

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.p.A.
DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE (DOIT)

PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA

ETS S.r.l.

Via Benedetto Croce, 68
00142 Roma
email: info@etsingegneria.it

SOGGETTO TECNICO:

RFI - DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE DI GENOVA
S.O. INGEGNERIA

PROGETTO ESECUTIVO

Aggiornamento della Progettazione Esecutiva della galleria artificiale di Mele
(compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino),
comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale - Linea Genova - Ovada - Acqui Terme

RELAZIONE DI CALCOLO VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALI

SCALA : --

FOGLIO 1 di 109

PROGETTO/ANNO SOTTOPR. LIVELLO NOME DOC. PROGR.OP. FASE FUNZ. NUMERAZ.

3 5 3 7 2 3 0 0 0 P E T S P N 0 1 0 0 0 6 0 2

Rev.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
0	EMISSIONE	E.Paltrinieri	13/10/2023	R.Giordano	13/10/2023	L.Catalo	13/10/2023	D.Lagonesta	13/10/2023
1	EMISSIONE	R.Giordano	29/01/2024	F.Foria	29/01/2024	L.Catalo	29/01/2024	D.Lagonesta	29/01/2024
		<i>Ricardo Giordano</i>							



LINEA

L	4	4	1

SEDE TECNICA

L	O	0	2	8	2

INDICE

1	Introduzione	1
2	Normative e documentazione di riferimento.....	2
2.1	Normative.....	2
2.2	Bibliografia	2
2.3	Documenti di progetto di riferimento	2
2.4	Sitografia.....	3
3	Materiali	4
3.1	Rafforzamenti corticali.....	4
3.1.1	Geostuoia.....	4
3.1.2	Pannello di rete.....	4
3.1.3	Chiodi.....	4
3.1.4	Piastra di ancoraggio	4
3.1.5	Borchie ad alta resistenza.....	4
4	Inquadramento dell'area di studio	5
4.1	Inquadramento geografico.....	5
4.2	Inquadramento geologico	5
4.3	Assetto geomorfologico	10
4.4	Dinamica di versante	11
4.5	Quadro del dissesto idrogeologico.....	15
5	Descrizione dello stato di fatto	17
5.1	Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Ovada	17
5.2	Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Genova	19
5.3	Interventi di consolidamento del muro crollato	20
6	Interventi di progetto	27
6.1	Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato	27
6.2	Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto	29
6.3	Sistemazione definitiva del versante con ricoprimento di terreno e rafforzamenti corticali.....	31
7	Criteri e metodologie di verifica.....	33
7.1	Riferimenti normativi.....	33
7.1.1	Norme generali	33
7.1.2	Verifica di stabilità globale.....	34
7.1.3	Barre di ancoraggio e pannello di rete	34

7.2	Metodologie di verifica.....	35
7.2.1	Verifica di stabilità globale.....	35
7.2.2	Barre di ancoraggio e pannello di rete.....	36
8	Modello geotecnico e caratterizzazione sismica	39
9	Modello di calcolo	42
9.1	Combinazioni di carico	42
9.2	Azioni di calcolo.....	42
9.3	Elementi utilizzati per le modellazioni	43
9.4	Sezioni di calcolo.....	44
10	Risultati di calcolo e verifiche.....	47
10.1	Verifiche di stabilità globale	47
10.1.1	Commenti.....	50
10.2	Barre di ancoraggio e pannello di rete	50
10.2.1	Pannello in rete.....	50
10.2.2	Barre di ancoraggio.....	50
11	Allegato di calcolo.....	52
11.1	Sezione provvisoria in condizioni statiche.....	52
11.2	Sezione di verifica rafforzamenti corticali in condizioni statiche	54
11.3	Sezione di verifica rafforzamenti corticali in condizioni sismiche.....	67
11.4	Sezione di verifica globale in condizioni statiche	80
11.5	Sezione di verifica globale in condizioni sismiche.....	93

1 Introduzione

La seguente relazione rientra nell'ambito della Progettazione Esecutiva con oggetto "Aggiornamento della Progettazione esecutiva della galleria artificiale di Mele (compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino), comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale - Linea Genova – Ovada – Acqui Terme".

Nello specifico tale relazione è inerente al progetto di realizzazione della Galleria artificiale, delle relative opere strutturali ed idrauliche, delle opere di consolidamento delle opere di contenimento preesistenti e delle opere inerenti alla sistemazione definitiva del versante, in località Mele (Genova).

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Mele, provincia della città metropolitana di Genova in Liguria. Nel punto mediano del sito, le coordinate geografiche (sistema di riferimento WGS 84) sono le seguenti: *Latitudine* 44°28'25.00"N e *8°43'59.93"E*. Di seguito uno stralcio della cartografia Google Earth con indicata la zona oggetto di studio.



Figura 1 – Ubicazione del sito di intervento.

Nel presente elaborato, oltre l'inquadramento dell'area di intervento, la descrizione dello stato attuale del sito e delle opere di progetto, si riportano le verifiche di stabilità globale del complesso terreno-strutture nonché il dimensionamento dei rafforzamenti corticali previsti sul versante a monte della galleria artificiale.

2 Normative e documentazione di riferimento

2.1 Normative

- Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 47 del 11 marzo 1988 - "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"
- UNI ENV 1997-1 Eurocodice 7: "Progettazione geotecnica" Parte 1;
- UNI 10006-2002 Costruzione e manutenzione delle strade – Tecniche di impiego delle terre;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" pubblicate sulla G.U. n. 8 del 20/02/2018
- Circolare esplicativa CSLLPP del 21/01/2019: "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni'" di cui al D.M. 17/01/18

2.2 Bibliografia

- ALLASINAZ A., GELATI R., GNACCOLINI M., MARTINIS B., OROMBELLI G., PASQUARÈ G. & ROSSI P. M. (1971) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio n. 82 "Genova" – Roma, Nuova Tecnica Grafica
- AA. VV. (1971) – Foglio n. 82 "Genova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Servizio Geologico d'Italia
- AA.VV., coord. Vanossi M. (1994) – Guide geologiche regionali. Alpi Liguri. – Società Geologica Italiana 293 pp
- CAPPONI G., GOSSO G., SCAMBELLURI M., SILETTO G. B., TALLONE S. (1994) - Carta geologico-strutturale del settore centro-meridionale del Gruppo di Voltri (Alpi Liguri) e note illustrative. - Bollettino Società Geologica Italiana, 113, 2, 383 - 394
- CASALE L., GIUFFRÈ A., TRAVERSO M., LOMBARDI M. (2002) - Provincia di Genova. Ambiti regionali di bacino 12 e 13. Piani di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico. Caratteristiche idrauliche e geologiche del territorio. Valutazione del rischio idraulico e geomorfologico
- CHIESA S., CORTESOGNO L., FORCELLA F., GALLI M., MESSIGA B., PASQUARÈ G. & PEDEMONTE G. M. (1975) – Assetto strutturale e interpretazione del Gruppo di Voltri. – Boll. Soc. Geol. It., 94, 555-581
- PROVINCIA DI GENOVA (2013) – Piano di Bacino. Ambiti 12 e 13. Piani stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico di cui all'art. 1 del D.L. 11/06/1998 n. 180 convertito in Legge 03/08/1998 n. 267 e s.m.i..
- REGIONE LIGURIA & AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE (2023) - Piani di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico (ai sensi dell'art. 1, comma1, del D.L. 180/1998 convertito in L. 267/1998). Ambiti regionali di bacino 12 e 13
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1971) – Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio n. 82 Genova. II Edizione, Roma
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2007) – Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 213 Genova. Progetto CARG, Firenze

2.3 Documenti di progetto di riferimento

- Progetto esecutivo 2003 "Lavori urgenti, atti a mettere in sicurezza zone del muro di controripa al km 22+530 della linea Genova-Ovada in Stazione di Mele, danneggiato da cause di forza maggiore nonché interventi vari di distemazione del versante sovrastante il muro resto" – Rete Ferroviaria Italiana

2.4 Sitografia

- <http://www.pianidibacino.ambienteinliguria.it/GE/ambiti12e13/ambiti12e13.html>
- <http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html>
- https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/213_GENOVA/Foglio.html
- <http://www.pcn.minambiente.it>

3 Materiali

3.1 Rafforzamenti corticali

3.1.1 Geostuoia

La geostuoia è *KMAT L Green* o equivalente che consiste in geostuoia tridimensionale in monofilamenti di poliammide termosaldati tra loro nei punti di contatto, a struttura aperta su entrambi i lati. La geostuoia costituisce il rivestimento antierosione del versante in materiale più grossolano.

Caratteristiche del pannello:

Volume di vuoti	> 95%
Spessore a 2 kPa	> 17 mm
Resistenza a trazione longitudinale	> 1.8 kN/m
Resistenza a trazione trasversale	> 0.5 kN/m

3.1.2 Pannello di rete

Il pannello di rete ad alta resistenza è costituito da rete metallica zincata con fune di bordo $\Phi 14$ fissata alle intersezioni con la fune interna $\Phi 8$ con manicotti di giunzione, la fune interna è fissata alle intersezioni con graffe a doppio guscio.

Caratteristiche del pannello:

Dimensioni della maglia	250x250 mm
Protezione contro la corrosione	Rivestimento di zinco (EN 10244-2)
Diametro delle funi	8/14 mm
Resistenza a trazione delle funi	≥ 1770 MPa
Rete a doppia torsione	8x10 cm, filo ≥ 2.7 mm

3.1.3 Chiodi

I chiodi sono barre cave autoperforanti del tipo *BELBOR RB 32/20* o equivalente.

Caratteristiche dei chiodi:

Diametro di perforazione	≥ 76 mm
Carico snervamento	≥ 225 kN
Carico ultimo	≥ 280 kN

3.1.4 Piastra di ancoraggio

Dimensioni della piastra	200x200x10 mm - Grezze
Tipo di acciaio	S235

3.1.5 Borchie ad alta resistenza

Tipo di acciaio	S235JR
Protezione contro la corrosione	Rivestimento di zinco (EN ISO 2081)

4 Inquadramento dell'area di studio

4.1 Inquadramento geografico

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Mele, provincia della città metropolitana di Genova in Liguria. Nel punto mediano del sito, le coordinate geografiche (sistema di riferimento WGS 84) sono le seguenti: *Latitudine* 44°28'25.00"N e *8°43'59.93"E*. Di seguito uno stralcio della cartografia Google Earth con indicata la zona oggetto di studio.



Figura 2 – Ubicazione del sito di intervento.

4.2 Inquadramento geologico

Per il settore oggetto di studio la cartografia storica di riferimento è rappresentata dal Foglio n. 82 "Genova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, dalla quale si evince che il substrato roccioso pre-quadernario è rappresentato da rocce metamorfiche, di età mesozoica, riferibili al Complesso Ofiolitico del Gruppo di Voltri.

Il Gruppo di Voltri è un sistema composto di falde metamorfiche, situato in posizione interna rispetto all'arco alpino occidentale. In esso prevalgono litologie provenienti da diversi ambienti litosferici: mantello continentale, ofioliti mesozoiche e coperture sedimentarie. Le relazioni originarie tra le diverse litologie sono generalmente cancellate e trasposte a causa dell'intensa tettonica alpina.

Nell'area in esame le litologie prevalenti sono riferibili a frammenti di crosta oceanica (Unità Ofiolitiche: Unità M.te Beigua - Carta Geologica d'Italia, Foglio n° 82) ed a metasedimenti di fossa (Unità dei Calcescisti del Turchino - Carta Geologica d'Italia, Foglio n° 82).

Il Gruppo di Voltri comprende numerose unità tettoniche che, in prima approssimazione, si possono ricondurre a una originaria serie stratigrafica ascrivibile al Dominio Piemontese - Ligure che, procedendo dal basso verso l'alto, comprende: serpentinoscisti con lenti di eclogiti (meta-Fe-gabbri) e di gabbri eclogitici (Mg-gabbri), oficalciti (brecce di serpentiniti a cemento carbonatico), una successione di basalti prasinitizzati (metabasiti), quarzoscisti manganeseferi, marmi e calcescisti.

Calcescisti del Turchino

Sotto tale denominazione sono compresi le principali associazioni litologiche:

- Calcescisti a muscovite e paragonite; calcemicascisti a muscovite, paragonite \pm fengite e clorite; argilloscisti seritici; filladi calcarifere a clorite e sericite \pm grafite; micascisti e quarzomicascisti a clorite \pm sericite, marmi micacei; calcescisti, calcemicascisti e micascisti albitici. Il contatto tra calcescisti l.s. e rocce basiche e/o ultrabasiche è talora sottolineato da livelli a epidoto, clorite e anfiboli;
- Quarzoscisti;
- Prasiniti, prasiniti ovarditiche ed epidotiche, prasiniti ad attinoto \pm glaucofane, prasiniti a fuchsite, prasiniti granatiferi e a biotite (Membro delle prasiniti di Campo Ligure).

Ofioliti di Monte Beigua

Nell'area di studio sono rappresentate essenzialmente da rocce ultrabasiche e basiche:

- Serpentiniti da massive a foliate, serpentiniti anfiboliche, serpentinoscisti, talcoscisti e scisti amiantiferi, filoni rodingitici e oficalciti;
- Scisti actinolitici e scisti cloritici-actinolitici, talora a epidoto, costituenti prodotti di laminazione tettonica localizzati entro i calcescisti e soprattutto in corrispondenza ai contatti tra questi ultimi e le masse ofiolitiche;
- Mg-gabbri a tessitura da occhiadina a listata, talora con relitti eclogitici.

Inoltre, a Est di Bric Aresci, vi sono importanti masse di quarziti massicce e/o listate riferibili dal punto di vista litostratigrafico al Dominio Pre-piemontese e/o Piemontese s.s. sensu Vanossi et alii – 1984 (in Capponi et alii, 1994).

Più recentemente è stato pubblicato il Foglio n. 213 Genova della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia, 2007) nel quale sono state modificate le denominazioni delle varie Formazioni indicate nella cartografia e nella Letteratura precedente.

È infine disponibile la Carta geolitologica del Piano di bacino (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, 2023).

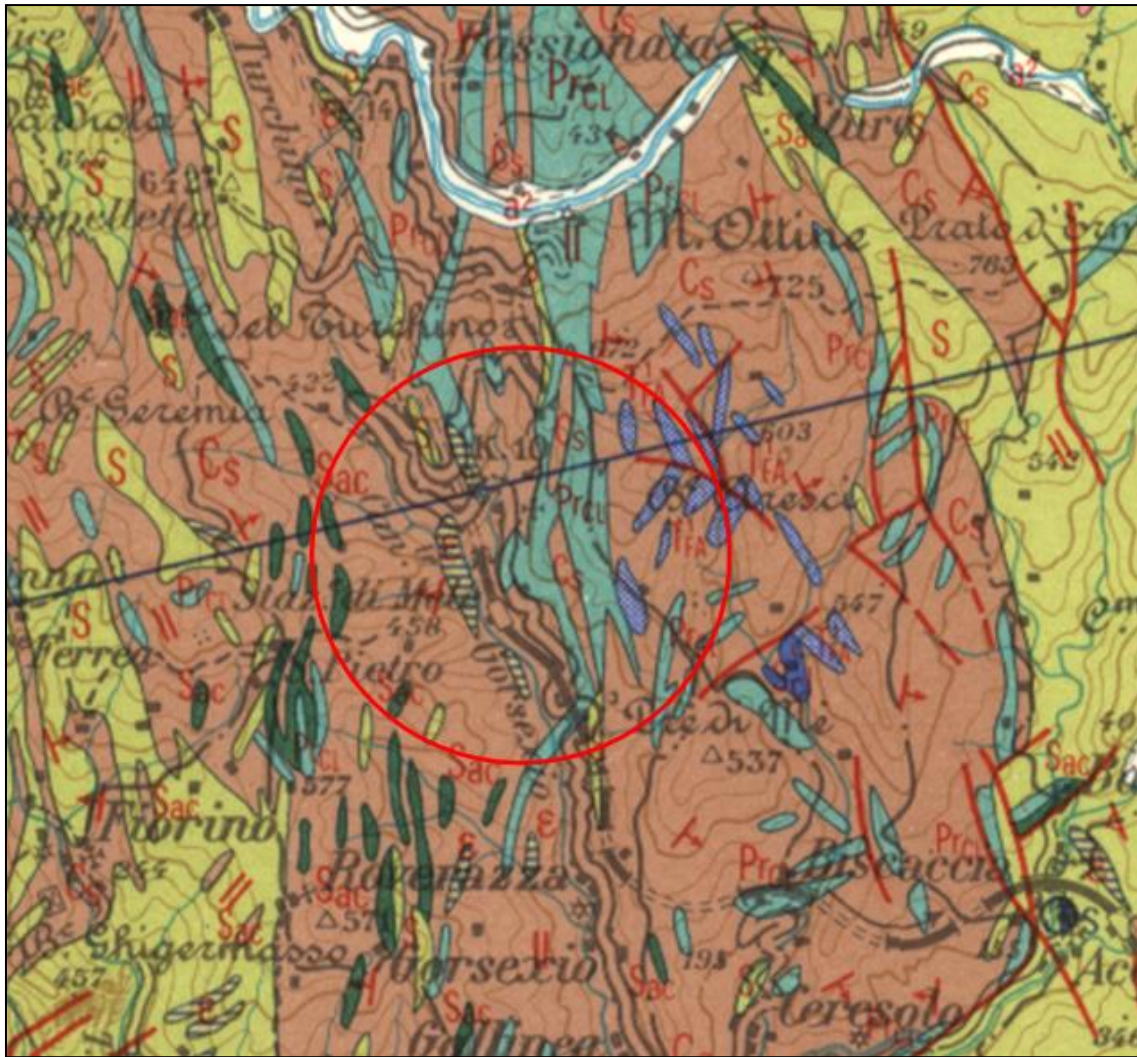


Figura 3 – Stralcio dal Foglio n. 82 “Genova” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000. Legenda: Cs) Calcescisti del Turchino; Prcl) Membro delle Prasiniti di Campo Ligure; S) Ofioli di M. Beigua (Membro delle serpentine di Capanne Marcarolo); Sac) Scisti actinolitici e cloritico-actinolitici; ε) Metagabbri; T¹ FA) Quarziti di Fosso Angassino.

