canale N.I.E. e per la progettazione dei nuovi fabbricati. In questo caso, per attribuire spessori e posizioni delle unità geotecniche, si è fatto riferimento alla stratigrafia del limitrofo sondaggio SC1, il quale ha incontrato superficialmente le sabbie con ghiaia dell'Unità UG2 e, più in profondità, due livelli di limi sabbiosi attribuibili all'Unità UG4.

Non essendo stato possibile effettuare una campagna di indagini geognostiche di infittimento, in occasione della progettazione esecutiva, la definizione dei modelli geotecnici è stata effettuata sulla base delle indagini e conoscenze disponibili per il progetto definitivo. E' stata però prevista l'esecuzione di una ulteriore campagna di indagini, durante le prime fasi di cantierizzazione, con lo scopo di validare ed incrementare l'affidabilità dei modelli qui definiti.

I modelli geotecnici di riferimento per gli interventi in esame possono essere dunque così schematizzati:

Modello geotecnico “A” rappresentativo per la progettazione delle fondazioni dei nuovi svincoli autostradali.

Unità Geotecnica	Soggiacenza Unità Geotecniche dalla quota del piano campagna attuale [m]
“UG1” – terreno di riporto	Da piano campagna fino a -3,0 m
“UG3” – ghiaia in matrice sabbioso-limosa	Da -3,0 m fino a -10,5 m
“UG2” – sabbia con ghiaia	Da -10,5m fino a -16,4 m
“UG4” – limi sabbiosi con ghiaia	Da -16,4m fino a -17,0 m
“UG3” – ghiaia in matrice sabbioso-limosa	Da -17,0 m fino a -22,1 m
“UG4” – limi sabbiosi con ghiaia	Da -22,1m fino a -24,1 m
“UG3” – ghiaia in matrice sabbioso-limosa	Da -24,1m fino a -30,0 m
FALDA	-1,12 m valore minimo* -2,07 m valore medio* N.B.: * soggiacenze registrate nel piezometro pz-7, posto alla estremità sud-orientale dell’area, nel periodo 2004-2016

Tabella 14 – modello geotecnico “A” di riferimento.

Modello geotecnico “B” rappresentativo della porzione settentrionale dell’area di intervento, per la progettazione delle opere di scavalco del canale N.I.E. e dei nuovi fabbricati.

Unità Geotecnica	Soggiacenza Unità Geotecniche dalla quota del piano campagna attuale [m]
“UG1” – terreno di riporto	Da piano campagna fino a -1,7 m
“UG2” – sabbia con ghiaia	Da -1,7m fino a -3,0 m
“UG3” – ghiaia in matrice sabbioso-limosa	Da -3,0 m fino a -14,4 m
“UG4” – limi sabbiosi con ghiaia	Da -14,4m fino a -15,0 m
“UG3” – ghiaia in matrice sabbioso-limosa	Da -15,0m fino a -18,0 m
“UG4” – limi sabbiosi con ghiaia	Da -18,0m fino a -19,3 m
“UG3” – ghiaia in matrice sabbioso-limosa	Da -19,3m fino a -30,0 m
FALDA	-2,5 m dal piano campagna attuale

Tabella 15 – modello geotecnico “B” di riferimento.

7.3 Scelta dei parametri geotecnici caratteristici

Sulla base delle considerazioni e dell’analisi dei dati esposti in precedenza, si può affermare che l’area di progetto è caratterizzata, dal punto di vista geologico, dalla presenza di depositi granulari di origine alluvionale, con un ricoprimento superficiale, pressoché continuo, di terreni riportati.

Sono dunque state distinte 4 unità geotecniche principali: UG1, UG2, UG3 e UG4, le cui caratteristiche litologiche e geotecniche sono state descritte nel dettaglio in precedenza.

Nella Relazione Geologico-Geotecnica del Progetto Definitivo è stata proposta una caratterizzazione delle 4 Unità Geotecniche che riporta, per ciascun parametro, una gamma abbastanza ampia di valori, per tener conto della grande variabilità litologica riscontrata e della dispersione dei dati di prova e di laboratorio disponibili.

Rilocalazione Autoporto-sito di San Didero: Sintesi dei principali parametri geotecnici delle Unità interessate dal progetto											
Unità geotecnica	Litotipo	Peso di volume naturale	Coesione	Angolo di attrito	Modulo di Young	Modulo pressiométrico	Pressione limite	Modulo di taglio $v = E/2G - 1$	Coefficiente di permeabilità	Coesione non drenata	Coeff. consolidazione primaria C_v
		KN/m ³	c' (KPa)	ϕ' (°)	E (Mpa)	Em (Mpa)	Pl (Mpa)	G (Mpa)	K (m/sec)	cu (KPa)	(cm ² /sec)
UG1	Terreno vegetale e di riporto ghiaioso-sabbioso	18-20	0	25-30	20-25	-	-	-	1E-03 - 1E-05	-	-
UG2	Sabbia limosa con ghiaia	19-21	0	30-35	15-20	-	-	35-45	1E-04 - 1E-06	-	-
UG3	Ghiaia con ciottoli in matrice sabbioso-limosa	21-22	0	35-40	50-100	25-60	3-6	50-70	1E-04 - 1E-05	-	-
UG4	Limi sabbiosi con subordinata ghiaia	19-21	0-5	25-30	30-60	15-30	2-4	20-40	1E-06 - 1E-08	60-70	5,78E-03

Tabella 16 – sintesi dei parametri geotecnici individuati nel Progetto Definitivo per le singole Unità Geotecniche.

Uno degli obiettivi della campagna di indagini, che era stata prevista in occasione della progettazione esecutiva, era quello di acquisire i dati necessari a ridurre il divario relativo ai valori dei parametri geotecnici, pervenendo così alla definizione e scelta dei valori caratteristici.

Siccome non è stato possibile realizzare in questa fase tale campagna geognostica, la scelta dei valori caratteristici deve essere effettuata sulla base dei dati e delle informazioni sin qui disponibili, tenendo conto, in modo cautelativo, che non sono state effettuate le ulteriori indagini di infittimento.

Sulla base di tali considerazioni, rispetto alla gamma di valori individuati nel Progetto Definitivo, si è scelto di adottare cautelativamente il valore inferiore della serie, per quanto riguarda l'angolo di attrito di picco.

Tale determinazione è stata effettuata in termini non meramente statistici, ma tenendo presente i dettami del Decreto Ministeriale del 14/01/2008 (Norme Tecniche per le costruzioni), secondo il quale per valore caratteristico di un parametro si intende una stima cautelativa del valore del parametro esaminato in relazione allo stato limite considerato.

Per quanto riguarda invece i parametri di deformabilità, risulta opportuno fare riferimento a valori "operativi".

Essendo il comportamento dei terreni non lineare, i moduli di deformabilità "operativi" da associare allo specifico problema ingegneristico, dipendono dal livello tenso-deformativo e/o dal grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

Nel caso di ricorso a metodi di calcolo non lineari i dati di ingresso sono essenzialmente i moduli elastici iniziali e le curve di decadimento del modulo in funzione del livello deformativo indotto.

Nel caso di ricorso a metodi di calcolo lineari, invece, il modulo viene stimato ipotizzandolo pari ad una quota parte di quello iniziale.

Nel caso specifico il modulo di Young “operativo” può essere assunto pari a 1/5 di quello iniziale con un criterio ampiamente cautelativo.

In alternativa, nel caso di problematiche di cedimento di fondazioni superficiali e di utilizzo delle note espressioni ricavate dalla teoria dell’elasticità, per aree di carico rettangolari o circolari rigide, il modulo di Young “operativo” può essere assunto pari a quello corrispondente a tensioni dell’ordine del 25% di quelle a rottura. Secondo Jamiolkowski et al. (1988), tale modulo risulta pari a:

$$E'_{25} = (10.5 - 3.5 \cdot D_r) \cdot N_{SPT} \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad \text{nel caso dei terreni normalmente consolidati}$$

$$E'_{25} = (52.5 - 35 \cdot D_r) \cdot N_{SPT} \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad \text{nel caso dei terreni sovraconsolidati}$$

essendo:

D_r = densità relativa espressa in frazione del valore unitario 1,0.

Le correlazioni sopra riportate per il calcolo di E'_{25} si applicano ai depositi sabbiosi; nell’applicazione delle stesse formule anche ai terreni ghiaiosi, ove siano disponibili solo risultati ottenuti con il campionatore standard o con la punta chiusa, è opportuno modificare cautelativamente il valore N_{SPT} misurato, assunto pari a $(N_{SPT})_{60\%}$, adottando la seguente equazione (vedi ad esempio Clayton (1995), Skempton (1986), Tokimatsu&Yoshimi (1983)):

$$(N_{SPT})^* = (N_{SPT}) \cdot C_{sg}$$

essendo:

C_{sg} = fattore correttivo.

Si ottengono dunque i parametri geotecnici caratteristici, in condizioni drenate, per le unità geotecniche considerate, trascurando, in prima analisi, a favore di sicurezza, il contributo fornito dalla coesione.

Unità Geotecnica UG1 – Terreno di riporto			
PARAMETRO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
Peso dell’unità di volume totale	γ	18	[kN/m ³]
Densità relativa	D_R	35-50	[%]
Coesione drenata	c'	0	[kPa]
Angolo di resistenza a taglio di picco	φ'_P	25	[°]
Angolo di resistenza a volume costante	φ'_{CV}	23	[°]
Coefficiente di Poisson	ν	0.35	[-]
Modulo Elastico operativo	E_{OP}	3÷4	[MPa]
Modulo di taglio iniziale	G_0	30-40	[MPa]
Costante di Winkler	K	1÷2	[kg/cm ³]

Tabella 17 – Parametri geotecnici caratteristici dell’unità UG1.

Unità Geotecnica UG2 – Sabbia con ghiaia			
PARAMETRO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
Peso dell'unità di volume totale	γ	19	[kN/m ³]
Densità relativa	D_R	55-75	[%]
Coesione drenata	c'	0	[kPa]
Angolo di resistenza a taglio di picco	ϕ'_P	30	[°]
Angolo di resistenza a volume costante	ϕ'_{CV}	25	[°]
Coefficiente di Poisson	ν	0.35	[-]
Modulo Elastico operativo	E_{OP}	3÷4	[MPa]
Modulo di taglio iniziale	G_0	30-40	[MPa]
Costante di Winkler	K	4÷6	[kg/cm ³]

Tabella 18 – Parametri geotecnici caratteristici dell'unità UG2.

Unità Geotecnica UG3 – Ghiaia in matrice sabbioso-limosa			
PARAMETRO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
Peso dell'unità di volume totale	γ	21	[kN/m ³]
Densità relativa	D_R	45-80	[%]
Coesione drenata	c'	0	[kPa]
Angolo di resistenza a taglio di picco	ϕ'_P	35	[°]
Angolo di resistenza a volume costante	ϕ'_{CV}	30	[°]
Coefficiente di Poisson	ν	0.35	[-]
Modulo Elastico operativo	E_{OP}	10÷15	[MPa]
Modulo di taglio iniziale	G_0	50-100	[MPa]
Costante di Winkler	K	10÷15	[kg/cm ³]

Tabella 19 – Parametri geotecnici caratteristici dell'unità UG3.

<i>Unità Geotecnica UG4 – Limi sabbiosi con ghiaia</i>			
<i>PARAMETRO</i>	<i>SIMBOLO</i>	<i>VALORE</i>	<i>UNITA' DI MISURA</i>
Peso dell'unità di volume totale	γ	19	[kN/m ³]
Densità relativa	D_R	40-50	[%]
Coesione drenata	c'	0	[kPa]
Angolo di resistenza a taglio di picco	ϕ'_P	25	[°]
Angolo di resistenza a volume costante	ϕ'_{CV}	21	[°]
Coefficiente di Poisson	ν	0.30	[-]
Modulo Elastico operativo	E_{OP}	5÷10	[MPa]
Modulo di taglio iniziale	G_0	30-60	[MPa]
Costante di Winkler	K	1,5÷2	[kg/cm ³]

Tabella 20 – Parametri geotecnici caratteristici dell'unità UG4.

Per il calcolo dei cedimenti dei pali di fondazione dei viadotti sono stati utilizzati valori dei moduli elastici superiori ai valori caratteristici anzi indicati. Questo assunto trova giustificazione nel fatto che in profondità il grado di addensamento del terreno e lo stato tensionale agente esercitano un confinamento che limita la deformabilità.

L'attesa campagna di indagini geognostiche, prevista per l'inizio della fase costruttiva, dovrà validare e confermare tali valori.

8. Verifiche di Stabilità dei rilevati

Le analisi di stabilità dei rilevati stradali sono state effettuate con il metodo dell'equilibrio limite globale, in condizioni drenate, giustificate dalle modalità costruttive previste e dalle caratteristiche geotecniche e freatiche del sito.

Sulle sezioni di verifica sono state eseguite analisi di stabilità basandosi sui modelli di Bishop e Spencer ritenuti idonei ai casi in esame, in particolare per superfici di scorrimento curvilinee e mistilinee rispettivamente.

Le figure riportate nel seguito evidenziano come siano sempre verificati i requisiti per la stabilità dei manufatti, pur nella combinazione delle più gravose condizioni operative. La falda è sempre adottata alla massima escursione e completa saturazione.

Si riportano alcuni schemi rappresentativi delle analisi di stabilità effettuate mediante il codice di calcolo Slide (v. 6.0, Rocscience Inc.), sulle sezioni ritenute esemplificative delle varie situazioni analizzate (in genere le sezioni di rilevato di maggiore altezza, nelle varie situazioni analizzate: allargamenti di rilevati esistenti, nuovi rilevati).

Nelle rappresentazioni grafiche delle verifiche si riportano i valori dei fattori di sicurezza valutati mediante il codice di calcolo per le diverse analisi. In particolare sono stati calcolati i fattori di sicurezza minimi per ogni tipo di analisi sviluppata.

Le verifiche sono state condotte secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 delle NTC2008, in condizioni simiche, assumendo i seguenti parametri (Cfr. Relazione sismica):

- vita nominale $V_N = 100$ anni
- classe d'uso IV $\Rightarrow C_U = 2,0$
- periodo di riferimento $V_R = 200$ anni
- verifiche condotte allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV
- accelerazione orizzontale massima sul sito $a_g = 0,201$ g
- categoria di sottosuolo B \Rightarrow fattore di amplificazione topografica $S_s = 1,197$
- fattore di amplificazione topografica (categoria T1) $S_T = 1,0$

ne deriva:

- accelerazione orizzontale massima attesa sul sito $a_{MAX} = S_s * S_T * a_g = 0,240597$ g
- coefficienti simici orizzontale K_h e verticale K_v per analisi pseudostatiche di analisi di stabilità dei rilevati, assumendo $\beta_m = 0,28$:

$$K_h = \beta_m * \frac{a_{MAX}}{g} = 0,06736716$$

$$K_v = \mp 0,5 * K_h = 0,03368358$$

La tabella che segue riassume le verifiche effettuate ed il valore minimo del fattore di sicurezza ottenuto in ciascun caso:

Metodo di analisi	Situazione analizzata e minimo valore del coefficiente di sicurezza ottenuto		
	Rilevato rampa lato Bardonecchia sisma down	Rilevato rampa lato Bardonecchia sisma up	Rilevato rampa lato Bardonecchia scorrimento non circolare, sisma up
Bishop	1,163	1,157	1,262
Spencer	1,159	1,153	1,247
	Allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia sisma down	Allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia Sisma up	Allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia Scorrimento non circolare sisma up
Bishop	1,217	1,201	1,192
Spencer	1,195	1,182	1,280
	Allargamento rilevato autostradale lato Torino, sisma down	Allargamento rilevato autostradale lato Torino, sisma up	Allargamento rilevato autostradale lato Torino Scorrimento non circolare sisma up
Bishop	1,144	1,123	1,106
Spencer	1,118	1,102	1,188
	Innesto rotatoria su strada statale SS25, sisma down	Innesto rotatoria su strada statale SS25, sisma up	Innesto rotatoria su strada statale SS25, scorrimento non circolare, sisma up
Bishop	2,928	2,805	4,45
Spencer	2,925	2,803	4,42

Nota:

- nel caso di scorrimento non circolare sono riportate solo le analisi con sisma up, in quanto risultano più penalizzanti;
- nel caso dell'innesto su rotatoria, date le modeste variazioni planoaltimetriche delle sezioni e gli ampi margini di sicurezza, è riportata solo la sezione ritenuta più rappresentativa.

Tabella 21 – Riassunto delle analisi di stabilità dei rilevati effettuate, con indicazione del valore minimo del fattore di sicurezza ottenuto in ciascun caso.

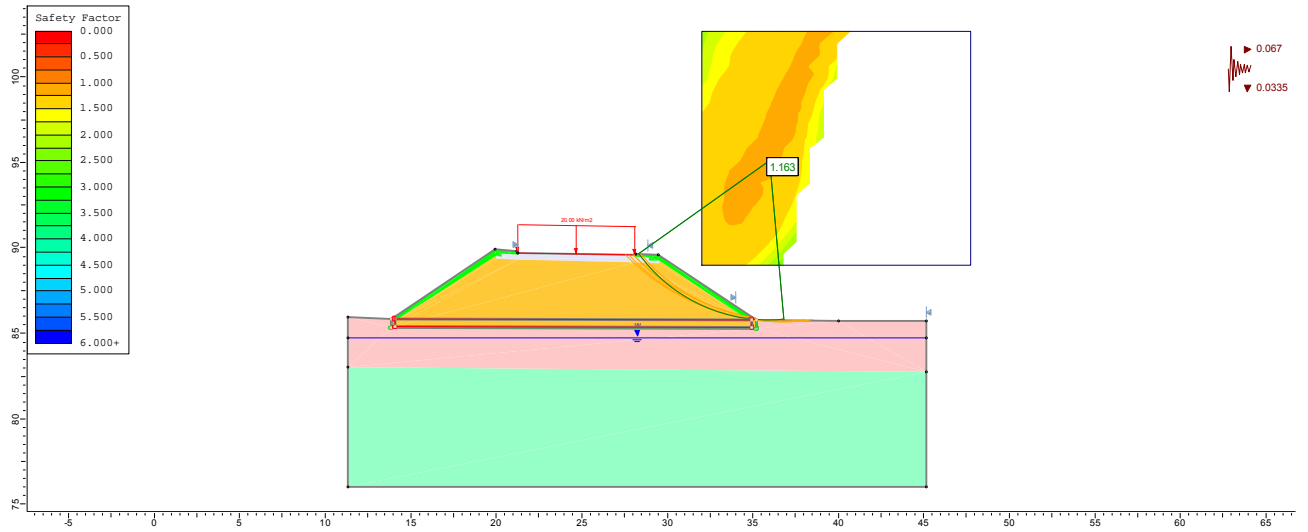


Figura 8 – Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma down - Bishop.

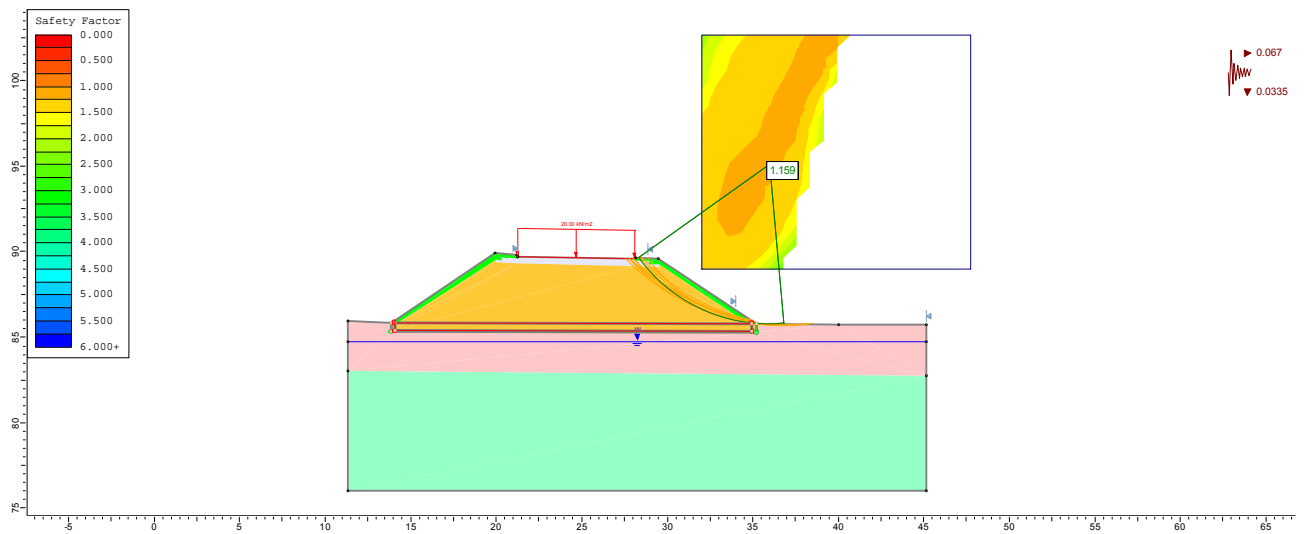


Figura 9 – Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma down - Spencer.

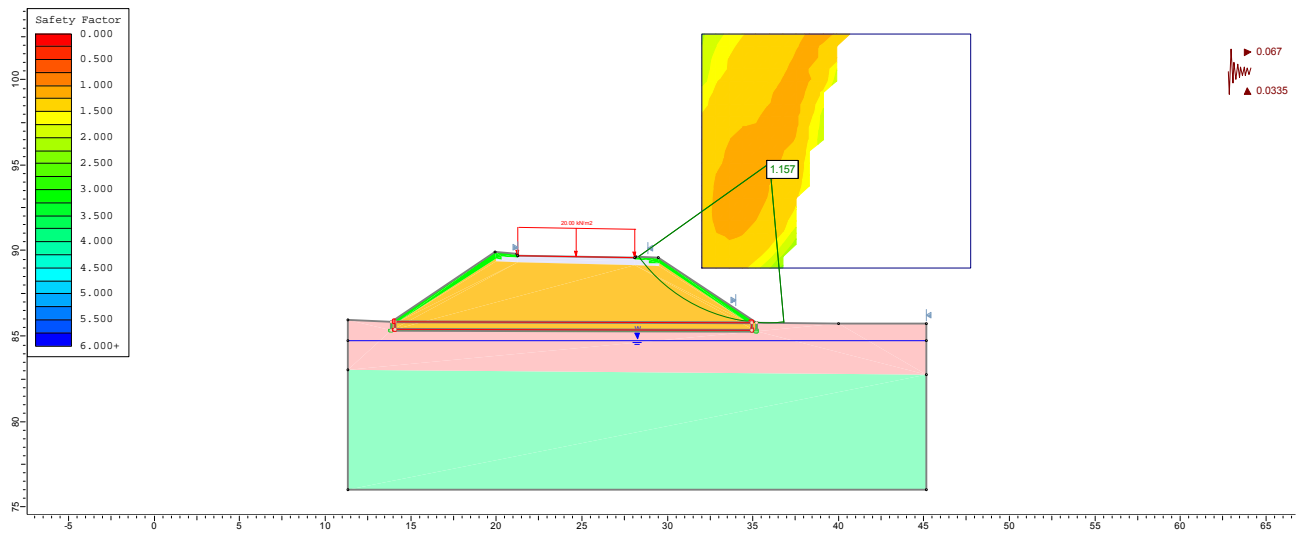


Figura 10 – Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma up - Bishop.

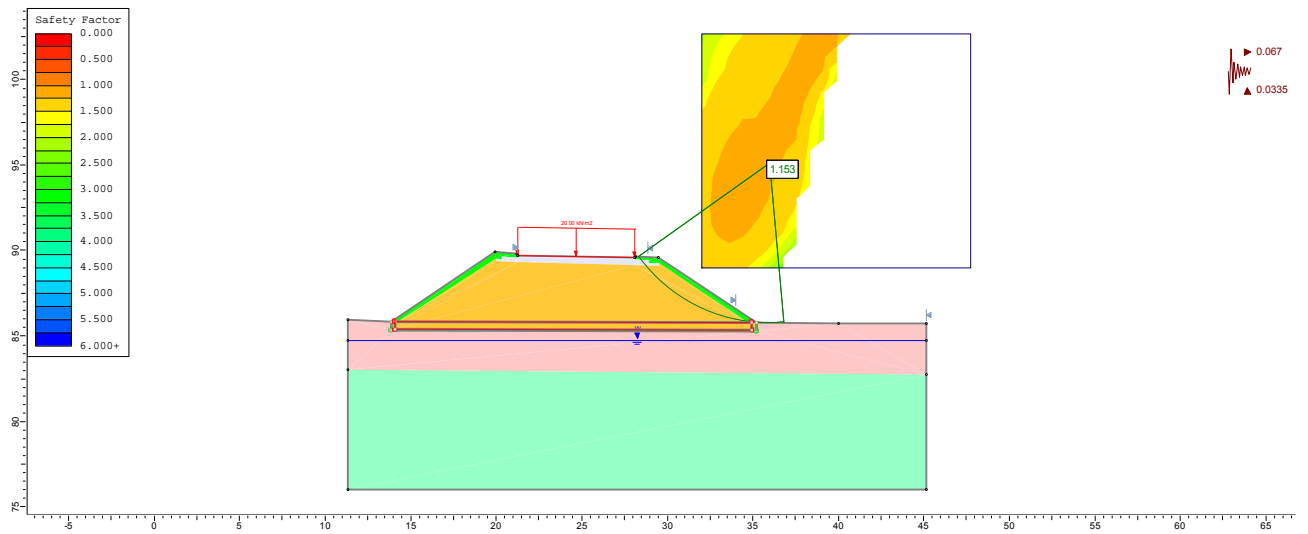


Figura 11 – Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- sisma up - Spencer.

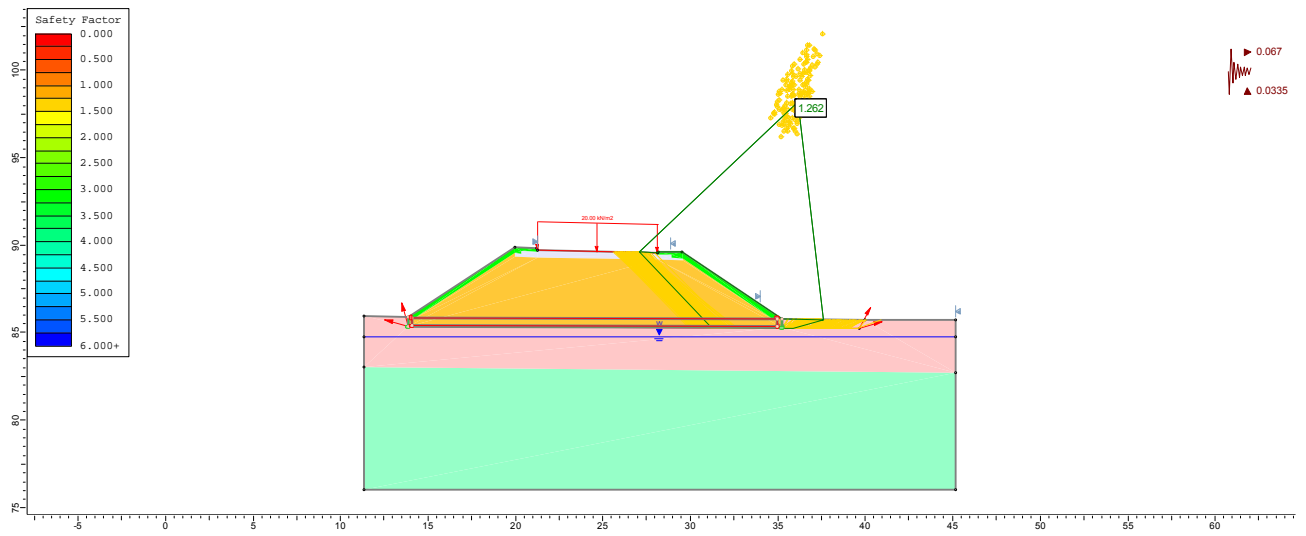


Figura 12 – Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- scorrimento non circolare - sisma up - Bishop.

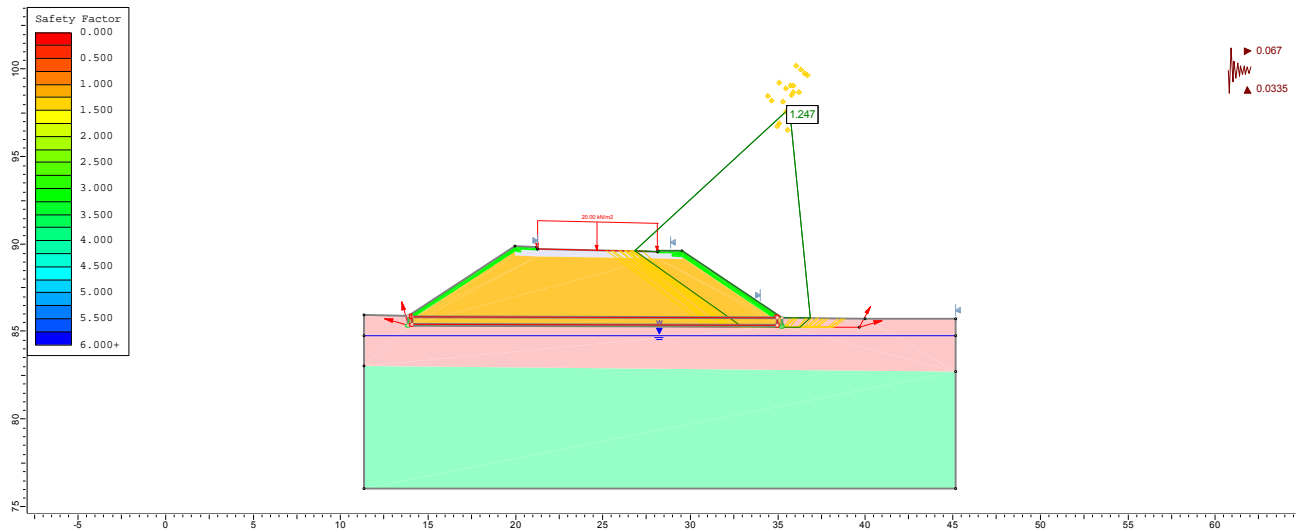


Figura 13 – Verifica di stabilità rilevato rampa lato Bardonecchia- scorrimento non circolare - sisma up - Spencer.

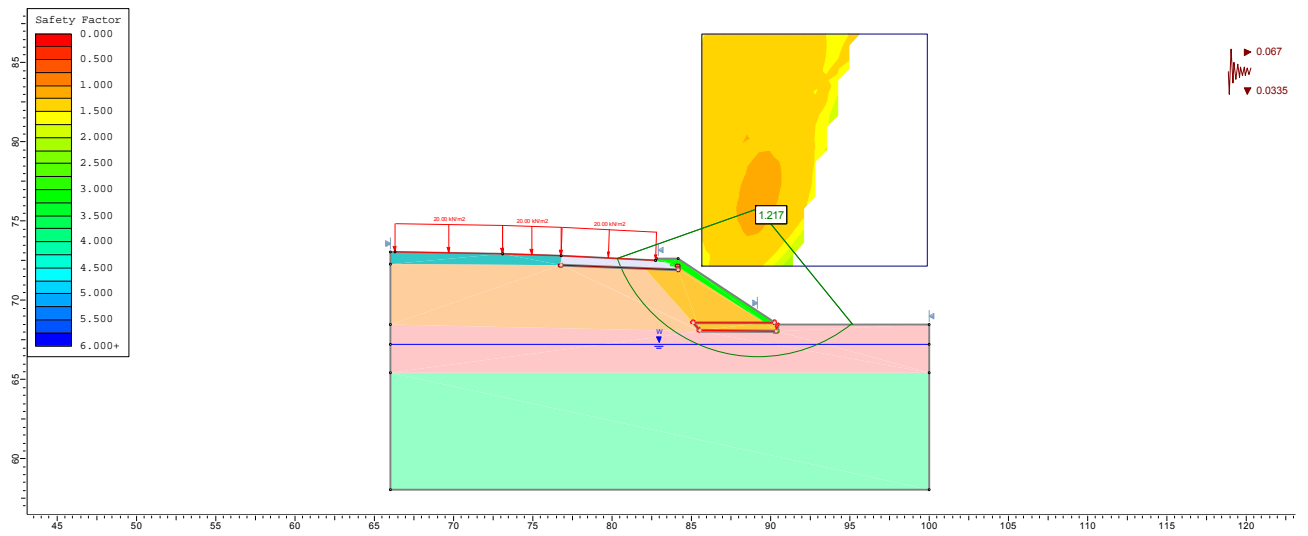


Figura 14 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma down - Bishop.

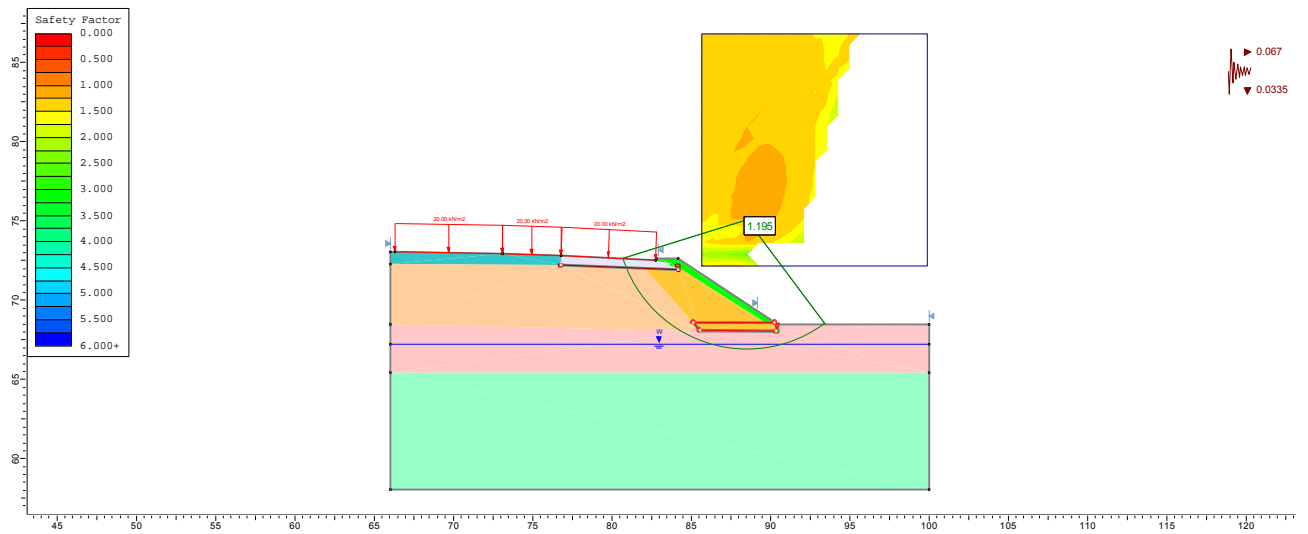


Figura 15 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma down - Spencer.

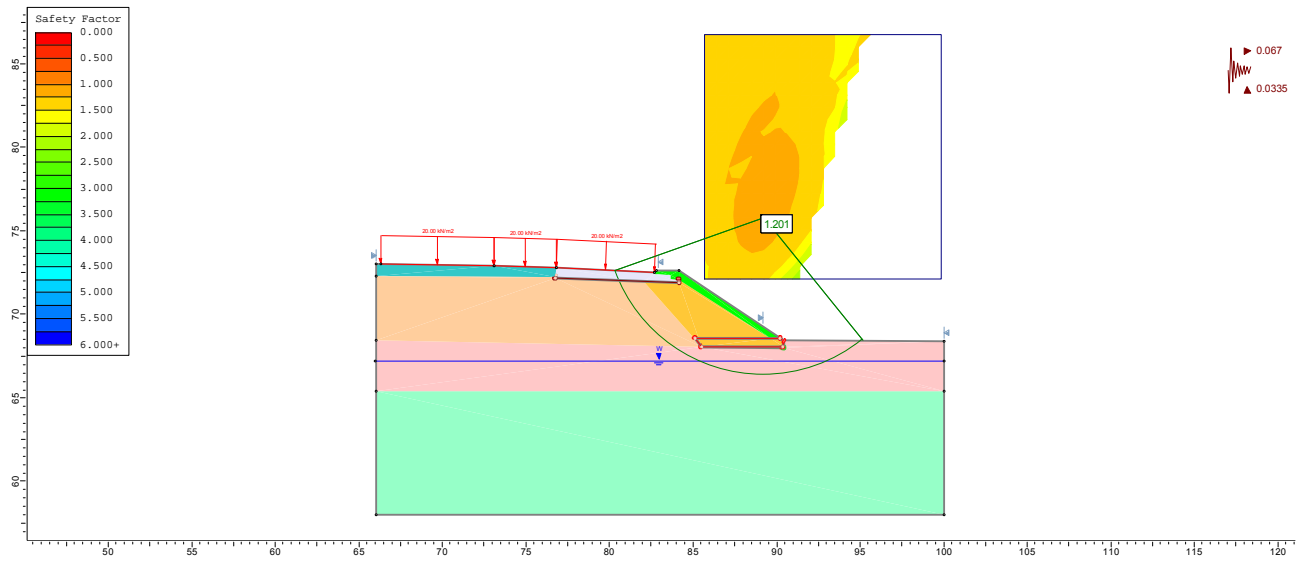


Figura 16 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma up - Bishop.

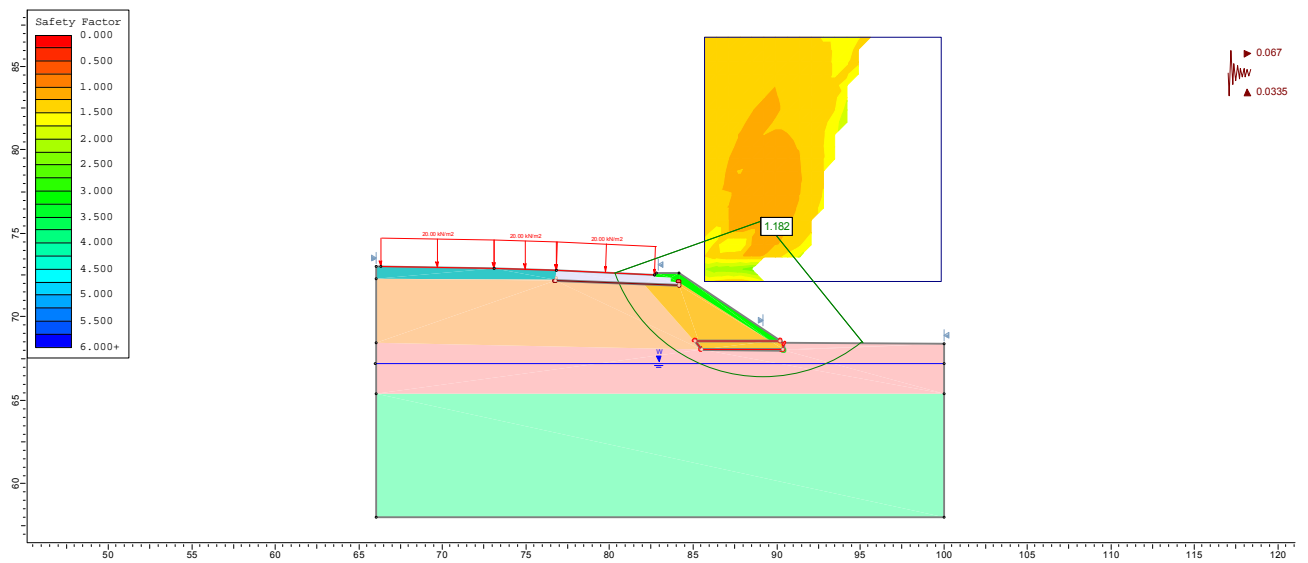


Figura 17 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - sisma up - Spencer.

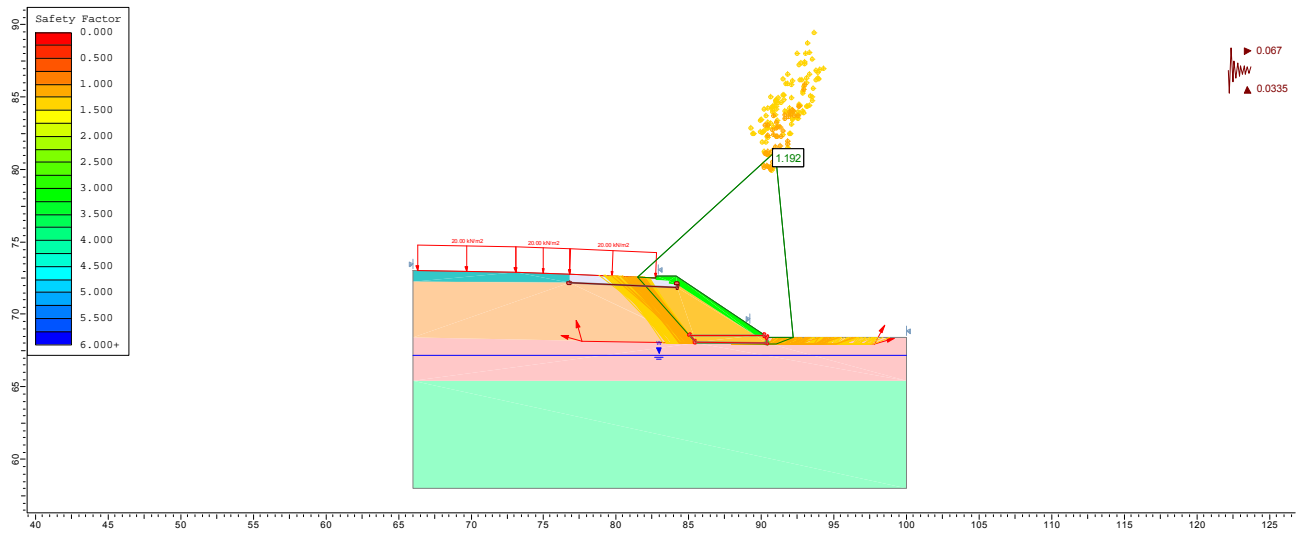


Figura 18 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - scorrimento non circolare - sisma up - Bishop.

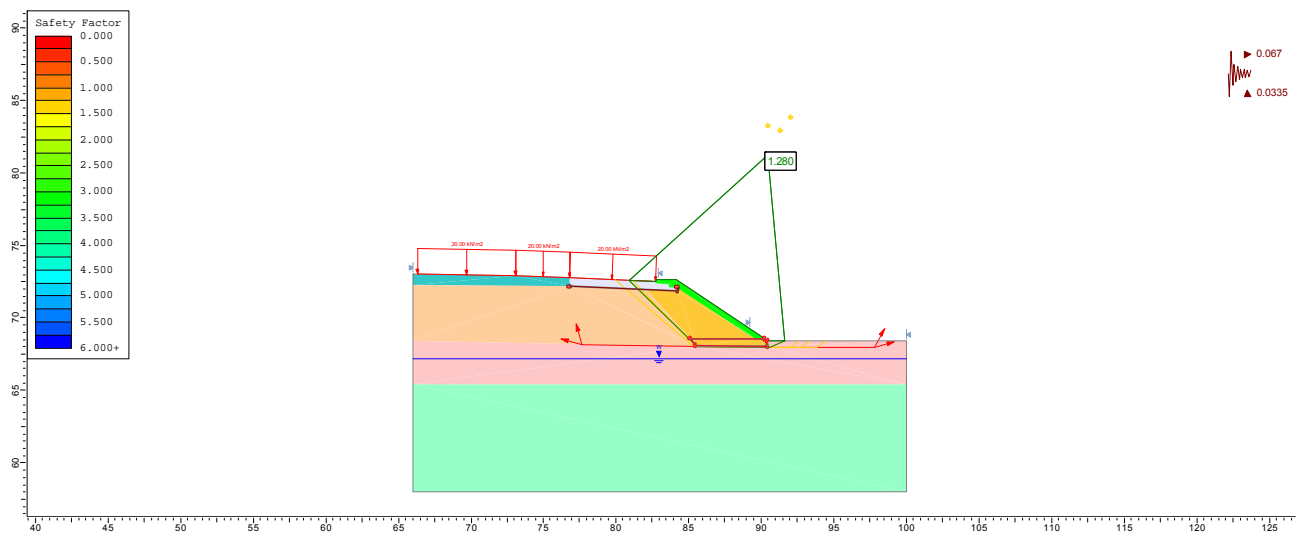


Figura 19 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia - scorrimento non circolare - sisma up - Spencer.

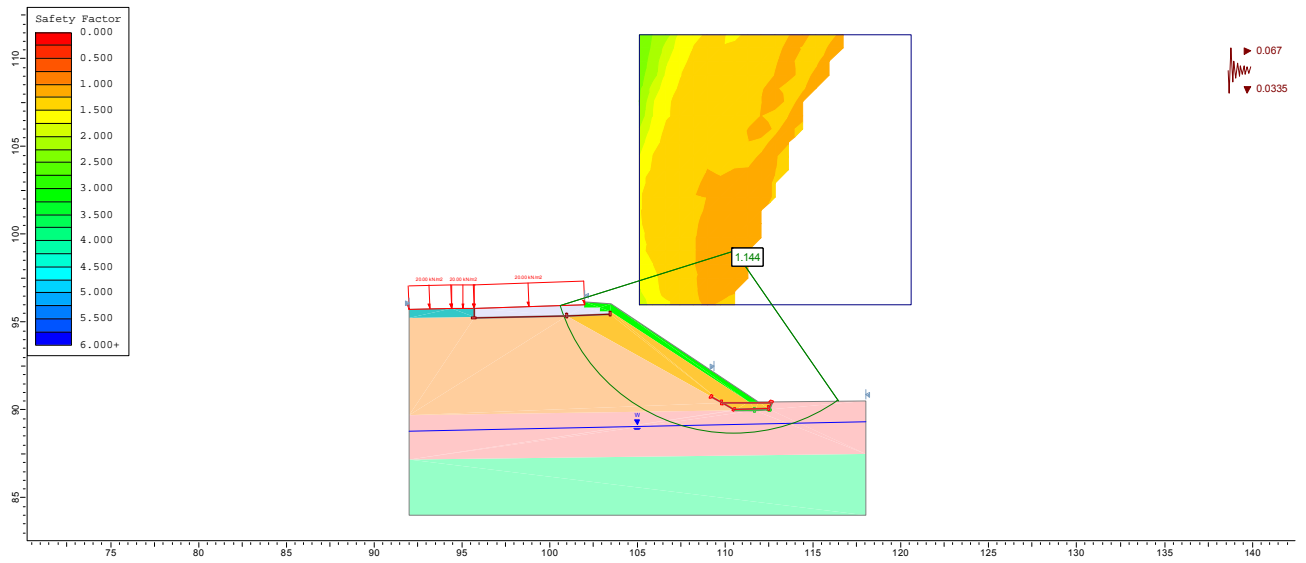


Figura 20 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma down - Bishop.

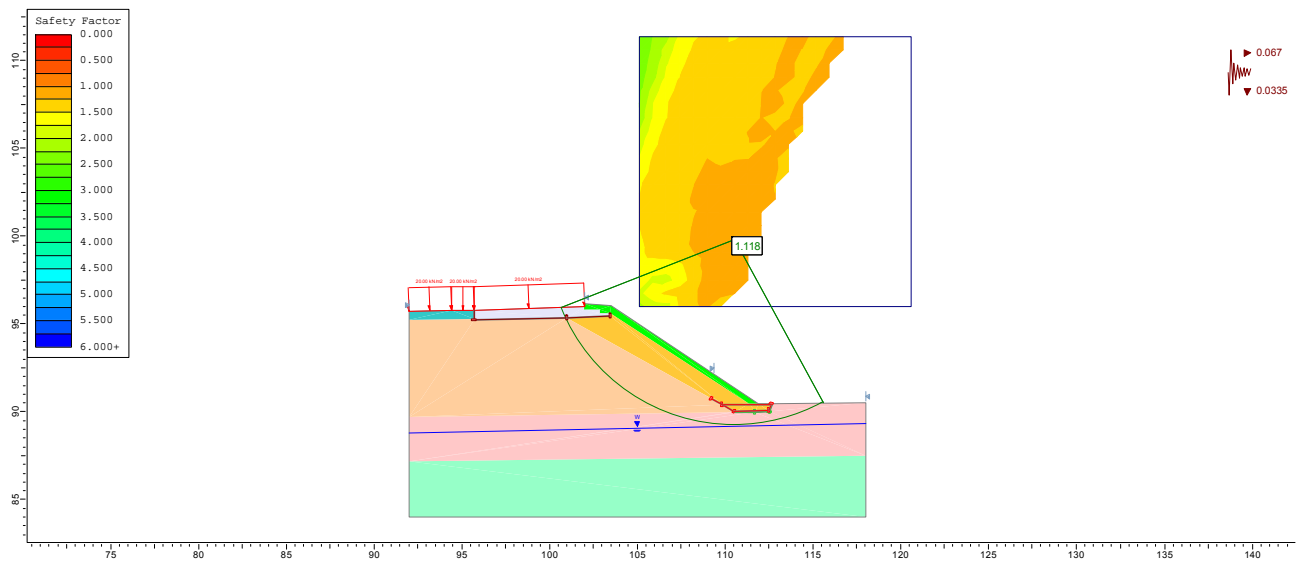


Figura 21 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma down - Spencer.

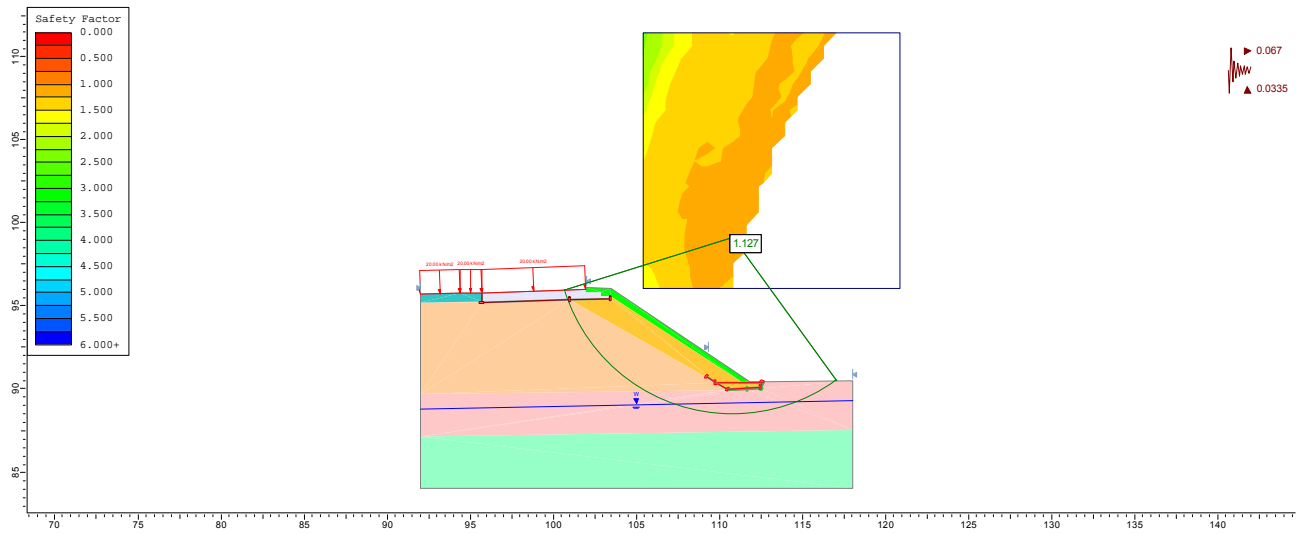


Figura 22 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma up - Bishop.

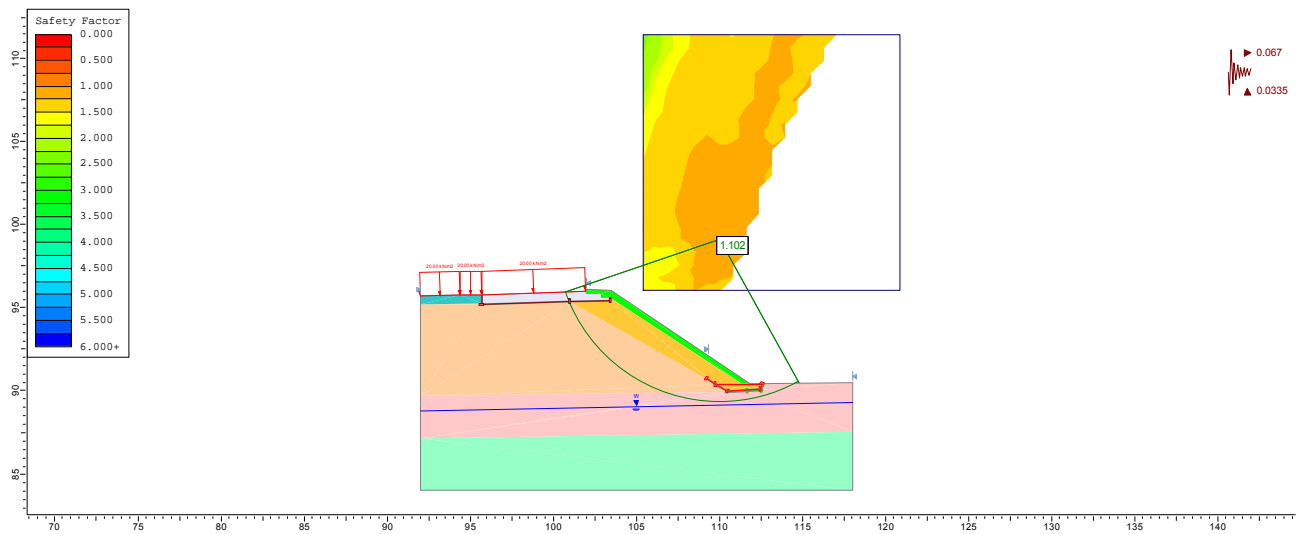


Figura 23 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino - sisma up - Spencer.

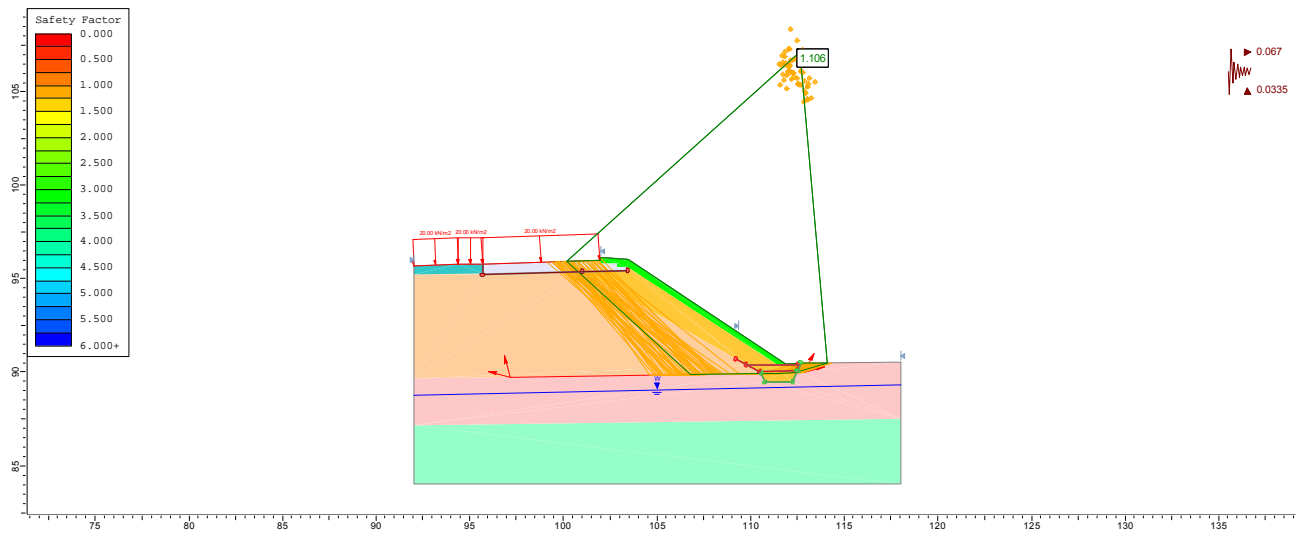


Figura 24 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino – scorrimento non circolare - sisma up - Bishop.

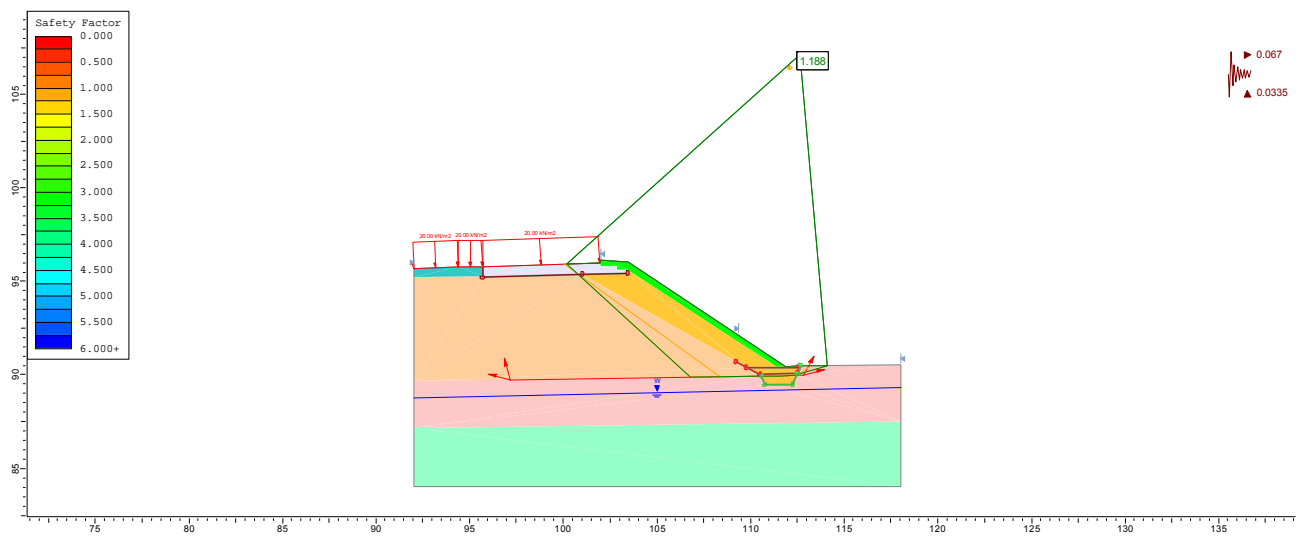


Figura 25 – Verifica di stabilità allargamento rilevato autostradale lato Torino – scorrimento non circolare - sisma up - Spencer.