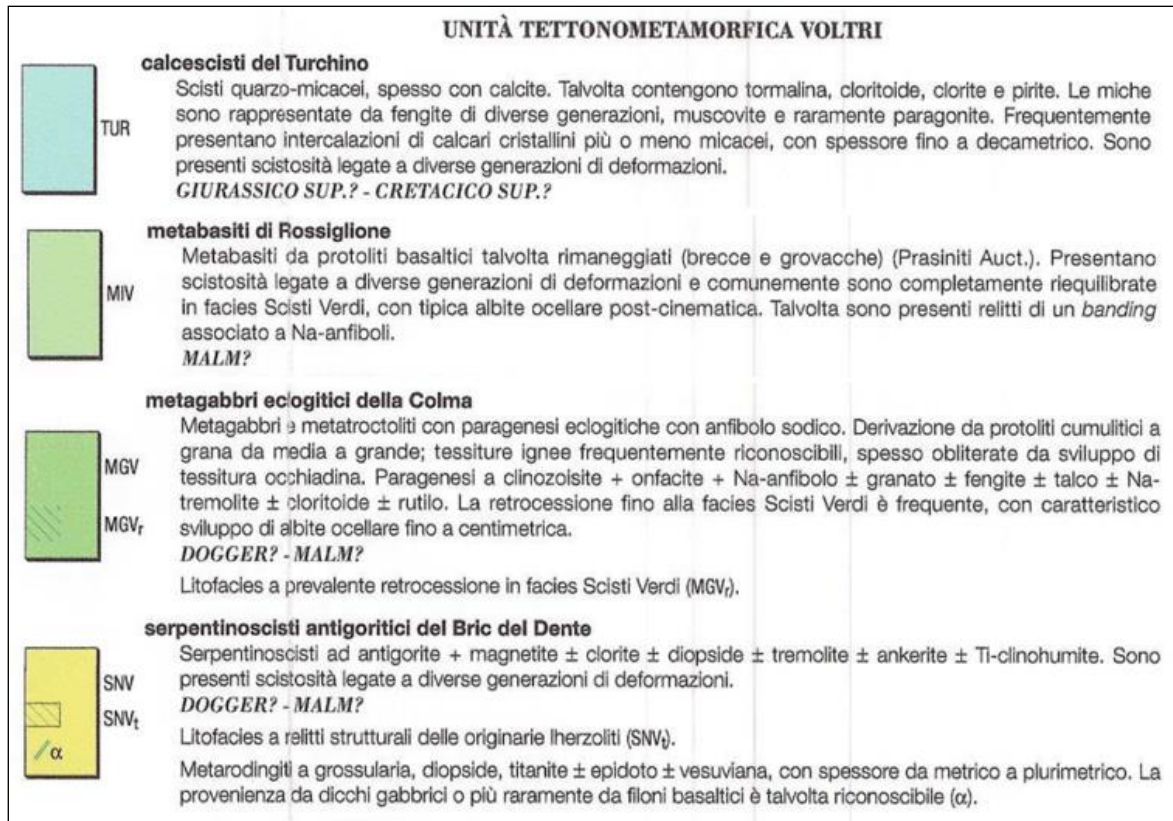
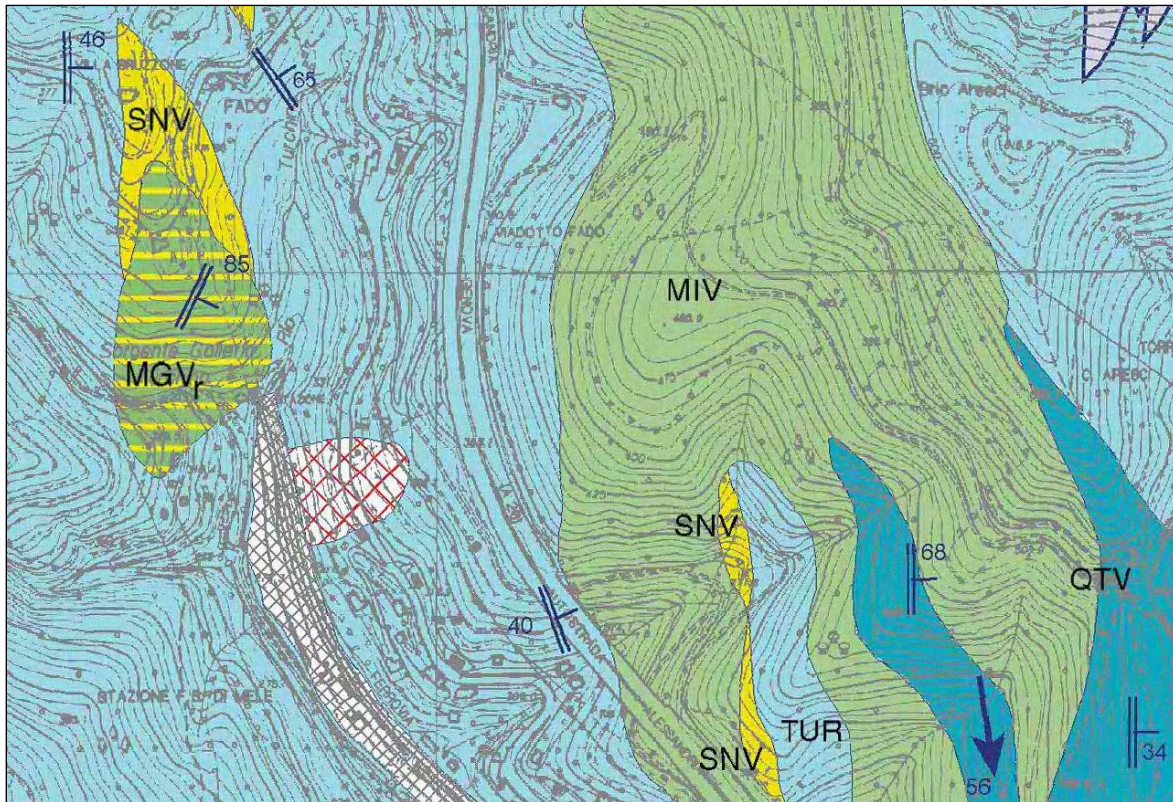


Figura 4– Stralci dal Foglio n. 213 “Genova” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000.

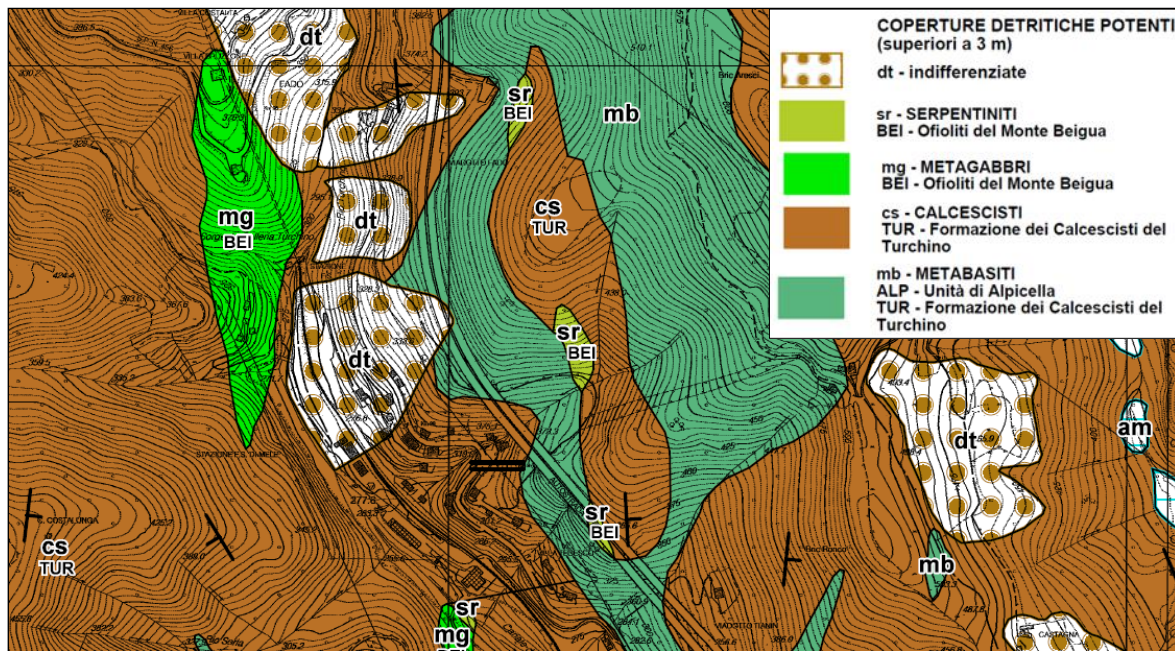


Figura 5 – Stralci dalla Tavola 213090 Carta geolitologica del Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Ambiti 12 e 13 (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, 2023).

STADI METAMORFICI
(definiti per rocce a chimismo basico)

	Eclogitico	Glaucofanico	Anfibolitico ad albite	Scisti Verdi
Micascisti	ph1+pg+grt+rt+Fe-Tiox	cld+ph2+ab+ttn		ms+bt+chl+ab+ttn+ox
Calcescisti	ph1+ pg+grt+zo+chl+ox	cld+ph2+ab+ttn		ms+bt+chl+ab+ttn+ox
Quarziti e Quarzoscisti	ph1+pg+Mn-ep+Mn-grt+ox±rt	cld+ph2+ab±ttn		ms+bt+chl+ab+ox±ttn
Metabasiti indifferenz.	come basalti e Fe-gabbri			
Basalti	Na-cpx+grt1+rt±Fe-Tiox±Na-anf	Na-anf±grt2±ep±ttn	bar+ab+ep+ttn±chl	act+ab+ep+chl+ttn+Fe-ox
Fe-gabbri	Na-cpx+grt1+rt±Fe-ox±Na-anf	Na-anf±grt2±ep±ttn	bar+ab+ep+ttn±chl	act+ab+ep+chl+ttn+Fe-ox
Mg-gabbri	Na-cpx+grt+zo+tc±Na-anf±pg	Na-anf	bar+ab+ep	tr+ab+ep+chl
Ultramafiti	ol+atg+di+Ti-chu±chl		atg+brc+chl±tr±ctl	

Abbreviazioni dei minerali tratte da KRETZ (1983). ab = albite; act = attinolite; anf = anfibolo; atg = antigorite; bar = barrosite; brc = brucite; bt = biotite; chl = clorite; cld = cloritoide; cpx = clinopirosseno; ctl = crisotilo; di = diopside; ep = epidoto; grt = granato; ms = muscovite; ol = olivina; ox = ossidi; pg = paragonite; ph = fengite; rt = rutilo; tc = taico; Ti-chu = titanclinohumite; ttn = titanite; tr = tremolite; zo = zoisite.

Figura 6 – Paragenesi metamorfiche nei litotipi del Gruppo di Voltri, figura tratta da Capponi et alii (1994).

4.3 Assetto geomorfologico

L'area oggetto del presente studio è localizzata nel bacino del T. Leiro, immediatamente a valle della confluenza del Rio Turchino nel Rio Gorsexio.

Il versante si presenta come una dorsale allungata in direzione NW-SE, interrotta localmente da selle in contropendenza, interpretabili come tracce di direttrici di un reticolato idrografico progressso.

Un lembo di superficie pianeggiante modellato in roccia, di probabile origine fluviale, si osserva a valle di Bric Aresci a circa 490 m di altezza.

Il versante compreso tra Bric Aresci (616 m s.l.m.m.) e il fondovalle (quota media 275 m s.l.m.m., nei pressi della Stazione ferroviaria di Mele) si può suddividere in tre differenti settori:

- Il tratto superiore è caratterizzato un profilo concavo, con un'acclività media di circa 25° e tratti inclinati anche di 35°, interrotta da un ripiano compreso tra le quote 485 m e 500 m circa. Sul versante Sud-orientale di Bric Aresci, a si osserva una scarpata in contropendenza orientata N40W, avente le seguenti dimensioni: lunghezza = 30 m, larghezza = 20-25 m, profondità = 5-6 m;
- Il tratto mediano (a monte della A 26) mostra un profilo rettilineo ed un'inclinazione anch'esso di circa 25°;
- Il tratto inferiore (a valle della A 26) mostra una morfologia maggiormente complessa, caratterizzata dalla presenza di ondulazioni longitudinali e trasversali della superficie topografica nonché da un generalizzato rigonfiamento intuibile sulle basi cartografiche pubblicate precedentemente all'attivazione del fenomeno franoso. In corrispondenza al corpo di frana l'acclività può raggiungere i 35°-40°. In quest'ultimo settore si osservano fessure e scarpate aventi direzione parallela alle curve di livello, con altezza variabile compresa tra 1 m e 3-4 m, distribuite essenzialmente tra le quote 320 m e 300 m s.l.m.m..

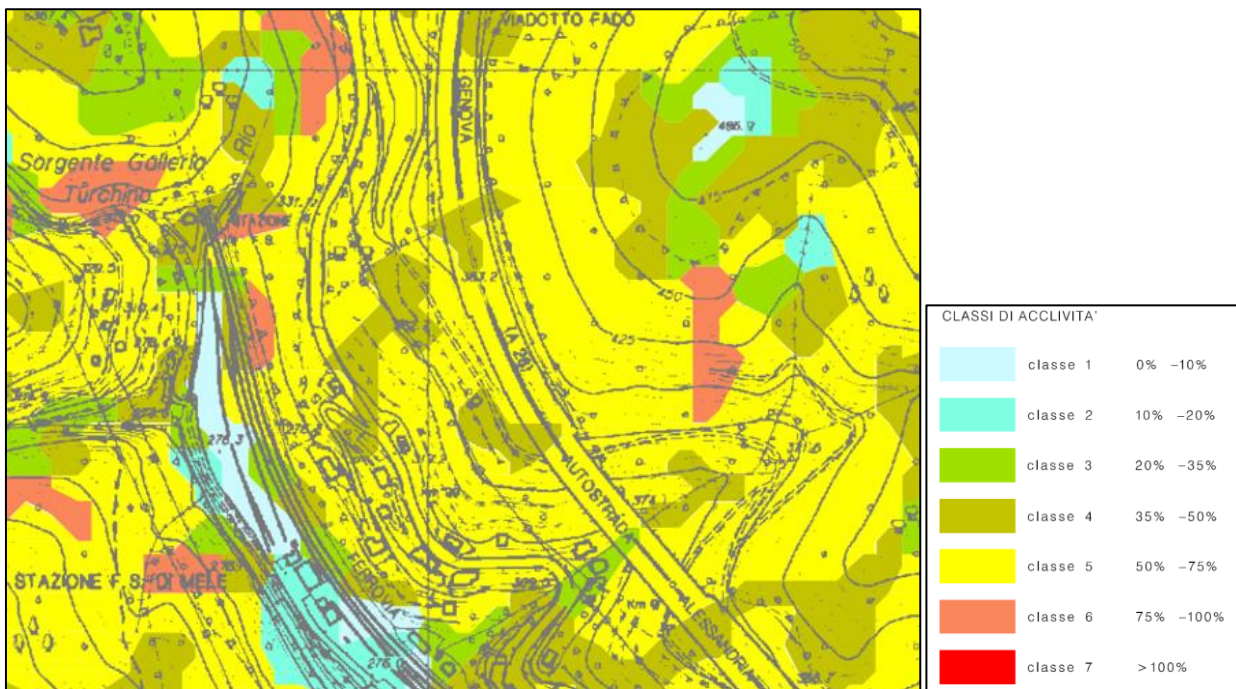


Figura 7 – Stralci dalla Carta dell'acclività (Provincia di Genova, 2013).

4.4 Dinamica di versante

In seguito alle eccezionali precipitazioni del mese di Novembre 2000 infatti, si attivò un esteso movimento franoso interessante il settore di versante a monte della Stazione FS nel Comune di Mele in sponda orografica sinistra del rio Turchino. Il movimento franoso si estese da poco a monte della S.S. 456 “del Turchino” alla linea ferroviaria e compromise notevolmente sia la viabilità stradale lungo la statale suddetta sia il movimento ferroviario lungo la linea Genova – Ovada. Gli interventi di sistemazione parziale del versante sono stati oggetto di progettazione esecutiva datata 2003.

Nel primo caso sono stati eseguiti dei lavori da parte dell'ANAS per ripristinare il tracciato stradale a mezzo di un viadotto con fondazioni profonde. Nel secondo caso, invece, è stata necessaria l'interruzione di entrambi i binari di esercizio, è stato realizzato un nuovo tracciato tramite il collegamento in galleria con il vecchio binario dispari, è stata costruita una scogliera di protezione in modo da contenere la frana ed infine è stata realizzata un'opera di consolidamento del versante (in *Figura 8* presenti già la viabilità alternativa e la scogliera di protezione). L'intervento di consolidamento del versante che, ad oggi, risulta ultimato, consiste in diverse tipologie di opere e, in particolare, la consolidazione dei muri rimasti illesi dopo il movimento franoso, a mezzo di cordoli in testa con micropali e tiranti con l'utilizzo di un graticcio di travi in acciaio, ed un'opera d'arte più imponente con lo scopo di contenimento del versante lungo lo sviluppo del tratto di muro crollato.



Figura 8 – Foto frontale della frana avvenuta nel Novembre 2000.



Figura 9 – Foto frontale della sistemazione provvisoria del versante ad ultimazione lavori.

L'analisi morfologica e l'interpretazione fotogrammetrica dell'area in esame hanno permesso di individuare in modo evidente un diffuso stato di dissesto lungo l'intero versante, a partire dalla linea ferroviaria sino ad oltre il sovrastante tracciato autostradale. In tale contesto il fenomeno innescatosi nel Novembre 2000 rappresenta una locale riattivazione di una porzione di un più vasto dissesto, del quale sono individuabili i limiti morfologici e le opere di consolidamento realizzate.

Entro l'accumulo dalla frana antica, la tendenza a locali riattivazioni è confermata dal dissesto manifestatosi nel 1986 nel settore di versante a Nord dell'attuale movimento, già interessato da interventi di consolidamento e bonifica e compreso tra la strada statale e l'autostrada.

È inoltre da rilevare la presenza di un settore a minore acclività in corrispondenza dell'imposta della spalla del viadotto Fado, evidenziato dall'analisi delle foto aeree precedenti alla realizzazione dell'autostrada e probabilmente attribuibile alla porzione sommitale dell'accumulo dell'antico fenomeno.

Lo studio delle giaciture degli affioramenti individuati lungo lo sviluppo dell'areale considerato conferma sostanzialmente la delimitazione individuata dall'analisi fotogrammetrica e morfologica. Per un vasto settore del versante in esame risulta infatti evidente una ragionevole congruenza nell'assetto della scistosità, sostanzialmente a reggipoggio, con direzione ed inclinazione rispettivamente variabili tra 70° - 100° e tra 60° - 70°; tale assetto non è confermato entro il settore morfologicamente attribuito al pregresso fenomeno gravitativo, ove la scistosità presenta giaciture casuali.