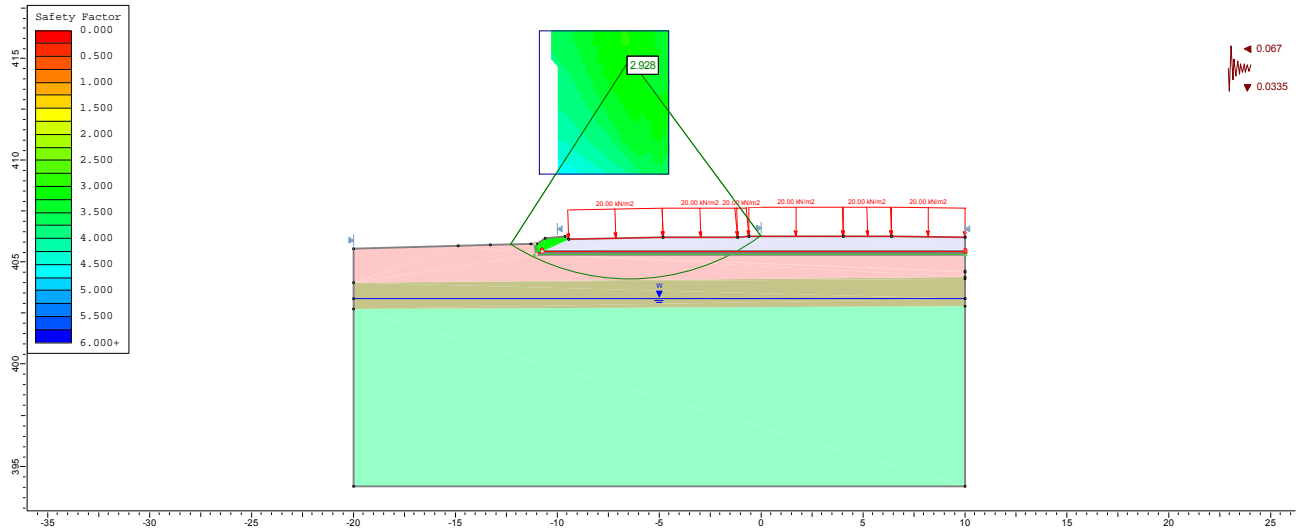


Figura 26 – Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma down - Bishop.

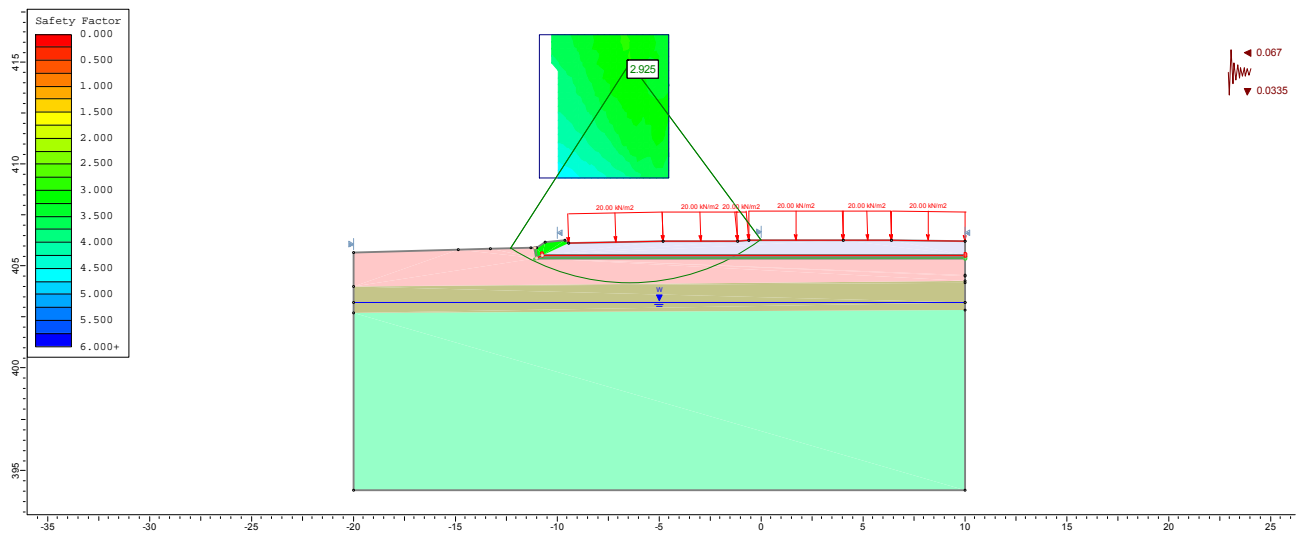


Figura 27 – Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma down – Spencer.

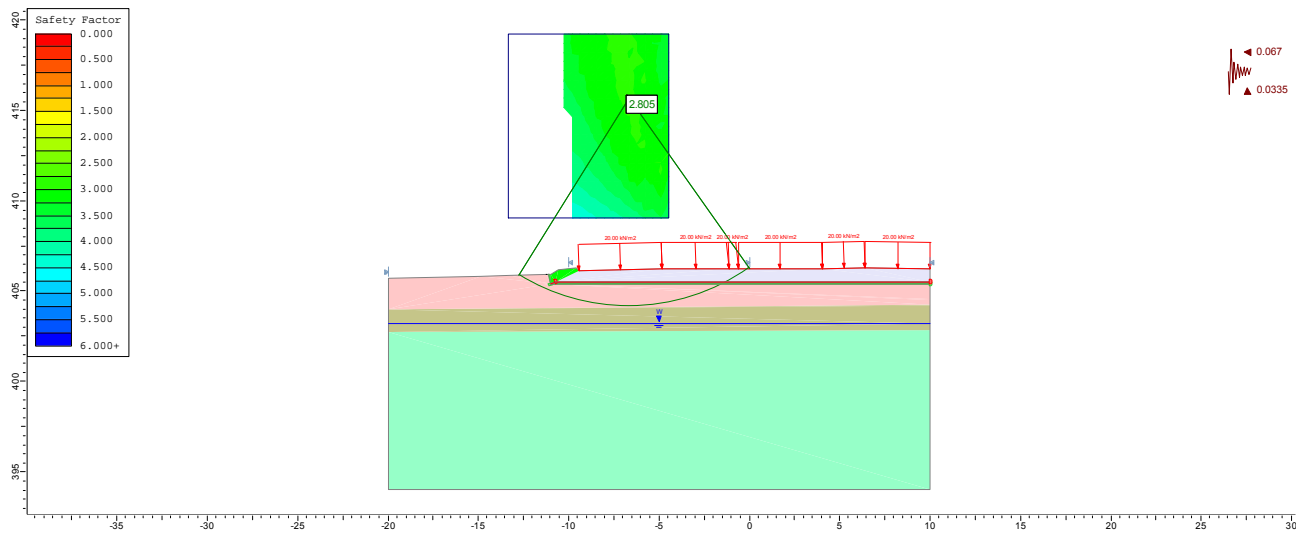


Figura 28 – Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma up – Bishop.

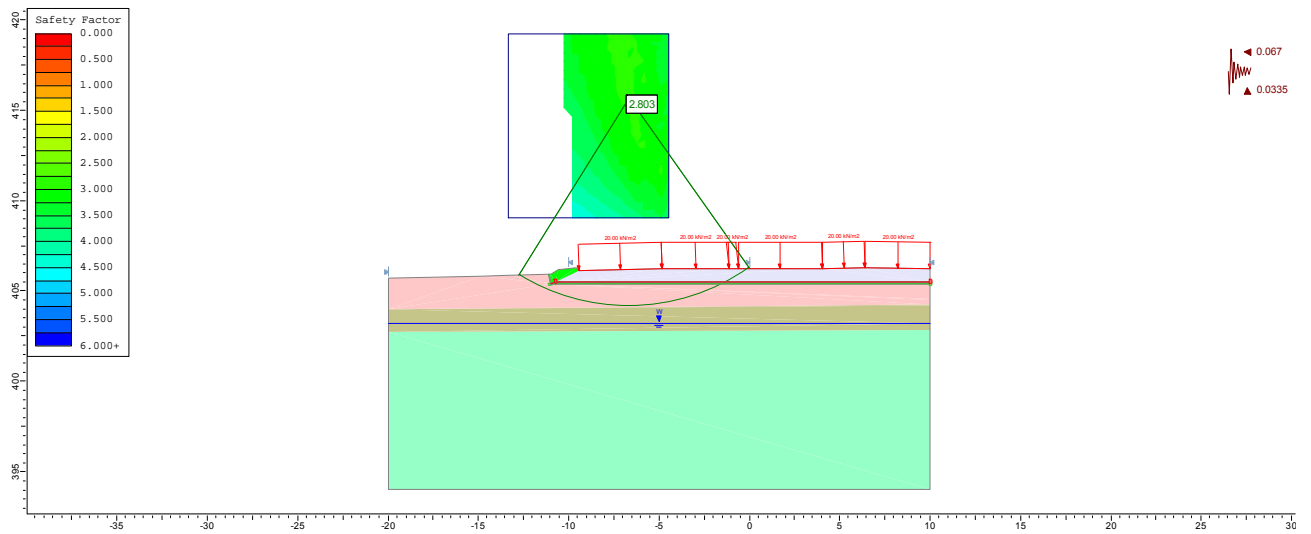


Figura 29 – Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - sisma up – Spencer.

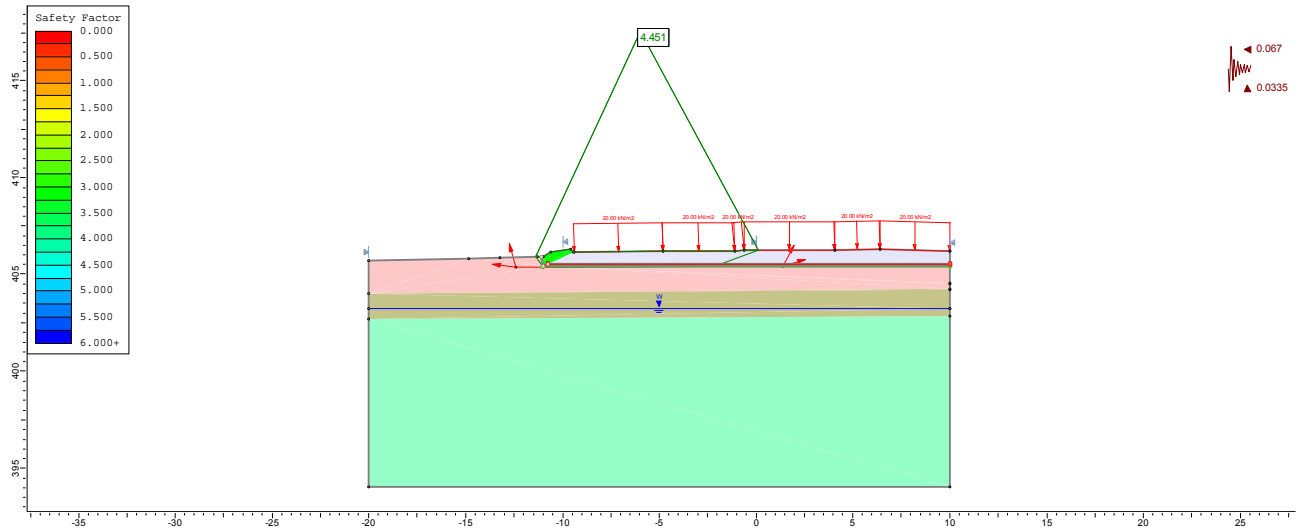


Figura 30 – Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - scorrimento non circolare - sisma up – Bishop.

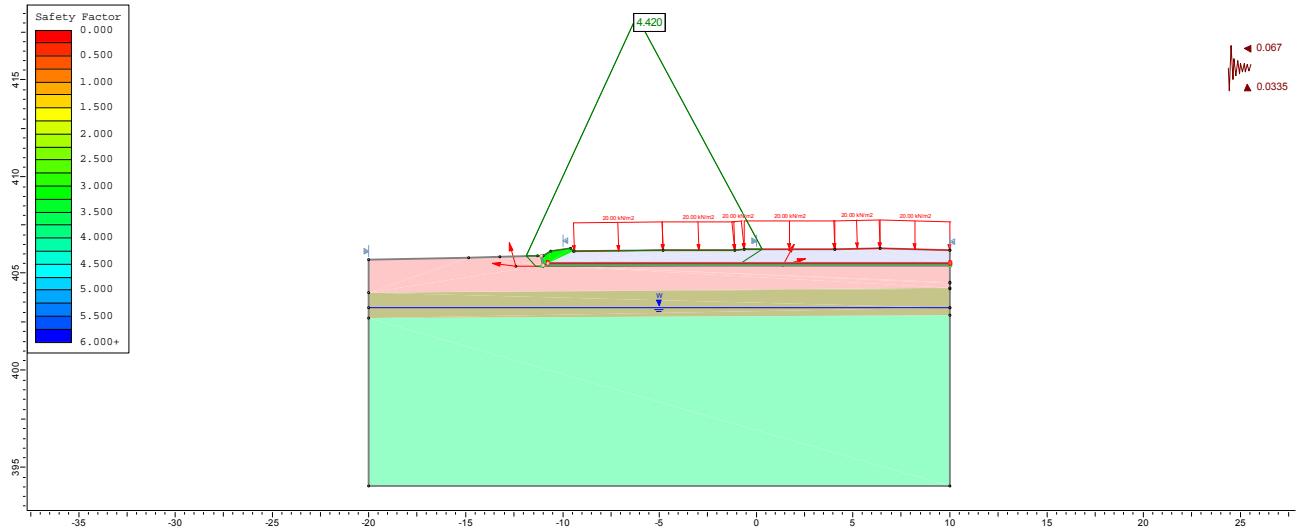


Figura 31 – Verifica di stabilità Innesto rotatoria su strada statale SS25 - scorrimento non circolare - sisma up – Spencer.

9. Suscettibilità alla liquefazione dei terreni di fondazione

A proposito della suscettibilità dei terreni di fondazione alla liquefazione, le NTC 2008, al punto 7.11.3.4.1 riportano: *"Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate"*.

Siccome l'indagine effettuata in situ ha evidenziato la presenza di livelli sabbiosi saturi (sotto falda), è importante prestare attenzione all'analisi del pericolo d'insorgenza di fenomeni d'instabilità indiretta conseguenti alla liquefazione del terreno, che si possono manifestare nel corso di un evento sismico.

In generale, va osservato che la norma indica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ 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;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$:

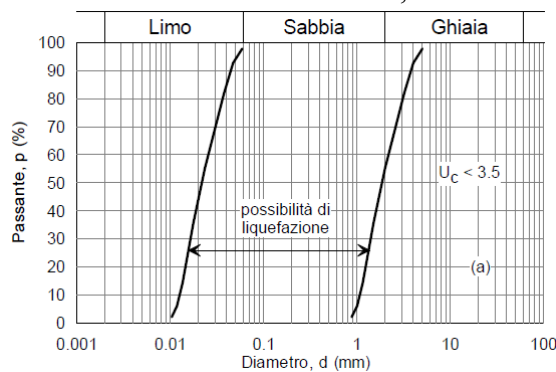


Figura 32 – Limiti granulometrici che identificano la possibilità di liquefazione nel caso $U_c < 3,5$.

e in quest'altra immagine:

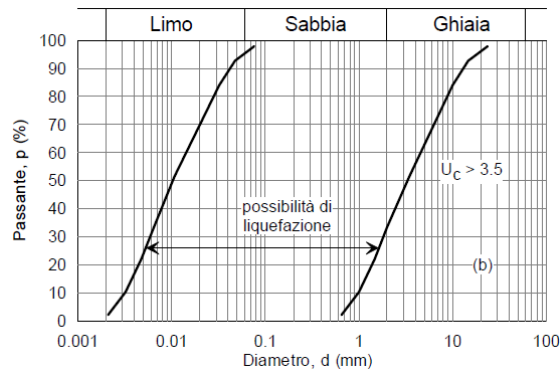


Figura 33 – Limiti granulometrici che identificano la possibilità di liquefazione nel caso $U_c > 3,5$.

nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Quando nessuna delle condizioni precedenti risulti soddisfatta ed il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Assumendo il primo criterio di esclusione delle verifiche, occorre determinare il valore della Magnitudo del terremoto atteso per il sito in esame.

Tale determinazione si basa sul concetto di “disaggregazione” della pericolosità sismica. In pratica si tratta di sommare i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza degli epicentri ricadenti all’interno di un’area di riferimento allo scopo di individuare, con una procedura di tipo probabilistico, l’evento sismico dominante.

Il terremoto così individuato, detto terremoto di scenario, è caratterizzato da una magnitudo, una distanza dal sito indagato e un tempo di ritorno.

A partire dai dati forniti a livello nazionale dall’I.N.G.V. è possibile calcolare il terremoto di scenario a partire dalla mappa della pericolosità sismica.

Per il sito in esame, impostando la probabilità in 50 anni al 10% (SLV = Salvaguardia di vita), percentile 50, si ottiene:

Magnitudo = 4,710

Distanza = 7,790 km

Deviazione standard = 0,829%

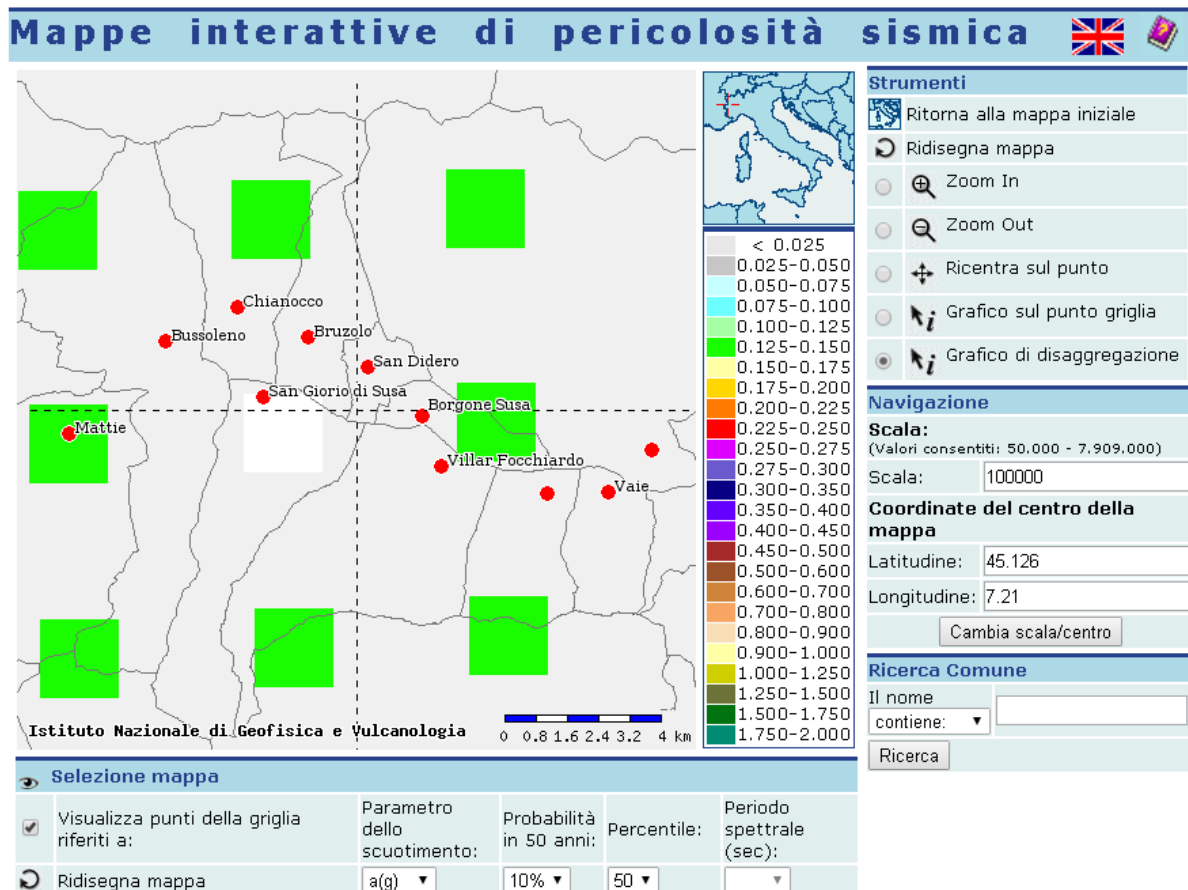


Figura 34 – Calcolo della Magnitudo di terremoto attesa sul sito in esame, dal portale web INGV.

Poiché il valore della Magnitudo è inferiore a 5, secondo il primo criterio di esclusione individuato dalle NTC 2008, al punto 7.11.3.4.1, si possono omettere ulteriori verifiche nei confronti della liquefazione.

Dall'analisi delle sezioni geotecniche allegate (Cfr. tavola "Sezioni geotecniche"), si evince tuttavia che alcune lenti dell'unità Geotecnica UG2, definita come "Sabbia e sabbia limosa con ghiaia e locali ciottoli" sono prossime alla superficie, in alcune porzioni dell'area di intervento e sono, almeno in parte, interessate dalla presenza della falda freatica.

Sono a disposizione solo 2 Standard Penetration Test in prossimità di queste lenti (anche se non integralmente condotte in questa unità), una in corrispondenza della lente individuata dal sondaggio SC1, a fianco del Canale N.I.E. ove è prevista un'opera d'arte per il superamento dello stesso e l'altra in corrispondenza della lente intercettata, all'estremità Sud-Orientale dell'area di intervento, dal sondaggio SC6.

In questi due casi occorre indicare, in funzione dei valori di SPT medio-bassi (15 e 19) e della Magnitudo dell'area, pari a 4,71, quindi di poco inferiore al valore limite di 5,00 indicato dalle NTC 2008, un moderato rischio di liquefacibilità.

La mancata possibilità di effettuare una campagna di indagini geognostiche per la progettazione esecutiva impedisce, in questa fase, di effettuare verifiche ed accertamenti più dettagliati. Si prescrive quindi, in occasione della programmata campagna di indagini preventiva alla fase costruttiva, di effettuare indagini mirate allo scopo (prove penetrometriche dinamiche, pozzetti esplorativi con prelievo di campioni ed analisi

granulometriche), al fine di accertare il reale rischio di liquefazione di detti terreni e l'effettiva presenza e spessore di questi orizzonti a rischio, anche in ottemperanza a quanto prescritto nella Delibera CIPE del 20/02/2015.

I livelli più profondi dell'unità UG2, accertati durante la campagna di indagini per il Progetto Definitivo, destano meno preoccupazione, nei confronti della liquefazione, in quanto mostrano generalmente un livello di addensamento nettamente superiore (N_{SPT} sempre maggiore a 40).

10. Stima dei cedimenti dei rilevati

I cedimenti delle fondazioni di rilevati stradali sono generalmente imputabili a tre componenti, particolarmente evidenti nel caso di terreni fini:

$$S_t = S_i + S_c + S_s$$

dove:

- s_i cedimento immediato, principalmente in grado di esaurirsi entro il periodo di costruzione del rilevato stesso;
- s_c cedimento di consolidazione, che si sviluppa in un tempo variabile in base alle caratteristiche di drenaggio del terreno ed all'entità dei carichi stessi;
- s_s cedimento secondario, dovuto a fenomeni viscosi, che si sviluppa in tempi generalmente lunghi.

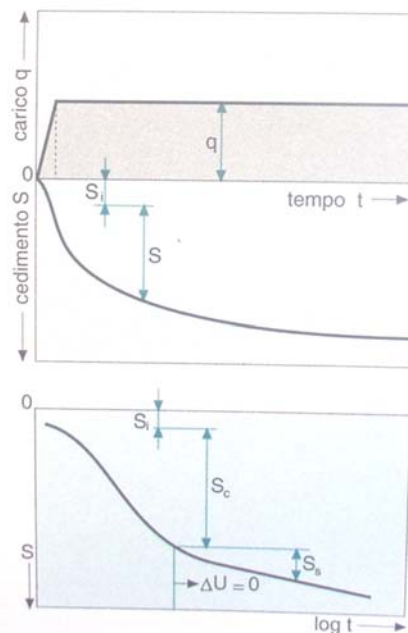


Figura 35 – andamento delle componenti di cedimento nel tempo.

Tenuto conto del tipo di struttura in esame e dei terreni rinvenuti, si può ritenere che il cedimento immediato non ponga particolari problemi e sia altresì di difficile percezione, in quanto assorbito con la compattazione che subisce il corpo del rilevato nonché il sottostante terreno.

Per il calcolo delle componenti del cedimento è possibile ricorrere a diverse formulazioni analitiche o empiriche:

$$S_i = \frac{qB}{E_i} \mu_0 \mu_i \quad (\text{Janbu}) \quad \text{per il cedimento immediato dei terreni fini, con coefficienti}$$

riportati in appositi grafici

$$s_e = qB^{0.7} I_c \quad (\text{Burland}), \quad \text{con} \quad I_c = \frac{1.7}{N_{SPT}^{1.4}}, \quad \text{per il calcolo dei cedimenti in terreni}$$

sabbiosi

$$s = \sum \frac{\Delta h_i}{E_i} [\Delta \sigma_z - \nu (\Delta \sigma_x + \Delta \sigma_y)] \quad \text{per terreni fini suddivisi in singoli strati}$$

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \text{Log} \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma'_v}{\sigma'_{v0}} \quad \text{facendo riferimento al cedimento edometrico}$$

$$\Delta H_s = H_0 c_\alpha \text{Log} \frac{T}{T_{100}} \quad \text{per il calcolo dei cedimenti secondari:}$$

I cedimenti desumibili, con i parametri dei terreni sopra riportati e combinando carichi agenti con spessori degli strati cedevoli, nelle condizioni più severe, conducono ai seguenti valori:

- $s_i \approx 18 \text{ mm}$ per le aree sottostanti i rilevati a maggior spessore e 8 mm per i rilevati a raso
- $s_e \approx 2 - 8 \text{ mm}$ in fase di esercizio
- $s_s \approx 2 - 4 \text{ mm}$, ovvero dello stesso ordine di grandezza del cedimento di in esercizio.

Lo sviluppo dei cedimenti nel tempo risulta dunque trascurabile e gestibile con un periodo di assestamento (dell'ordine di 2 – 4 mesi), in genere compatibile con le operazioni di cantiere preparatorie alla formazione della sovrastruttura stradale.

11. Indicazioni costruttive

11.1 Caratteristiche dei materiali da rilevato ed indicazioni di compattazione

I materiali utilizzati per la bonifica dovranno essere generalmente non friabili e non gelivi. Per lo strato di regolarizzazione, a contatto con il terreno naturale e per la formazione del massetto di fondazione occorrerà materiale granulare a spigoli vivi, a granulometria assortita limitando le frazioni sabbiose e ciottolose, incentrando il fuso granulometrico sulla classe 20-40 mm. Il materiale dovrà essere compattato, avendo cura di non danneggiare le geogriglie presenti. Per ottenere tali caratteristiche si potrà far riferimento ai materiali di classe A1 (A1-a e A1-b) della UNI 10006.

Il sovrastante rilevato potrà essere realizzato con i tradizionali materiali stabilizzati, adeguatamente compattati, appartenenti alle classi A1-a, A1-b e A2 (UNI 10006).

Per quanto attiene alla compattazione si indica quanto segue:

- strati di bonifica e rinforzo con geogriglie: cura nella selezione della classe granulometrica, compattazione prevista prima della stesa delle geogriglie con rullo compattatore liscio del peso indicativo di 3,5 t;
- strati di rilevato su tutta larghezza o per allargamenti $> 2,0$ m: compattazione per strati di circa 25 cm di spessore con rulli compattatori idonei al raggiungimento di una rigidezza non inferiore a 20 MPa nell'intervallo di carico 0,05-0,15 MPa per gli strati più profondi di 1,0 m dal piano di posa della pavimentazione stradale e non inferiore a 50 MPa nell'intervallo di carico 0,15-0,25 MPa per gli strati compresi tra il piano di posa della fondazione stradale e 1 m al di sotto di essa, da misurarsi con prova di carico su piastra secondo la norma svizzera SNV 670317;
- allargamenti $< 2,0$ m: compattazione per strati con compattatori idonei al raggiungimento di una rigidezza non inferiore a 20 MPa nell'intervallo di carico 0,05-0,15 MPa da misurarsi con prova di carico su piastra secondo la norma svizzera SNV 670317.

Nella formazione degli strati di rilevato su tutta larghezza o per allargamenti $> 2,0$ m è ammesso il conferimento di materiali grossolani nel fuso granulometrico 60 - 200 mm, purché complessivamente tale frazione non superi il 30% del volume del rilevato, e la pezzatura sia ben distribuita.

11.2 Caratteristiche dei geosintetici in termini di funzione e rigidezza

Sono previsti geotessili con funzione di separazione e drenaggio alla base del massetto di rinforzo, con grammatura non inferiore a 400 g/m² e resistenza a trazione > 6 kN/m al 5% di deformazione.

Le geogriglie da impiegare dovranno essere di tipo estruse bidirezionali. Da escludere l'impiego di griglie termosaldate o punzonate. Sono previsti due tipi di geogriglie, a seconda della rigidezza e resistenza previste:

- geogriglie TIPO "A" con resistenza a trazione non inferiore ai 10 kN/m, al 2% di deformazione, ad esempio tipo Tenax LBO SAMP 330.
- geogriglie TIPO "B" con resistenza a trazione non inferiore ai 28 kN/m, al 5% di deformazione, ad esempio tipo Tenax LBO SAMP 440.

L'uso di geotessili non tessuti ha preminente ruolo di separazione con le formazioni ospitanti, mentre la presenza delle geogriglie contribuisce in modo determinante alla formazione di un massetto di base per l'uniforme ripartizione dei carichi dei rilevati ovvero per l'irrigidimento dei nastri stradali a raso; in questo caso particolare è necessario la scelta di ottimo materiale misto naturale, in modo da garantire adeguata compattazione, drenaggio e contenimento della fessurazione del manto bituminoso stradale; infine la geogriglie si rivelano utili nei tratti di allargo dei rilevati, ove la larghezza del medesimo sia inferiore ai 2 – 3 m

Le geogriglie dovranno essere disposte secondo gli schemi riportati nel seguito.

In ogni caso, quando nel massetto rinforzato in fondazione le geogriglie sono disposte su 2 livelli, occorrerà interporre 10 cm circa di materiale granulare tra il geotessile di base e la prima geogriglia ed ulteriori 35-40 cm di materiale granulare di ottima qualità ben costipato tra la prima e la seconda geogriglia. Il livello superiore di geogriglia dovrà essere dunque ricoperto di ulteriori 10 cm di materiale granulare, e sempre di ottima qualità e ben costipato, a completare il massetto rinforzato.

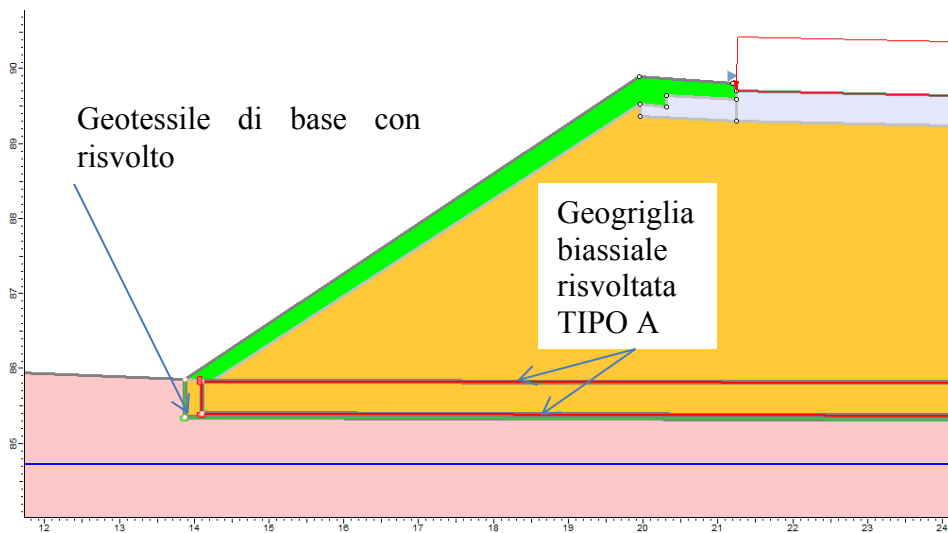


Figura 36 – Schema tipo rilevato nuovo.

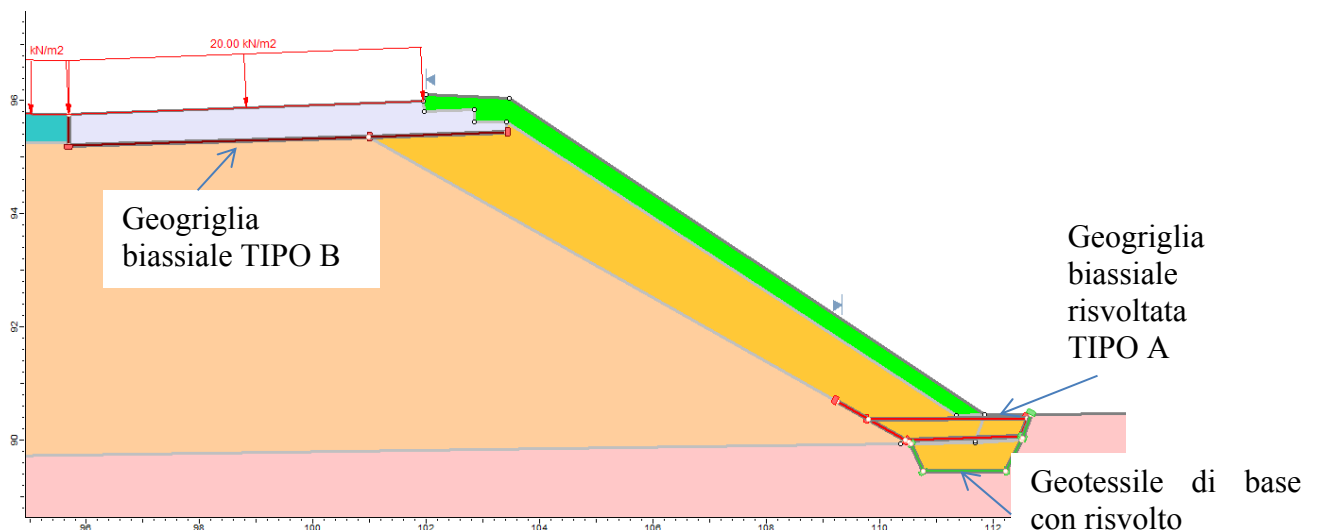


Figura 37 – *Schema tipo base sezioni in allargo.*

In considerazione del ridotto sviluppo longitudinale dell'intervento di allargamento del rilevato autostradale, si è scelto di adottare per tutte le sezioni, sia quelle con allargamento < 2 m, sia quelle con allargamento > 2 m, una unica tipologia di intervento (Cfr. Figura 37) che prevede la realizzazione di un approfondimento in fondazione di 40 cm circa, riempito con materiale granulare ben costipato, protetto da geotessile.

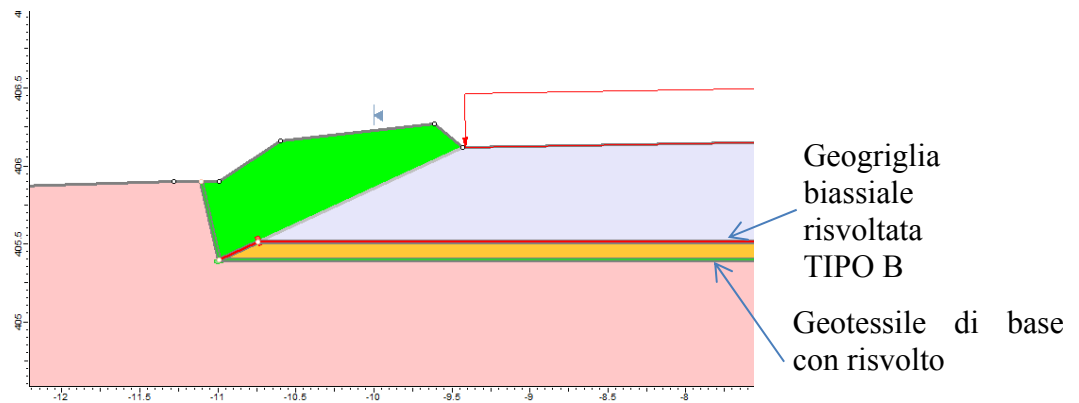


Figura 38 – Schema tipo sezioni in allargo innesto rotatoria SS25.

11.3 Scotichi e bonifiche

Per quanto riguarda il piazzale, in ragione della presenza su tutta l'area di materiali di riporto di buona qualità già parzialmente costipati, lo scavo di bonifica è limitato ad una profondità minima di circa 30 cm complessivi, salvo locali rinvenimenti di materiale di riporto particolarmente scadente o necessità di rimuovere l'apparato radicale della vegetazione presente. Indi si procede alla regolarizzazione del piano di posa per stendere un geotessuto di separazione, su cui costruire il rilevato.

I cumuli di materiale di riporto presenti sull'area dovranno essere preventivamente asportati.

Per i rilevati, nuovi ed in allargo, lo scavo di bonifica è impostato ad una profondità minima di circa 50 cm complessivi, salvo locali rinvenimenti di materiale particolarmente scadente. Indi si procede alla regolarizzazione del piano di posa per stendere un geotessuto di separazione, su cui costruire il massetto rinforzato con geogriglie.

Nel caso degli allargamenti dei rilevati autostradali di larghezza inferiore ai 2 m (Cfr. Figura 38) è necessario operare un ulteriore approfondimento al piede di circa 40 cm, entro cui riportare materiale granulare di ottima qualità e ben compattato, protetto, rispetto al terreno incassante, da un geotessile di separazione.

Per l'allargamento dei rilevati esistenti, la realizzazione degli scavi di bonifica e la successiva costruzione dei rilevati, in appoggio a quelli esistenti, dovranno essere effettuate per tratti di lunghezza funzionali sia alle esigenze di movimentazione dei mezzi d'opera sia soprattutto del mantenimento della funzionalità e della sicurezza delle strutture in esercizio. I rilevati esistenti dovranno essere opportunamente gradonati (gradoni di altezza non superiore ad 1 m) per accogliere senza marcate discontinuità la nuova porzione di rilevato.

12. Programma di indagini geognostiche e prove da attuare prima della fase costruttiva

Nella Tavola allegata “Piano di Indagini integrative” viene proposta una campagna di indagini e prove da attuare nelle primissime fasi di cantiere, prima della realizzazione vera e propria dell’opera.

Gli scopi di tale campagna di indagini possono essere riassunti come segue:

- in primis, vista l’impossibilità di realizzare la campagna di indagini prevista per il Progetto Esecutivo, occorre verificare le ipotesi progettuali assunte sulla base delle conoscenze geologiche e geotecniche derivanti dalle indagini effettuate in precedenza per il Progetto Definitivo;
- occorre aumentare il grado di conoscenza dell’assetto litostratigrafico locale, in corrispondenza delle spalle e pile dei viadotti. In tale senso, in accordo con Eurocodice 7 Parte 3, sono stati previsti, ove non già disponibili dalla campagna precedente, sondaggi a carotaggio continuo di profondità pari a 40 m, in corrispondenza delle pile e spalle dei viadotti; per quanto riguarda il ponticello sul canale N.I.E., vista la lunghezza dei pali di fondazione pari a 19 m, si prevede di eseguire un sondaggio a carotaggio continuo da 20 m;
- occorre accertare il reale assetto litostratigrafico locale in corrispondenza dei nuovi fabbricati previsti;
- installare 2 piezometri nelle perforazioni di sondaggio, per consentire, unitamente al già esistente piezometro pz-7, il monitoraggio freaticometrico post operam;
- accertare il reale rischio di liquefazione dei terreni, secondo quanto indicato al paragrafo 9.

13. Controlli geotecnici in fase di costruzione e post operam

Fermo restando che per quanto riguarda le principali opere d’arte e strutture i vari elaborati progettuali prevedono i controlli e monitoraggi da attuare, nel presente paragrafo ci si soffermerà sui rilevati (rampe, allargamenti autostradali, allargamenti SS25 e piazzale).

Per tale tipologia di opere, nell’ambito del paragrafo relativo alle opere di materiali sciolti, le NTC 2008 prescrivono che: *”durante la costruzione devono essere eseguite prove di controllo del grado di addensamento, dell’umidità e della deformabilità degli strati posti in opera....omissis...”*.

In fase di costruzione è importantissimo il controllo di deformabilità dei piani di imposta dei rilevati e successivamente, come richiamato dalle NTC 2008, dei vari strati di rilevato posti in opera.

Il capitolato speciale d’appalto tipo per lavori stradali del Ministero delle Infrastrutture, indica che il valore del modulo di deformazione M_D determinato secondo la norma C.N.R. 146/92 con piastra di diametro 300 mm, in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico nell’intervallo compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm² non deve essere inferiore a:

- 15 N/mm² (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
- 20 N/mm², quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
- 30 N/mm², quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 0.50 e 1,00 m.

Per distanze inferiori a 0.50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi.

In ogni caso sarà opportuno verificare direttamente i requisiti di portanza dei terreni messi a giorno a seguito della bonifica della piattaforma stradale esistente e, qualora non risultassero adeguati a tali finalità, operare idonei interventi di costipamento e miglioramento dei requisiti di portanza.

Le pile e le spalle dei viadotti dovranno essere strumentate, all'atto della costruzione, con target topografici, in modo da consentire un controllo dei cedimenti delle fondazioni sin dalle prime fasi costruttive; si raccomanda al proposito di effettuare la prima lettura di zero appena realizzata la pila/spalla e comunque prima di applicare ogni altro carico. Il controllo dovrà essere effettuato a cadenza bisettimanale durante il periodo di costruzione del viadotto e successivamente diradato, a cadenza mensile, per i primi 6 mesi dall'entrata in servizio, per poi passare a cadenze superiori, da valutare successivamente in base ai risultati ottenuti, rispetto ai valori attesi da progetto.

Successivamente alla costruzione si prevede di effettuare un monitoraggio piezometrico dell'area interessata dal progetto, per mezzo dell'esistente piezometro pz-7 e dei 2 previsti dal piano di indagini da realizzare preliminarmente alla fase costruttiva (Cfr. Tavola "Piano di indagini integrative").

14. APPENDICE – analisi si stabilità dei rilevati

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Rilevato rampa lato Bardonecchia sisma down

- File Name: new LARGE circ down
- Slide Modeler Version: 6.02
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1

Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined






Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0335
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	sottofondo	rilevato	UG1	UG3	terreno vegetale
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	18	21	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	10
Friction Angle [deg]	42	40	25	35	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent

- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.5 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.163190
- Center: 35.965, 95.121
- Radius: 9.404
- Left Slip Surface Endpoint: 28.340, 89.617
- Right Slip Surface Endpoint: 36.794, 85.754
- Resisting Moment=777.086 kN-m
- Driving Moment=668.062 kN-m
- Total Slice Area=6.94139 m²

Method: spencer

- FS: 1.158790
- Center: 35.965, 95.121
- Radius: 9.404
- Left Slip Surface Endpoint: 28.340, 89.617
- Right Slip Surface Endpoint: 36.794, 85.754
- Resisting Moment=774.145 kN-m
- Driving Moment=668.062 kN-m
- Resisting Horizontal Force=71.2872 kN
- Driving Horizontal Force=61.5185 kN
- Total Slice Area=6.94139 m²

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.16319

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.137224	0.226289	terreno vegetale	8	24.7913	4.91953	5.72235	-4.93127	0	-4.93127
2	0.245721	1.56087	sottofondo	0	35.7661	2.28444	2.65724	3.68895	0	3.68895
3	0.350489	4.56702	rilevato	0	33.8726	4.68955	5.45484	8.12604	0	8.12604
4	0.350489	6.99028	rilevato	0	33.8726	7.48762	8.70952	12.9745	0	12.9745
5	0.350489	8.72365	rilevato	0	33.8726	9.69945	11.2823	16.8071	0	16.8071

6	0.350489	9.23019	rilevato	0	33.8726	10.613	12.3449	18.3901	0	18.3901
7	0.350489	9.52414	rilevato	0	33.8726	11.2922	13.135	19.5671	0	19.5671
8	0.350489	9.64612	rilevato	0	33.8726	11.7666	13.6868	20.3891	0	20.3891
9	0.350489	9.61251	rilevato	0	33.8726	12.0418	14.0069	20.866	0	20.866
10	0.350489	9.43642	rilevato	0	33.8726	12.1224	14.1007	21.0056	0	21.0056
11	0.350489	9.12845	rilevato	0	33.8726	12.0114	13.9715	20.8133	0	20.8133
12	0.350489	8.69734	rilevato	0	33.8726	11.7107	13.6218	20.2923	0	20.2923
13	0.350489	8.1503	rilevato	0	33.8726	11.2212	13.0524	19.4441	0	19.4441
14	0.350489	7.4933	rilevato	0	33.8726	10.5426	12.263	18.2681	0	18.2681
15	0.350489	6.73137	rilevato	0	33.8726	9.6734	11.252	16.762	0	16.762
16	0.350489	5.86865	rilevato	0	33.8726	8.61123	10.0165	14.9215	0	14.9215
17	0.350489	4.90861	rilevato	0	33.8726	7.35247	8.55232	12.7403	0	12.7403
18	0.350489	3.85411	rilevato	0	33.8726	5.89232	6.85389	10.2102	0	10.2102
19	0.350489	2.70745	rilevato	0	33.8726	4.22468	4.91411	7.3205	0	7.3205
20	0.150139	0.795249	terreno vegetale	8	24.7913	8.45522	9.83503	3.97296	0	3.97296
21	0.388653	1.01109	rilevato	0	33.8726	1.59627	1.85676	2.76599	0	2.76599
22	0.393497	0.294295	UG1	0	20.4579	0.243337	0.283047	0.758744	0	0.758744
23	0.393497	0.352082	UG1	0	20.4579	0.295009	0.343152	0.919865	0	0.919865
24	0.393497	0.293071	UG1	0	20.4579	0.248885	0.2895	0.776044	0	0.776044
25	0.393497	0.117199	UG1	0	20.4579	0.100897	0.117362	0.314606	0	0.314606

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.15879

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.137224	0.226289	terreno vegetale	8	24.7913	6.33843	7.34491	-1.41831	0	-1.41831
2	0.245721	1.56087	sottofondo	0	35.7661	1.79705	2.0824	2.89091	0	2.89091
3	0.350489	4.56702	rilevato	0	33.8726	3.72964	4.32187	6.43825	0	6.43825
4	0.350489	6.99028	rilevato	0	33.8726	6.14952	7.126	10.6155	0	10.6155
5	0.350489	8.72365	rilevato	0	33.8726	8.20846	9.51188	14.1698	0	14.1698
6	0.350489	9.23019	rilevato	0	33.8726	9.24145	10.7089	15.9529	0	15.9529
7	0.350489	9.52414	rilevato	0	33.8726	10.1077	11.7127	17.4484	0	17.4484
8	0.350489	9.64612	rilevato	0	33.8726	10.8203	12.5384	18.6783	0	18.6783
9	0.350489	9.61251	rilevato	0	33.8726	11.3725	13.1783	19.6316	0	19.6316
10	0.350489	9.43642	rilevato	0	33.8726	11.7568	13.6237	20.2951	0	20.2951
11	0.350489	9.12845	rilevato	0	33.8726	11.964	13.8638	20.6528	0	20.6528
12	0.350489	8.69734	rilevato	0	33.8726	11.9831	13.8859	20.6857	0	20.6857
13	0.350489	8.1503	rilevato	0	33.8726	11.8008	13.6747	20.371	0	20.371
14	0.350489	7.4933	rilevato	0	33.8726	11.4014	13.2118	19.6815	0	19.6815
15	0.350489	6.73137	rilevato	0	33.8726	10.7657	12.4752	18.5842	0	18.5842
16	0.350489	5.86865	rilevato	0	33.8726	9.87099	11.4384	17.0397	0	17.0397
17	0.350489	4.90861	rilevato	0	33.8726	8.68975	10.0696	15.0007	0	15.0007
18	0.350489	3.85411	rilevato	0	33.8726	7.18889	8.33041	12.4097	0	12.4097
19	0.350489	2.70745	rilevato	0	33.8726	5.328	6.17403	9.19739	0	9.19739
20	0.150139	0.795249	terreno vegetale	8	24.7913	12.2851	14.2359	13.501	0	13.501
21	0.388653	1.01109	rilevato	0	33.8726	2.24749	2.60437	3.87971	0	3.87971
22	0.393497	0.294295	UG1	0	20.4579	0.2787	0.322955	0.865724	0	0.865724
23	0.393497	0.352082	UG1	0	20.4579	0.349294	0.404758	1.08501	0	1.08501

24	0.393497	0.293071	UG1	0	20.4579	0.305166	0.353623	0.947934	0	0.947934
25	0.393497	0.117199	UG1	0	20.4579	0.0542909	0.0629118	0.168644	0	0.168644

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.16319

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	28.3399	89.6174	0	0	0
2	28.4772	89.4322	-1.5729	0	0
3	28.7229	89.1225	-0.886607	0	0
4	29.0734	88.7229	1.02474	0	0
5	29.4239	88.3649	3.51541	0	0
6	29.7744	88.0424	6.12527	0	0
7	30.1248	87.7505	8.39491	0	0
8	30.4753	87.4859	10.2578	0	0
9	30.8258	87.2457	11.6818	0	0
10	31.1763	87.0278	12.6568	0	0
11	31.5268	86.8304	13.1913	0	0
12	31.8773	86.6521	13.3089	0	0
13	32.2278	86.4917	13.0466	0	0
14	32.5783	86.3482	12.4541	0	0
15	32.9288	86.2208	11.5923	0	0
16	33.2793	86.1088	10.5334	0	0
17	33.6297	86.0117	9.36096	0	0
18	33.9802	85.929	8.16985	0	0
19	34.3307	85.8602	7.06708	0	0
20	34.6812	85.8052	6.1725	0	0
21	34.8313	85.7857	4.10615	0	0
22	35.22	85.7467	3.56012	0	0
23	35.6135	85.7237	3.50163	0	0
24	36.007	85.7172	3.41524	0	0
25	36.4005	85.7271	3.3293	0	0
26	36.794	85.7537	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.15879

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	28.3399	89.6174	0	0	0
2	28.4772	89.4322	-1.11659	-0.686126	31.57
3	28.7229	89.1225	-0.557865	-0.342799	31.5701
4	29.0734	88.7229	1.01494	0.623664	31.57

5	29.4239	88.3649	3.12949	1.92302	31.57
6	29.7744	88.0424	5.41028	3.32453	31.5701
7	30.1248	87.7505	7.44843	4.57694	31.5701
8	30.4753	87.4859	9.16485	5.63165	31.57
9	30.8258	87.2457	10.5087	6.45744	31.5701
10	31.1763	87.0278	11.4486	7.035	31.5701
11	31.5268	86.8304	11.9703	7.35556	31.5701
12	31.8773	86.6521	12.0753	7.42005	31.57
13	32.2278	86.4917	11.7802	7.23876	31.5701
14	32.5783	86.3482	11.1172	6.83136	31.5701
15	32.9288	86.2208	10.1343	6.22735	31.57
16	33.2793	86.1088	8.89652	5.46677	31.5701
17	33.6297	86.0117	7.48828	4.60143	31.5701
18	33.9802	85.929	6.0156	3.69649	31.5701
19	34.3307	85.8602	4.60978	2.83263	31.57
20	34.6812	85.8052	3.43203	2.10893	31.5701
21	34.8313	85.7857	0.976498	0.600042	31.57
22	35.22	85.7467	0.221001	0.135802	31.5701
23	35.6135	85.7237	0.151066	0.0928275	31.57
24	36.007	85.7172	0.0443833	0.0272728	31.57
25	36.4005	85.7271	-0.0654101	-0.0401935	31.5701
26	36.794	85.7537	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
11.34	84.7213
45.129	84.7213

Line Load

X	Y
28.1	89.55
21.25	89.7

External Boundary

X	Y
---	---

11.34	83
11.34	76
45.129	76
45.129	82.709
45.129	85.7
40	85.7
35.22	85.78
29.5	89.6
28.17	89.62
28.1	89.55
21.25	89.7
21.2	89.8
19.95	89.89
13.88	85.85
11.34	85.95

Material Boundary

X	Y
21.25	89.7
21.25	89.5895
21.25	89.3015
28.0983	89.1482
28.0996	89.4469
28.1	89.55

Material Boundary

X	Y
28.0983	89.1482
29.5496	89.0883
29.5496	89.2404
28.9292	89.2716
28.9292	89.4145
28.0996	89.4469

Material Boundary

X	Y
21.25	89.3015
19.9591	89.3555
19.9591	89.5206

20.3157	89.4932
20.3157	89.6426
21.25	89.5895

Material Boundary

X	Y
11.34	83
45.129	82.709

Material Boundary

X	Y
13.88	85.85
13.88	85.35
35.22	85.28
35.22	85.78

Material Boundary

X	Y
13.88	85.85
14.2419	85.8327
19.9591	89.5206

Material Boundary

X	Y
29.5496	89.2404
34.7076	85.7875
35.22	85.78

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Rilevato rampa lato Bardonecchia sisma up

- File Name: new LARGE circ sup
- Slide Modeler Version: 6.02
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading






- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	sottofondo	rilevato	UG1	UG3	terreno vegetale
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19	18	21	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	10
Friction Angle [deg]	42	40	25	35	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear

- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.5 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.157280
- Center: 35.965, 95.121
- Radius: 9.404
- Left Slip Surface Endpoint: 28.340, 89.617
- Right Slip Surface Endpoint: 36.794, 85.754
- Resisting Moment=727.883 kN-m
- Driving Moment=628.961 kN-m
- Total Slice Area=6.94139 m²

Method: spencer

- FS: 1.152770
- Center: 35.965, 95.121
- Radius: 9.404
- Left Slip Surface Endpoint: 28.340, 89.617
- Right Slip Surface Endpoint: 36.794, 85.754
- Resisting Moment=725.05 kN-m
- Driving Moment=628.961 kN-m
- Resisting Horizontal Force=66.7705 kN
- Driving Horizontal Force=57.9216 kN
- Total Slice Area=6.94139 m²

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15728

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.137224	0.226289	terreno vegetale	8	24.7913	4.90707	5.67885	-5.02543	0	-5.02543
2	0.245721	1.56087	sottofondo	0	35.7661	2.14239	2.47934	3.44199	0	3.44199
3	0.350489	4.56702	rilevato	0	33.8726	4.39889	5.09075	7.58365	0	7.58365
4	0.350489	6.99028	rilevato	0	33.8726	7.02447	8.12928	12.1101	0	12.1101
5	0.350489	8.72365	rilevato	0	33.8726	9.10056	10.5319	15.6893	0	15.6893
6	0.350489	9.23019	rilevato	0	33.8726	9.95887	11.5252	17.169	0	17.169
7	0.350489	9.52414	rilevato	0	33.8726	10.5974	12.2642	18.2699	0	18.2699

8	0.350489	9.64612	rilevato	0	33.8726	11.0437	12.7807	19.0393	0	19.0393
9	0.350489	9.61251	rilevato	0	33.8726	11.3032	13.081	19.4867	0	19.4867
10	0.350489	9.43642	rilevato	0	33.8726	11.38	13.1698	19.6189	0	19.6189
11	0.350489	9.12845	rilevato	0	33.8726	11.2768	13.0504	19.4411	0	19.4411
12	0.350489	8.69734	rilevato	0	33.8726	10.9956	12.725	18.9563	0	18.9563
13	0.350489	8.1503	rilevato	0	33.8726	10.5369	12.1942	18.1656	0	18.1656
14	0.350489	7.4933	rilevato	0	33.8726	9.90054	11.4577	17.0685	0	17.0685
15	0.350489	6.73137	rilevato	0	33.8726	9.08518	10.5141	15.6627	0	15.6627
16	0.350489	5.86865	rilevato	0	33.8726	8.08832	9.36045	13.9442	0	13.9442
17	0.350489	4.90861	rilevato	0	33.8726	6.90664	7.99292	11.907	0	11.907
18	0.350489	3.85411	rilevato	0	33.8726	5.53556	6.40619	9.54326	0	9.54326
19	0.350489	2.70745	rilevato	0	33.8726	3.96927	4.59356	6.843	0	6.843
20	0.150139	0.795249	terreno vegetale	8	24.7913	8.36157	9.67668	3.63013	0	3.63013
21	0.388653	1.01109	rilevato	0	33.8726	1.50842	1.74566	2.6005	0	2.6005
22	0.393497	0.294295	UG1	0	20.4579	0.228702	0.264672	0.709489	0	0.709489
23	0.393497	0.352082	UG1	0	20.4579	0.277286	0.320897	0.860208	0	0.860208
24	0.393497	0.293071	UG1	0	20.4579	0.233949	0.270744	0.725765	0	0.725765
25	0.393497	0.117199	UG1	0	20.4579	0.0948491	0.109767	0.294243	0	0.294243

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.15277

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.137224	0.226289	terreno vegetale	8	24.7913	6.35654	7.32763	-1.45571	0	-1.45571
2	0.245721	1.56087	sottofondo	0	35.7661	1.6795	1.93608	2.68779	0	2.68779
3	0.350489	4.56702	rilevato	0	33.8726	3.48658	4.01922	5.9874	0	5.9874
4	0.350489	6.99028	rilevato	0	33.8726	5.75094	6.62951	9.87593	0	9.87593
5	0.350489	8.72365	rilevato	0	33.8726	7.67919	8.85234	13.1873	0	13.1873
6	0.350489	9.23019	rilevato	0	33.8726	8.64858	9.96982	14.852	0	14.852
7	0.350489	9.52414	rilevato	0	33.8726	9.4626	10.9082	16.2498	0	16.2498
8	0.350489	9.64612	rilevato	0	33.8726	10.1332	11.6812	17.4014	0	17.4014
9	0.350489	9.61251	rilevato	0	33.8726	10.6541	12.2817	18.296	0	18.296
10	0.350489	9.43642	rilevato	0	33.8726	11.0182	12.7014	18.9211	0	18.9211
11	0.350489	9.12845	rilevato	0	33.8726	11.2165	12.9301	19.2618	0	19.2618
12	0.350489	8.69734	rilevato	0	33.8726	11.2388	12.9557	19.3	0	19.3
13	0.350489	8.1503	rilevato	0	33.8726	11.0723	12.7638	19.0142	0	19.0142
14	0.350489	7.4933	rilevato	0	33.8726	10.702	12.337	18.3783	0	18.3783
15	0.350489	6.73137	rilevato	0	33.8726	10.1098	11.6543	17.3614	0	17.3614
16	0.350489	5.86865	rilevato	0	33.8726	9.27401	10.6908	15.926	0	15.926
17	0.350489	4.90861	rilevato	0	33.8726	8.16827	9.41614	14.0271	0	14.0271
18	0.350489	3.85411	rilevato	0	33.8726	6.76098	7.79385	11.6104	0	11.6104
19	0.350489	2.70745	rilevato	0	33.8726	5.01363	5.77956	8.60977	0	8.60977
20	0.150139	0.795249	terreno vegetale	8	24.7913	12.2411	14.1111	13.231	0	13.231
21	0.388653	1.01109	rilevato	0	33.8726	2.13819	2.46484	3.67186	0	3.67186
22	0.393497	0.294295	UG1	0	20.4579	0.261849	0.301852	0.809154	0	0.809154
23	0.393497	0.352082	UG1	0	20.4579	0.328329	0.378488	1.01459	0	1.01459
24	0.393497	0.293071	UG1	0	20.4579	0.286996	0.33084	0.88686	0	0.88686
25	0.393497	0.117199	UG1	0	20.4579	0.0471217	0.0543205	0.145613	0	0.145613