La porzione di frana riattivata ha individuato un evidente settore di coronamento, poco a monte della sede stradale, che è proseguito lungo la sede stessa e successivamente sino alla parte mediana del versante, definendo i margini laterali del fenomeno. Le dislocazioni manifestatesi in seguito all'evento sono plurimetriche in senso verticale e pluridecametriche in senso orizzontale, che ha condotto alla totale compromissione delle opere di sottoscarpa esistenti. Il fenomeno gravitativo ha manifestato una larghezza sommitale di circa 50 m, a circa 100 m nella porzione terminale; lo sviluppo longitudinale del dissesto è stato di circa 80 m, su un dislivello di circa 60 m.

L'analisi della morfologia e delle fessurazioni evidenziate sul versante successivamente al dissesto ha indicato che, lungo il margine Nord, verso la parte terminale, il materiale dislocato è stato solo parzialmente contenuto dall'opera di sostegno al piede, localmente aggirata senza il completo scarico a valle del detrito. L'esame delle risultanze della seconda campagna di indagini ha fornito significative informazioni relative all'assetto stratigrafico di tale settore; in particolare il sondaggio S6 (2001) ha individuato un evidente livello di alterazione del substrato,

verosimilmente già interessato da antica dislocazione sino alla quota di 18,0 m da p.c. (alla cui quota si riscontra un livello milonitizzato ed argillificato), entro il quale si è ragionevolmente sviluppata la recente superficie di scorrimento. Gli affioramenti di zolle litoidi dislocate entro l'accumulo evidenziano materiali con caratteristiche analoghe al livello sopra descritto.

Lungo il margine Sud dell'accumulo, in prossimità del tratto di muro conservato - lato Genova, sono state osservate concentrazioni e venute idriche localizzate che sono state interessate da interventi di drenaggio profondo.

Nella seguente descrizione dei parametri dimensionali del fenomeno gravitativo in oggetto sono state adottate le indicazioni fornite dalla Regione Liguria per il censimento dei movimenti franosi nell'ambito degli studi per i piani di bacino.

Sinteticamente si riportano i principali elementi descrittivi di una frana:

- Classificazione: tipo di frana (cfr. Varnes, 1978; Amanti et alii, 1992);
- Coronamento: ovvero il materiale rimasto in posto praticamente non disturbato ed adiacente alle parti alte della scarpata principale;
- Scarpata principale: superficie ripida del terreno non dislocato posta al margine superiore del corpo di frana e formatasi a seguito del moto di scorrimento del materiale staccatosi dal terreno indisturbato;
- Unghia frontale della frana: il margine, arcuato, del materiale di frana dislocato alla maggiore distanza dalla scarpata principale;
- Punto inferiore: il punto dell'unghia situato a maggiore distanza dal punto sommitale della frana;
- Profondità del corpo di frana: massima profondità della massa dislocata misurata in direzione perpendicolare alla sua lunghezza;
- Lunghezza totale: distanza tra il coronamento e l'unghia frontale della frana;
- Larghezza del corpo di frana: massima larghezza della massa dislocata, misurata in direzione perpendicolare alla lunghezza dell'ammasso di frana;
- Altezza massima: altezza misurata perpendicolarmente dal coronamento alla quota del punto inferiore
- Angolo di inclinazione dell'accumulo (α');
- Angolo di inclinazione del pendio (α).

Classificazione: frana complessa che ha coinvolto il substrato roccioso e la copertura

Coronamento: a circa quota 330 m s.m.m.

Scarpata principale: localizzata immediatamente a monte del tracciato della S.S. 456 del Turchino

Unghia frontale della frana: localizzato in corrispondenza al tracciato ferroviario

Punto inferiore: quota 276 m s.l.m.m.

Profondità del corpo di frana: 12 m

Lunghezza totale: 80 m

Larghezza del corpo di frana: 50 m, nel settore adiacente al coronamento; 100 m nel settore di unghia frontale

Altezza massima: 54 m

Area interessata: 6000 m²

Angolo di inclinazione dell'accumulo (α'): 30° - 35°

Angolo di inclinazione del pendio (α): 25° - 28°

I rilievi di terreno hanno permesso di verificare la presenza di zolle di substrato intensamente tettonizzato, costituite da calcescisti e prasiniti, scompagnate dal movimento ma non disarticolate, le quali mostrano di aver subito una rotazione, come emerge dal confronto con le giaciture del substrato relativamente indisturbato che si osserva in settori adiacenti all'area instabile.

La notevole estensione planimetrica ed altimetrica dei depositi del corpo sedimentario A, la presenza di zolle anche in corrispondenza al coronamento del corpo franoso in oggetto, nonché la presenza di vuoti entro la copertura eluvio/detritico-colluviale (desunta dai sondaggi), induce ad interpretare il corpo A come depositi di un accumulo di frana, probabilmente di natura composita. Tale accumulo, di età sconosciuta ma presumibilmente olocenica, è soggetto a riattivazioni recenti, testimoniate dalla presenza di numerose scarpate e rotture di pendenza interpretabili come nicchie di distacco di frane secondarie, in parte rimodellate ed attualmente vegetate e, ovviamente, dall'aggravarsi delle condizioni di instabilità osservate nel Novembre 2000.

Uno dei dati più interessanti emersi dalla campagna di indagini geognostiche è la presenza di una profonda (sino a 40 m circa) depressione del tetto del substrato roccioso, orientata perpendicolarmente al pendio.

L'esistenza di un fenomeno gravitativo pregresso coinvolgente l'intero versante, confermato dalla notevole potenza dei depositi sciolti, dalla presenza di una profonda depressione del tetto del substrato roccioso e da indizi morfologici, pone due principali problemi interpretativi:

- Non è stata individuata con certezza una nicchia di distacco di dimensioni congruenti con i volumi di materiale coinvolto dal movimento, che dovrebbe essere localizzata verosimilmente immediatamente a monte del tracciato autostradale; l'età del fenomeno potrebbe aver permesso una sua totale obliterazione e/o potrebbe essere mascherata dalla deposizione di depositi colluviali o da corpi di frana minori.
- Un accumulo o una serie di corpi di frana sovrapposti avrebbero ostruito il fondovalle, che nel tratto considerato ha una larghezza di una cinquantina di metri, provocando la formazione di un bacino lacustre e/o palustre immediatamente a monte dello sbarramento del Rio Turchino, ipotesi che non trova riscontro dai risultati del rilevamento geologico e geomorfologico.

Una soluzione a questi due problemi è la postulazione dell'esistenza di una deformazione gravitativa profonda che interessa gran parte del versante. Infatti, come è supportato dalla bibliografia specifica, fenomeni di questo tipo si differenziano dalle frane s.s. per i seguenti motivi:

- Una superficie di scorrimento ben definita non è indispensabile dal punto di vista del meccanismo deformativo;
- L'entità dello spostamento è molto minore rispetto alle dimensioni del fenomeno;
- Le dimensioni del fenomeno sono confrontabili con quelle del versante coinvolto.

In un quadro di questo tipo la maggior parte della deformazione si esplicherebbe in corrispondenza del substrato roccioso intensamente tettonizzato e alterato, producendo nei livelli superficiali, costituiti da depositi sciolti e/o a debole coesione, una generalizzata instabilità con la formazione di nuove superfici di taglio, come si è verificato a carico della S.S. 456 del Turchino e della linea ferroviaria.

4.5 Quadro del dissesto idrogeologico

La più recente cartografia inerente il dissesto idrogeologico è contenuta nel Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Ambiti regionali di bacino 12 e 13 (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (2023).

Nella Carta del dissesto idrogeologico si riportano stralci delle seguenti cartografie:

- Carta geomorfologica
- Carta della franosità reale

In particolare, per il settore in esame viene indicato il perimetro di frana complessa attiva compreso in una più ampia paleofrana. Tali perimetrazioni si discostano da quanto rilevato e cartografato dopo l'evento del 2000 (ved. tavole Carta geomorfologica e Carta geologica, sezione e profilo geologico).

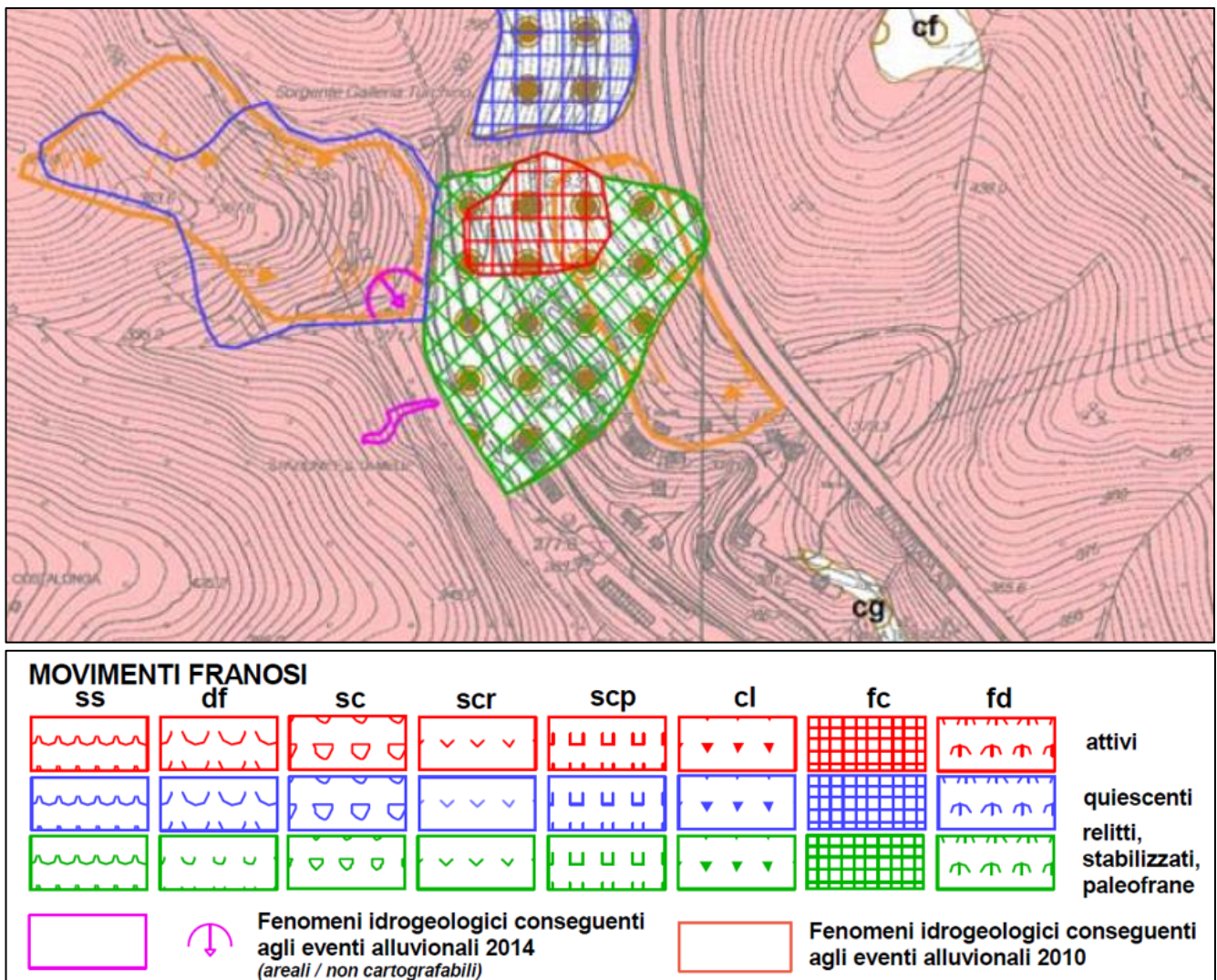


Figura 10 – Stralci dalla Tavola 213090 Carta geomorfologica del Piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Ambiti 12 e 13 (Regione Liguria & Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, 2023).

In merito alla dinamica torrentizia, si sottolinea che le cartografie del Piano di bacino e del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) non riportano aree inondabili nel settore oggetto di intervento in quanto le perimetrazioni sono state effettuate solo nel tratto compreso all'incirca tra il concentrico di Mele e la costa.

Per le problematiche di natura idraulica si rimanda agli specifici elaborati progettuali: Relazione idrologico-idraulica, Corografia generale del reticolo idrografico e dei vincoli di natura idraulica, Carta dei bacini idrografici e Sezioni di verifica idraulica.

5 Descrizione dello stato di fatto

In seguito alle eccezionali precipitazioni del mese di Novembre 2000 infatti, si attivò un esteso movimento franoso interessante il settore di versante a monte della Stazione FS nel Comune di Mele in sponda orografica sinistra del rio Turchino. Il movimento franoso si estese da poco a monte della S.S. 456 “del Turchino” alla linea ferroviaria e compromise notevolmente sia la viabilità stradale lungo la statale suddetta sia il movimento ferroviario lungo la linea Genova – Ovada. Gli interventi di sistemazione parziale del versante sono stati oggetto di progettazione esecutiva datata 2003.



Figura 11 – Foto frontale della frana avvenuta nel Novembre 2000.

Nel primo caso sono stati eseguiti dei lavori da parte dell'ANAS per ripristinare il tracciato stradale a mezzo di un viadotto con fondazioni profonde. Nel secondo caso, invece, è stata necessaria l'interruzione di entrambi i binari di esercizio, è stato realizzato un nuovo tracciato tramite il collegamento in galleria con il vecchio binario dispari, è stata costruita una scogliera di protezione in modo da contenere la frana ed infine è stata realizzata un'opera di consolidamento del versante (in Figura 11 presenti già la viabilità alternativa e la scogliera di protezione).

L'intervento di consolidamento del versante che, ad oggi, risulta ultimato, consiste in diverse tipologie di opere suddivisibili secondo le seguenti macro-opere:

- Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Ovada;
- Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Genova;
- Interventi di consolidamento del muro crollato.

Di seguito si riporta una descrizione delle opere realizzate e tuttora presenti.

5.1 Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Ovada

Il consolidamento dei muri rimasti illesi dopo il movimento franoso lato Ovada è stato effettuato a mezzo di cordoli in testa con micropali e tiranti tramite l'utilizzo di un graticcio di travi in acciaio, per un totale di circa 48.5 m.

Sulle porzioni di muro rimasto in posto in diretta prossimità del muro crollato, l'intervento è stato rimodulato senza l'ausilio dei tiranti con graticcio di travi, essendo presenti i terreni di riporto necessari per la stabilizzazione provvisoria del versante e per le lavorazioni. Il consolidamento di questa porzione di muro è oggetto della seguente progettazione.

Secondo la documentazione di progetto di variante risultano dunque i seguenti elementi:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 2° e 3° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 35 m (23 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 4° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 20 m (8 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- Microdreni di lunghezza variabile 35-60 m, interasse longitudinale 4 m con perforazione 150-160 mm;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

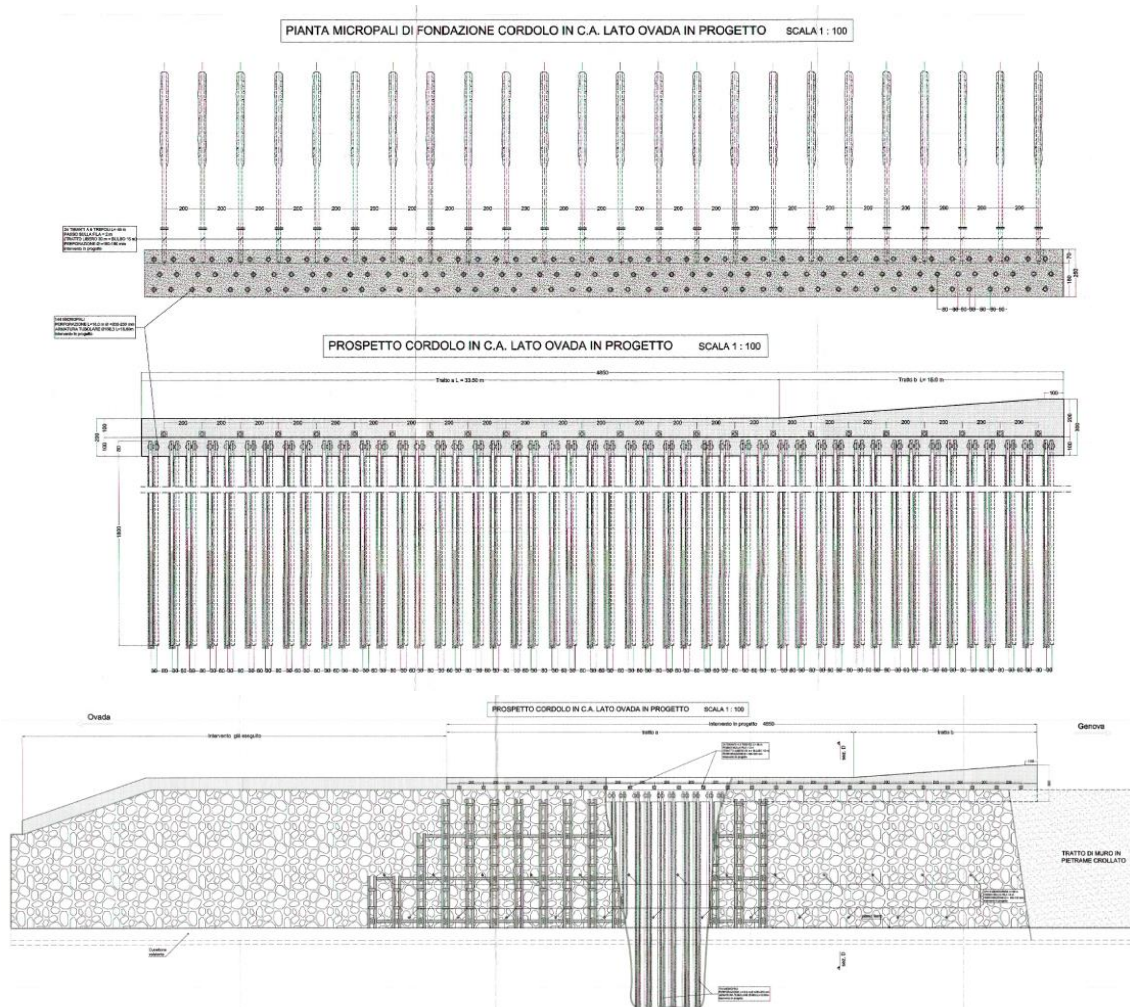


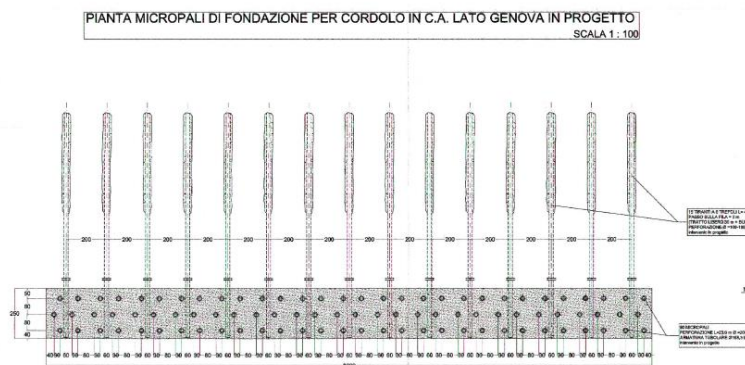
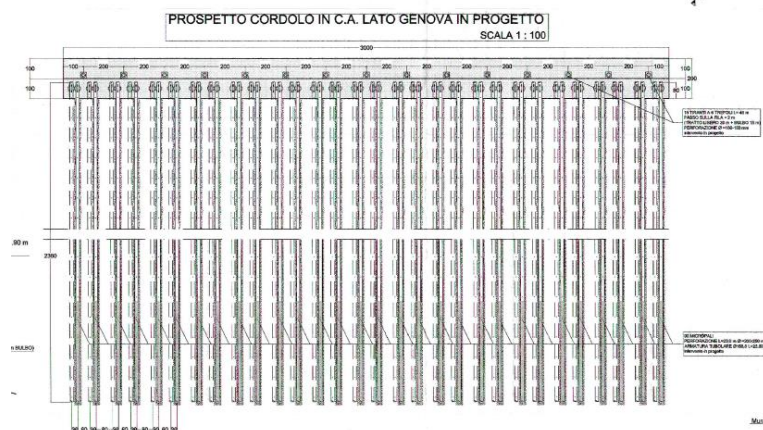
Figura 12 – Stralcio degli interventi realizzati di consolidamento del muro in muratura lato Ovada.