Interslice Data**•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.15728**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	28.3399	89.6174	0	0	0
2	28.4772	89.4322	-1.58869	0	0
3	28.7229	89.1225	-0.944059	0	0
4	29.0734	88.7229	0.852193	0	0
5	29.4239	88.3649	3.19545	0	0
6	29.7744	88.0424	5.65417	0	0
7	30.1248	87.7505	7.79619	0	0
8	30.4753	87.4859	9.55874	0	0
9	30.8258	87.2457	10.9113	0	0
10	31.1763	87.0278	11.844	0	0
11	31.5268	86.8304	12.3644	0	0
12	31.8773	86.6521	12.4942	0	0
13	32.2278	86.4917	12.2677	0	0
14	32.5783	86.3482	11.731	0	0
15	32.9288	86.2208	10.9409	0	0
16	33.2793	86.1088	9.96463	0	0
17	33.6297	86.0117	8.88011	0	0
18	33.9802	85.929	7.77596	0	0
19	34.3307	85.8602	6.75209	0	0
20	34.6812	85.8052	5.92053	0	0
21	34.8313	85.7857	3.86144	0	0
22	35.22	85.7467	3.34301	0	0
23	35.6135	85.7237	3.28914	0	0
24	36.007	85.7172	3.20932	0	0
25	36.4005	85.7271	3.12974	0	0
26	36.794	85.7537	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.15277

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	28.3399	89.6174	0	0	0
2	28.4772	89.4322	-1.12592	-0.697808	31.7893
3	28.7229	89.1225	-0.601204	-0.372608	31.7894
4	29.0734	88.7229	0.876665	0.543329	31.7893
5	29.4239	88.3649	2.86626	1.77642	31.7894
6	29.7744	88.0424	5.01573	3.10859	31.7893
7	30.1248	87.7505	6.94046	4.30148	31.7893
8	30.4753	87.4859	8.56593	5.30889	31.7893

9	30.8258	87.2457	9.84402	6.10102	31.7894
10	31.1763	87.0278	10.7448	6.65928	31.7893
11	31.5268	86.8304	11.2543	6.97506	31.7893
12	31.8773	86.6521	11.3734	7.04885	31.7892
13	32.2278	86.4917	11.1171	6.89001	31.7893
14	32.5783	86.3482	10.5148	6.51677	31.7894
15	32.9288	86.2208	9.61111	5.95666	31.7893
16	33.2793	86.1088	8.46643	5.24723	31.7893
17	33.6297	86.0117	7.15939	4.43716	31.7893
18	33.9802	85.929	5.78905	3.58787	31.7893
19	34.3307	85.8602	4.47834	2.77554	31.7894
20	34.6812	85.8052	3.37848	2.09388	31.7894
21	34.8313	85.7857	0.924488	0.572968	31.7893
22	35.22	85.7467	0.2034	0.126061	31.7893
23	35.6135	85.7237	0.138798	0.0860229	31.7894
24	36.007	85.7172	0.0399131	0.0247369	31.7893
25	36.4005	85.7271	-0.0621164	-0.0384978	31.7893
26	36.794	85.7537	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
11.34	84.7213
45.129	84.7213

Line Load

X	Y
28.1	89.55
21.25	89.7

External Boundary

X	Y
11.34	83
11.34	76
45.129	76
45.129	82.709

45.129	85.7
40	85.7
35.22	85.78
29.5	89.6
28.17	89.62
28.1	89.55
21.25	89.7
21.2	89.8
19.95	89.89
13.88	85.85
11.34	85.95

Material Boundary

X	Y
21.25	89.7
21.25	89.5895
21.25	89.3015
28.0983	89.1482
28.0996	89.4469
28.1	89.55

Material Boundary

X	Y
28.0983	89.1482
29.5496	89.0883
29.5496	89.2404
28.9292	89.2716
28.9292	89.4145
28.0996	89.4469

Material Boundary

X	Y
21.25	89.3015
19.9591	89.3555
19.9591	89.5206
20.3157	89.4932
20.3157	89.6426
21.25	89.5895

Material Boundary

X	Y
11.34	83
45.129	82.709

Material Boundary

X	Y
13.88	85.85
13.88	85.35
35.22	85.28
35.22	85.78

Material Boundary

X	Y
13.88	85.85
14.2419	85.8327
19.9591	89.5206

Material Boundary

X	Y
29.5496	89.2404
34.7076	85.7875
35.22	85.78

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Rilevato rampa lato Bardonecchia scorrimento non circolare, sisma up

- File Name: new LARGE non circ sup
- Slide Modeler Version: 6.02
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Non-Circular Block Search
- Number of Surfaces: 5000
- Pseudo-Random Surfaces: Enabled
- Convex Surfaces Only: Disabled
- Left Projection Angle (Start Angle): 105
- Left Projection Angle (End Angle): 165
- Right Projection Angle (Start Angle): 15
- Right Projection Angle (End Angle): 60
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined






Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	sottofondo	rilevato	UG1	UG3	terreno vegetale
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19	18	21	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	10
Friction Angle [deg]	42	40	25	35	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive

- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.5 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.262150
- Axis Location: 36.159, 98.153
- Left Slip Surface Endpoint: 27.079, 89.572
- Right Slip Surface Endpoint: 37.575, 85.741
- Resisting Moment=2337.11 kN-m
- Driving Moment=1851.68 kN-m
- Total Slice Area=16.3064 m²

Method: spencer

- FS: 1.247470
- Axis Location: 35.648, 97.718
- Left Slip Surface Endpoint: 26.796, 89.579
- Right Slip Surface Endpoint: 36.848, 85.753
- Resisting Moment=1998.01 kN-m
- Driving Moment=1601.65 kN-m
- Resisting Horizontal Force=145.409 kN
- Driving Horizontal Force=116.564 kN
- Total Slice Area=13.0364 m²

Global Minimum Coordinates

Method: bishop simplified

X	Y
27.079	89.5724
31.1775	85.2678
35.222	85.254
35.8964	85.254
37.5752	85.7406

Method: spencer

X	Y
26.7961	89.5786
32.9323	85.2618
35.222	85.254
36.2569	85.254
36.8483	85.7527

Slice Data**•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.26215**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.390418	1.56749	sottofondo	0	35.7661	10.664	13.4596	18.6854	0	18.6854
2	0.460481	5.76915	rilevato	0	33.8726	13.0065	16.4161	24.455	0	24.455
3	0.460481	10.1835	rilevato	0	33.8726	10.5732	13.345	19.88	0	19.88
4	0.460481	14.5754	rilevato	0	33.8726	10.441	13.1781	19.6314	0	19.6314
5	0.460481	18.6306	rilevato	0	33.8726	13.346	16.8446	25.0933	0	25.0933
6	0.460481	22.2867	rilevato	0	33.8726	15.965	20.1502	30.0175	0	30.0175
7	0.460481	24.0173	rilevato	0	33.8726	17.2047	21.7149	32.3485	0	32.3485
8	0.460481	25.5577	rilevato	0	33.8726	15.5136	19.5805	29.1689	0	29.1689
9	0.460481	27.098	rilevato	0	33.8726	15.0154	18.9517	28.2322	0	28.2322
10	0.0242866	1.47165	UG1	0	20.4579	13.2108	16.674	44.697	0	44.697
11	0.449385	25.9897	UG1	0	20.4579	16.5043	20.8309	55.84	0	55.84
12	0.449385	23.44	UG1	0	20.4579	14.8852	18.7873	50.3619	0	50.3619
13	0.449385	20.8903	UG1	0	20.4579	13.266	16.7437	44.8838	0	44.8838
14	0.449385	18.3406	UG1	0	20.4579	11.6469	14.7001	39.4056	0	39.4056
15	0.449385	15.7909	UG1	0	20.4579	10.0277	12.6565	33.9275	0	33.9275
16	0.449385	13.2412	UG1	0	20.4579	8.40859	10.6129	28.4494	0	28.4494
17	0.449385	10.6915	UG1	0	20.4579	6.78947	8.56933	22.9713	0	22.9713
18	0.449385	8.14321	UG1	0	20.4579	5.17121	6.52684	17.4961	0	17.4961
19	0.449385	5.67641	UG1	0	20.4579	3.60471	4.54968	12.196	0	12.196
20	0.337202	3.1753	UG1	0	20.4579	2.68997	3.39515	9.10116	0	9.10116
21	0.337202	3.14105	UG1	0	20.4579	2.66095	3.35852	9.00297	0	9.00297
22	0.419703	3.4022	UG1	0	20.4579	2.53249	3.19638	8.56832	0	8.56832
23	0.419703	2.43014	UG1	0	20.4579	1.80892	2.28313	6.12022	0	6.12022
24	0.419703	1.45808	UG1	0	20.4579	1.08535	1.36988	3.67215	0	3.67215
25	0.419703	0.486028	UG1	0	20.4579	0.361784	0.456626	1.22405	0	1.22405

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.24747

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.588998	2.36453	sottofondo	0	35.7661	11.4889	14.3321	19.8968	0	19.8968
2	0.423893	4.56693	rilevato	0	33.8726	12.8367	16.0134	23.855	0	23.855
3	0.423893	6.99259	rilevato	0	33.8726	11.7391	14.6442	21.8153	0	21.8153
4	0.423893	9.69147	rilevato	0	33.8726	7.35125	9.17047	13.6612	0	13.6612

5	0.423893	11.9944	rilevato	0	33.8726	9.09809	11.3496	16.9074	0	16.9074
6	0.423893	14.2596	rilevato	0	33.8726	10.8163	13.493	20.1004	0	20.1004
7	0.423893	15.4225	rilevato	0	33.8726	11.6984	14.5934	21.7397	0	21.7397
8	0.423893	15.5376	rilevato	0	33.8726	11.7858	14.7024	21.9019	0	21.9019
9	0.423893	15.659	rilevato	0	33.8726	11.8778	14.8172	22.0731	0	22.0731
10	0.423893	15.7805	rilevato	0	33.8726	11.9699	14.9321	22.2442	0	22.2442
11	0.423893	15.9019	rilevato	0	33.8726	12.062	15.047	22.4154	0	22.4154
12	0.423893	16.0233	rilevato	0	33.8726	12.1541	15.1619	22.5865	0	22.5865
13	0.423893	16.1447	rilevato	0	33.8726	16.3751	20.4274	30.4304	0	30.4304
14	0.423893	16.2661	rilevato	0	33.8726	18.8193	23.4765	34.9728	0	34.9728
15	0.0366655	1.4122	UG1	0	20.4579	6.71755	8.37994	22.4635	0	22.4635
16	0.38161	13.7785	UG1	0	20.4579	13.1237	16.3714	43.8857	0	43.8857
17	0.38161	11.9399	UG1	0	20.4579	11.3725	14.1868	38.0295	0	38.0295
18	0.38161	10.1013	UG1	0	20.4579	9.62123	12.0022	32.1735	0	32.1735
19	0.38161	8.26269	UG1	0	20.4579	7.86998	9.81757	26.3173	0	26.3173
20	0.38161	6.42985	UG1	0	20.4579	6.12426	7.63983	20.4796	0	20.4796
21	0.38161	4.66535	UG1	0	20.4579	4.44363	5.54329	14.8595	0	14.8595
22	0.344983	3.24816	UG1	0	20.4579	3.44044	4.29185	11.5049	0	11.5049
23	0.344983	3.21231	UG1	0	20.4579	3.40246	4.24447	11.3779	0	11.3779
24	0.344983	3.17646	UG1	0	20.4579	3.36449	4.1971	11.2509	0	11.2509
25	0.591376	2.70721	UG1	0	20.4579	0	0	-7.86356	0	-7.86356

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.26215

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	27.079	89.5724	0	0	0
2	27.4694	89.1623	3.38295	0	0
3	27.9299	88.6787	9.34772	0	0
4	28.3904	88.1951	14.681	0	0
5	28.8508	87.7115	20.3459	0	0
6	29.3113	87.2278	27.587	0	0
7	29.7718	86.7442	36.2492	0	0
8	30.2323	86.2606	45.5839	0	0
9	30.6928	85.777	45.4932	0	0
10	31.1533	85.2933	40.2738	0	0
11	31.1775	85.2678	41.1918	0	0
12	31.6269	85.2663	35.6055	0	0
13	32.0763	85.2648	30.5672	0	0
14	32.5257	85.2632	26.077	0	0
15	32.9751	85.2617	22.1348	0	0
16	33.4245	85.2601	18.7406	0	0
17	33.8738	85.2586	15.8945	0	0
18	34.3232	85.2571	13.5964	0	0
19	34.7726	85.2555	11.8461	0	0

20	35.222	85.254	10.626	0	0
21	35.5592	85.254	9.93209	0	0
22	35.8964	85.254	9.24566	0	0
23	36.3161	85.3756	7.36889	0	0
24	36.7358	85.4973	6.02835	0	0
25	37.1555	85.6189	5.22402	0	0
26	37.5752	85.7406	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.24747

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	26.7961	89.5786	0	0	0
2	27.3851	89.1642	1.32255	1.13935	40.7442
3	27.809	88.866	3.07726	2.65099	40.7442
4	28.2329	88.5678	4.92563	4.24331	40.7441
5	28.6567	88.2696	6.54282	5.63648	40.7441
6	29.0806	87.9714	8.54429	7.36069	40.7441
7	29.5045	87.6732	10.9237	9.41054	40.7442
8	29.9284	87.375	13.4973	11.6276	40.7441
9	30.3523	87.0768	16.09	13.8611	40.744
10	30.7762	86.7786	18.703	16.1121	40.744
11	31.2001	86.4804	21.3362	18.3806	40.7441
12	31.624	86.1822	23.9897	20.6665	40.744
13	32.0479	85.884	26.6634	22.9699	40.7441
14	32.4718	85.5858	20.8037	17.9219	40.7441
15	32.8957	85.2876	10.0776	8.68163	40.7442
16	32.9323	85.2618	10.5062	9.0508	40.744
17	33.314	85.2605	6.49497	5.59526	40.7441
18	33.6956	85.2592	3.01904	2.60083	40.7441
19	34.0772	85.2579	0.0783567	0.0675023	40.7441
20	34.4588	85.2566	-2.32707	-2.00471	40.744
21	34.8404	85.2553	-4.19892	-3.61727	40.7441
22	35.222	85.254	-5.5571	-4.7873	40.7441
23	35.567	85.254	-6.52245	-5.61893	40.7441
24	35.912	85.254	-7.47716	-6.44139	40.7441
25	36.2569	85.254	-8.4212	-7.25466	40.7441
26	36.8483	85.7527	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
11.34	84.7213
45.129	84.7213

Line Load

X	Y
28.1	89.55
21.25	89.7

Block Search Polyline

X	Y
13.878	85.327
35.222	85.254
39.641	85.254

External Boundary

X	Y
11.34	83
11.34	76
45.129	76
45.129	82.709
45.129	85.7
40	85.7
35.22	85.78
29.5	89.6
28.17	89.62
28.1	89.55
21.25	89.7
21.2	89.8
19.95	89.89
13.88	85.85
11.34	85.95

Material Boundary

X	Y
21.25	89.7
21.25	89.5895

21.25	89.3015
28.0983	89.1482
28.0996	89.4469
28.1	89.55

Material Boundary

X	Y
28.0983	89.1482
29.5496	89.0883
29.5496	89.2404
28.9292	89.2716
28.9292	89.4145
28.0996	89.4469

Material Boundary

X	Y
21.25	89.3015
19.9591	89.3555
19.9591	89.5206
20.3157	89.4932
20.3157	89.6426
21.25	89.5895

Material Boundary

X	Y
11.34	83
45.129	82.709

Material Boundary

X	Y
13.88	85.85
13.88	85.35
35.22	85.28
35.22	85.78

Material Boundary

X	Y
13.88	85.85
14.2419	85.8327
19.9591	89.5206

Material Boundary

X	Y
29.5496	89.2404
34.7076	85.7875
35.22	85.78

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia sisma down

- File Name: new ALL BARD circ down
- Slide Modeler Version: 6.02
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
 - Spencer
-
- Number of slices: 25
 - Tolerance: 0.005
 - Maximum number of iterations: 50
 - Check malpha < 0.2: Yes
 - Initial trial value of FS: 1
 - Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading









- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0335

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	interfaccia	sottofondo	vecchio rilevato	rilevato	UG1	UG3	vecchio sottofondo	terreno veg
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	19	19	18	21	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0.2	10
Friction Angle [deg]	22	42	40	40	25	35	42	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.5 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

GG def

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 28 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.217350
- Center: 89.225, 75.778
- Radius: 9.458
- Left Slip Surface Endpoint: 80.312, 72.613
- Right Slip Surface Endpoint: 95.149, 68.405
- Resisting Moment=3632 kN-m
- Driving Moment=2983.52 kN-m
- Total Slice Area=40.9682 m²

Method: spencer

- FS: 1.195070
- Center: 88.514, 75.047
- Radius: 8.253
- Left Slip Surface Endpoint: 80.633, 72.598
- Right Slip Surface Endpoint: 93.416, 68.407
- Resisting Moment=2727.3 kN-m
- Driving Moment=2282.13 kN-m

- Resisting Horizontal Force=277.905 kN
- Driving Horizontal Force=232.544 kN
- Total Slice Area=33.7367 m²

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.21735

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.236597	1.39415	sottofondo	0	35.7661	0	0	-30.2615	0	-30.2615
2	0.640782	14.812	vecchio rilevato	0	33.8726	13.4077	16.3219	24.3146	0	24.3146
3	0.640782	27.4155	vecchio rilevato	0	33.8726	21.7403	26.4656	39.4256	0	39.4256
4	0.640782	36.9811	vecchio rilevato	0	33.8726	29.1032	35.4288	52.778	0	52.778
5	0.640782	45.2786	vecchio rilevato	0	33.8726	30.0173	36.5415	54.4356	0	54.4356
6	0.640782	52.3074	vecchio rilevato	0	33.8726	32.5887	39.6719	59.0989	0	59.0989
7	0.599793	53.4289	UG1	0	20.4579	23.5056	28.6146	76.7051	0	76.7051
8	0.599793	53.7086	UG1	0	20.4579	24.2543	29.526	79.1483	0	79.1483
9	0.599793	52.4474	UG1	0	20.4579	24.2537	29.5252	79.1462	0	79.1462
10	0.599793	50.6443	UG1	0	20.4579	23.2734	28.3319	78.3819	2.4344	75.9475
11	0.599793	48.3188	UG1	0	20.4579	22.0725	26.87	76.4896	4.46097	72.0286
12	0.599793	45.5215	UG1	0	20.4579	20.6836	25.1792	73.5552	6.0588	67.4964
13	0.599793	42.2771	UG1	0	20.4579	19.1136	23.2679	69.6232	7.25048	62.3727
14	0.599793	38.6032	UG1	0	20.4579	17.3654	21.1398	64.7199	8.05181	56.6681
15	0.599793	34.5109	UG1	0	20.4579	15.439	18.7947	58.8547	8.47297	50.3817
16	0.599793	30.0117	UG1	0	20.4579	13.3339	16.232	52.0312	8.51915	43.5121
17	0.599793	25.2563	UG1	0	20.4579	11.1246	13.5425	44.4934	8.19093	36.3024
18	0.599793	21.4222	UG1	0	20.4579	9.45981	11.5159	38.3543	7.48427	30.87
19	0.599793	20.1303	UG1	0	20.4579	9.29535	11.3157	36.7235	6.39027	30.3333
20	0.599793	18.4775	UG1	0	20.4579	9.05845	11.0273	34.4548	4.8946	29.5602
21	0.599793	16.3597	UG1	0	20.4579	8.69224	10.5815	31.3414	2.97647	28.365
22	0.599793	13.7453	UG1	0	20.4579	8.18012	9.95807	27.301	0.607072	26.694
23	0.599793	10.5909	UG1	0	20.4579	6.67497	8.12577	21.7823	0	21.7823
24	0.599793	6.83709	UG1	0	20.4579	4.46898	5.44031	14.5835	0	14.5835
25	0.599793	2.40085	UG1	0	20.4579	1.63943	1.99576	5.34989	0	5.34989

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.19507

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.211145	1.24066	sottofondo	0	35.7661	0	0	-3.90008	0	-3.90008
2	0.547026	12.1223	vecchio rilevato	0	33.8726	10.4769	12.5206	18.6519	0	18.6519
3	0.547026	21.9347	vecchio rilevato	0	33.8726	17.6396	21.0806	31.4036	0	31.4036
4	0.547026	29.2909	vecchio rilevato	0	33.8726	24.3108	29.0531	43.2801	0	43.2801

5	0.547026	35.648	vecchio rilevato	0	33.8726	25.5624	30.5488	45.5083	0	45.5083
6	0.547026	41.1458	vecchio rilevato	0	33.8726	27.8259	33.2539	49.5381	0	49.5381
7	0.547026	45.2023	vecchio rilevato	0	33.8726	32.9974	39.4342	58.7448	0	58.7448
8	0.516091	44.2367	UG1	0	20.4579	21.4379	25.6198	68.6773	0	68.6773
9	0.516091	43.4166	UG1	0	20.4579	22.0297	26.327	70.573	0	70.573
10	0.516091	42.1906	UG1	0	20.4579	22.356	26.717	71.6186	0	71.6186
11	0.516091	40.5888	UG1	0	20.4579	22.4219	26.7957	71.8295	0	71.8295
12	0.516091	38.6259	UG1	0	20.4579	21.8022	26.0551	71.1712	1.32707	69.8441
13	0.516091	36.3314	UG1	0	20.4579	20.9631	25.0524	69.6223	2.46599	67.1563
14	0.516091	33.7195	UG1	0	20.4579	19.9483	23.8396	67.1751	3.2698	63.9053
15	0.516091	30.7998	UG1	0	20.4579	18.7469	22.4038	63.8049	3.74853	60.0563
16	0.516091	27.5778	UG1	0	20.4579	17.3427	20.7258	59.4662	3.90798	55.5582
17	0.516091	24.0553	UG1	0	20.4579	15.7135	18.7787	54.0888	3.75005	50.3387
18	0.516091	20.2417	UG1	0	20.4579	13.8359	16.5349	47.5967	3.27286	44.3239
19	0.516091	16.2465	UG1	0	20.4579	11.7568	14.0502	40.1342	2.47064	37.6636
20	0.516091	12.6744	UG1	0	20.4579	9.93632	11.8746	33.1649	1.33335	31.8315
21	0.516091	11.1255	UG1	0	20.4579	9.75365	11.6563	31.2463	0	31.2463
22	0.516091	9.36085	UG1	0	20.4579	8.79957	10.5161	28.1898	0	28.1898
23	0.516091	7.21785	UG1	0	20.4579	7.36266	8.7989	23.5867	0	23.5867
24	0.516091	4.6597	UG1	0	20.4579	5.24808	6.27182	16.8125	0	16.8125
25	0.516091	1.63577	UG1	0	20.4579	0.795979	0.951251	2.54996	0	2.54996

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.21735

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	80.312	72.6131	0	0	0
2	80.5486	72.0127	-39.1127	0	0
3	81.1893	70.7894	-17.752	0	0
4	81.8301	69.8812	5.18481	0	0
5	82.4709	69.1569	26.462	0	0
6	83.1117	68.5611	42.4265	0	0
7	83.7525	68.064	54.4482	0	0
8	84.3523	67.6718	74.0232	0	0
9	84.9521	67.3402	89.3264	0	0
10	85.5518	67.0624	100.293	0	0
11	86.1516	66.8333	107.695	0	0
12	86.7514	66.6492	111.782	0	0
13	87.3512	66.5075	112.859	0	0
14	87.951	66.4063	111.285	0	0
15	88.5508	66.3442	107.484	0	0
16	89.1506	66.3204	101.941	0	0
17	89.7504	66.3348	95.2148	0	0

18	90.3502	66.3873	87.9	0	0
19	90.95	66.4788	80.1568	0	0
20	91.5498	66.6104	71.1035	0	0
21	92.1496	66.7837	60.9388	0	0
22	92.7494	67.0014	50.003	0	0
23	93.3492	67.2668	38.7762	0	0
24	93.949	67.5845	28.5648	0	0
25	94.5488	67.9609	20.8549	0	0
26	95.1485	68.4051	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.19507

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	80.6331	72.5979	0	0	0
2	80.8443	72.0003	-22.9848	-7.12953	17.2331
3	81.3913	70.8786	-7.65973	-2.37593	17.2331
4	81.9383	70.06	9.186	2.84936	17.2331
5	82.4853	69.4108	25.2605	7.83542	17.2331
6	83.0324	68.8774	37.665	11.6831	17.2331
7	83.5794	68.4317	47.2696	14.6623	17.2331
8	84.1264	68.0568	54.2549	16.829	17.2331
9	84.6425	67.7582	66.6505	20.6739	17.233
10	85.1586	67.5067	75.9343	23.5537	17.2331
11	85.6747	67.2975	82.1923	25.4948	17.2331
12	86.1908	67.1275	85.5472	26.5354	17.2331
13	86.7069	66.994	86.375	26.7922	17.2331
14	87.223	66.8953	84.8536	26.3203	17.2331
15	87.7391	66.8301	81.1871	25.183	17.2331
16	88.2552	66.7977	75.6371	23.4615	17.2331
17	88.7712	66.7976	68.5317	21.2575	17.2331
18	89.2873	66.8299	60.2816	18.6984	17.2331
19	89.8034	66.8949	51.3971	15.9426	17.2331
20	90.3195	66.9934	42.4583	13.1699	17.2331
21	90.8356	67.1267	33.7537	10.4699	17.2331
22	91.3517	67.2966	24.1526	7.49177	17.2331
23	91.8678	67.5056	14.3447	4.44951	17.2331
24	92.3839	67.7569	5.09697	1.581	17.2331
25	92.9	68.0553	-2.31706	-0.718717	17.2331
26	93.4161	68.4069	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
65.9723	67.196
100	67.196

Line Load

X	Y
82.7	72.5
76.79	72.78
73.1	72.9
66.3176	72.9955

External Boundary

X	Y
66	73
66	72.25
66	68.403
66	65.4
66	58
100	58
100	65.4
100	68.4
90.44	68.41
90.2747	68.5204
84.15	72.61
82.8	72.6
82.7	72.5
76.79	72.78
73.1	72.9

Material Boundary

X	Y
76.79	72.78
76.78	72.17
82.05	71.95
85.5076	68.0552
85.53	68.03
90.4	68

90.4028	68.0284
90.44	68.41

Material Boundary

X	Y
66	72.25
76.78	72.2
76.78	72.17

Material Boundary

X	Y
82.05	71.95
84.1743	71.8674
84.1743	72.0665
83.62	72.1083
83.62	72.3205
82.7133	72.3875
82.7	72.5

Material Boundary

X	Y
66	68.403
85.53	68.03

Material Boundary

X	Y
66	65.4
100	65.4

Material Boundary

X	Y
85.5076	68.0552
90.4028	68.0284

Material Boundary

X	Y
84.1743	72.0665
89.617	68.5204
90.2747	68.5204

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia Sisma up

- File Name: new ALL BARD circ up
- Slide Modeler Version: 6.02
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading









- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	interfaccia	sottofondo	vecchio rilevato	rilevato	UG1	UG3	vecchio sottofondo	terreno veg
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	19	19	18	21	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0.2	10
Friction Angle [deg]	22	42	40	40	25	35	42	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.5 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

GG def

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 28 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.200970
- Center: 89.225, 75.778
- Radius: 9.458
- Left Slip Surface Endpoint: 80.312, 72.613
- Right Slip Surface Endpoint: 95.149, 68.405
- Resisting Moment=3413.58 kN-m
- Driving Moment=2842.35 kN-m
- Total Slice Area=40.9682 m²

Method: spencer

- FS: 1.181530
- Center: 89.225, 75.778
- Radius: 9.458
- Left Slip Surface Endpoint: 80.312, 72.613
- Right Slip Surface Endpoint: 95.149, 68.405
- Resisting Moment=3358.34 kN-m
- Driving Moment=2842.35 kN-m

- Resisting Horizontal Force=297.124 kN
- Driving Horizontal Force=251.473 kN
- Total Slice Area=40.9682 m2

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20097

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.236597	1.39415	sottofondo	0	35.7661	0	0	-30.6563	0	-30.6563
2	0.640782	14.812	vecchio rilevato	0	33.8726	13.0766	15.7046	23.3951	0	23.3951
3	0.640782	27.4155	vecchio rilevato	0	33.8726	21.0107	25.2332	37.5897	0	37.5897
4	0.640782	36.9811	vecchio rilevato	0	33.8726	28.0206	33.6519	50.1309	0	50.1309
5	0.640782	45.2786	vecchio rilevato	0	33.8726	28.5441	34.2806	51.0675	0	51.0675
6	0.640782	52.3074	vecchio rilevato	0	33.8726	30.7652	36.9481	55.0412	0	55.0412
7	0.599793	53.4289	UG1	0	20.4579	22.2307	26.6984	71.5684	0	71.5684
8	0.599793	53.7086	UG1	0	20.4579	22.9457	27.5571	73.8704	0	73.8704
9	0.599793	52.4474	UG1	0	20.4579	22.9515	27.5641	73.8893	0	73.8893
10	0.599793	50.6443	UG1	0	20.4579	21.986	26.4045	73.2152	2.4344	70.7808
11	0.599793	48.3188	UG1	0	20.4579	20.8165	25	71.4766	4.46097	67.0157
12	0.599793	45.5215	UG1	0	20.4579	19.4748	23.3886	68.7551	6.0588	62.6963
13	0.599793	42.2771	UG1	0	20.4579	17.9673	21.5782	65.0937	7.25048	57.8432
14	0.599793	38.6032	UG1	0	20.4579	16.2971	19.5723	60.5181	8.05181	52.4663
15	0.599793	34.5109	UG1	0	20.4579	14.4641	17.3709	55.0382	8.47297	46.5652
16	0.599793	30.0117	UG1	0	20.4579	12.468	14.9737	48.6582	8.51915	40.1391
17	0.599793	25.2563	UG1	0	20.4579	10.3797	12.4657	41.607	8.19093	33.416
18	0.599793	21.4222	UG1	0	20.4579	8.81504	10.5866	35.863	7.48427	28.3788
19	0.599793	20.1303	UG1	0	20.4579	8.68198	10.4268	34.3407	6.39027	27.9504
20	0.599793	18.4775	UG1	0	20.4579	8.48997	10.1962	32.2269	4.8946	27.3323
21	0.599793	16.3597	UG1	0	20.4579	8.1862	9.83138	29.3308	2.97647	26.3544
22	0.599793	13.7453	UG1	0	20.4579	7.7567	9.31557	25.5788	0.607072	24.9717
23	0.599793	10.5909	UG1	0	20.4579	6.34425	7.61925	20.4245	0	20.4245
24	0.599793	6.83709	UG1	0	20.4579	4.25015	5.1043	13.6828	0	13.6828
25	0.599793	2.40085	UG1	0	20.4579	1.56034	1.87392	5.02329	0	5.02329