Alla base del muro risulta essere presente un cunettone di smaltimento acque esistente.

5.2 Interventi di consolidamento del muro in muratura lato Genova

Il consolidamento dei muri rimasti illesi dopo il movimento franoso lato Genova è stato effettuato a mezzo di cordoli in testa con micropali e tiranti tramite l'utilizzo di un graticcio di travi in acciaio, per un totale di circa 30 m. Secondo la documentazione di progetto di variante risultano dunque i seguenti elementi:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 2° e 3° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 35 m (23 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 4° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 25 m (13 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- 5° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli di lunghezza totale pari a 20 m (8 m di lunghezza libera più 12 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- Microdreni di lunghezza variabile 35-60 m, interasse longitudinale 4 m con perforazione 150-160 mm;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.



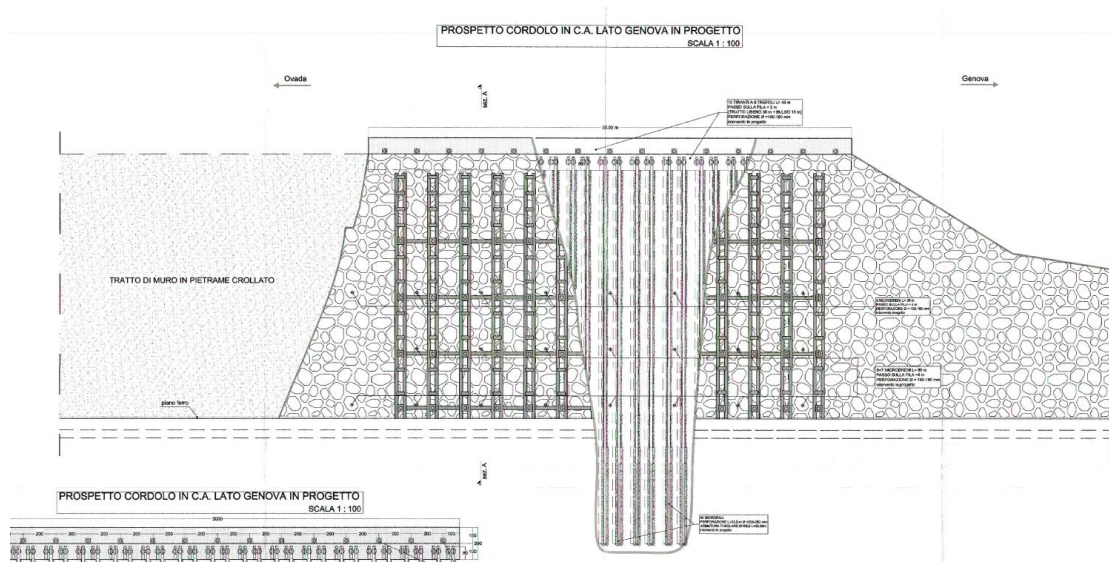


Figura 13 – Stralcio degli interventi realizzati di consolidamento del muro in muratura lato Genova.

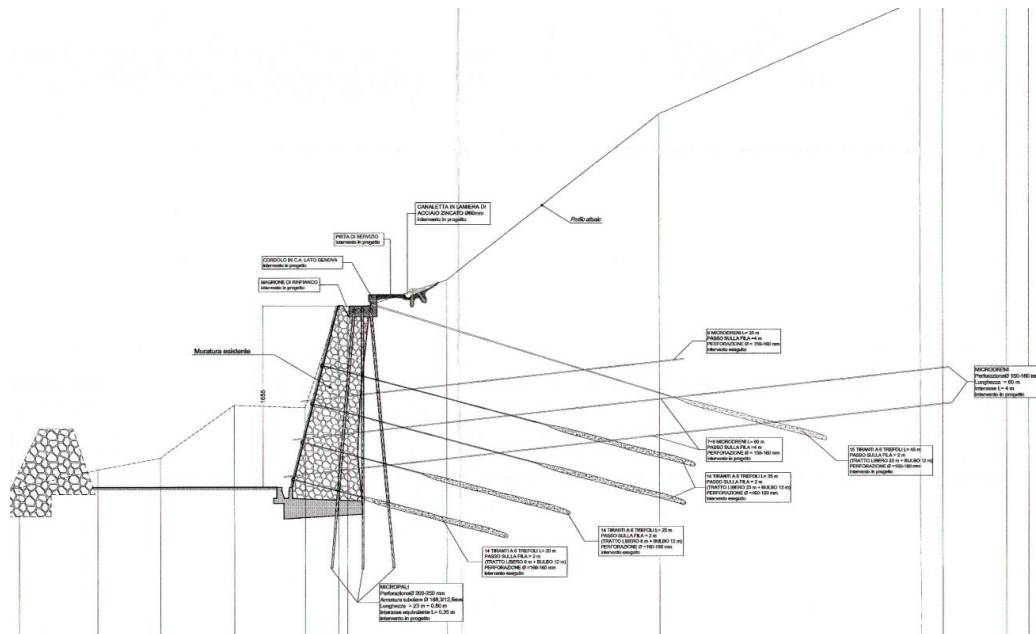


Figura 14 – Stralcio di una delle sezioni di progetto di variante 2003.

Alla base del muro risulta essere presente un cunettone di smaltimento acque esistente.

5.3 Interventi di consolidamento del muro crollato

L'opera di consolidamento utilizzata per il tratto di muro crollato è stata realizzata tramite l'utilizzo di pali di grande diametro, colonne di jet-grouting e micropali, il tutto disposto in modo da formare una struttura rigida con pozzi drenanti.

Di seguito si allega uno stralcio degli elaborati di progetto della documentazione di progetto di variante 2003, assieme a delle foto delle lavorazioni.

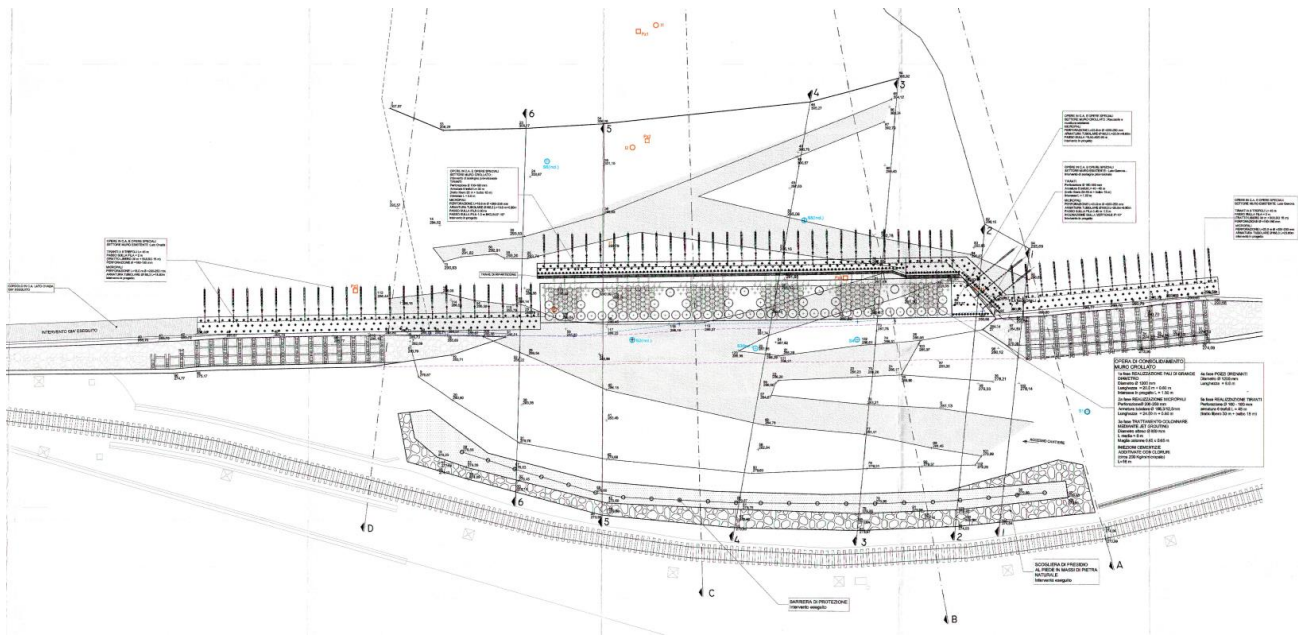


Figura 15 – Stralcio della planimetria di progetto 2003.

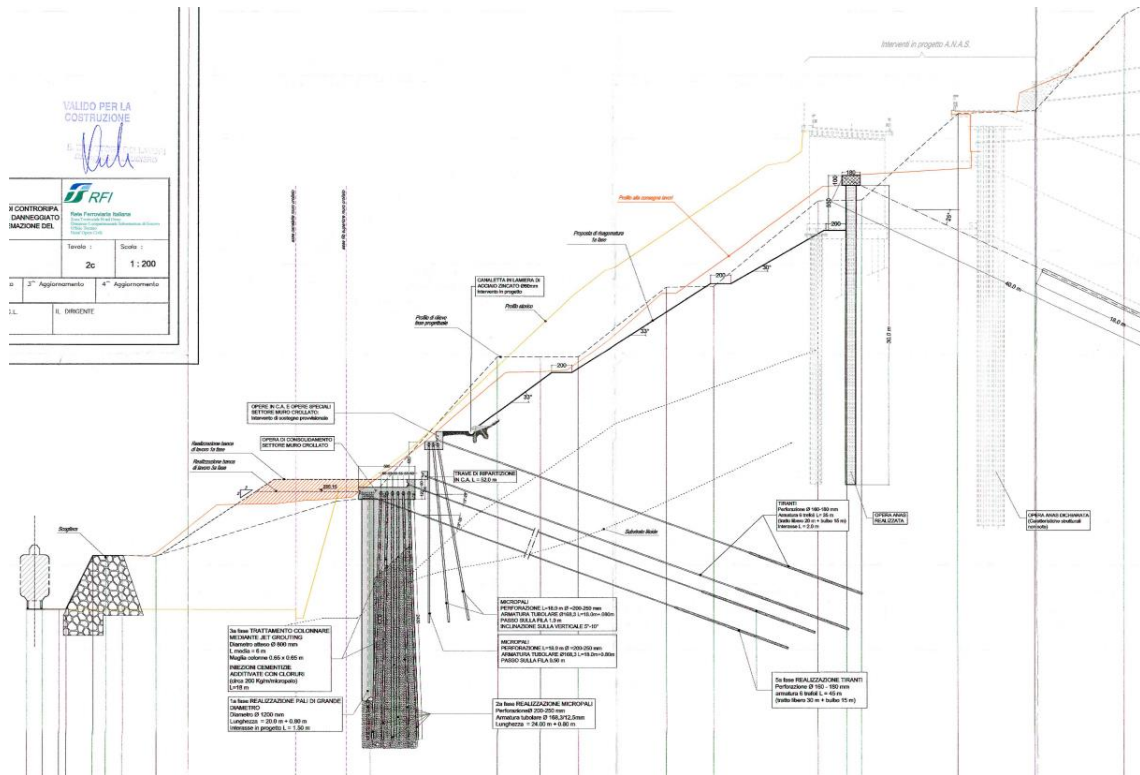


Figura 16 – Stralcio di una delle sezioni di progetto 2003 per il tratto di muro crollato.



Figura 17 – Foto frontale della sistemazione provvisoria del versante durante i lavori.



Figura 18 – Foto frontale della sistemazione provvisoria del versante a lavori ultimati.

Per la realizzazione degli interventi principali sono state realizzate delle opere provvisionali sulla parte superiore consistenti nei seguenti interventi:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 35 m (20 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2.0 m;
- 2° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli in c.a. di lunghezza totale pari a 35 m (20 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2.0 m;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 18 m, interasse longitudinale variabile, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 18.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

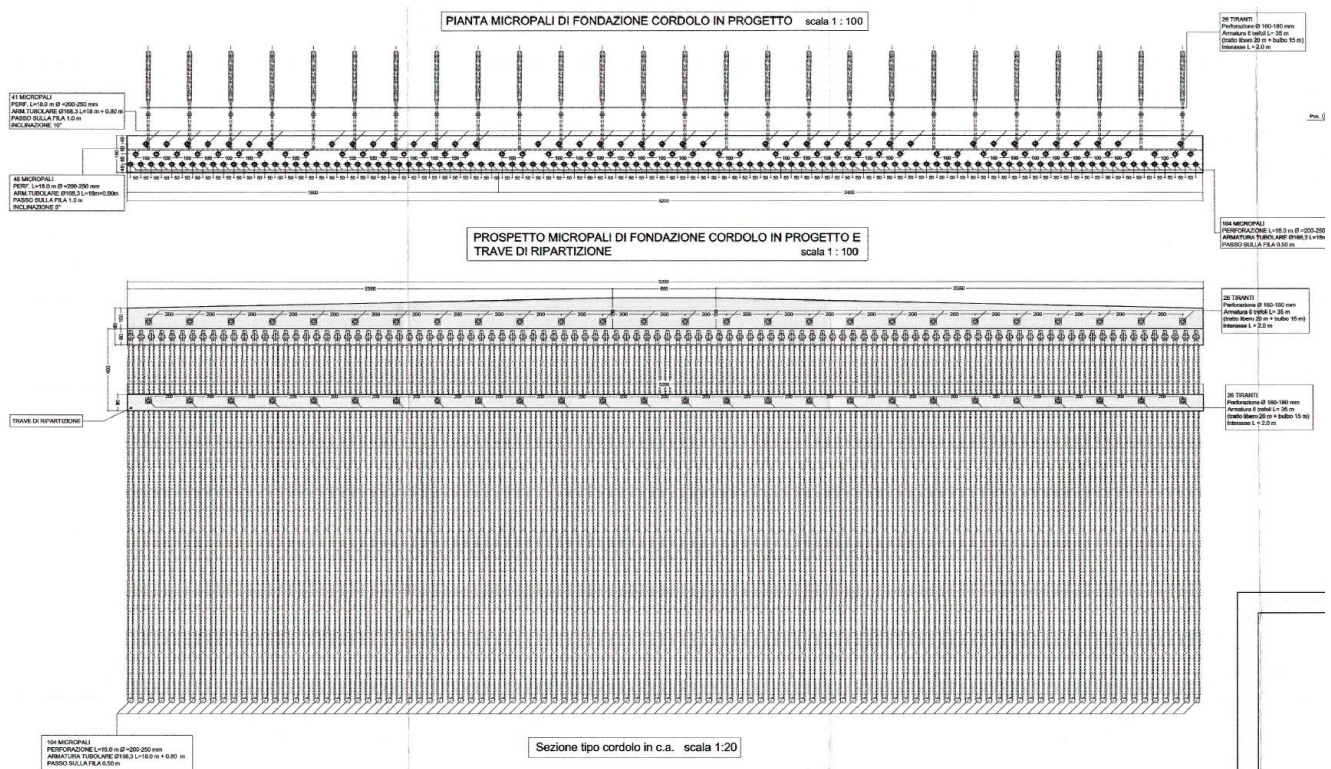


Figura 19 – Stralcio degli interventi provvisori realizzati sul settore di muro crollato.

Nel settore di collegamento tra muro crollato e muro rimasto in posto lato Genova sono state necessarie delle opere provvisori di raccordo.

Sono stati realizzati i seguenti interventi provvisori:

- 1° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 40-45 m (25-30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 1.5 m;
- 2° ordine di tiranti con tiranti a 6 trefoli in c.a. di lunghezza totale pari a 40-45 m (25-30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 1.5 m;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

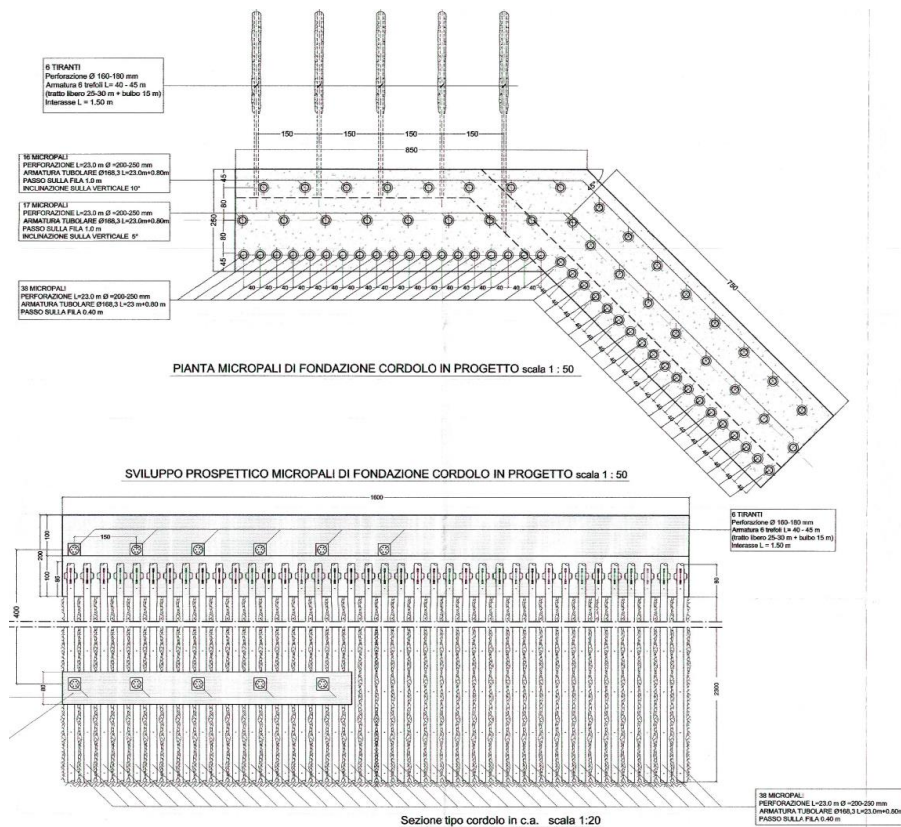


Figura 20 – Stralcio degli interventi realizzati nel settore di raccordo superiore.

L'intervento di progetto principale, finalizzato al ripristino e consolidamento meccanico del settore di muro crollato ha previsto i seguenti interventi:

- Pali di grande diametro con perforazione $\Phi 1200$ lunghezza 20.8 m ed interasse 1.5 m su fila principale, 4.5 m su fila secondaria;
- Pali di grande diametro con perforazione $\Phi 1200$ lunghezza 20.8 m ed interasse 1.5 m su fila principale, 4.5 m su fila secondaria.
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 24 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 24.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a..
- Jet grouting con diametro della singola colonna $\Phi 800$, lunghezza media 6 m e maglia delle colonne 0.65 m x 0.65 m;
- Realizzazione di pozzi drenanti di diametro $\Phi 1200$ m, lunghezza 6 m;
- Tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;

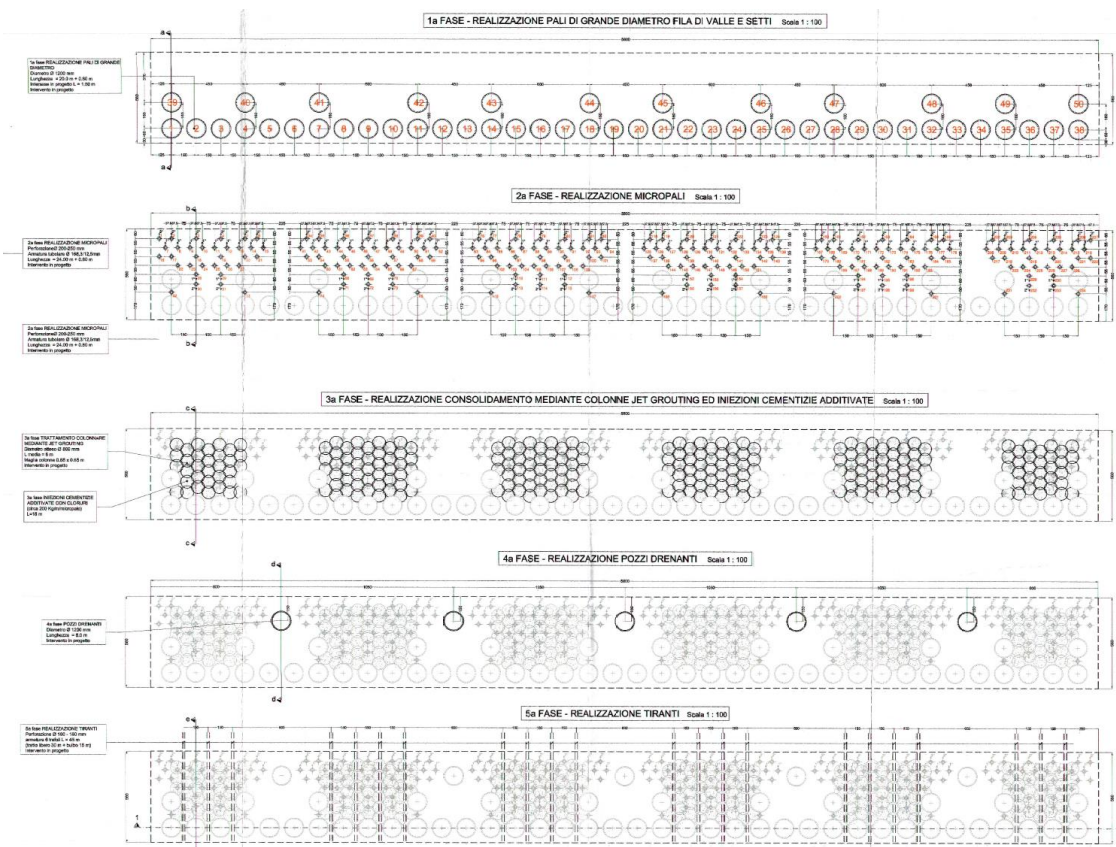


Figura 21 – Stralcio degli interventi realizzati di consolidamento del muro crollato.

Nel tratto di raccordo col muro rimasto in posto lato Genova sono stati realizzati i seguenti interventi:

- Tiranti con tiranti a 6 trefoli realizzati in testa al cordolo in c.a. di lunghezza totale pari a 45 m (30 m di lunghezza libera più 15 m di lunghezza di fondazione), perforazione 160-180 mm ed interasse longitudinale 2 m;
- Micropali di perforazione 200-250 mm, lunghezza 23 m, interasse medio longitudinale 0.4 m, armatura tubolare in acciaio $\Phi 168.3/12.5$ e lunghezza 23.8 m. I micropali sono stati collegati in testa tramite un apposito cordolo in c.a.

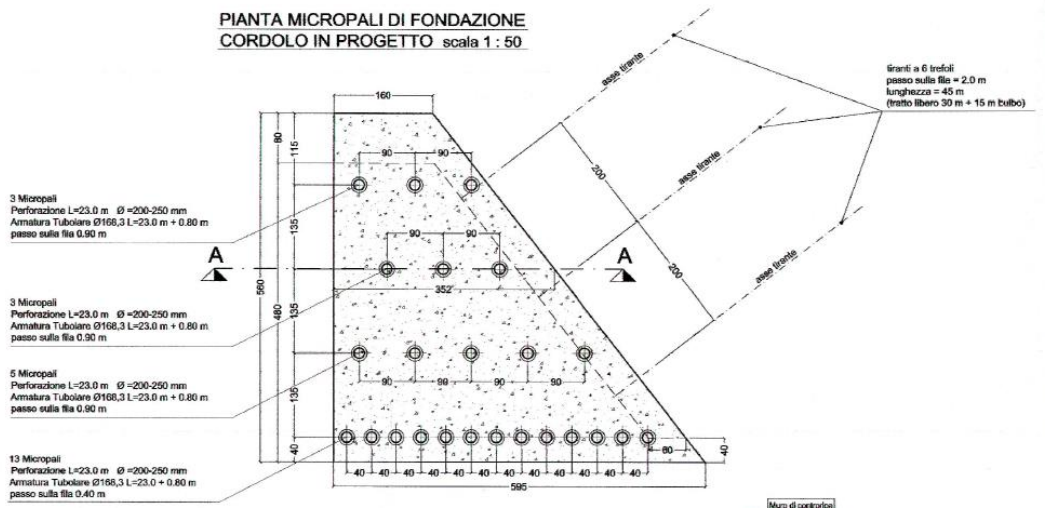


Figura 22 – Stralcio degli interventi realizzati nel settore di raccordo inferiore.

6 Interventi di progetto

L'intervento oggetto di questa progettazione esecutiva consiste nella definitiva messa in sicurezza del versante franato attraverso la realizzazione delle seguenti opere.

- Galleria artificiale prefabbricata;
- Galleria prefabbricata a sbalzo;
- Scatolare drenante prefabbricato;
- Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato;
- Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto;
- Consolidamento dei terreni di fondazione;
- Rampa di accesso;
- Opere di finitura superficiali sulle strutture a vista;
- Risagomature del versante;
- Interventi di rafforzamenti corticali;
- Nuovo tracciato ferroviario di progetto.

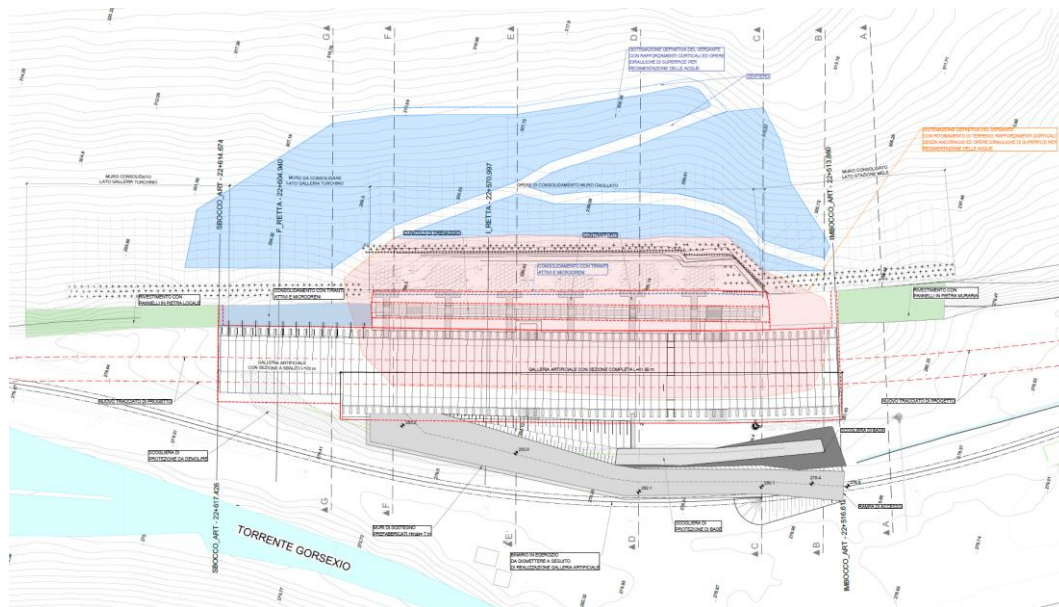


Figura 23 – Stralcio della planimetria di progetto.

Si descrivono di seguito le opere prettamente interessate dal presente documento.

6.1 Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato

Sul tratto di muro crollato sono stati già realizzati degli interventi di ripristino tramite pali di grande diametro, colonne di jet-grouting e micropali, collegati in testa tramite delle travi in c.a. di collegamento con dei tiranti in trefoli.

Al piede del muro risulta ora presente una banca di terreni di riporto, utilizzati per la stabilizzazione provvisoria del versante.

Contestualmente alle fasi di rimozione del terreno di riporto depositato al piede del versante, sarà prevista, la realizzazione di 4 file di ancoraggi provvisori costituiti da barre cave autoperforanti, con diametro di perforazione 100 mm, interasse variabile, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza totale variabile:

- 1° fila lunghezza totale 42 m;
- 2° fila lunghezza totale 39 m;
- 3° fila lunghezza totale 36 m;
- 4° fila lunghezza totale 33 m;
- 5° fila lunghezza totale 30 m.

Sugli ancoraggi è prevista un'azione di tesatura iniziale pari a 325 kN.

Gli ordini di tiranti saranno collegati tramite delle travi di ripartizione consistenti nell'accoppiamento di 2 profili HEB 180. Tali tiranti svolgeranno la sola funzione di ancoraggio provvisorio.

Saranno inoltre previsti dei microdreni in PVC ad interasse di circa 4 m, diametro minimo 50 mm e lunghezza variabile tra 50-60 m direttamente collegati ai fori del cunicolo drenante al fine di garantirne l'ispezionabilità e la manutenzione.

Si riportano di seguito degli stralci di una sezione e del prospetto degli interventi.

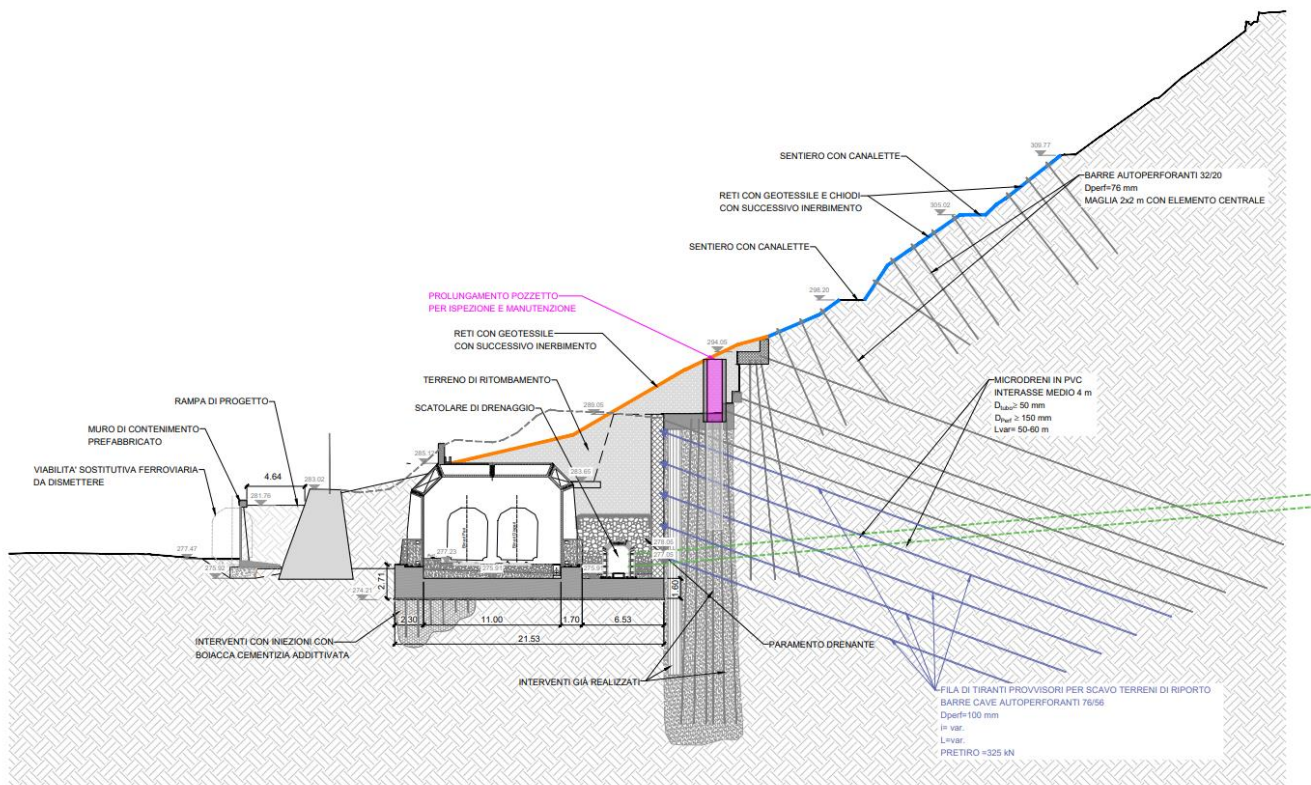


Figura 24 – Stralcio di una sezione di intervento sul muro crollato consolidato.

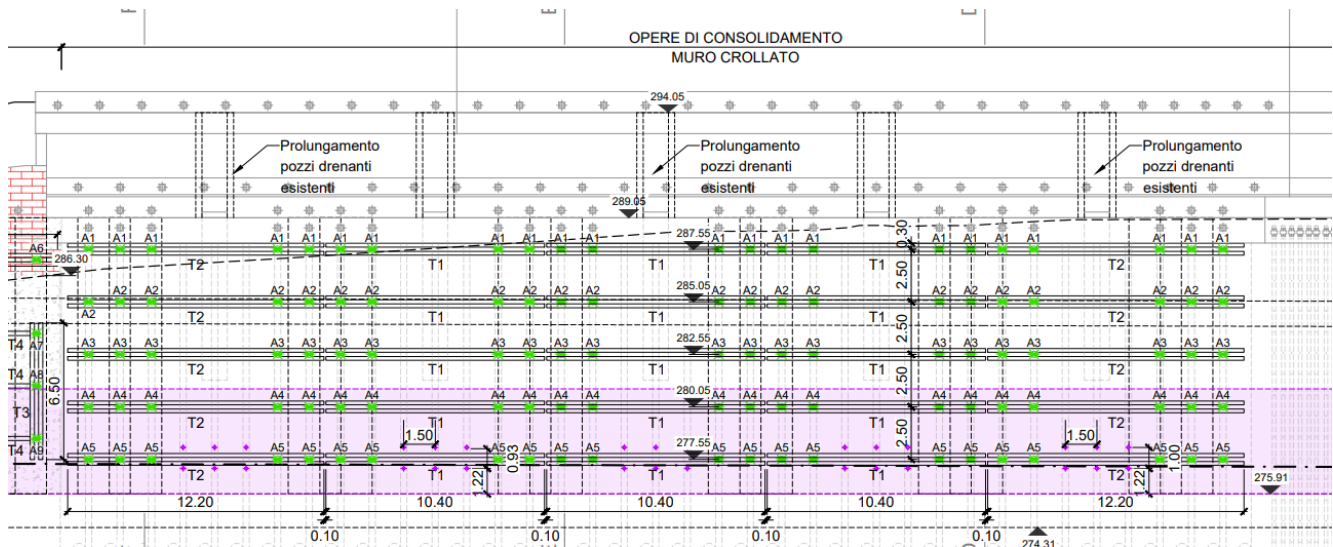


Figura 25 – Stralcio del prospetto degli interventi sul muro crollato consolidato.

6.2 Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto

Sul tratto di muro in muratura rimasto in posto lato Ovada compreso tra il settore di muro crollato e il settore di muro già consolidato è stata già realizzata una cortina di micropali collegata in testa da travi in c.a. e tiranti in trefoli.

Al piede del muro risulta ora presente una banca di terreni di riporto, utilizzati per la stabilizzazione provvisoria del versante.

Progressivamente alla rimozione dei terreni di riporto si procederà con dei consolidamenti strutturali del muro consistenti in iniezioni di resine epossidiche con canne a maglia 0.5 x 0.5 m finalizzate al ripristino delle caratteristiche meccaniche delle murature e alla preparazione del piano di posa dei tiranti;

Avanzando con gli scavi di sbancamento dei terreni di riporto saranno realizzate 4 file di ancoraggi provvisori costituiti da barre cave autopercoranti, con diametro di perforazione 100 mm, interasse 2 m, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza totale variabile:

- 1° fila lunghezza totale 33 m;
- 2° fila lunghezza totale 30 m;
- 3° fila lunghezza totale 26 m;
- 4° fila lunghezza totale 22 m.