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.18153

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.236597	1.39415	sottofondo	0	35.7661	0	0	-5.67048	0	-5.67048
2	0.640782	14.812	vecchio rilevato	0	33.8726	11.2904	13.3399	19.8724	0	19.8724
3	0.640782	27.4155	vecchio rilevato	0	33.8726	18.7967	22.2089	33.0845	0	33.0845
4	0.640782	36.9811	vecchio rilevato	0	33.8726	25.7996	30.483	45.4103	0	45.4103

5	0.640782	45.2786	vecchio rilevato	0	33.8726	26.8147	31.6824	47.1971	0	47.1971
6	0.640782	52.3074	vecchio rilevato	0	33.8726	29.4779	34.829	51.8846	0	51.8846
7	0.599793	53.4289	UG1	0	20.4579	20.6406	24.3875	65.3738	0	65.3738
8	0.599793	53.7086	UG1	0	20.4579	21.7236	25.6671	68.8039	0	68.8039
9	0.599793	52.4474	UG1	0	20.4579	22.135	26.1532	70.1071	0	70.1071
10	0.599793	50.6443	UG1	0	20.4579	21.5079	25.4122	70.5552	2.4344	68.1208
11	0.599793	48.3188	UG1	0	20.4579	20.6762	24.4295	69.9475	4.46097	65.4865
12	0.599793	45.5215	UG1	0	20.4579	19.662	23.2312	68.3332	6.0588	62.2744
13	0.599793	42.2771	UG1	0	20.4579	18.4611	21.8123	65.7214	7.25048	58.4709
14	0.599793	38.6032	UG1	0	20.4579	17.0648	20.1626	62.1002	8.05181	54.0484
15	0.599793	34.5109	UG1	0	20.4579	15.4598	18.2662	57.4378	8.47297	48.9648
16	0.599793	30.0117	UG1	0	20.4579	13.6298	16.104	51.688	8.51915	43.1689
17	0.599793	25.2563	UG1	0	20.4579	11.6346	13.7466	45.0405	8.19093	36.8495
18	0.599793	21.4222	UG1	0	20.4579	10.1599	12.0042	39.6632	7.48427	32.179
19	0.599793	20.1303	UG1	0	20.4579	10.3006	12.1705	39.0149	6.39027	32.6246
20	0.599793	18.4775	UG1	0	20.4579	10.381	12.2655	37.7739	4.8946	32.8793
21	0.599793	16.3597	UG1	0	20.4579	10.3261	12.2006	35.6817	2.97647	32.7052
22	0.599793	13.7453	UG1	0	20.4579	10.0964	11.9292	32.5848	0.607072	31.9777
23	0.599793	10.5909	UG1	0	20.4579	8.6289	10.1953	27.3299	0	27.3299
24	0.599793	6.83709	UG1	0	20.4579	6.13295	7.24626	19.4245	0	19.4245
25	0.599793	2.40085	UG1	0	20.4579	1.52999	1.80773	4.84585	0	4.84585

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20097

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	80.312	72.6131	0	0	0
2	80.5486	72.0127	-39.3498	0	0
3	81.1893	70.7894	-18.9026	0	0
4	81.8301	69.8812	2.83257	0	0
5	82.4709	69.1569	22.8842	0	0
6	83.1117	68.5611	37.7835	0	0
7	83.7525	68.064	48.9535	0	0
8	84.3523	67.6718	67.2768	0	0
9	84.9521	67.3402	81.6132	0	0
10	85.5518	67.0624	91.8982	0	0
11	86.1516	66.8333	98.8873	0	0
12	86.7514	66.6492	102.803	0	0
13	87.3512	66.5075	103.923	0	0
14	87.951	66.4063	102.577	0	0
15	88.5508	66.3442	99.1542	0	0
16	89.1506	66.3204	94.1039	0	0
17	89.7504	66.3348	87.9441	0	0

18	90.3502	66.3873	81.227	0	0
19	90.95	66.4788	74.0976	0	0
20	91.5498	66.6104	65.7249	0	0
21	92.1496	66.7837	56.2868	0	0
22	92.7494	67.0014	46.0915	0	0
23	93.3492	67.2668	35.5751	0	0
24	93.949	67.5845	25.9929	0	0
25	94.5488	67.9609	18.7529	0	0
26	95.1485	68.4051	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.18153

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	80.312	72.6131	0	0	0
2	80.5486	72.0127	-24.3468	-6.31263	14.5356
3	81.1893	70.7894	-7.06281	-1.83125	14.5356
4	81.8301	69.8812	12.0016	3.11176	14.5355
5	82.4709	69.1569	30.0614	7.79431	14.5356
6	83.1117	68.5611	43.767	11.3479	14.5356
7	83.7525	68.064	54.1973	14.0523	14.5356
8	84.3523	67.6718	71.0478	18.4213	14.5356
9	84.9521	67.3402	84.4407	21.8938	14.5356
10	85.5518	67.0624	94.1682	24.4159	14.5356
11	86.1516	66.8333	100.838	26.1453	14.5356
12	86.7514	66.6492	104.561	27.1104	14.5355
13	87.3512	66.5075	105.511	27.357	14.5356
14	87.951	66.4063	103.936	26.9486	14.5356
15	88.5508	66.3442	100.155	25.9681	14.5355
16	89.1506	66.3204	94.5671	24.5193	14.5355
17	89.7504	66.3348	87.67	22.7311	14.5356
18	90.3502	66.3873	80.0222	20.7481	14.5355
19	90.95	66.4788	71.7409	18.601	14.5356
20	91.5498	66.6104	61.7849	16.0196	14.5356
21	92.1496	66.7837	50.2532	13.0297	14.5356
22	92.7494	67.0014	37.3947	9.69568	14.5355
23	93.3492	67.2668	23.6184	6.12376	14.5355
24	93.949	67.5845	10.4743	2.71578	14.5356
25	94.5488	67.9609	-0.0544953	-0.0141295	14.5355
26	95.1485	68.4051	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
65.9723	67.196
100	67.196

Line Load

X	Y
82.7	72.5
76.79	72.78
73.1	72.9
66.3176	72.9955

External Boundary

X	Y
66	73
66	72.25
66	68.403
66	65.4
66	58
100	58
100	65.4
100	68.4
90.44	68.41
90.2747	68.5204
84.15	72.61
82.8	72.6
82.7	72.5
76.79	72.78
73.1	72.9

Material Boundary

X	Y
76.79	72.78
76.78	72.17
82.05	71.95
85.5076	68.0552
85.53	68.03
90.4	68

90.4028	68.0284
90.44	68.41

Material Boundary

X	Y
66	72.25
76.78	72.2
76.78	72.17

Material Boundary

X	Y
82.05	71.95
84.1743	71.8674
84.1743	72.0665
83.62	72.1083
83.62	72.3205
82.7133	72.3875
82.7	72.5

Material Boundary

X	Y
66	68.403
85.53	68.03

Material Boundary

X	Y
66	65.4
100	65.4

Material Boundary

X	Y
85.5076	68.0552
90.4028	68.0284

Material Boundary

X	Y
84.1743	72.0665
89.617	68.5204
90.2747	68.5204

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Allargamento rilevato autostradale lato Bardonecchia

Scorrimento non circolare sisma up

-
- File Name: new ALL BARD non circ up
 - Slide Modeler Version: 6.02
 - Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

-
- Units of Measurement: Metric Units
 - Time Units: seconds
 - Permeability Units: meters/second
 - Failure Direction: Left to Right
 - Data Output: Standard
 - Maximum Material Properties: 20
 - Maximum Support Properties: 20

Design Standard

-
- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1

Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Non-Circular Block Search
- Number of Surfaces: 5000
- Pseudo-Random Surfaces: Enabled
- Convex Surfaces Only: Disabled
- Left Projection Angle (Start Angle): 105
- Left Projection Angle (End Angle): 165
- Right Projection Angle (Start Angle): 15
- Right Projection Angle (End Angle): 60
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined









Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	interfaccia	sottofondo	vecchio rilevato	rilevato	UG1	UG3	vecchio sottofondo	terreno veg
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit								
Weight [kN/m3]	20	20	19	19	18	21	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0.2	10
Friction Angle [deg]	22	42	40	40	25	35	42	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End

- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.5 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

GG def

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 28 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 40 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.191920
- Axis Location: 90.954, 81.207
- Left Slip Surface Endpoint: 81.440, 72.560
- Right Slip Surface Endpoint: 92.164, 68.408
- Resisting Moment=2717.65 kN-m
- Driving Moment=2280.06 kN-m
- Total Slice Area=19.4597 m²

Method: spencer

- FS: 1.280380
- Axis Location: 90.426, 81.189

- Left Slip Surface Endpoint: 80.903, 72.585
- Right Slip Surface Endpoint: 91.595, 68.409
- Resisting Moment=2910.28 kN-m
- Driving Moment=2272.99 kN-m
- Resisting Horizontal Force=189.804 kN
- Driving Horizontal Force=148.24 kN
- Total Slice Area=20.3259 m²

Global Minimum Coordinates

Method: bishop simplified

X	Y
81.4404	72.5597
85.5021	68.0015
85.528	68.001
90.4	67.976
91.0247	67.976
92.1639	68.4082

Method: spencer

X	Y
80.9035	72.5851
85.5369	68.001
90.4	67.976
90.5432	67.976
91.5954	68.4088

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19192

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.540719	3.14257	sottofondo	0	35.7661	4.1361	4.9299	6.84401	0	6.84401
2	0.436843	7.02556	vecchio rilevato	0	33.8726	14.3376	17.0893	25.4577	0	25.4577
3	0.436843	11.0865	vecchio rilevato	0	33.8726	14.2589	16.9955	25.3181	0	25.3181
4	0.436843	15.6518	vecchio rilevato	0	33.8726	11.9512	14.2449	21.2205	0	21.2205
5	0.436843	19.6793	vecchio	0	33.8726	15.0264	17.9103	26.6809	0	26.6809

			rilevato								
6	0.436843	23.6117	vecchio rilevato	0	33.8726	18.0291	21.4892	32.0123	0	32.0123	
7	0.436843	26.3107	vecchio rilevato	0	33.8726	20.0899	23.9456	35.6716	0	35.6716	
8	0.436843	27.9599	vecchio rilevato	0	33.8726	21.3493	25.4466	37.9076	0	37.9076	
9	0.436843	29.6109	vecchio rilevato	0	33.8726	22.6098	26.9491	40.1458	0	40.1458	
10	0.0262856	1.83401	UG1	0	20.4579	15.6207	18.6186	49.9095	0	49.9095	
11	0.0258691	1.80365	UG1	0	20.4579	20.9546	24.9762	66.9519	0	66.9519	
12	0.4872	32.4071	UG1	0	20.4579	20.0888	23.9442	64.1855	0	64.1855	
13	0.4872	29.4231	UG1	0	20.4579	18.239	21.7394	58.2755	0	58.2755	
14	0.4872	26.439	UG1	0	20.4579	16.3893	19.5347	52.3653	0	52.3653	
15	0.4872	23.455	UG1	0	20.4579	14.5395	17.3299	46.4553	0	46.4553	
16	0.4872	20.471	UG1	0	20.4579	12.6898	15.1252	40.545	0	40.545	
17	0.4872	17.487	UG1	0	20.4579	10.84	12.9204	34.635	0	34.635	
18	0.4872	14.503	UG1	0	20.4579	8.99028	10.7157	28.7248	0	28.7248	
19	0.4872	11.519	UG1	0	20.4579	7.14051	8.51092	22.8146	0	22.8146	
20	0.4872	8.56354	UG1	0	20.4579	5.30844	6.32723	16.961	0	16.961	
21	0.4872	5.71702	UG1	0	20.4579	3.54391	4.22406	11.3231	0	11.3231	
22	0.624708	4.89539	UG1	0	20.4579	2.37043	2.82536	7.57376	0	7.57376	
23	0.37973	2.46856	UG1	0	20.4579	2.23136	2.6596	7.1294	0	7.1294	
24	0.37973	1.48113	UG1	0	20.4579	1.33881	1.59576	4.27764	0	4.27764	
25	0.37973	0.493711	UG1	0	20.4579	0.446271	0.531919	1.42588	0	1.42588	

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.28038

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.619716	3.61767	sottofondo	0	35.7661	11.7052	14.9871	20.806	0	20.806
2	0.442661	6.92113	vecchio rilevato	0	33.8726	12.0256	15.3973	22.9372	0	22.9372
3	0.442661	10.4269	vecchio rilevato	0	33.8726	14.169	18.1417	27.0256	0	27.0256
4	0.442661	14.0914	vecchio rilevato	0	33.8726	13.7482	17.6029	26.2228	0	26.2228
5	0.442661	18.2836	vecchio rilevato	0	33.8726	11.1789	14.3133	21.3225	0	21.3225
6	0.442661	21.9224	vecchio rilevato	0	33.8726	13.4038	17.1619	25.566	0	25.566
7	0.442661	25.4656	vecchio rilevato	0	33.8726	15.5701	19.9357	29.6982	0	29.6982
8	0.442661	27.6697	vecchio rilevato	0	33.8726	16.9179	21.6613	32.2686	0	32.2686
9	0.442661	28.8704	vecchio rilevato	0	33.8726	17.6519	22.6012	33.6688	0	33.6688
10	0.442661	30.071	vecchio rilevato	0	33.8726	18.386	23.5411	35.069	0	35.069
11	0.0297998	2.06753	UG1	0	20.4579	11.3113	14.4828	38.8232	0	38.8232
12	0.442098	29.4828	UG1	0	20.4579	21.6637	27.7378	74.3547	0	74.3547
13	0.442098	27.0257	UG1	0	20.4579	19.8582	25.4261	68.158	0	68.158
14	0.442098	24.5686	UG1	0	20.4579	18.0528	23.1144	61.9612	0	61.9612
15	0.442098	22.1115	UG1	0	20.4579	16.2474	20.8028	55.7645	0	55.7645
16	0.442098	19.6544	UG1	0	20.4579	14.4419	18.4911	49.5678	0	49.5678
17	0.442098	17.1973	UG1	0	20.4579	12.6364	16.1794	43.371	0	43.371

18	0.442098	14.7402	UG1	0	20.4579	10.831	13.8678	37.1743	0	37.1743
19	0.442098	12.2831	UG1	0	20.4579	9.02552	11.5561	30.9776	0	30.9776
20	0.442098	9.826	UG1	0	20.4579	7.22007	9.24443	24.7808	0	24.7808
21	0.442098	7.40677	UG1	0	20.4579	5.44244	6.96839	18.6797	0	18.6797
22	0.442098	5.06845	UG1	0	20.4579	3.72425	4.76846	12.7825	0	12.7825
23	0.143198	1.13695	UG1	0	20.4579	2.59296	3.31997	8.89965	0	8.89965
24	0.526125	3.0818	UG1	0	20.4579	3.1115	3.9839	10.6794	0	10.6794
25	0.526125	1.02727	UG1	0	20.4579	0	0	-4.19605	0	-4.19605

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19192

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	81.4404	72.5597	0	0	0
2	81.9811	71.9529	-21.5478	0	0
3	82.4179	71.4626	-15.3969	0	0
4	82.8548	70.9724	-8.8173	0	0
5	83.2916	70.4822	-2.5853	0	0
6	83.7285	69.992	5.25031	0	0
7	84.1653	69.5017	14.6517	0	0
8	84.6022	69.0115	25.1277	0	0
9	85.039	68.5213	36.2603	0	0
10	85.4758	68.031	48.0503	0	0
11	85.5021	68.0015	49.2349	0	0
12	85.528	68.001	48.8497	0	0
13	86.0152	67.9985	41.3965	0	0
14	86.5024	67.996	34.6295	0	0
15	86.9896	67.9935	28.5489	0	0
16	87.4768	67.991	23.1545	0	0
17	87.964	67.9885	18.4464	0	0
18	88.4512	67.986	14.4246	0	0
19	88.9384	67.9835	11.0891	0	0
20	89.4256	67.981	8.43986	0	0
21	89.9128	67.9785	6.47035	0	0
22	90.4	67.976	5.1555	0	0
23	91.0247	67.976	4.00301	0	0
24	91.4044	68.1201	2.29419	0	0
25	91.7842	68.2641	1.26889	0	0
26	92.1639	68.4082	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.28038

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	80.9035	72.5851	0	0	0
2	81.5232	71.972	-18.3666	-11.02	30.9638

3	81.9658	71.534	-13.7322	-8.23932	30.9638
4	82.4085	71.0961	-8.02229	-4.81337	30.9637
5	82.8512	70.6581	-2.04569	-1.22742	30.9639
6	83.2938	70.2202	3.56331	2.13799	30.9638
7	83.7365	69.7822	10.2886	6.17316	30.9638
8	84.1791	69.3443	18.1009	10.8605	30.9637
9	84.6218	68.9063	26.5893	15.9536	30.9638
10	85.0645	68.4684	35.4461	21.2677	30.9638
11	85.5071	68.0304	44.6712	26.8027	30.9637
12	85.5369	68.001	45.6169	27.3701	30.9637
13	85.979	67.9987	38.1724	22.9034	30.9637
14	86.4211	67.9964	31.3483	18.809	30.9638
15	86.8632	67.9941	25.1447	15.0868	30.9637
16	87.3053	67.9919	19.5615	11.7369	30.9638
17	87.7474	67.9896	14.5987	8.75924	30.9638
18	88.1895	67.9873	10.2564	6.15382	30.9637
19	88.6316	67.9851	6.53443	3.92066	30.9638
20	89.0737	67.9828	3.43292	2.05975	30.9637
21	89.5158	67.9805	0.951829	0.571097	30.9637
22	89.9579	67.9783	-0.9184	-0.55104	30.9638
23	90.4	67.976	-2.1982	-1.31892	30.9638
24	90.5432	67.976	-2.49375	-1.49625	30.9638
25	91.0693	68.1924	-6.23717	-3.7423	30.9637
26	91.5954	68.4088	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
65.9723	67.196
100	67.196

Line Load

X	Y
82.7	72.5
76.79	72.78
73.1	72.9
66.3176	72.9955

Block Search Polyline

X	Y
77.619	68.165
85.528	68.001
90.4	67.976
97.78	67.976

External Boundary

X	Y
66	73
66	72.25
66	68.403
66	65.4
66	58
100	58
100	65.4
100	68.4
90.44	68.41
90.2747	68.5204
84.15	72.61
82.8	72.6
82.7	72.5
76.79	72.78
73.1	72.9

Material Boundary

X	Y
76.79	72.78
76.78	72.17
82.05	71.95
85.5076	68.0552
85.53	68.03
90.4	68
90.4028	68.0284
90.44	68.41

Material Boundary

X	Y
66	72.25
76.78	72.2

76.78	72.17
-------	-------

Material Boundary

X	Y
82.05	71.95
84.1743	71.8674
84.1743	72.0665
83.62	72.1083
83.62	72.3205
82.7133	72.3875
82.7	72.5

Material Boundary

X	Y
66	68.403
85.53	68.03

Material Boundary

X	Y
66	65.4
100	65.4

Material Boundary

X	Y
85.5076	68.0552
90.4028	68.0284

Material Boundary

X	Y
84.1743	72.0665
89.617	68.5204
90.2747	68.5204

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Allargamento rilevato autostradale lato Torino, sisma down

- File Name: new ALL TO circ down
- Slide Modeler Version: 6.02
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
 - Spencer
-
- Number of slices: 25
 - Tolerance: 0.005
 - Maximum number of iterations: 50
 - Check m $\alpha < 0.2$: Yes
 - Initial trial value of FS: 1
 - Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading









- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0335

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	interfaccia	sottofondo	vecchio rilevato	rilevato	UG1	UG3	vecchio sottofondo	vegetale
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	19	19	18	21	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0.2	10
Friction Angle [deg]	22	42	40	40	25	35	42	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 0 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

GG forte

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 28 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 38 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.143480
- Center: 110.814, 99.105
- Radius: 10.644
- Left Slip Surface Endpoint: 100.654, 95.930
- Right Slip Surface Endpoint: 117.067, 90.491
- Resisting Moment=4625.79 kN-m
- Driving Moment=4045.35 kN-m
- Total Slice Area=47.3344 m²

Method: spencer

- FS: 1.115940
- Center: 110.039, 99.105
- Radius: 9.844
- Left Slip Surface Endpoint: 100.720, 95.933
- Right Slip Surface Endpoint: 114.764, 90.468
- Resisting Moment=3602.77 kN-m
- Driving Moment=3228.45 kN-m

- Resisting Horizontal Force=307.19 kN
- Driving Horizontal Force=275.275 kN
- Total Slice Area=36.6506 m²

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.14348

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.204829	1.23167	sottofondo	0	35.7661	5.76843	6.59609	9.15713	0	9.15713
2	0.667305	17.2663	vecchio rilevato	0	33.8726	13.7063	15.6729	23.3477	0	23.3477
3	0.667305	33.6502	vecchio rilevato	0	33.8726	20.9995	24.0125	35.7712	0	35.7712
4	0.667305	46.1151	vecchio rilevato	0	33.8726	24.2344	27.7115	41.2816	0	41.2816
5	0.667305	55.0129	vecchio rilevato	0	33.8726	31.2082	35.686	53.1612	0	53.1612
6	0.667305	59.3663	vecchio rilevato	0	33.8726	35.8213	40.9609	61.0192	0	61.0192
7	0.667305	60.4872	vecchio rilevato	0	33.8726	38.4655	43.9845	65.5234	0	65.5234
8	0.667305	60.5848	vecchio rilevato	0	33.8726	40.358	46.1486	68.7471	0	68.7471
9	0.678603	60.6833	UG1	0	20.4579	25.744	29.4378	78.9119	0	78.9119
10	0.678603	58.8433	UG1	0	20.4579	25.5848	29.2557	78.4238	0	78.4238
11	0.678603	56.312	UG1	0	20.4579	25.053	28.6476	76.7936	0	76.7936
12	0.678603	53.1445	UG1	0	20.4579	23.536	26.913	74.2521	2.10821	72.1439
13	0.678603	49.3809	UG1	0	20.4579	21.7419	24.8614	70.5481	3.9038	66.6443
14	0.678603	45.0503	UG1	0	20.4579	19.7247	22.5548	65.7051	5.24391	60.4612
15	0.678603	40.1723	UG1	0	20.4579	17.4859	19.9948	59.7432	6.14444	53.5987
16	0.678603	34.7706	UG1	0	20.4579	15.0284	17.1847	52.6809	6.61509	46.0659
17	0.678603	28.865	UG1	0	20.4579	12.3526	14.1249	44.5237	6.66003	37.8637
18	0.678603	23.9607	UG1	0	20.4579	10.2234	11.6903	37.6156	6.27812	31.3375
19	0.678603	22.3664	UG1	0	20.4579	9.89794	11.3181	35.8024	5.46289	30.3395
20	0.678603	20.5835	UG1	0	20.4579	9.62107	11.0015	33.6932	4.20208	29.4911
21	0.678603	18.3469	UG1	0	20.4579	9.25963	10.5882	30.86	2.47686	28.3831
22	0.678603	15.4987	UG1	0	20.4579	8.72984	9.9824	27.0195	0.260392	26.7591
23	0.678603	11.9927	UG1	0	20.4579	7.04789	8.05912	21.6035	0	21.6035
24	0.678603	7.76605	UG1	0	20.4579	4.7306	5.40935	14.5005	0	14.5005
25	0.678603	2.73172	UG1	0	20.4579	1.73584	1.9849	5.32078	0	5.32078

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.11594

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.22369	1.34734	sottofondo	0	35.7661	5.47831	6.11347	8.48713	0	8.48713
2	0.566093	13.1183	vecchio rilevato	0	33.8726	10.0378	11.2016	16.687	0	16.687
3	0.566093	24.4047	vecchio rilevato	0	33.8726	15.669	17.4857	26.0484	0	26.0484
4	0.566093	33.6344	vecchio	0	33.8726	16.9981	18.9689	28.2578	0	28.2578

			rilevato							
5	0.566093	40.2086	vecchio rilevato	0	33.8726	22.7687	25.4085	37.8508	0	37.8508
6	0.566093	45.0825	vecchio rilevato	0	33.8726	28.1784	31.4454	46.844	0	46.844
7	0.566093	46.4028	vecchio rilevato	0	33.8726	31.7041	35.3799	52.7051	0	52.7051
8	0.566093	46.6892	vecchio rilevato	0	33.8726	34.6416	38.6579	57.5883	0	57.5883
9	0.566093	46.3685	vecchio rilevato	0	33.8726	37.1941	41.5064	61.8317	0	61.8317
10	0.566093	45.5127	vecchio rilevato	0	33.8726	39.3524	43.9149	65.4197	0	65.4197
11	0.566093	44.1745	vecchio rilevato	0	33.8726	41.0981	45.863	68.3217	0	68.3217
12	0.582775	43.5497	UG1	0	20.4579	22.3726	24.9665	66.9261	0	66.9261
13	0.582775	41.1041	UG1	0	20.4579	22.3091	24.8956	66.7359	0	66.7359
14	0.582775	38.2552	UG1	0	20.4579	21.9374	24.4808	65.6241	0	65.6241
15	0.582775	35.0203	UG1	0	20.4579	21.2311	23.6926	63.5111	0	63.5111
16	0.582775	31.4113	UG1	0	20.4579	20.155	22.4918	60.2923	0	60.2923
17	0.582775	27.4359	UG1	0	20.4579	18.6635	20.8274	55.8306	0	55.8306
18	0.582775	23.1016	UG1	0	20.4579	16.6991	18.6352	49.9543	0	49.9543
19	0.582775	18.4121	UG1	0	20.4579	14.1854	15.8301	42.4345	0	42.4345
20	0.582775	13.429	UG1	0	20.4579	11.07	12.3535	33.1152	0	33.1152
21	0.582775	10.2586	UG1	0	20.4579	9.0926	10.1468	27.1998	0	27.1998
22	0.582775	8.56438	UG1	0	20.4579	8.2129	9.1651	24.5683	0	24.5683
23	0.582775	6.61206	UG1	0	20.4579	6.91495	7.71667	20.6855	0	20.6855
24	0.582775	4.29576	UG1	0	20.4579	4.94995	5.52385	14.8074	0	14.8074
25	0.582775	1.51289	UG1	0	20.4579	1.89218	2.11156	5.66033	0	5.66033

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.14348

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	100.654	95.9303	0	0	0
2	100.859	95.3368	2.66233	0	0
3	101.527	93.905	28.7745	0	0
4	102.194	92.8607	54.7993	0	0
5	102.861	92.0304	76.0052	0	0
6	103.528	91.3449	95.3181	0	0
7	104.196	90.7685	110.577	0	0
8	104.863	90.2797	121	0	0
9	105.53	89.8647	126.672	0	0
10	106.209	89.5085	141.39	0	0
11	106.888	89.2114	151.276	0	0
12	107.566	88.9684	156.722	0	0
13	108.245	88.7755	158.642	0	0

14	108.923	88.63	157.467	0	0
15	109.602	88.53	153.68	0	0
16	110.281	88.4741	147.848	0	0
17	110.959	88.4618	140.638	0	0
18	111.638	88.4927	132.816	0	0
19	112.316	88.5673	124.68	0	0
20	112.995	88.6866	115.195	0	0
21	113.674	88.8521	104.473	0	0
22	114.352	89.0661	92.819	0	0
23	115.031	89.3317	80.7592	0	0
24	115.709	89.6534	69.8337	0	0
25	116.388	90.037	61.5827	0	0
26	117.067	90.4909	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.11594

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	100.72	95.9328	0	0	0
2	100.944	95.339	3.55699	1.9034	28.1519
3	101.51	94.1897	18.4738	9.88558	28.1518
4	102.076	93.3173	34.3635	18.3884	28.1519
5	102.642	92.6094	46.9583	25.128	28.1518
6	103.208	92.0165	59.152	31.6531	28.1519
7	103.774	91.5115	69.8072	37.3548	28.1519
8	104.341	91.0779	77.7445	41.6022	28.1519
9	104.907	90.7047	82.675	44.2405	28.1518
10	105.473	90.384	84.4666	45.1993	28.1519
11	106.039	90.1102	83.0537	44.4432	28.1519
12	106.605	89.8792	78.4316	41.9699	28.1519
13	107.188	89.6827	81.4037	43.5603	28.1519
14	107.771	89.5257	81.5822	43.6558	28.1519
15	108.353	89.4061	79.1526	42.3557	28.1519
16	108.936	89.3227	74.3733	39.7982	28.1519
17	109.519	89.2744	67.5914	36.1691	28.1519
18	110.102	89.2608	59.2647	31.7134	28.1519
19	110.684	89.2818	49.9925	26.7517	28.1519
20	111.267	89.3375	40.56	21.7042	28.1518
21	111.85	89.4286	31.9653	17.1051	28.1519
22	112.433	89.556	23.865	12.7705	28.1519
23	113.015	89.7213	15.5715	8.33251	28.1518
24	113.598	89.9265	7.72332	4.13286	28.1519
25	114.181	90.1743	1.44462	0.773039	28.1519
26	114.764	90.4684	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
92	88.762
118	89.293