Gli ancoraggi saranno collegati tramite apposite carpenterie ad un reticolo di travi HEB200: verticalmente lungo gli allineamenti saranno previste 2 travi HEB200, mentre orizzontalmente sugli allineamenti previsti, sarà presente 1 profilo HEB200.

Una volta arrivati alla quota del fondo scavo e realizzata la platea di fondazione saranno realizzate la struttura a sbalzo provvisoria la quale necessiterà la realizzazione di tiranti provvisori apposito per il sostegno della struttura:

- esecuzione di tiranti attivi di 1° fase provvisori con barre Dywidag da 40 mm, diametro di perforazione 100 mm, interasse 2 m, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza 25 m, 10 m di cui per fondazione,

Tali tiranti saranno inglobati all'interno di una soletta in c.a. solidale alla struttura.

Si riportano di seguito degli stralci di una sezione e del prospetto degli interventi.

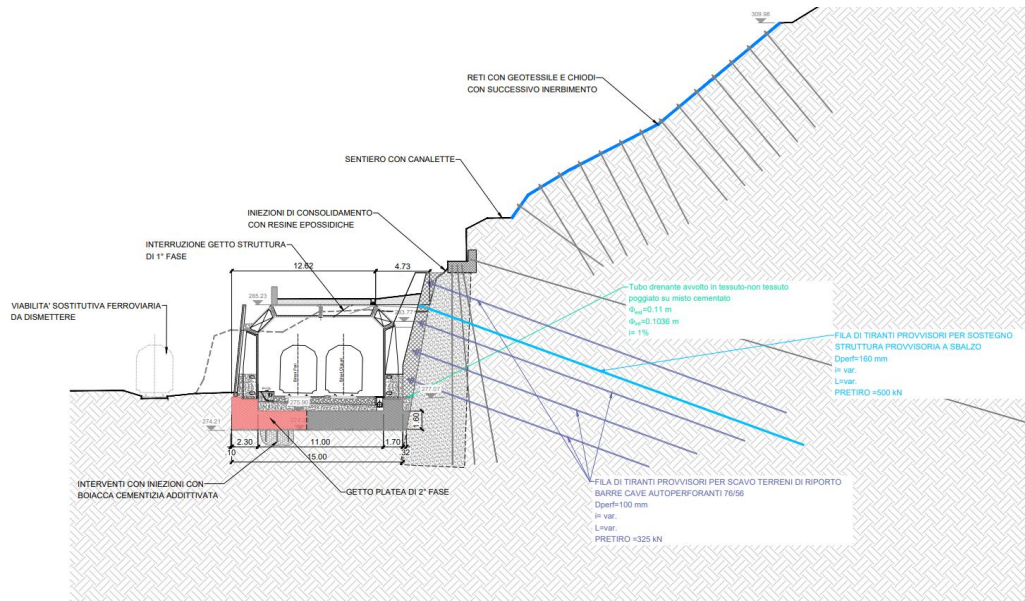


Figura 26 – Stralcio di una sezione di intervento sul muro da consolidare lato Ovada.

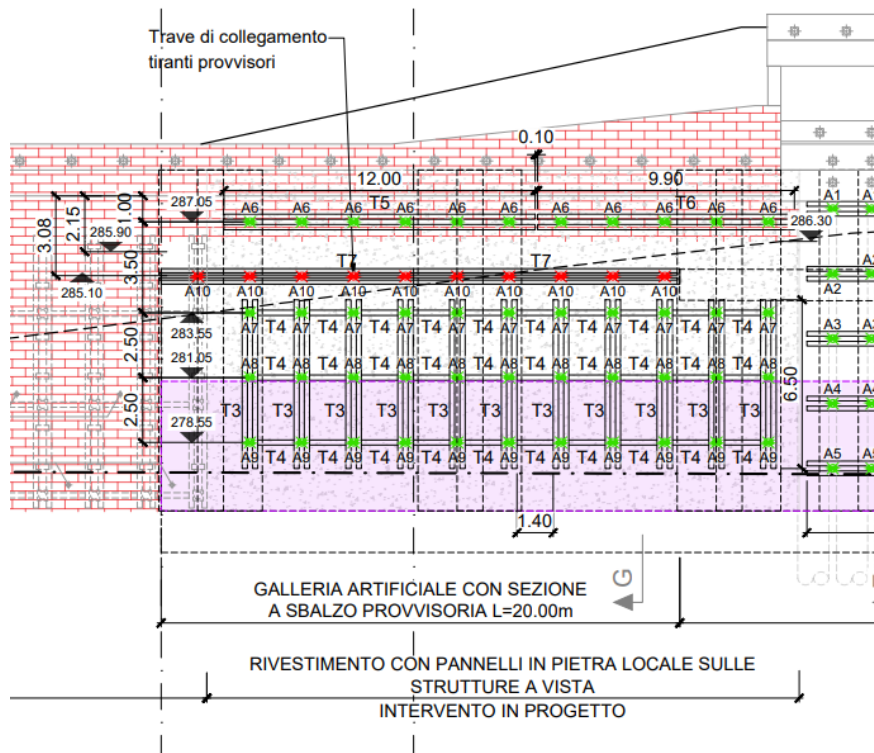


Figura 27 – Stralcio del prospetto degli interventi sul muro da consolidare.

Al di sopra delle opere di contenimento e delle rispettive opere in c.a. di testa sarà previsto invece un intervento di rafforzamento corticale completo con reti, geotessile e barre di ancoraggio autoperforanti.

Le barre autoperforanti avranno perforazione da 76 mm, diametro esterno/interno 32/20 mm, lunghezza pari a 9 m e maglia 2x2 con elemento centrale.

Si riporta di seguito una sezione tipica dell'intervento previsto.

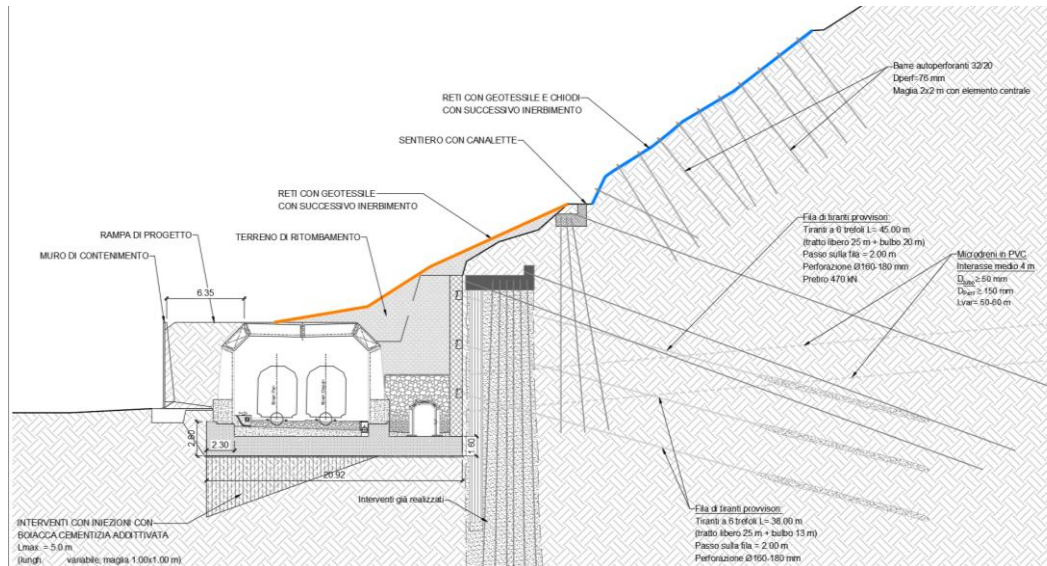


Figura 29 – Sezione tipo dell'intervento di sistemazione definitiva del versante.

Lungo la scarpata saranno previste delle apposite opere idrauliche di regimentazione delle acque di superficie. Al termine del completamento dei rafforzamenti sarà inoltre previsto il rinverdimento della scarpata tramite idrosemina su tutta la sua estensione. Si riporta un esempio tipologico dei risultati previsto per la lavorazione.



Figura 30 – Foto di intervento di rinverdimento di una scarpata con idrosemina.

7 Criteri e metodologie di verifica

7.1 Riferimenti normativi

7.1.1 Norme generali

Tutte le analisi sono state effettuate con riferimento alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche delle costruzioni del 17/01/2018 (NTC2018) e alle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicate a Gennaio del 2019.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) consistono, in generale, nel verificare il rispetto della condizione:

$$E_d < R_d \quad [6.2.1 - NTC2018]$$

dove con E_d si indica il valore di progetto delle azioni, o degli effetti delle azioni, e con R_d il valore di progetto delle resistenze.

La verifica di tale condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali definiti rispettivamente per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

Le azioni di progetto, E_d , o, altresì, gli effetti delle azioni, sono valutabili a partire dalle azioni caratteristiche adottando per i coefficienti parziali γ_F i valori specificati nella Figura 31 (Tabella 2.6.I delle NTC2018); le resistenze dei materiali sono valutabili a partire dalle resistenze caratteristiche adottando i coefficienti parziali γ_M specificati nei capitoli 4 (calcestruzzo e acciaio) e 6 (parametri geotecnici di resistenza) delle "Norme Tecniche delle Costruzioni", tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R , specifici per ciascun tipo di opera.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1} .

Figura 31 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU.

Le resistenze di progetto R_d , si determinano a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici di resistenza, divisi per i coefficienti parziali γ_M specificati in Figura 32 (Tabella 6.2.II delle NTC2018) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R , specifici per ciascun tipo di opera e verifica.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Figura 32 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (NTC2018).

7.1.2 Verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale (SLU di tipo GEO) deve essere eseguita utilizzando la combinazione (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto, in condizioni statiche, del valore del coefficiente parziale $\gamma_R = 1.1$, come indicato nella figura seguente, definito per le opere di materiali sciolti e per i fronti di scavo (Tab. 6.8.I delle NTC2018).

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Figura 33. Coefficiente parziale per la verifica di stabilità globale, per opere di materiali sciolti e fronti di scavo (NTC2018).

In condizioni sismiche la verifica viene svolta secondo i criteri validi per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

7.1.3 Barre di ancoraggio e pannello di rete

Per quanto riguarda la progettazione delle barre di ancoraggio, si fa riferimento al Par. 6.6 delle NTC2018.

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi dei tiranti di ancoraggio si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione [6.2.1] delle NTC2018 con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I delle NTC2018.

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto E_d con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} i coefficienti parziali γ_R riportati nella Tab. 6.6.I delle NTC2018. Nel caso in esame si considerano ancoraggi permanenti (γ_R pari a 1.2).

Tab. 6.6.I - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

Figura 34. Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi (NTC2018).

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio R_{ak} si può determinare:

- Dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova;
- Con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio.

Nel caso in esame (b), il valore della resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} riportati nella Tabella 6.6.III delle NTC2018 rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo (condizione 6.6.1 delle NTC2018). Per la valutazione dei fattori ξ_{a3} e ξ_{a4} , si deve tenere conto che i profili di indagine sono solo quelli che consentono la completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo per il terreno di fondazione dell'ancoraggio.

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{medio}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{a,c})_{min}}{\xi_{a4}} \right\}$$

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi non si applicano coefficienti parziali di sicurezza sui valori caratteristici della resistenza del terreno; si fa quindi riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza M1.

Tab. 6.6.III - Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

Figura 35. Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine.

Nel caso in esame si assume un fattore di correlazione ξ_a pari a 1.8. Tale valore rappresenta il massimo possibile in quanto non sono presenti prove di estrazione da cui ricavare uno specifico parametro di adesione malta-terreno.

7.2 Metodologie di verifica

7.2.1 Verifica di stabilità globale

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte sulle condizioni di progetto in condizioni statiche e sismiche tramite il software Rocscience Slide 2019.

Le analisi sono state eseguite nell'ipotesi di problema piano con i tradizionali metodi dell'equilibrio limite globale, schematizzando il terreno come un mezzo rigido plastico, adottando il criterio di rottura di Mohr Coulomb e il metodo e il metodo GLE/Morganstern-Price.

Il software suddivide così ogni superficie di scivolamento in un determinato numero di strisce, calcolandone l'equilibrio e il coefficiente di sicurezza come il rapporto tra la somma delle forze stabilizzanti e la somma delle forze instabilizzanti.

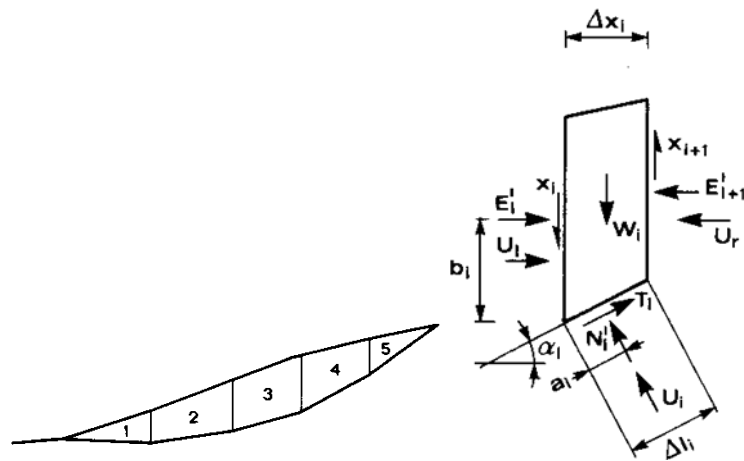


Figura 36 – Suddivisione in strisce della singola superficie di scivolamento.

7.2.2 Barre di ancoraggio e pannello di rete

Per quanto riguarda il dimensionamento e la verifica delle barre di ancoraggio sono state eseguite le due verifiche:

- Verifica a sfilamento dell'ancoraggio (acciaio-malta e malta-terreno);
- Verifica della resistenza strutturale dell'ancoraggio.

Deve essere rispettata la condizione [6.2.1] delle NTC2018.

Inoltre, per ogni dimensionamento è stata rispettata la gerarchia delle resistenze, facendo in modo che la resistenza a sfilamento caratteristica della barra fosse sempre inferiore alla resistenza strutturale dell'acciaio caratteristica.

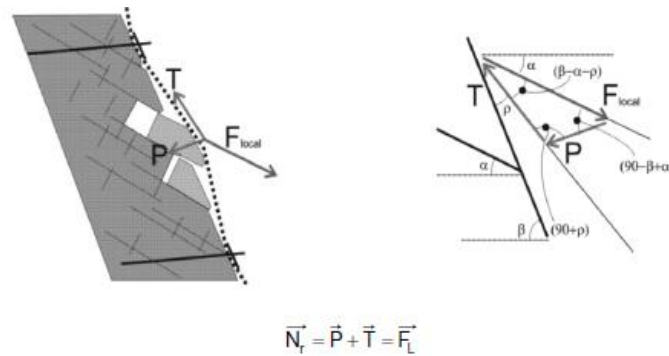
L'apporto delle barre è stato inoltre considerato principalmente in termini di meccanismi di scivolamento globali sulla scarpata, valutando l'incremento del coefficiente di sicurezza rispetto allo stato di fatto.

Il pannello in rete dei rafforzamenti corticali viene verificato analiticamente rispetto ad un meccanismo locale che vede, nell'ipotesi peggiore, il distacco dell'intero volume di materiale nell'area libera tra i chiodi.

La verifica delle barre e del pannello è stata condotta considerando le condizioni di carico ricavate analiticamente tramite il metodo di Giacchetti e Bertolo (2010) descritto nello schema di calcolo illustrato di seguito.

Schema di calcolo analitico

Le sollecitazioni sul pannello sono ricavate con il metodo di Giacchetti e Bertolo (2010) tramite la scomposizione vettoriale dell'azione del blocco potenzialmente instabile isolato dalle due file di barre ai lati del blocco stesso. L'approccio permette di ricavare trazione e punzonamento del pannello.



La quantificazione delle forze deriva dalle seguenti espressioni:

$$P = F_l \text{sen}(\beta - \alpha)$$

$$\rho = \arctan \frac{\Delta_{pnr}}{1.50}$$

$$T = \frac{F_l \text{sen}(\beta - \alpha)}{i_x \text{sen}(\beta - \alpha - \rho)}$$

Figura 37. Scomposizione vettoriale (Giacchetti e Bertolo, 2010).

I parametri resistenti del pannello sono divisi per un γ_m degli elementi d'acciaio di 1.15. Analogamente il peso del blocco a tergo del pannello viene poi trasferito sugli ancoraggi dell'area di influenza considerata.

7.2.2.1 Verifica a sfilamento dell'ancoraggio

7.2.2.1.1 Malta-terreno

Per quanto riguarda la resistenza di progetto allo sfilamento viene determinata come:

$$R_d = R_{ad} = \frac{R_{ak}}{\gamma_R}$$

Dove:

- R_{ak} = valore caratteristico della resistenza allo sfilamento;
- R_{ad} = valore di progetto della resistenza allo sfilamento;
- γ_R = coefficiente parziale, pari a 1.2 per ancoraggi permanenti (Tab. 6.6.I delle NTC2018).

Il calcolo di R_{ak} viene determinato tramite la seguente formula:

$$R_{ak} = \frac{\pi D_{perf} L_{barra} \alpha \tau}{\xi_a}$$

In cui:

- D_{perf} = diametro di perforazione;
- L_{barra} = lunghezza della barra reagente oltre il cuneo di rottura;
- α = coefficiente empirico correlato con la metodologia di esecuzione delle iniezioni del tratto di fondazione;
- τ = aderenza limite caratteristica bulbo-terreno;
- ξ_a = fattore di correlazione, da stimare in funzione del numero dei profili di indagine disponibili secondo la Tab. 6.6.III delle NTC2018. In questo caso posto pari a 1.8.

Per i valori di α e τ fare riferimento al capitolo §8.

7.2.2.1.2 Acciaio-malta

In questo caso la resistenza di progetto vale:

$$R_d = S_{ad} = \frac{\tau_{a-m}}{\gamma_M} \cdot S_{lat}$$

Dove:

- τ_{a-m} è l'adesione acciaio-malta, che si può ricavare a partire dalla resistenza caratteristica R_{ck} della malta ($\tau_{a-m}=0.237R_{ck}^{2/3}$);
- γ_M è il fattore parziale per l'adesione malta-acciaio, pari a 1.50;
- S_{lat} è la superficie effettiva di contatto malta – acciaio, pari a PL, dove:
- P è il perimetro della sezione di armatura;
- L è la lunghezza dell'ancoraggio.