Line Load

X	Y
101.95	95.98
95.7	95.74
94.38	95.76
92	95.6866

External Boundary

X	Y
92	95.6866
92	95.2037
92	89.6827
92	87.1413
92	84
118	84
118	87.5
118	90.5
112.666	90.448
111.85	90.44
103.46	96.03
101.99	96.1
101.95	95.98
95.7	95.74
94.38	95.76

Material Boundary

X	Y
95.7	95.74
95.7	95.2389

95.7	95.2
100.98	95.34
103.418	95.4218
103.418	95.6146
102.849	95.6146
102.849	95.8258
101.971	95.7993
101.95	95.98

Material Boundary

X	Y
92	95.2037
95.7	95.2389

Material Boundary

X	Y
92	89.6827
110.355	89.9297
110.548	89.9323
111.669	89.9473
111.681	89.9795
111.85	90.44

Material Boundary

X	Y
92	87.1413
118	87.5

Material Boundary

X	Y
100.98	95.34
109.8	90.37
110.505	89.9572
110.548	89.9323

Material Boundary

X	Y
111.669	89.9473
112.5	90
112.509	90.0254
112.666	90.448

Material Boundary

X	Y
110.505	89.9572
111.681	89.9795
112.509	90.0254

Material Boundary

X	Y
103.418	95.6146
111.343	90.433
111.85	90.44

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Allargamento rilevato autostradale lato Torino, sisma up

- File Name: new ALL TO circ up
- Slide Modeler Version: 6.02
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Design Standard

- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading









- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335

- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	interfaccia	sottofondo	vecchio rilevato	rilevato	UG1	UG3	vecchio sottofondo	vegetale
Color								
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	19	19	18	21	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0.2	10
Friction Angle [deg]	22	42	40	40	25	35	42	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 0 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

GG forte

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 28 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 38 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.127300
- Center: 110.814, 99.105
- Radius: 10.644
- Left Slip Surface Endpoint: 100.654, 95.930
- Right Slip Surface Endpoint: 117.067, 90.491
- Resisting Moment=4320.23 kN-m
- Driving Moment=3832.36 kN-m
- Total Slice Area=47.3344 m²

Method: spencer

- FS: 1.102320
- Center: 110.039, 99.105
- Radius: 9.844
- Left Slip Surface Endpoint: 100.720, 95.933
- Right Slip Surface Endpoint: 114.764, 90.468
- Resisting Moment=3370.68 kN-m
- Driving Moment=3057.81 kN-m

- Resisting Horizontal Force=287.616 kN
- Driving Horizontal Force=260.919 kN
- Total Slice Area=36.6506 m²

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.1273

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.204829	1.23167	sottofondo	0	35.7661	5.70677	6.43324	8.93105	0	8.93105
2	0.667305	17.2663	vecchio rilevato	0	33.8726	13.3385	15.0365	22.3998	0	22.3998
3	0.667305	33.6502	vecchio rilevato	0	33.8726	20.1128	22.6732	33.776	0	33.776
4	0.667305	46.1151	vecchio rilevato	0	33.8726	22.8491	25.7578	38.3712	0	38.3712
5	0.667305	55.0129	vecchio rilevato	0	33.8726	29.4439	33.1921	49.446	0	49.446
6	0.667305	59.3663	vecchio rilevato	0	33.8726	33.8154	38.1201	56.7872	0	56.7872
7	0.667305	60.4872	vecchio rilevato	0	33.8726	36.3303	40.9551	61.0104	0	61.0104
8	0.667305	60.5848	vecchio rilevato	0	33.8726	38.1359	42.9906	64.0428	0	64.0428
9	0.678603	60.6833	UG1	0	20.4579	24.3691	27.4713	73.6405	0	73.6405
10	0.678603	58.8433	UG1	0	20.4579	24.2258	27.3098	73.2076	0	73.2076
11	0.678603	56.312	UG1	0	20.4579	23.7292	26.7499	71.7067	0	71.7067
12	0.678603	53.1445	UG1	0	20.4579	22.2574	25.0908	69.3675	2.10821	67.2592
13	0.678603	49.3809	UG1	0	20.4579	20.5265	23.1395	65.9323	3.9038	62.0285
14	0.678603	45.0503	UG1	0	20.4579	18.5911	20.9577	61.4238	5.24391	56.1799
15	0.678603	40.1723	UG1	0	20.4579	16.4525	18.5469	55.8618	6.14444	49.7174
16	0.678603	34.7706	UG1	0	20.4579	14.1136	15.9103	49.2646	6.61509	42.6495
17	0.678603	28.865	UG1	0	20.4579	11.5751	13.0486	41.6384	6.66003	34.9784
18	0.678603	23.9607	UG1	0	20.4579	9.56338	10.7808	35.1775	6.27812	28.8993
19	0.678603	22.3664	UG1	0	20.4579	9.27295	10.4534	33.4846	5.46289	28.0217
20	0.678603	20.5835	UG1	0	20.4579	9.03983	10.1906	31.5195	4.20208	27.3174
21	0.678603	18.3469	UG1	0	20.4579	8.73891	9.85137	28.8847	2.47686	26.4078
22	0.678603	15.4987	UG1	0	20.4579	8.29221	9.34781	25.3185	0.260392	25.0581
23	0.678603	11.9927	UG1	0	20.4579	6.7033	7.55663	20.2566	0	20.2566
24	0.678603	7.76605	UG1	0	20.4579	4.50213	5.07525	13.6048	0	13.6048
25	0.678603	2.73172	UG1	0	20.4579	1.65328	1.86374	4.996	0	4.996

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.10232

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.22369	1.34734	sottofondo	0	35.7661	5.4417	5.99849	8.3275	0	8.3275
2	0.566093	13.1183	vecchio rilevato	0	33.8726	9.78055	10.7813	16.0609	0	16.0609
3	0.566093	24.4047	vecchio rilevato	0	33.8726	15.0588	16.5996	24.7282	0	24.7282
4	0.566093	33.6344	vecchio	0	33.8726	15.9876	17.6234	26.2534	0	26.2534

			rilevato							
5	0.566093	40.2086	vecchio rilevato	0	33.8726	21.4352	23.6284	35.1991	0	35.1991
6	0.566093	45.0825	vecchio rilevato	0	33.8726	26.5539	29.2709	43.6045	0	43.6045
7	0.566093	46.4028	vecchio rilevato	0	33.8726	29.9058	32.9658	49.1089	0	49.1089
8	0.566093	46.6892	vecchio rilevato	0	33.8726	32.7096	36.0564	53.713	0	53.713
9	0.566093	46.3685	vecchio rilevato	0	33.8726	35.1559	38.7531	57.7303	0	57.7303
10	0.566093	45.5127	vecchio rilevato	0	33.8726	37.2353	41.0452	61.1446	0	61.1446
11	0.566093	44.1745	vecchio rilevato	0	33.8726	38.9293	42.9126	63.9266	0	63.9266
12	0.582775	43.5497	UG1	0	20.4579	21.142	23.3053	62.4731	0	62.4731
13	0.582775	41.1041	UG1	0	20.4579	21.1002	23.2592	62.3493	0	62.3493
14	0.582775	38.2552	UG1	0	20.4579	20.7674	22.8923	61.3658	0	61.3658
15	0.582775	35.0203	UG1	0	20.4579	20.1177	22.1761	59.446	0	59.446
16	0.582775	31.4113	UG1	0	20.4579	19.117	21.0731	56.4893	0	56.4893
17	0.582775	27.4359	UG1	0	20.4579	17.721	19.5342	52.364	0	52.364
18	0.582775	23.1016	UG1	0	20.4579	15.8735	17.4977	46.9048	0	46.9048
19	0.582775	18.4121	UG1	0	20.4579	13.5002	14.8815	39.8919	0	39.8919
20	0.582775	13.429	UG1	0	20.4579	10.5489	11.6283	31.1711	0	31.1711
21	0.582775	10.2586	UG1	0	20.4579	8.67679	9.5646	25.6391	0	25.6391
22	0.582775	8.56438	UG1	0	20.4579	7.84949	8.65265	23.1945	0	23.1945
23	0.582775	6.61206	UG1	0	20.4579	6.62043	7.29783	19.5627	0	19.5627
24	0.582775	4.29576	UG1	0	20.4579	4.74842	5.23428	14.0312	0	14.0312
25	0.582775	1.51289	UG1	0	20.4579	1.73608	1.91372	5.12997	0	5.12997

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.1273

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	100.654	95.9303	0	0	0
2	100.859	95.3368	2.54066	0	0
3	101.527	93.905	27.5398	0	0
4	102.194	92.8607	52.0712	0	0
5	102.861	92.0304	71.7826	0	0
6	103.528	91.3449	89.7235	0	0
7	104.196	90.7685	103.879	0	0
8	104.863	90.2797	113.517	0	0
9	105.53	89.8647	118.716	0	0
10	106.209	89.5085	132.487	0	0
11	106.888	89.2114	141.743	0	0
12	107.566	88.9684	146.85	0	0
13	108.245	88.7755	148.693	0	0

14	108.923	88.63	147.669	0	0
15	109.602	88.53	144.221	0	0
16	110.281	88.4741	138.873	0	0
17	110.959	88.4618	132.239	0	0
18	111.638	88.4927	125.033	0	0
19	112.316	88.5673	117.526	0	0
20	112.995	88.6866	108.741	0	0
21	113.674	88.8521	98.772	0	0
22	114.352	89.0661	87.8933	0	0
23	115.031	89.3317	76.5816	0	0
24	115.709	89.6534	66.3226	0	0
25	116.388	90.037	58.5697	0	0
26	117.067	90.4909	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.10232

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	100.72	95.9328	0	0	0
2	100.944	95.339	3.47629	1.89274	28.567
3	101.51	94.1897	17.8463	9.71681	28.5671
4	102.076	93.3173	32.9724	17.9525	28.567
5	102.642	92.6094	44.7662	24.3739	28.567
6	103.208	92.0165	56.204	30.6015	28.5671
7	103.774	91.5115	66.2193	36.0545	28.567
8	104.341	91.0779	73.701	40.1281	28.567
9	104.907	90.7047	78.3722	42.6715	28.5671
10	105.473	90.384	80.1028	43.6137	28.567
11	106.039	90.1102	78.8245	42.9177	28.567
12	106.605	89.8792	74.526	40.5773	28.567
13	107.188	89.6827	77.4027	42.1436	28.5671
14	107.771	89.5257	77.6589	42.2831	28.5671
15	108.353	89.4061	75.463	41.0875	28.5671
16	108.936	89.3227	71.0525	38.6861	28.5671
17	109.519	89.2744	64.7481	35.2535	28.567
18	110.102	89.2608	56.9757	31.0217	28.5671
19	110.684	89.2818	48.295	26.2953	28.5671
20	111.267	89.3375	39.4431	21.4756	28.567
21	111.85	89.4286	31.3599	17.0746	28.5671
22	112.433	89.556	23.7261	12.9182	28.5671
23	113.015	89.7213	15.8944	8.65404	28.567
24	113.598	89.9265	8.4675	4.61031	28.567
25	114.181	90.1743	2.51242	1.36794	28.567
26	114.764	90.4684	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
92	88.762
118	89.293

Line Load

X	Y
101.95	95.98
95.7	95.74
94.38	95.76
92	95.6866

External Boundary

X	Y
92	95.6866
92	95.2037
92	89.6827
92	87.1413
92	84
118	84
118	87.5
118	90.5
112.666	90.448
111.85	90.44
103.46	96.03
101.99	96.1
101.95	95.98
95.7	95.74
94.38	95.76

Material Boundary

X	Y
95.7	95.74
95.7	95.2389

95.7	95.2
100.98	95.34
103.418	95.4218
103.418	95.6146
102.849	95.6146
102.849	95.8258
101.971	95.7993
101.95	95.98

Material Boundary

X	Y
92	95.2037
95.7	95.2389

Material Boundary

X	Y
92	89.6827
110.355	89.9297
110.548	89.9323
111.669	89.9473
111.681	89.9795
111.85	90.44

Material Boundary

X	Y
92	87.1413
118	87.5

Material Boundary

X	Y
100.98	95.34
109.8	90.37
110.505	89.9572
110.548	89.9323

Material Boundary

X	Y
111.669	89.9473
112.5	90
112.509	90.0254
112.666	90.448

Material Boundary

X	Y
110.505	89.9572
111.681	89.9795
112.509	90.0254

Material Boundary

X	Y
103.418	95.6146
111.343	90.433
111.85	90.44

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Allargamento rilevato autostradale lato Torino

Scorrimento non circolare sisma up

-
- File Name: new ALL TO non circ up approfondita
 - Slide Modeler Version: 6.02
 - Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

-
- Units of Measurement: Metric Units
 - Time Units: seconds
 - Permeability Units: meters/second
 - Failure Direction: Left to Right
 - Data Output: Standard
 - Maximum Material Properties: 20
 - Maximum Support Properties: 20

Design Standard

-
- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1

Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Non-Circular Block Search
- Number of Surfaces: 5000
- Pseudo-Random Surfaces: Enabled
- Convex Surfaces Only: Disabled
- Left Projection Angle (Start Angle): 105
- Left Projection Angle (End Angle): 165
- Right Projection Angle (Start Angle): 15
- Right Projection Angle (End Angle): 60
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined








Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	sottofondo	vecchio rilevato	rilevato	UG1	UG3	vecchio sottofondo	vegetale
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	19	18	21	20	18
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0.2	10
Friction Angle [deg]	42	40	40	25	35	42	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent

- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.4 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

GG forte

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 28 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 38 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.105860
- Axis Location: 112.603, 107.085
- Left Slip Surface Endpoint: 100.203, 95.913
- Right Slip Surface Endpoint: 114.101, 90.462
- Resisting Moment=5121.97 kN-m
- Driving Moment=4631.65 kN-m
- Total Slice Area=28.9255 m²

Method: spencer

- FS: 1.188490
- Axis Location: 112.603, 107.085
- Left Slip Surface Endpoint: 100.203, 95.913
- Right Slip Surface Endpoint: 114.101, 90.462

- Resisting Moment=5107.4 kN-m
- Driving Moment=4297.37 kN-m
- Resisting Horizontal Force=254.647 kN
- Driving Horizontal Force=214.26 kN
- Total Slice Area=28.9255 m²

Global Minimum Coordinates

Method: bishop simplified

X	Y
100.203	95.9129
106.777	89.8582
110.384	89.9058
111.52	89.9239
112.35	89.9733
112.399	89.9749
114.101	90.462

Method: spencer

X	Y
100.203	95.9129
106.777	89.8582
110.384	89.9058
111.52	89.9239
112.35	89.9733
112.399	89.9749
114.101	90.462

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.10586

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.626391	3.7644	sottofondo	0	35.7661	12.3017	13.604	18.886	0	18.886
2	0.658074	11.8584	vecchio rilevato	0	33.8726	16.905	18.6946	27.8492	0	27.8492
3	0.658074	20.0433	vecchio rilevato	0	33.8726	18.5725	20.5386	30.5962	0	30.5962
4	0.658074	28.3159	vecchio	0	33.8726	16.1928	17.907	26.6759	0	26.6759

			rilevato								
5	0.658074	35.255	vecchio rilevato	0	33.8726	20.1611	22.2953	33.2131	0	33.2131	
6	0.658074	39.7324	vecchio rilevato	0	33.8726	22.7215	25.1268	37.4312	0	37.4312	
7	0.658074	41.8339	vecchio rilevato	0	33.8726	23.9233	26.4558	39.411	0	39.411	
8	0.658074	43.9353	vecchio rilevato	0	33.8726	25.125	27.7847	41.3907	0	41.3907	
9	0.658074	46.0368	vecchio rilevato	0	33.8726	26.3268	29.1137	43.3705	0	43.3705	
10	0.658074	48.1382	vecchio rilevato	0	33.8726	27.5285	30.4427	45.3502	0	45.3502	
11	0.0249928	1.86935	UG1	0	20.4579	18.6063	20.576	55.1568	0	55.1568	
12	0.601167	42.6636	UG1	0	20.4579	23.2415	25.7019	68.8973	0	68.8973	
13	0.601167	38.0023	UG1	0	20.4579	20.7023	22.8938	61.3698	0	61.3698	
14	0.601167	33.341	UG1	0	20.4579	18.163	20.0857	53.8424	0	53.8424	
15	0.601167	28.6798	UG1	0	20.4579	15.6237	17.2776	46.3149	0	46.3149	
16	0.601167	24.0185	UG1	0	20.4579	13.0844	14.4695	38.7873	0	38.7873	
17	0.601167	19.3572	UG1	0	20.4579	10.5451	11.6614	31.26	0	31.26	
18	0.174006	4.73241	UG1	0	20.4579	3.17512	3.51124	9.41233	0	9.41233	
19	0.480783	11.0487	rilevato	0	33.8726	13.6141	15.0553	22.4279	0	22.4279	
20	0.480783	8.06578	rilevato	0	33.8726	9.9386	10.9907	16.3728	0	16.3728	
21	0.829645	8.4218	rilevato	0	33.8726	6.1788	6.83289	10.1789	0	10.1789	
22	0.049469	0.442712	rilevato	0	33.8726	5.35673	5.92379	8.82462	0	8.82462	
23	0.102495	0.888567	rilevato	0	33.8726	7.30123	8.07414	12.028	0	12.028	
24	0.799863	4.81034	UG1	0	20.4579	2.17019	2.39993	6.43332	0	6.43332	
25	0.799863	1.59136	UG1	0	20.4579	0.717945	0.793947	2.12828	0	2.12828	

●Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.18849

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.626391	3.7644	sottofondo	0	35.7661	11.1052	13.1984	18.3229	0	18.3229
2	0.658074	11.8584	vecchio rilevato	0	33.8726	13.8428	16.452	24.5084	0	24.5084
3	0.658074	20.0433	vecchio rilevato	0	33.8726	15.1496	18.0052	26.8221	0	26.8221
4	0.658074	28.3159	vecchio rilevato	0	33.8726	13.118	15.5906	23.2252	0	23.2252
5	0.658074	35.255	vecchio rilevato	0	33.8726	16.3327	19.4112	28.9168	0	28.9168
6	0.658074	39.7324	vecchio rilevato	0	33.8726	18.407	21.8765	32.5891	0	32.5891
7	0.658074	41.8339	vecchio rilevato	0	33.8726	19.3805	23.0335	34.3128	0	34.3128
8	0.658074	43.9353	vecchio rilevato	0	33.8726	20.3541	24.1906	36.0365	0	36.0365
9	0.658074	46.0368	vecchio rilevato	0	33.8726	21.3276	25.3476	37.7602	0	37.7602
10	0.658074	48.1382	vecchio rilevato	0	33.8726	22.3012	26.5047	39.4837	0	39.4837
11	0.0249928	1.86935	UG1	0	20.4579	13.3307	15.8434	42.4703	0	42.4703
12	0.601167	42.6636	UG1	0	20.4579	25.4712	30.2723	81.1489	0	81.1489
13	0.601167	38.0023	UG1	0	20.4579	22.6883	26.9648	72.2827	0	72.2827
14	0.601167	33.341	UG1	0	20.4579	19.9054	23.6574	63.4168	0	63.4168

15	0.601167	28.6798	UG1	0	20.4579	17.1225	20.3499	54.5508	0	54.5508
16	0.601167	24.0185	UG1	0	20.4579	14.3396	17.0425	45.6848	0	45.6848
17	0.601167	19.3572	UG1	0	20.4579	11.5568	13.7351	36.8187	0	36.8187
18	0.174006	4.73241	UG1	0	20.4579	8.91594	10.5965	28.4053	0	28.4053
19	0.480783	11.0487	rilevato	0	33.8726	18.0081	21.4024	31.8831	0	31.8831
20	0.480783	8.06578	rilevato	0	33.8726	13.1463	15.6243	23.2753	0	23.2753
21	0.829645	8.4218	rilevato	0	33.8726	8.55026	10.1619	15.1382	0	15.1382
22	0.049469	0.442712	rilevato	0	33.8726	7.2067	8.56509	12.7593	0	12.7593
23	0.102495	0.888567	rilevato	0	33.8726	14.8843	17.6899	26.3526	0	26.3526
24	0.799863	4.81034	UG1	0	20.4579	3.01394	3.58204	9.60214	0	9.60214
25	0.799863	1.59136	UG1	0	20.4579	0.743901	0.884119	2.37	0	2.37

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.10586

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	100.203	95.9129	0	0	0
2	100.83	95.336	1.40662	0	0
3	101.488	94.7299	8.61463	0	0
4	102.146	94.1238	16.7433	0	0
5	102.804	93.5177	24.1544	0	0
6	103.462	92.9116	33.3817	0	0
7	104.12	92.3055	43.7808	0	0
8	104.778	91.6995	54.73	0	0
9	105.436	91.0934	66.2292	0	0
10	106.094	90.4873	78.2784	0	0
11	106.752	89.8812	90.8776	0	0
12	106.777	89.8582	91.8076	0	0
13	107.379	89.8661	80.1497	0	0
14	107.98	89.874	69.7655	0	0
15	108.581	89.882	60.6551	0	0
16	109.182	89.8899	52.8183	0	0
17	109.783	89.8978	46.2552	0	0
18	110.384	89.9058	40.9658	0	0
19	110.558	89.9086	36.1131	0	0
20	111.039	89.9162	30.1372	0	0
21	111.52	89.9239	25.7746	0	0
22	112.35	89.9733	20.7107	0	0
23	112.399	89.9749	20.4612	0	0
24	112.502	90.0042	19.2473	0	0
25	113.301	90.2331	16.3617	0	0
26	114.101	90.462	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.18849

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	100.203	95.9129	0	0	0
2	100.83	95.336	1.80738	1.01076	29.2157
3	101.488	94.7299	8.97426	5.01878	29.2157
4	102.146	94.1238	17.0335	9.52585	29.2158
5	102.804	93.5177	24.3468	13.6157	29.2157
6	103.462	92.9116	33.4522	18.7079	29.2158
7	104.12	92.3055	43.7141	24.4467	29.2157
8	104.778	91.6995	54.5187	30.4891	29.2157
9	105.436	91.0934	65.866	36.835	29.2157
10	106.094	90.4873	77.7561	43.4844	29.2157
11	106.752	89.8812	90.189	50.4374	29.2157
12	106.777	89.8582	90.9576	50.8672	29.2157
13	107.379	89.8661	77.81	43.5145	29.2157
14	107.98	89.874	66.0988	36.9652	29.2157
15	108.581	89.882	55.8242	31.2192	29.2157
16	109.182	89.8899	46.986	26.2765	29.2157
17	109.783	89.8978	39.5842	22.1371	29.2157
18	110.384	89.9058	33.6189	18.8011	29.2158
19	110.558	89.9086	27.7094	15.4963	29.2158
20	111.039	89.9162	19.5192	10.916	29.2159
21	111.52	89.9239	13.5402	7.57225	29.2158
22	112.35	89.9733	6.23992	3.48962	29.2157
23	112.399	89.9749	5.89128	3.29465	29.2157
24	112.502	90.0042	3.47503	1.94338	29.2157
25	113.301	90.2331	-0.818802	-0.457907	29.2157
26	114.101	90.462	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
92	88.762
118	89.293

Line Load

X	Y
101.95	95.98
95.7	95.74
94.38	95.76
92	95.6866

Block Search Polyline

X	Y
97.146	89.731
110.384	89.9058
111.52	89.9239
112.35	89.9733
112.834	89.9891

External Boundary

X	Y
92	95.6866
92	95.2037
92	89.6827
92	87.1413
92	84
118	84
118	87.5
118	90.5
112.666	90.448
111.85	90.44
103.46	96.03
101.99	96.1
101.95	95.98
95.7	95.74
94.38	95.76

Material Boundary

X	Y
95.7	95.74
95.7	95.2389
95.7	95.2
100.98	95.34
103.418	95.4218

103.418	95.6146
102.849	95.6146
102.849	95.8258
101.971	95.7993
101.95	95.98

Material Boundary

X	Y
92	95.2037
95.7	95.2389

Material Boundary

X	Y
92	89.6827
110.355	89.9297
110.548	89.9323
111.669	89.9473
111.681	89.9795
111.85	90.44

Material Boundary

X	Y
92	87.1413
118	87.5

Material Boundary

X	Y
100.98	95.34
109.8	90.37
110.505	89.9572
110.548	89.9323

Material Boundary

X	Y
111.669	89.9473

112.5	90
112.509	90.0254
112.666	90.448

Material Boundary

X	Y
110.505	89.9572
111.681	89.9795
112.509	90.0254

Material Boundary

X	Y
103.418	95.6146
111.343	90.433
111.85	90.44

Material Boundary

X	Y
110.548	89.9323
110.76	89.45
112.217	89.45
112.5	90

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Innesto rotatoria

su strada statale SS25, sisma down

-
- File Name: new rotatoria circ down
 - Slide Modeler Version: 6.02
 - Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

-
- Units of Measurement: Metric Units
 - Time Units: seconds
 - Permeability Units: meters/second
 - Failure Direction: Right to Left
 - Data Output: Standard
 - Maximum Material Properties: 20
 - Maximum Support Properties: 20

Design Standard

-
- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1

Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined







Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0335
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	sottofondo	rilevato	UG1	UG3	vegetale	ug2
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19	18	21	18	19
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	10	0
Friction Angle [deg]	42	40	25	35	30	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.4 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 2.927800
- Center: -6.422, 414.947
- Radius: 10.813
- Left Slip Surface Endpoint: -12.298, 405.869
- Right Slip Surface Endpoint: 0.000, 406.247
- Resisting Moment=2365.38 kN-m
- Driving Moment=807.904 kN-m
- Total Slice Area=17.186 m²

Method: spencer

- FS: 2.925020
- Center: -6.422, 414.947
- Radius: 10.813
- Left Slip Surface Endpoint: -12.298, 405.869
- Right Slip Surface Endpoint: 0.000, 406.247
- Resisting Moment=2363.14 kN-m
- Driving Moment=807.904 kN-m
- Resisting Horizontal Force=207.889 kN
- Driving Horizontal Force=71.0727 kN
- Total Slice Area=17.186 m²

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.9278

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.497889	1.42745	UG1	0	20.4579	0.40929	1.19832	3.21226	0	3.21226
2	0.497889	4.12472	UG1	0	20.4579	1.17127	3.42923	9.19249	0	9.19249
3	0.497889	6.67396	UG1	0	20.4579	1.8785	5.49986	14.7431	0	14.7431
4	0.497889	10.7506	UG1	0	20.4579	3.00141	8.78753	23.5562	0	23.5562
5	0.497889	13.402	UG1	0	20.4579	3.71337	10.872	29.1438	0	29.1438

6	0.497889	14.9395	UG1	0	20.4579	4.10988	12.0329	32.2558	0	32.2558
7	0.497889	15.5663	UG1	0	20.4579	4.25333	12.4529	33.3815	0	33.3815
8	0.497889	16.6648	UG1	0	20.4579	4.52394	13.2452	35.5054	0	35.5054
9	0.497889	17.5448	UG1	0	20.4579	4.73297	13.8572	37.1461	0	37.1461
10	0.497889	18.2117	UG1	0	20.4579	4.88295	14.2963	38.323	0	38.323
11	0.497889	18.6693	UG1	0	20.4579	4.97575	14.568	39.0515	0	39.0515
12	0.497889	18.9201	UG1	0	20.4579	5.01291	14.6768	39.3432	0	39.3432
13	0.497889	18.9651	UG1	0	20.4579	8.29479	24.2855	65.1003	0	65.1003
14	0.497889	18.8041	UG1	0	20.4579	8.20425	24.0204	64.3898	0	64.3898
15	0.497889	18.4354	UG1	0	20.4579	8.06018	23.5986	63.2591	0	63.2591
16	0.497889	17.8226	UG1	0	20.4579	7.85382	22.9944	61.6397	0	61.6397
17	0.497889	16.956	UG1	0	20.4579	7.58348	22.2029	59.5177	0	59.5177
18	0.497889	15.8681	UG1	0	20.4579	7.25842	21.2512	56.9666	0	56.9666
19	0.497889	14.5511	UG1	0	20.4579	6.87745	20.1358	53.9769	0	53.9769
20	0.497889	12.9949	UG1	0	20.4579	6.439	18.8521	50.5355	0	50.5355
21	0.497889	11.1867	UG1	0	20.4579	5.94091	17.3938	46.6265	0	46.6265
22	0.497889	9.11068	UG1	0	20.4579	5.38056	15.7532	42.2284	0	42.2284
23	0.207982	3.12007	rilevato	0	33.8726	7.13666	20.8947	31.1267	0	31.1267
24	0.568001	6.19801	sottofondo	0	35.7661	7.03658	20.6017	28.6007	0	28.6007
25	0.568001	2.22595	sottofondo	0	35.7661	6.3215	18.5081	25.6941	0	25.6941