7.2.2.2 Verifica della resistenza strutturale dell'ancoraggio

Il valore di progetto della resistenza, da confrontare con la massima azione di progetto, viene calcolata come:

$$R_d = R_{td} = f_{yd} A_{barra}$$

Dove:

- A_{barra} = area della singola barra di ancoraggio;
- f_{yd} = tensione di progetto di snervamento dell'acciaio.

La resistenza di calcolo dell'acciaio si calcola usando l'espressione definita al §4.1.2.1.1.3 – NTC2018:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

Essendo:

- f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;
- γ_s = coefficiente parziale di sicurezza = 1.15.

8 Modello geotecnico e caratterizzazione sismica

Per ogni Unità Geotecnica interessata sono stati definiti dei parametri geotecnici di riferimento per le analisi e le verifiche/dimensionamenti delle opere in oggetto (Tabella 1). Per i dettagli sulla caratterizzazione geotecnica del sito in esame fare riferimento all'elaborato 3537_23_000_PE_TSPN_01_00_0601-0_Relazione geotecnica.

Unità geotecnica	γ		c'	φ'
	γ_n	γ_{sat}		
	[kN/m ³]		[kPa]	[°]
UGI	18	18	0	26
UGI (jg)	18	18	975	26
UGIIIa	20	20	150	26
UGIIIb	24	24	240	28

Tabella 1 – Riepilogo dei principali parametri geotecnici.

Per l'unità UGI è stato considerato un incremento dei parametri di resistenza dovuto al trattamento in jet-grouting eseguito fino a 6 metri di profondità. Il jet grouting genera un incremento della coesione mentre l'angolo di attrito rimane invariato. Nello specifico si avrà:

$$\varphi'_{jet} = 26^\circ$$

$$c'_{jet} \frac{\sigma_{cjet} \sin \varphi_{jet}}{2 \cos \varphi_{jet}} = 975 \text{ kPa}$$

dove $\sigma_{cjet} = 2 \text{ MPa}$ per colonne di diametro 0.8-0.9 m (valore tipico per trattamenti di jet-grouting mono-fluido).

Nell'ambito della caratterizzazione geotecnica specifica per la resistenza dei rafforzamenti corticali viene utilizzato il metodo proposto da Bustamante e Doix (1985), basato sulle caratteristiche del terreno e sulla tecnologia esecutiva di iniezione.

In questo caso la resistenza fornita dalla superficie laterale dell'ancoraggio è definita, oltre che dalle sue caratteristiche geometriche, da due parametri specifici:

- α : coefficiente amplificativo che tiene conto dell'aumento del diametro rispetto al diametro di perforazione, in funzione del terreno e della tecnologia esecutiva;
- q_s (s): resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia fra zona iniettata e terreno.

I valori del coefficiente α da adottare sono riportati in Tabella 2.

Terreno	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	1,5 Vs
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	1,5 Vs
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	1,5 Vs
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	1,5 Vs
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: (1,5 - 2)Vs; IGU: 1,5Vs
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: 2Vs; IGU: 1,5Vs
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: (2,5 - 3)Vs; IGU: (1,5 - 2)Vs
Marne	1,8	1,1 - 1,2	(1,5 - 2)Vs per strati compatti
Calcarei mamosi	1,8	1,1 - 1,2	(2 - 6)Vs o più per strati fratturati
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(1,1 - 1,5)Vs per strati poco fratturati 2Vs o più per strati fratturati

Tabella 2. Valori del coefficiente amplificativo α .

Nel caso studio, gli ancoraggi sono realizzati all'interno di una coltre detritica prevalentemente sabbiosa con componente limosa (UGI). Essendo eseguite le opere di progetto secondo la tecnica di Iniezione Globale Unica (IGU), è stato posto $\alpha = 1.1$.

I valori della resistenza tangenziale unitaria s , all'interfaccia fra tratto iniettato e terreno, possono essere determinati direttamente mediante gli abachi e le tabelle definiti da Bustamante e Doix per le diverse tipologie di terreno.

Nelle figure seguenti sono riportati gli abachi da utilizzare nel caso in oggetto.

Indicazioni per la scelta del valore di s		
TERRENO	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	$\geq R1$	$\geq R2$

Tabella 3. Indicazioni per l'uso degli abachi.

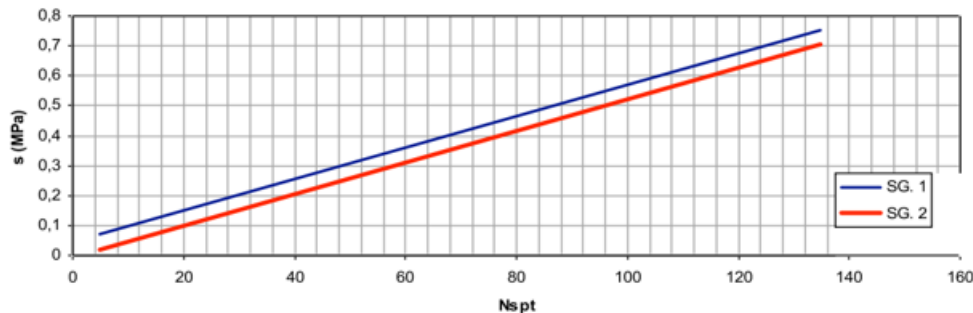


Figura 38. Abaco per la determinazione di s per sabbie e ghiaie.

Si è ipotizzato un valore di s pari a 100 kPa, ritenuto congruente con la tipologia di terreni in posto. I valori di progetto utilizzati per la caratterizzazione geotecnica degli ancoraggi sono dunque:

- $\alpha = 1.1$;
- $s = 100$ kPa.

Le analisi in presenza di sisma possono essere effettuate adottando il metodo pseudo-statico, in cui l'azione sismica è rappresentata da una azione statica equivalente proporzionale al peso W del volume di terreno instabile; le componenti orizzontali e verticali di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h W$ e $F_v = k_v W$, dove il coefficiente k_h è legato all'accelerazione di picco dalla relazione:

$$k_h = \beta \frac{a_{max}}{g} = \beta \frac{S_s \cdot S_T \cdot a_g}{g}$$

Con:

- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento ($a_g = 0.0826g$);
- β = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (nelle verifiche allo stato limite ultimo-SLV, $\beta = 0.38$ valutato cautelativamente come per il caso dei fronti di scavo);
- S_s = coefficiente che tiene conto della amplificazione stratigrafica ($S_s = 1.6$);
- S_T = coefficiente di amplificazione topografica ($S_T = 1.4$).

Il coefficiente di azione sismica verticale k_v è invece definito come:

$$k_v = \pm 0.5k_h$$

Di seguito sono riassunte le azioni statiche equivalenti applicate per le differenti condizioni.

Verifiche di stabilità globale	
[g]	
k_h (SLV)	0.07
k_v (SLV)	0.035

Tabella 4. Tabella riepilogativa delle azioni sismiche applicate.

9 Modello di calcolo

Al fine di uno studio dettagliato degli interventi di stabilizzazione della scarpata a monte delle opere di progetto (esistenti e previste) e per le verifiche di stabilità globale del complesso terreno-strutture, sono state considerate tre specifiche sezioni di calcolo nelle analisi con il software Rocscience Slide 2019:

- La **Sezione provvisoria** è rappresentativa della configurazione di raggiungimento della quota di fondo scavo in assenza di berma, del sistema di contrafforti e della presenza dei tiranti provvisori;
- La **Sezione 1** è rappresentativa unicamente dei dissesti superficiali all'interno del corpo frana a monte della galleria artificiale, con lo scopo di definire la tipologia di rafforzamento corticale avente finalità principalmente antierosiva;
- La **Sezione 2** è rappresentativa di tutto le opere di consolidamento/contenimento adiacenti alla galleria artificiale, verificando la stabilità globale a lungo termine dell'intera sezione di progetto.

9.1 Combinazioni di carico

Per le analisi sono state studiate le seguenti combinazioni di calcolo:

- **Combinazione SLU statica:** in combinazione A2+M2 viene studiato lo stato di progetto;
- **Combinazione sismica SLV:** in combinazione A1+M1 (parametri geotecnici caratteristici) viene studiato lo stato di progetto sotto un'azione sismica SLV.

9.2 Azioni di calcolo

Per quanto riguarda le azioni considerate all'interno delle analisi di calcolo, sono stati tenuti in conto:

- Pesi propri delle terre e delle strutture;
- Azione di pretiro dei tiranti provvisori;
- Azione sismica;
- Presenza di falda lungo il versante

I pesi propri dei terreni dei vari livelli litologici, così come i pesi delle strutture, sono stati considerati automaticamente dal software di calcolo in base ai corrispondenti pesi specifici assegnati.

L'azione di pretiro dei tiranti provvisori è stata applicata direttamente tramite una forza puntuale inclinata di 20° rispetto all'orizzontale e pari a 124 kN/m.

Tale forza è stata ricavata considerando il contributo di 4 tiranti con pretiro 325 kN su una fascia complessiva di 10.5 m.

L'azione sismica è stata simulata invece secondo l'applicazione di una forza pseudo-statica, con componenti orizzontali e verticali, secondo i valori definiti nel capitolo §8. Nelle analisi riportate nel capitolo §10 saranno indicate solamente le analisi più gravose tra quelle con componente sismica verticale verso l'alto e quelle verso il basso.

Per quanto riguarda la falda, a partire dalle condizioni studiate in fase di back-analysis si considera in tutte le analisi un livello di falda posto alla quota del microdreno più basso.

ipotizzando un innalzamento della falda fino al livello dei microdreni installati sulla paratia a valle del pendio in frana

9.3 Elementi utilizzati per le modellazioni

Per i terreni sono state considerate due unità stratigrafiche, associate rispettivamente all'unità geotecnica UGI, all'unità UGIIIa e all'unità UGIIIb, caratterizzate come riportato nel §8. Per l'unità UGI, in corrispondenza della paratia di pali e micropali esistente a valle del pendio in frana, è stato considerato un incremento dei parametri di resistenza dovuto al trattamento in jet-grouting eseguito fino a 6 metri di profondità.

I pali e i micropali sono stati simulati come elementi *Pile/Micro Pile* passivi, definiti dalle caratteristiche geometriche e strutturali della variante del Progetto Esecutivo 2006.

Si considerano dei micropali, con perforazione $\phi = 220 - 250$ mm, armatura tubolare $\phi = 168,3/12,5$ mm, disposti ad interasse variabile

La resistenza attribuibile ai micropali deriva dalla seguente espressione

$$T = \beta\alpha * \tau_{amm} * A_f$$

con

$$\beta\alpha = (E_s/E_t)^{1/4} \text{ (Mascardi, 1979)}$$

E_s = modulo di Young valido per il terreno interessato dall'immorsamento dei micropali e da trattamento jet grouting di consolidamento;

E_t = modulo di Young per il micropalo + iniezione cementizia

τ_{amm} = resistenza al taglio dell'acciaio d'armatura

A_f = area dell'armatura, pari 61,18 cm² per il profilato tubolare adottato.

Adottando un acciaio Fe 430 (secondo i cataloghi commerciali del periodo di realizzazione e come da progetto), il calcolo fornisce i seguenti valori:

$$\beta\alpha = 0,59$$

$$T_{fa} = 395,9 \text{ kN}$$

L'interasse delle file di micropali è stato valutato diversamente per ogni allineamento considerando degli interassi medi rappresentativi della loro effettiva disposizione variabile.

Si considerano dei pali di grande diametro, con perforazione $\phi = 1.200$ mm, cls con $R'_{bk} 300$ ed armatura tubolare $36 \phi 26$ mm, disposti secondo gli interassi effettivamente presenti nelle 2 file (1.5 m lato valle e 4.5 m lato monte).

Nel seguito, a favore di sicurezza, si trascurerà il contributo delle armature longitudinali.

La resistenza attribuibile ai pali di grande diametro deriva dalla seguente espressione

$$T_{fb} = \tau_{amm} * A'_p$$

con

τ_{amm} = resistenza al taglio del calcestruzzo, per elementi non armati a taglio

A'_p = area del palo, ipotizzando un raggio ridotto pari a 540 mm

Il calcolo fornisce i seguenti valori dunque un valore pari a

$$T_b = 485 \text{ kN}$$

Le barre di ancoraggio dei rafforzamenti corticali sono state simulate tramite elementi *Soil Nail* passivi, definiti dalle caratteristiche geometriche di progetto (interasse), dalle caratteristiche strutturali delle barre previste (resistenza a trazione 225 kN) ed una resistenza a sfilamento pari a quella definita secondo Bustamante e Doix nel §8.

9.4 Sezioni di calcolo

Di seguito sono riportati i modelli di calcolo per le sezioni studiate.

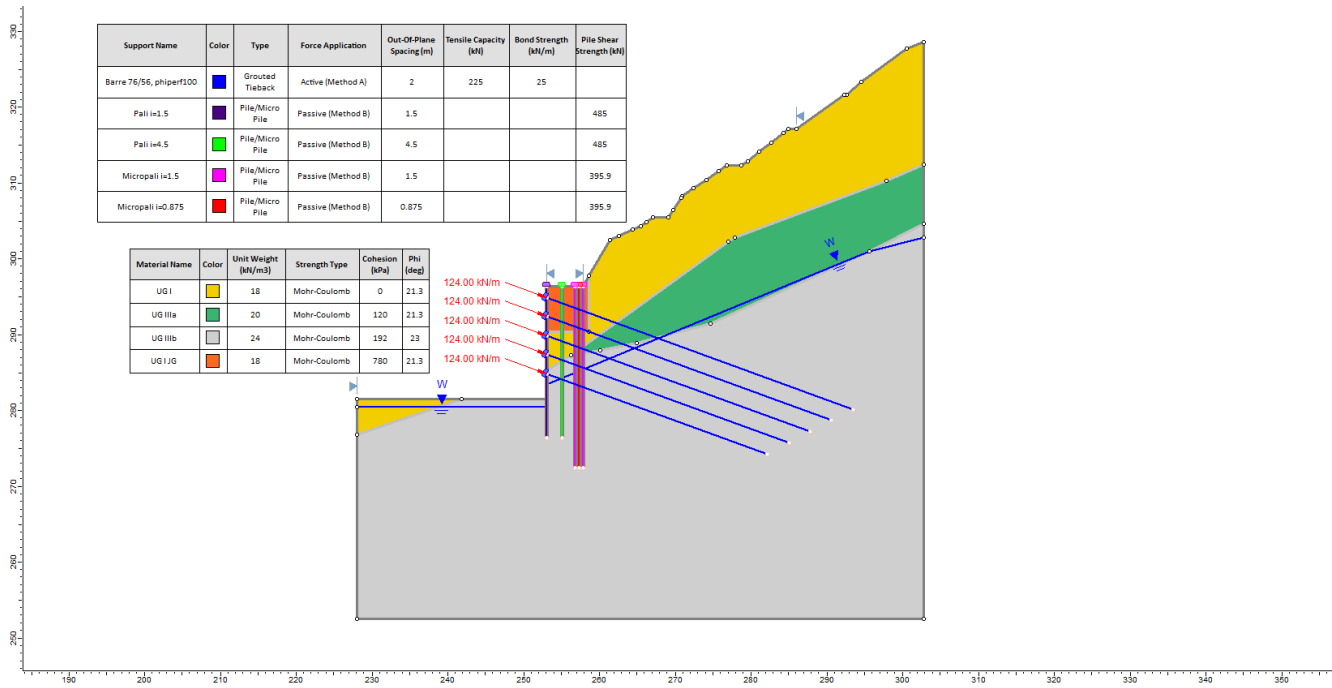


Figura 39 – Modello di calcolo in condizioni statiche SLU (Sezione provvisoria).

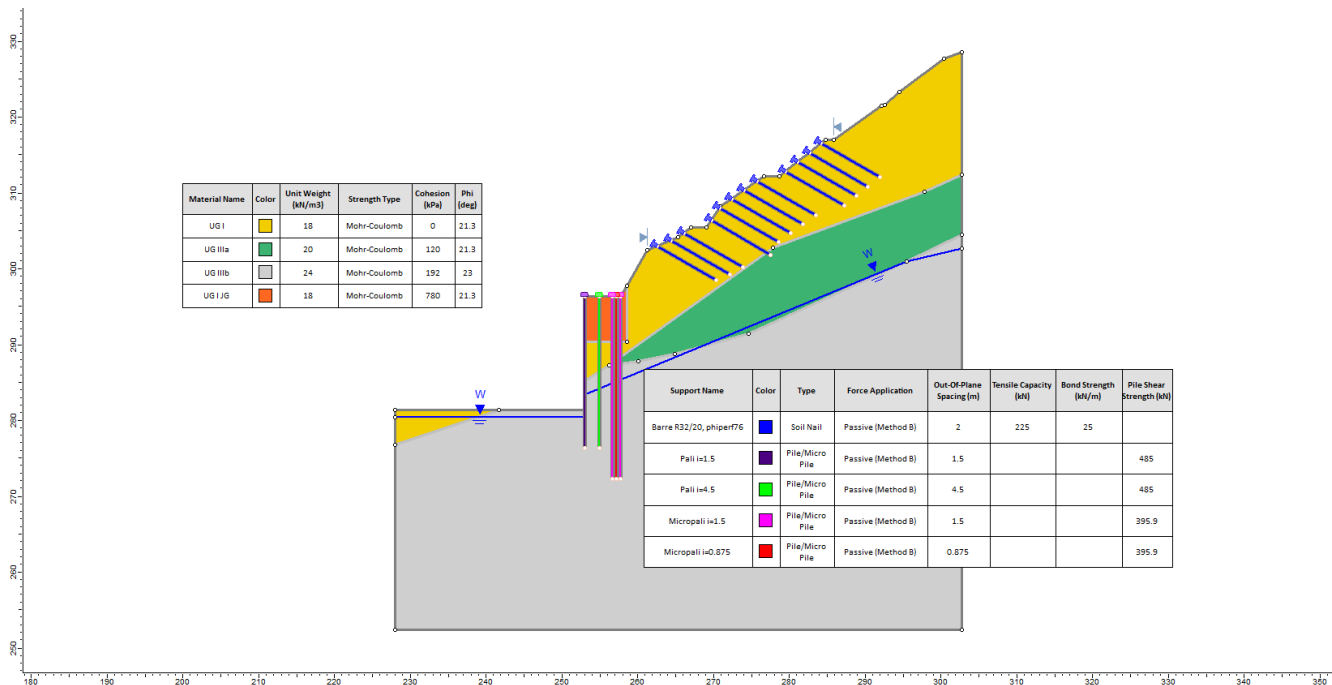


Figura 40 – Modello di calcolo in condizioni statiche SLU (Sezione 1).