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.92502

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.497889	1.42745	UG1	0	20.4579	0.429002	1.25484	3.36377	0	3.36377
2	0.497889	4.12472	UG1	0	20.4579	1.22114	3.57186	9.57484	0	9.57484
3	0.497889	6.67396	UG1	0	20.4579	1.94912	5.70122	15.2829	0	15.2829
4	0.497889	10.7506	UG1	0	20.4579	3.10069	9.06958	24.3121	0	24.3121
5	0.497889	13.402	UG1	0	20.4579	3.82079	11.1759	29.9585	0	29.9585
6	0.497889	14.9395	UG1	0	20.4579	4.21293	12.3229	33.0332	0	33.0332
7	0.497889	15.5663	UG1	0	20.4579	4.34462	12.7081	34.0657	0	34.0657
8	0.497889	16.6648	UG1	0	20.4579	4.60558	13.4714	36.112	0	36.112
9	0.497889	17.5448	UG1	0	20.4579	4.80298	14.0488	37.6599	0	37.6599
10	0.497889	18.2117	UG1	0	20.4579	4.9399	14.4493	38.7333	0	38.7333
11	0.497889	18.6693	UG1	0	20.4579	5.01873	14.6799	39.3514	0	39.3514
12	0.497889	18.9201	UG1	0	20.4579	5.04144	14.7463	39.5293	0	39.5293
13	0.497889	18.9651	UG1	0	20.4579	8.33454	24.3787	65.3504	0	65.3504
14	0.497889	18.8041	UG1	0	20.4579	8.22018	24.0442	64.4537	0	64.4537
15	0.497889	18.4354	UG1	0	20.4579	8.05311	23.5555	63.1437	0	63.1437
16	0.497889	17.8226	UG1	0	20.4579	7.82217	22.88	61.3327	0	61.3327
17	0.497889	16.956	UG1	0	20.4579	7.53147	22.0297	59.0535	0	59.0535
18	0.497889	15.8681	UG1	0	20.4579	7.18805	21.0252	56.361	0	56.361
19	0.497889	14.5511	UG1	0	20.4579	6.79106	19.864	53.248	0	53.248
20	0.497889	12.9949	UG1	0	20.4579	6.33924	18.5424	49.7054	0	49.7054
21	0.497889	11.1867	UG1	0	20.4579	5.83104	17.0559	45.7205	0	45.7205
22	0.497889	9.11068	UG1	0	20.4579	5.26437	15.3984	41.2775	0	41.2775
23	0.207982	3.12007	rilevato	0	33.8726	7.32005	21.4113	31.8962	0	31.8962
24	0.568001	6.19801	sottofondo	0	35.7661	7.12881	20.8519	28.948	0	28.948
25	0.568001	2.22595	sottofondo	0	35.7661	5.97022	17.463	24.2433	0	24.2433

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.9278

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-12.2975	405.869	0	0	0
2	-11.7996	405.566	1.08295	0	0
3	-11.3018	405.297	3.85601	0	0
4	-10.8039	405.061	7.82324	0	0
5	-10.306	404.855	13.4485	0	0
6	-9.80809	404.678	19.5785	0	0
7	-9.3102	404.527	25.4918	0	0
8	-8.81231	404.401	30.7486	0	0
9	-8.31443	404.301	35.4546	0	0
10	-7.81654	404.224	39.4779	0	0
11	-7.31865	404.171	42.7197	0	0
12	-6.82076	404.141	45.1106	0	0
13	-6.32287	404.134	46.6076	0	0
14	-5.82498	404.15	48.6424	0	0
15	-5.32709	404.189	49.1707	0	0
16	-4.8292	404.252	48.2226	0	0
17	-4.33132	404.338	45.671	0	0
18	-3.83343	404.448	41.7728	0	0
19	-3.33554	404.583	36.6396	0	0
20	-2.83765	404.745	30.4032	0	0
21	-2.33976	404.934	23.2281	0	0
22	-1.84187	405.151	15.3168	0	0
23	-1.34398	405.4	6.91936	0	0
24	-1.136	405.514	9.95782	0	0
25	-0.568001	405.855	13.8386	0	0
26	0	406.247	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.92502

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-12.2975	405.869	0	0	0
2	-11.7996	405.566	1.13908	0.0693902	3.48602
3	-11.3018	405.297	4.0405	0.246139	3.48603
4	-10.8039	405.061	8.17178	0.497809	3.48604
5	-10.306	404.855	14.0046	0.85313	3.48603
6	-9.80809	404.678	20.3357	1.23881	3.48604
7	-9.3102	404.527	26.421	1.60951	3.48603
8	-8.81231	404.401	31.8124	1.93795	3.48604
9	-8.31443	404.301	36.6236	2.23103	3.48603
10	-7.81654	404.224	40.7247	2.48087	3.48604

11	-7.31865	404.171	44.0204	2.68164	3.48604
12	-6.82076	404.141	46.4456	2.82937	3.48603
13	-6.32287	404.134	47.962	2.92175	3.48604
14	-5.82498	404.15	50.019	3.04706	3.48604
15	-5.32709	404.189	50.5591	3.07996	3.48604
16	-4.8292	404.252	49.6209	3.02281	3.48604
17	-4.33132	404.338	47.0861	2.86839	3.48604
18	-3.83343	404.448	43.2191	2.63282	3.48603
19	-3.33554	404.583	38.1385	2.32332	3.48603
20	-2.83765	404.745	31.9821	1.94829	3.48604
21	-2.33976	404.934	24.919	1.51802	3.48605
22	-1.84187	405.151	17.1548	1.04504	3.48605
23	-1.34398	405.4	8.94015	0.544616	3.48604
24	-1.136	405.514	11.9317	0.726855	3.48603
25	-0.568001	405.855	15.7525	0.959609	3.48603
26	0	406.247	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-20	403.2
10	403.2

Line Load

X	Y
10	406.21
6.386	406.286
4.048	406.247
-0.618	406.247
-1.13	406.21
-4.81	406.2
-9.41281	406.12

External Boundary

X	Y
-20	394

10	394
10	402.84
10	403.2
10	404.2
10	404.259
10	404.5
10	404.556
10	405.4
10	405.514
10	406.21
6.386	406.286
4.048	406.247
-0.618	406.247
-1.13	406.21
-4.81	406.2
-9.43	406.12
-9.61	406.27
-10.6	406.16
-10.99	405.9
-11.1073	405.9
-11.28	405.9
-13.27	405.84
-14.84	405.8
-20	405.69
-20	404
-20	402.7

Material Boundary

X	Y
-20	402.7
10	402.84

Material Boundary

X	Y
-20	404
10	404.259

Material Boundary

X	Y
---	---

-11.1073	405.9
-10.99	405.4
10	405.4

Material Boundary

X	Y
-10.744	405.514
-9.43	406.12

Material Boundary

X	Y
-10.99	405.4
-10.744	405.514
10	405.514

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Innesto rotatoria

su strada statale SS25, sisma up

-
- File Name: new rotatoria circ up
 - Slide Modeler Version: 6.02
 - Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

-
- Units of Measurement: Metric Units
 - Time Units: seconds
 - Permeability Units: meters/second
 - Failure Direction: Right to Left
 - Data Output: Standard
 - Maximum Material Properties: 20
 - Maximum Support Properties: 20

Design Standard

-
- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1

Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Spencer

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $m\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined







Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	sottofondo	rilevato	UG1	UG3	vegetale	ug2
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	19	18	21	18	19
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	10	0
Friction Angle [deg]	42	40	25	35	30	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.4 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 2.805240
- Center: -6.684, 415.654
- Radius: 11.540
- Left Slip Surface Endpoint: -12.778, 405.855
- Right Slip Surface Endpoint: 0.000, 406.247
- Resisting Moment=2490.07 kN-m
- Driving Moment=887.647 kN-m
- Total Slice Area=17.8912 m²

Method: spencer

- FS: 2.802850
- Center: -6.684, 415.654
- Radius: 11.540
- Left Slip Surface Endpoint: -12.778, 405.855
- Right Slip Surface Endpoint: 0.000, 406.247
- Resisting Moment=2487.95 kN-m
- Driving Moment=887.647 kN-m
- Resisting Horizontal Force=205.544 kN
- Driving Horizontal Force=73.3338 kN
- Total Slice Area=17.8912 m²

Slice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.80524

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.549222	1.66816	UG1	0	20.4579	0.423222	1.18724	3.18255	0	3.18255
2	0.549222	4.81257	UG1	0	20.4579	1.20867	3.39061	9.089	0	9.089
3	0.549222	7.58229	UG1	0	20.4579	1.88678	5.29288	14.1883	0	14.1883
4	0.549222	10.9436	UG1	0	20.4579	2.70009	7.5744	20.3042	0	20.3042
5	0.549222	15.0247	UG1	0	20.4579	3.67758	10.3165	27.6548	0	27.6548

6	0.549222	17.4165	UG1	0	20.4579	4.23108	11.8692	31.8169	0	31.8169
7	0.549222	17.8205	UG1	0	20.4579	4.29831	12.0578	32.3225	0	32.3225
8	0.549222	18.9856	UG1	0	20.4579	4.54792	12.758	34.1996	0	34.1996
9	0.549222	19.9	UG1	0	20.4579	4.73525	13.2835	35.6082	0	35.6082
10	0.549222	20.5494	UG1	0	20.4579	4.85809	13.6281	36.5318	0	36.5318
11	0.549222	20.9378	UG1	0	20.4579	4.91833	13.7971	36.9851	0	36.9851
12	0.304666	11.6953	UG1	0	20.4579	4.92813	13.8246	37.0588	0	37.0588
13	0.504124	19.3106	UG1	0	20.4579	8.33241	23.3744	62.658	0	62.658
14	0.504124	19.0979	UG1	0	20.4579	8.23067	23.089	61.8932	0	61.8932
15	0.504124	18.6829	UG1	0	20.4579	8.07888	22.6632	60.7518	0	60.7518
16	0.504124	18.0397	UG1	0	20.4579	7.8712	22.0806	59.19	0	59.19
17	0.504124	17.1371	UG1	0	20.4579	7.60067	21.3217	57.1555	0	57.1555
18	0.504124	16.0174	UG1	0	20.4579	7.27856	20.4181	54.7336	0	54.7336
19	0.504124	14.675	UG1	0	20.4579	6.90433	19.3683	51.9194	0	51.9194
20	0.504124	13.1005	UG1	0	20.4579	6.47659	18.1684	48.7027	0	48.7027
21	0.504124	11.2825	UG1	0	20.4579	5.99353	16.8133	45.0703	0	45.0703
22	0.504124	9.20675	UG1	0	20.4579	5.45294	15.2968	41.0053	0	41.0053
23	0.214427	3.21625	rilevato	0	33.8726	7.29909	20.4757	30.5025	0	30.5025
24	0.587994	6.38961	sottofondo	0	35.7661	7.2201	20.2541	28.1181	0	28.1181
25	0.587994	2.30056	sottofondo	0	35.7661	6.53249	18.3252	25.4403	0	25.4403

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.80285

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.549222	1.66816	UG1	0	20.4579	0.44403	1.24455	3.33619	0	3.33619
2	0.549222	4.81257	UG1	0	20.4579	1.26093	3.53419	9.47388	0	9.47388
3	0.549222	7.58229	UG1	0	20.4579	1.95835	5.48896	14.7139	0	14.7139
4	0.549222	10.9436	UG1	0	20.4579	2.7895	7.81856	20.9588	0	20.9588
5	0.549222	15.0247	UG1	0	20.4579	3.78308	10.6034	28.424	0	28.424
6	0.549222	17.4165	UG1	0	20.4579	4.33505	12.1505	32.571	0	32.571
7	0.549222	17.8205	UG1	0	20.4579	4.38736	12.2971	32.9639	0	32.9639
8	0.549222	18.9856	UG1	0	20.4579	4.62547	12.9645	34.7531	0	34.7531
9	0.549222	19.9	UG1	0	20.4579	4.79944	13.4521	36.0603	0	36.0603
10	0.549222	20.5494	UG1	0	20.4579	4.90758	13.7552	36.8727	0	36.8727
11	0.549222	20.9378	UG1	0	20.4579	4.95239	13.8808	37.2093	0	37.2093
12	0.304666	11.6953	UG1	0	20.4579	4.95	13.8741	37.1914	0	37.1914
13	0.504124	19.3106	UG1	0	20.4579	8.36934	23.458	62.8823	0	62.8823
14	0.504124	19.0979	UG1	0	20.4579	8.24361	23.1056	61.9377	0	61.9377
15	0.504124	18.6829	UG1	0	20.4579	8.06872	22.6154	60.6237	0	60.6237
16	0.504124	18.0397	UG1	0	20.4579	7.8367	21.9651	58.8802	0	58.8802
17	0.504124	17.1371	UG1	0	20.4579	7.54525	21.1482	56.6907	0	56.6907
18	0.504124	16.0174	UG1	0	20.4579	7.20488	20.1942	54.1334	0	54.1334
19	0.504124	14.675	UG1	0	20.4579	6.81467	19.1005	51.2014	0	51.2014
20	0.504124	13.1005	UG1	0	20.4579	6.37362	17.8643	47.8877	0	47.8877
21	0.504124	11.2825	UG1	0	20.4579	5.88044	16.482	44.1823	0	44.1823
22	0.504124	9.20675	UG1	0	20.4579	5.33346	14.9489	40.0727	0	40.0727
23	0.214427	3.21625	rilevato	0	33.8726	7.50436	21.0336	31.3336	0	31.3336
24	0.587994	6.38961	sottofondo	0	35.7661	7.32736	20.5375	28.5116	0	28.5116
25	0.587994	2.30056	sottofondo	0	35.7661	6.16983	17.2931	24.0074	0	24.0074

Interslice Data

•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.80524

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-12.7778	405.855	0	0	0
2	-12.2285	405.534	1.14173	0	0
3	-11.6793	405.252	4.04621	0	0
4	-11.1301	405.005	8.06846	0	0
5	-10.5809	404.792	13.142	0	0
6	-10.0317	404.611	19.1764	0	0
7	-9.48243	404.459	25.1605	0	0
8	-8.93321	404.336	30.305	0	0
9	-8.38399	404.24	34.7915	0	0
10	-7.83477	404.172	38.4913	0	0
11	-7.28554	404.13	41.3081	0	0
12	-6.73632	404.115	43.1797	0	0
13	-6.43166	404.117	43.7981	0	0
14	-5.92753	404.139	45.5452	0	0
15	-5.42341	404.183	45.8995	0	0
16	-4.91928	404.25	44.8927	0	0
17	-4.41516	404.34	42.4273	0	0
18	-3.91104	404.452	38.6905	0	0
19	-3.40691	404.589	33.8212	0	0
20	-2.90279	404.751	27.9407	0	0
21	-2.39866	404.939	21.1985	0	0
22	-1.89454	405.155	13.7768	0	0
23	-1.39041	405.4	5.8981	0	0
24	-1.17599	405.514	9.09059	0	0
25	-0.587994	405.856	13.3743	0	0
26	0	406.247	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.80285

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-12.7778	405.855	0	0	0
2	-12.2285	405.534	1.20284	0.0776373	3.69303
3	-11.6793	405.252	4.24568	0.274038	3.69304
4	-11.1301	405.005	8.4384	0.544658	3.69304
5	-10.5809	404.792	13.7029	0.884455	3.69304
6	-10.0317	404.611	19.9383	1.28692	3.69304
7	-9.48243	404.459	26.0977	1.68448	3.69304
8	-8.93321	404.336	31.374	2.02504	3.69304
9	-8.38399	404.24	35.9599	2.32104	3.69305
10	-7.83477	404.172	39.7301	2.56439	3.69305

11	-7.28554	404.13	42.5927	2.74915	3.69304
12	-6.73632	404.115	44.4908	2.87167	3.69305
13	-6.43166	404.117	45.118	2.91215	3.69304
14	-5.92753	404.139	46.8855	3.02623	3.69304
15	-5.42341	404.183	47.2511	3.04983	3.69304
16	-4.91928	404.25	46.2543	2.98549	3.69304
17	-4.41516	404.34	43.8056	2.82744	3.69304
18	-3.91104	404.452	40.0995	2.58823	3.69304
19	-3.40691	404.589	35.2811	2.27723	3.69305
20	-2.90279	404.751	29.4773	1.90262	3.69305
21	-2.39866	404.939	22.8417	1.47432	3.69304
22	-1.89454	405.155	15.5594	1.00428	3.69303
23	-1.39041	405.4	7.85328	0.506891	3.69304
24	-1.17599	405.514	10.9979	0.709865	3.69306
25	-0.587994	405.856	15.2169	0.98218	3.69305
26	0	406.247	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-20	403.2
10	403.2

Line Load

X	Y
10	406.21
6.386	406.286
4.048	406.247
-0.618	406.247
-1.13	406.21
-4.81	406.2
-9.41281	406.12

External Boundary

X	Y
-20	394

10	394
10	402.84
10	403.2
10	404.2
10	404.259
10	404.5
10	404.556
10	405.4
10	405.514
10	406.21
6.386	406.286
4.048	406.247
-0.618	406.247
-1.13	406.21
-4.81	406.2
-9.43	406.12
-9.61	406.27
-10.6	406.16
-10.99	405.9
-11.1073	405.9
-11.28	405.9
-13.27	405.84
-14.84	405.8
-20	405.69
-20	404
-20	402.7

Material Boundary

X	Y
-20	402.7
10	402.84

Material Boundary

X	Y
-20	404
10	404.259

Material Boundary

X	Y
---	---

-11.1073	405.9
-10.99	405.4
10	405.4

Material Boundary

X	Y
-10.744	405.514
-9.43	406.12

Material Boundary

X	Y
-10.99	405.4
-10.744	405.514
10	405.514

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

Innesto rotatoria

su strada statale SS25, scorrimento non circolare, sisma up

-
- File Name: new rotatoria NON circ up
 - Slide Modeler Version: 6.02
 - Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

General Settings

-
- Units of Measurement: Metric Units
 - Time Units: seconds
 - Permeability Units: meters/second
 - Failure Direction: Right to Left
 - Data Output: Standard
 - Maximum Material Properties: 20
 - Maximum Support Properties: 20

Design Standard

-
- Selected Type: Eurocode 7 - Design Approach 1, Combination 2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1

Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
 - Spencer
-
- Number of slices: 25
 - Tolerance: 0.005
 - Maximum number of iterations: 50
 - Check malpha < 0.2: Yes
 - Initial trial value of FS: 1
 - Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Non-Circular Block Search
- Number of Surfaces: 5000
- Pseudo-Random Surfaces: Enabled
- Convex Surfaces Only: Disabled
- Left Projection Angle (Start Angle): 105
- Left Projection Angle (End Angle): 175
- Right Projection Angle (Start Angle): 15
- Right Projection Angle (End Angle): 60
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined







Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.067
- Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0335
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 20
- Orientation: Normal to boundary
- Load Action: Variable

Material Properties

Property	sottofondo	rilevato	UG1	UG3	vegetale	ug2
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	19	18	21	18	19
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	10	0
Friction Angle [deg]	42	40	25	35	30	30
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1	1	1

Support Properties

geotessuto

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 6 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

geogriglia

- Support Type: GeoTextile
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Bisector of Parallel and Tangent
- Anchorage: Embedded End
- Shear Strength Model: Linear
- Strip Coverage: 100 percent
- Tensile Strength: 10.4 kN/m
- Pullout Strength Adhesion: 1 kPa
- Pullout Strength Friction Angle: 30 degrees

Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 4.451310
- Axis Location: -5.998, 417.538
- Left Slip Surface Endpoint: -11.381, 405.897
- Right Slip Surface Endpoint: 0.085, 406.247
- Resisting Moment=1862.43 kN-m
- Driving Moment=418.401 kN-m
- Total Slice Area=7.96313 m²

Method: spencer

- FS: 4.420150
- Axis Location: -6.157, 418.265
- Left Slip Surface Endpoint: -11.892, 405.882
- Right Slip Surface Endpoint: 0.309, 406.247
- Resisting Moment=1974 kN-m
- Driving Moment=446.592 kN-m
- Resisting Horizontal Force=144.146 kN
- Driving Horizontal Force=32.6111 kN
- Total Slice Area=8.78802 m²

Global Minimum Coordinates

Method: bishop simplified

X	Y
-11.3806	405.897

-10.9865	405.384
-2.11761	405.394
0.085309	406.247

Method: spencer

X	Y
-11.8915	405.882
-11.397	405.384
-10.9922	405.384
-0.957965	405.395
0.308823	406.247

Slice Data**•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 4.45131**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.394126	1.83875	UG1	0	20.4579	0.424131	1.88794	5.06087	0	5.06087
2	0.492714	6.06712	UG1	0	20.4579	0.997297	4.43928	11.9001	0	11.9001
3	0.492714	7.50513	UG1	0	20.4579	1.23367	5.49146	14.7206	0	14.7206
4	0.492714	8.12207	UG1	0	20.4579	1.33509	5.94288	15.9307	0	15.9307
5	0.492714	7.23797	UG1	0	20.4579	1.18976	5.29598	14.1966	0	14.1966
6	0.492714	7.27301	UG1	0	20.4579	1.19552	5.32162	14.2653	0	14.2653
7	0.492714	7.35229	UG1	0	20.4579	1.20855	5.37963	14.4208	0	14.4208
8	0.492714	7.43157	UG1	0	20.4579	1.22158	5.43764	14.5763	0	14.5763
9	0.492714	7.51084	UG1	0	20.4579	1.23461	5.49564	14.7318	0	14.7318
10	0.492714	7.59012	UG1	0	20.4579	1.24764	5.55365	14.8873	0	14.8873
11	0.492714	7.66939	UG1	0	20.4579	1.26068	5.61166	15.0428	0	15.0428
12	0.492714	7.74867	UG1	0	20.4579	1.27371	5.66966	15.1983	0	15.1983
13	0.492714	7.82795	UG1	0	20.4579	3.4655	15.426	41.3514	0	41.3514
14	0.492714	7.89958	UG1	0	20.4579	3.47727	15.4784	41.4918	0	41.4918
15	0.492714	7.91814	UG1	0	20.4579	3.48032	15.492	41.5284	0	41.5284
16	0.492714	7.92654	UG1	0	20.4579	3.48169	15.4981	41.5448	0	41.5448
17	0.492714	7.93493	UG1	0	20.4579	3.48309	15.5043	41.5612	0	41.5612
18	0.492714	7.94333	UG1	0	20.4579	3.48446	15.5104	41.5777	0	41.5777
19	0.492714	7.95172	UG1	0	20.4579	3.48583	15.5165	41.5941	0	41.5941
20	0.016405	0.263963	UG1	0	20.4579	3.37283	15.0135	40.2456	0	40.2456
21	0.293155	4.38642	rilevato	0	33.8726	5.27809	23.4944	34.9995	0	34.9995
22	0.47334	5.71379	sottofondo	0	35.7661	5.17713	23.045	31.9926	0	31.9926
23	0.47334	4.04032	sottofondo	0	35.7661	5.21566	23.2165	32.2306	0	32.2306
24	0.47334	2.56095	sottofondo	0	35.7661	4.75566	21.1689	29.3881	0	29.3881
25	0.47334	0.867916	sottofondo	0	35.7661	4.22923	18.8256	26.1348	0	26.1348

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 4.42015

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.494519	2.28129	UG1	0	20.4579	0.370533	1.63781	4.39038	0	4.39038
2	0.404809	3.75688	UG1	0	20.4579	0.755879	3.3411	8.95627	0	8.95627
3	0.528118	6.55242	UG1	0	20.4579	1.01054	4.46674	11.9737	0	11.9737
4	0.528118	8.11703	UG1	0	20.4579	1.25184	5.53333	14.8328	0	14.8328
5	0.528118	8.58297	UG1	0	20.4579	1.3237	5.85096	15.6843	0	15.6843
6	0.528118	7.73102	UG1	0	20.4579	1.19231	5.27019	14.1275	0	14.1275
7	0.528118	7.8221	UG1	0	20.4579	1.20636	5.33228	14.2939	0	14.2939
8	0.528118	7.91318	UG1	0	20.4579	1.2204	5.39436	14.4603	0	14.4603
9	0.528118	8.00426	UG1	0	20.4579	1.23445	5.45645	14.6268	0	14.6268
10	0.528118	8.09534	UG1	0	20.4579	1.2485	5.51854	14.7932	0	14.7932
11	0.528118	8.18642	UG1	0	20.4579	1.26254	5.58063	14.9596	0	14.9596
12	0.528118	8.27749	UG1	0	20.4579	1.27659	5.64271	15.1261	0	15.1261
13	0.528118	8.36857	UG1	0	20.4579	3.46285	15.3063	41.0306	0	41.0306
14	0.528118	8.45613	UG1	0	20.4579	3.47728	15.3701	41.2016	0	41.2016
15	0.528118	8.48608	UG1	0	20.4579	3.48414	15.4004	41.283	0	41.283
16	0.528118	8.49573	UG1	0	20.4579	3.48563	15.407	41.3006	0	41.3006
17	0.528118	8.50537	UG1	0	20.4579	3.48712	15.4136	41.3182	0	41.3182
18	0.528118	8.51502	UG1	0	20.4579	3.48861	15.4202	41.3358	0	41.3358
19	0.528118	8.52466	UG1	0	20.4579	3.49009	15.4267	41.3535	0	41.3535
20	0.528118	8.53431	UG1	0	20.4579	3.49158	15.4333	41.3711	0	41.3711
21	0.528118	8.56454	UG1	0	20.4579	3.49131	15.4321	41.3678	0	41.3678
22	0.00755461	0.123792	UG1	0	20.4579	3.53099	15.6075	41.838	0	41.838
23	0.16883	2.59816	rilevato	0	33.8726	4.08945	18.076	26.9277	0	26.9277
24	0.545202	5.97875	sottofondo	0	35.7661	4.60233	20.343	28.2414	0	28.2414
25	0.545202	1.99936	sottofondo	0	35.7661	4.86214	21.4914	29.8358	0	29.8358

Interslice Data
•Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 4.45131

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-11.3806	405.897	0	0	0
2	-10.9865	405.384	2.6404	0	0
3	-10.4937	405.384	2.71855	0	0
4	-10.001	405.385	2.81522	0	0
5	-9.50832	405.386	2.91984	0	0
6	-9.0156	405.386	3.01307	0	0
7	-8.52289	405.387	3.10676	0	0
8	-8.03018	405.387	3.20146	0	0
9	-7.53746	405.388	3.29719	0	0
10	-7.04475	405.388	3.39393	0	0
11	-6.55204	405.389	3.4917	0	0
12	-6.05932	405.389	3.59049	0	0

13	-5.56661	405.39	3.6903	0	0
14	-5.07389	405.39	5.07175	0	0
15	-4.58118	405.391	6.36727	0	0
16	-4.08847	405.391	7.56286	0	0
17	-3.59575	405.392	8.75856	0	0
18	-3.10304	405.393	9.95437	0	0
19	-2.61033	405.393	11.1503	0	0
20	-2.11761	405.394	12.3463	0	0
21	-2.10121	405.4	12.1293	0	0
22	-1.80805	405.514	14.7896	0	0
23	-1.33471	405.697	20.3168	0	0
24	-0.861372	405.88	17.1227	0	0
25	-0.388031	406.064	14.2695	0	0
26	0.085309	406.247	0	0	0

•Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 4.42015

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	-11.8915	405.882	0	0	0
2	-11.397	405.384	2.21538	-0.221538	-5.71059
3	-10.9922	405.384	2.26976	-0.226976	-5.71059
4	-10.4641	405.384	2.35769	-0.235769	-5.71059
5	-9.93596	405.385	2.4666	-0.24666	-5.71059
6	-9.40785	405.386	2.58177	-0.258177	-5.71059
7	-8.87973	405.386	2.6855	-0.26855	-5.71059
8	-8.35161	405.387	2.79046	-0.279046	-5.71059
9	-7.82349	405.387	2.89664	-0.289664	-5.71059
10	-7.29538	405.388	3.00404	-0.300404	-5.71059
11	-6.76726	405.389	3.11266	-0.311266	-5.71059
12	-6.23914	405.389	3.22251	-0.322251	-5.71059
13	-5.71102	405.39	3.33358	-0.333358	-5.71059
14	-5.18291	405.39	4.8163	-0.48163	-5.71059
15	-4.65479	405.391	6.24178	-0.624178	-5.71059
16	-4.12667	405.391	7.52728	-0.752728	-5.71059
17	-3.59855	405.392	8.81292	-0.881292	-5.71059
18	-3.07044	405.393	10.0987	-1.00987	-5.71059
19	-2.54232	405.393	11.3846	-1.13846	-5.71059
20	-2.0142	405.394	12.6706	-1.26706	-5.71059
21	-1.48608	405.394	13.9567	-1.39567	-5.71059
22	-0.957965	405.395	15.5518	-1.55518	-5.71059
23	-0.950411	405.4	15.3718	-1.53718	-5.71059
24	-0.78158	405.514	18.3649	-1.83649	-5.71059
25	-0.236379	405.88	19.4683	-1.94683	-5.71059
26	0.308823	406.247	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
-20	403.2
10	403.2

Line Load

X	Y
10	406.21
6.386	406.286
4.048	406.247
-0.618	406.247
-1.13	406.21
-4.81	406.2
-9.41281	406.12

Block Search Polyline

X	Y
-12.4422	405.384
-10.9922	405.384
1.3929	405.397

External Boundary

X	Y
-20	394
10	394
10	402.84
10	403.2
10	404.2
10	404.259
10	404.5
10	404.556
10	405.4
10	405.514
10	406.21

6.386	406.286
4.048	406.247
-0.618	406.247
-1.13	406.21
-4.81	406.2
-9.43	406.12
-9.61	406.27
-10.6	406.16
-10.99	405.9
-11.1073	405.9
-11.28	405.9
-13.27	405.84
-14.84	405.8
-20	405.69
-20	404
-20	402.7

Material Boundary

X	Y
-20	402.7
10	402.84

Material Boundary

X	Y
-20	404
10	404.259

Material Boundary

X	Y
-11.1073	405.9
-10.99	405.4
10	405.4

Material Boundary

X	Y
-10.744	405.514
-9.43	406.12

Material Boundary

X	Y
-10.99	405.4
-10.744	405.514
10	405.514