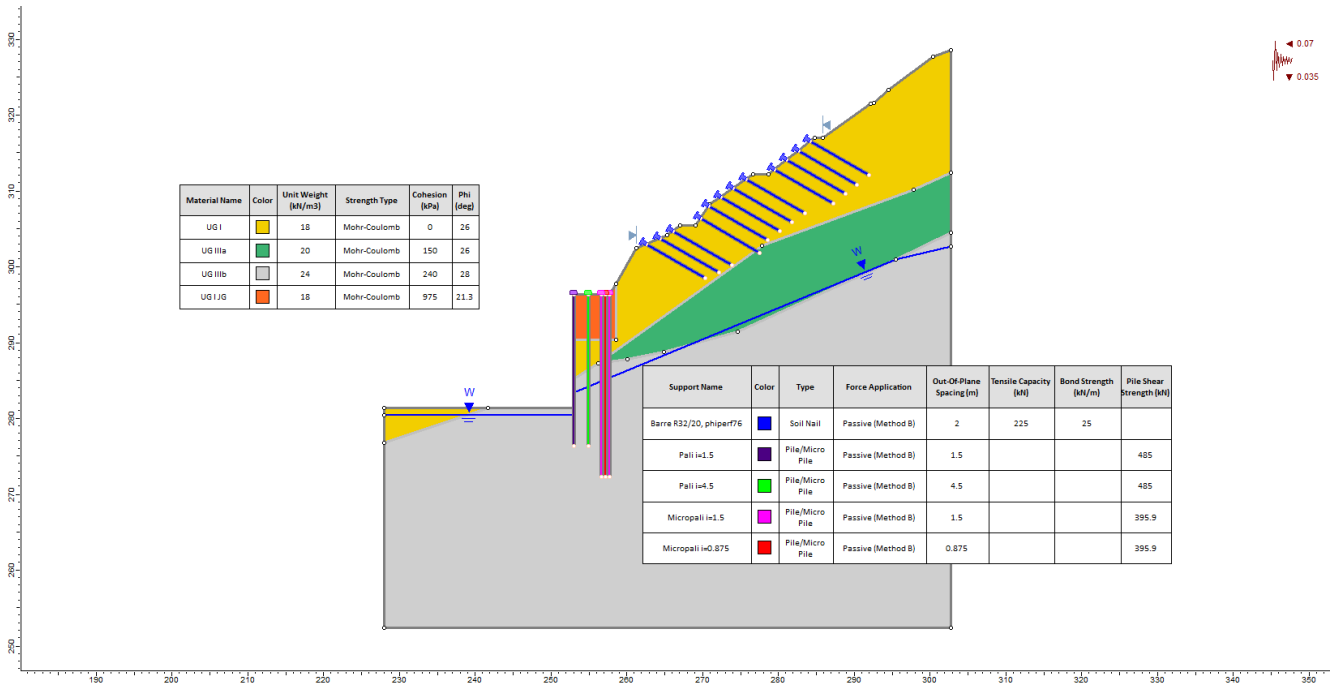


Figura 41 – Modello di calcolo in condizioni sismiche SLV (Sezione 1).

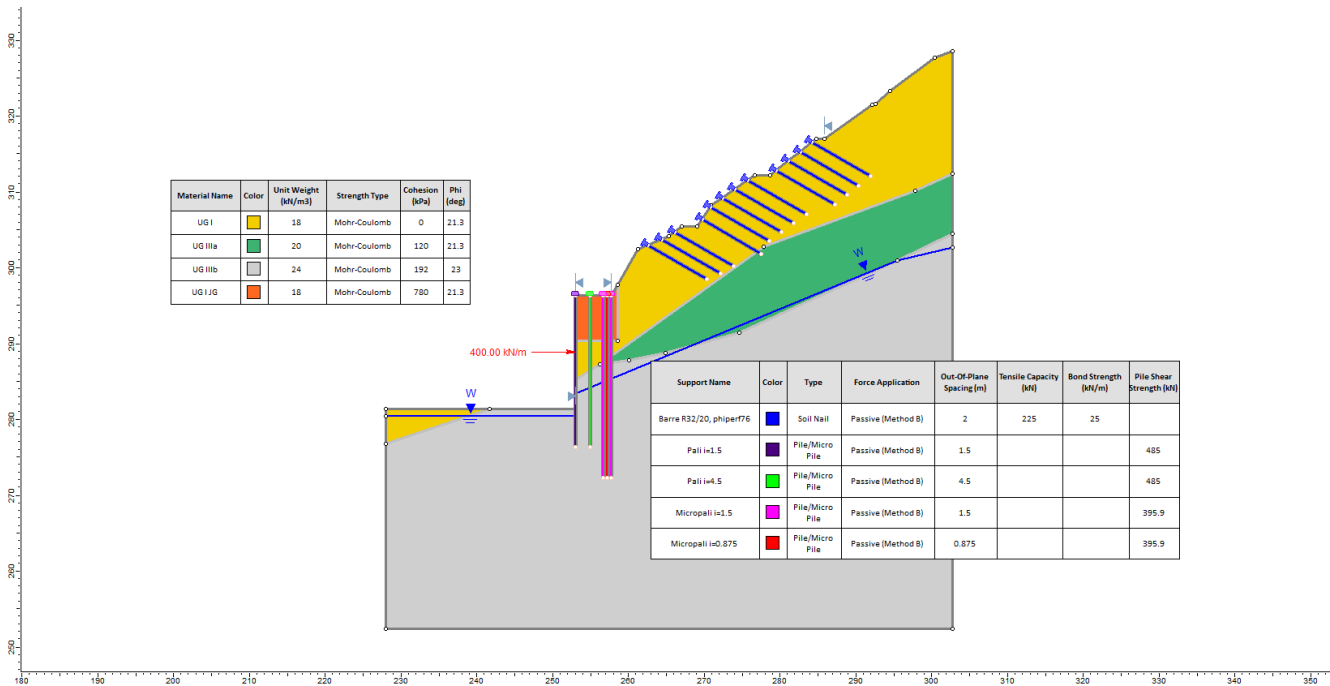


Figura 42 – Modello di calcolo in condizioni statiche SLU (Sezione 2).

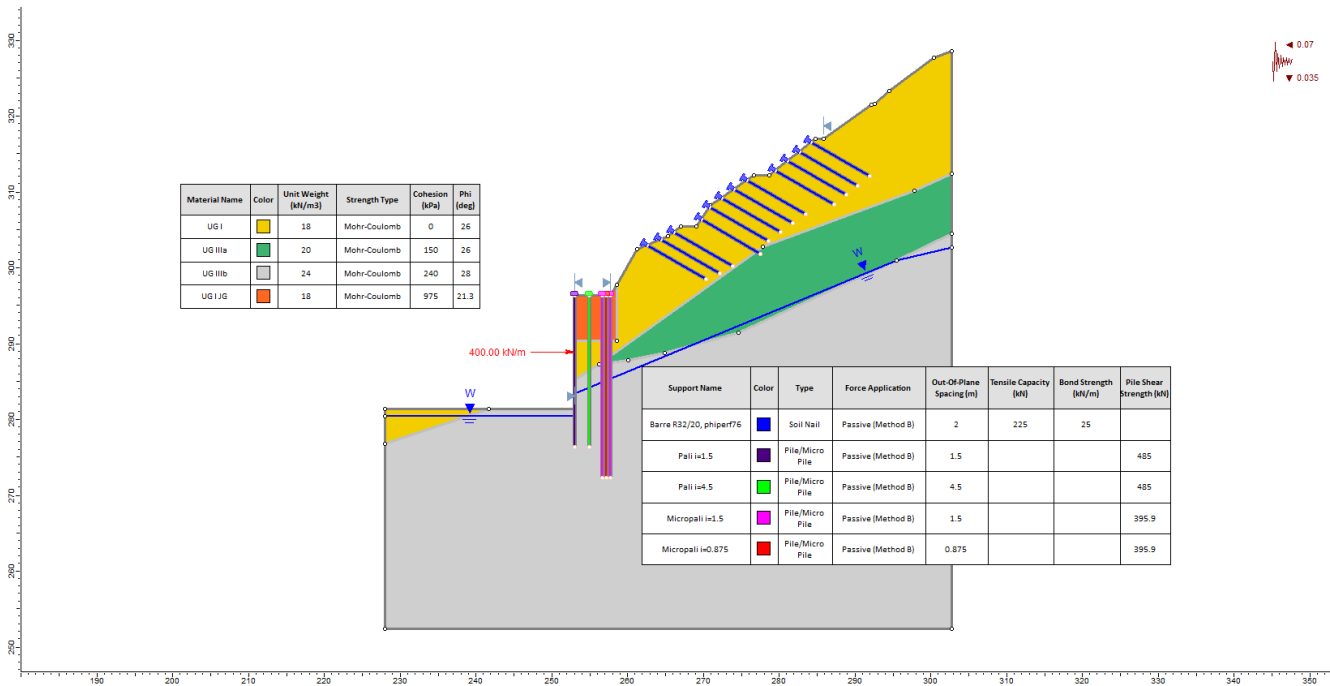


Figura 43 – Modello di calcolo in condizioni sismiche SLV (Sezione 2).

10 Risultati di calcolo e verifiche

10.1 Verifiche di stabilità globale

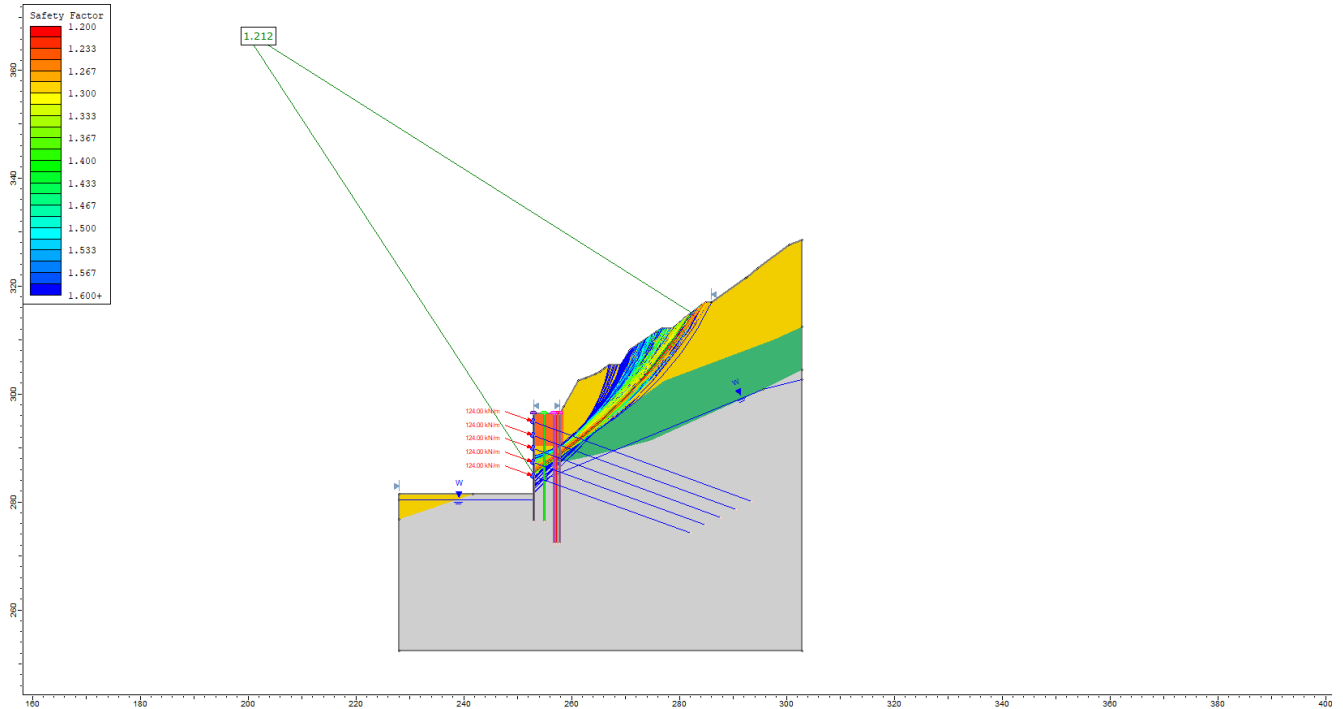


Figura 44 – Verifica di stabilità globale per lo stato di progetto in condizioni statiche SLU (Sezione provvisoria, $FS_{min} = 1.212 \geq 1.1$).

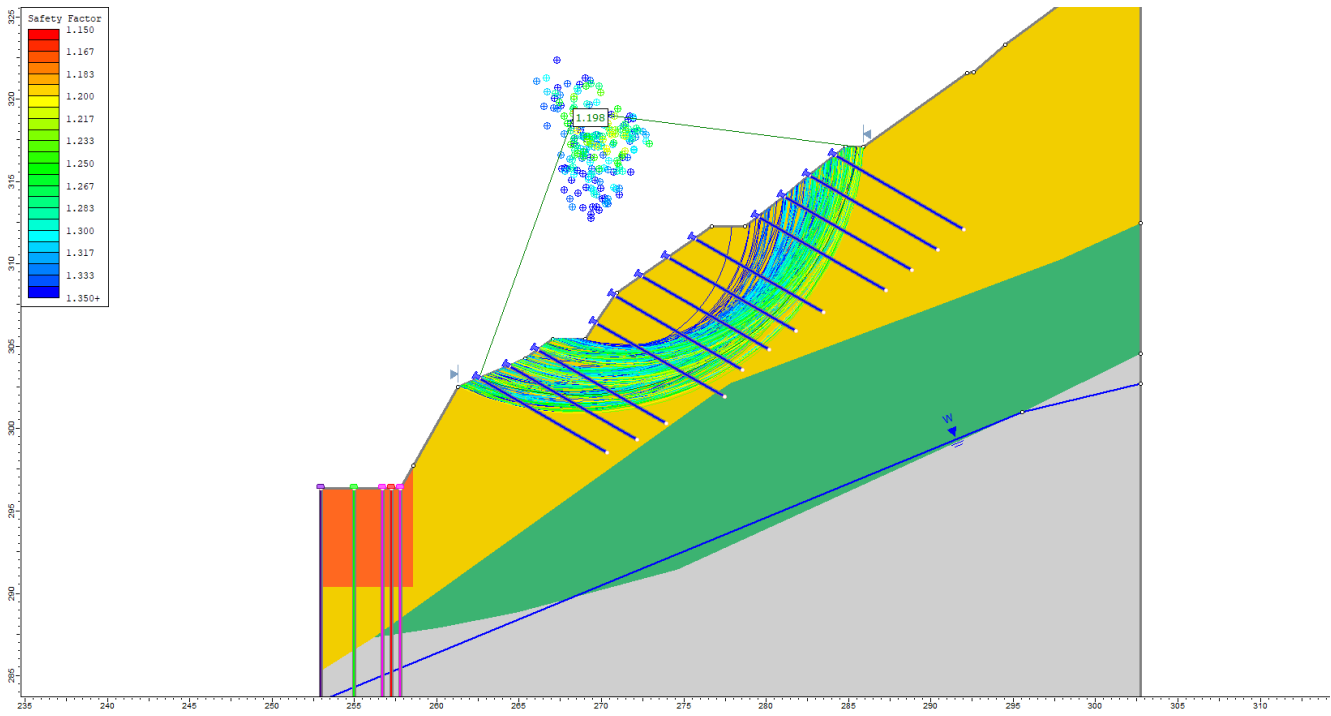


Figura 45 – Verifica di stabilità globale per lo stato di progetto in condizioni statiche SLU (Sezione 1, $FS_{min} = 1.198 \geq 1.1$).

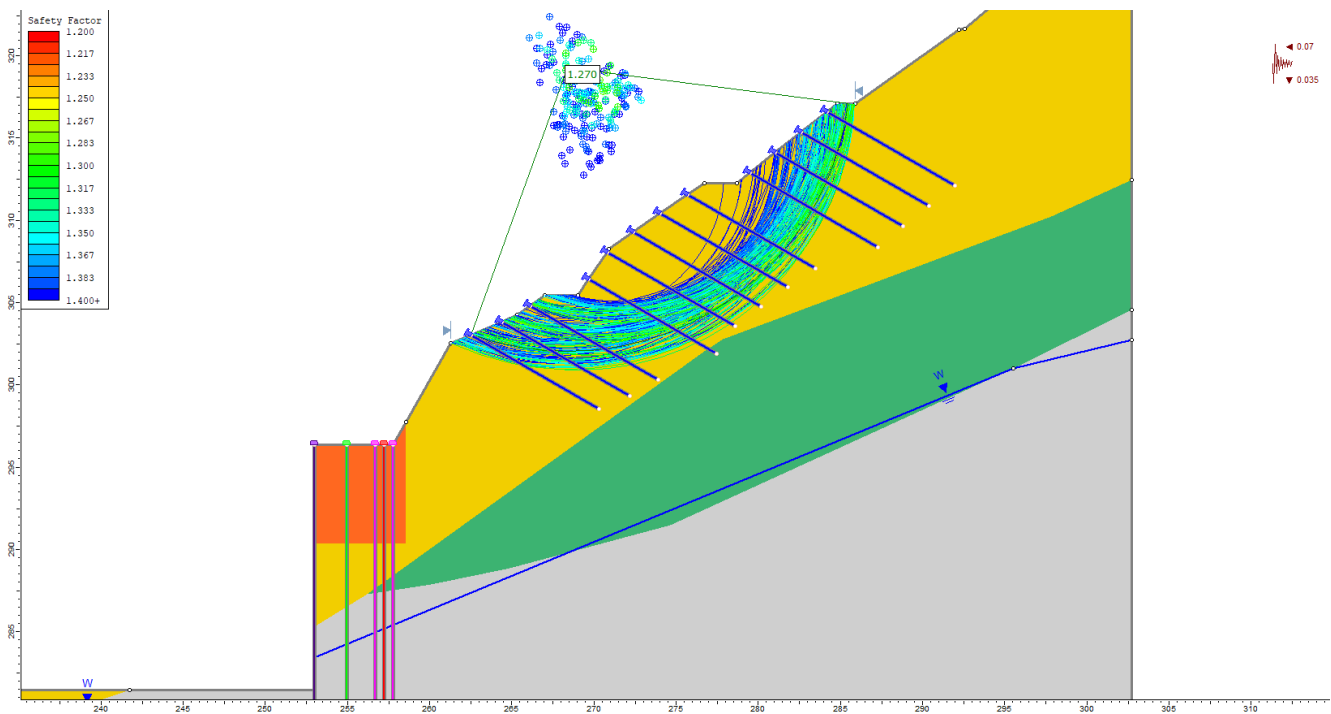


Figura 46 – Verifica di stabilità globale per lo stato di progetto in condizioni sismiche SLV (Sezione 1, $FS_{min} = 1.270 \geq 1.2$).

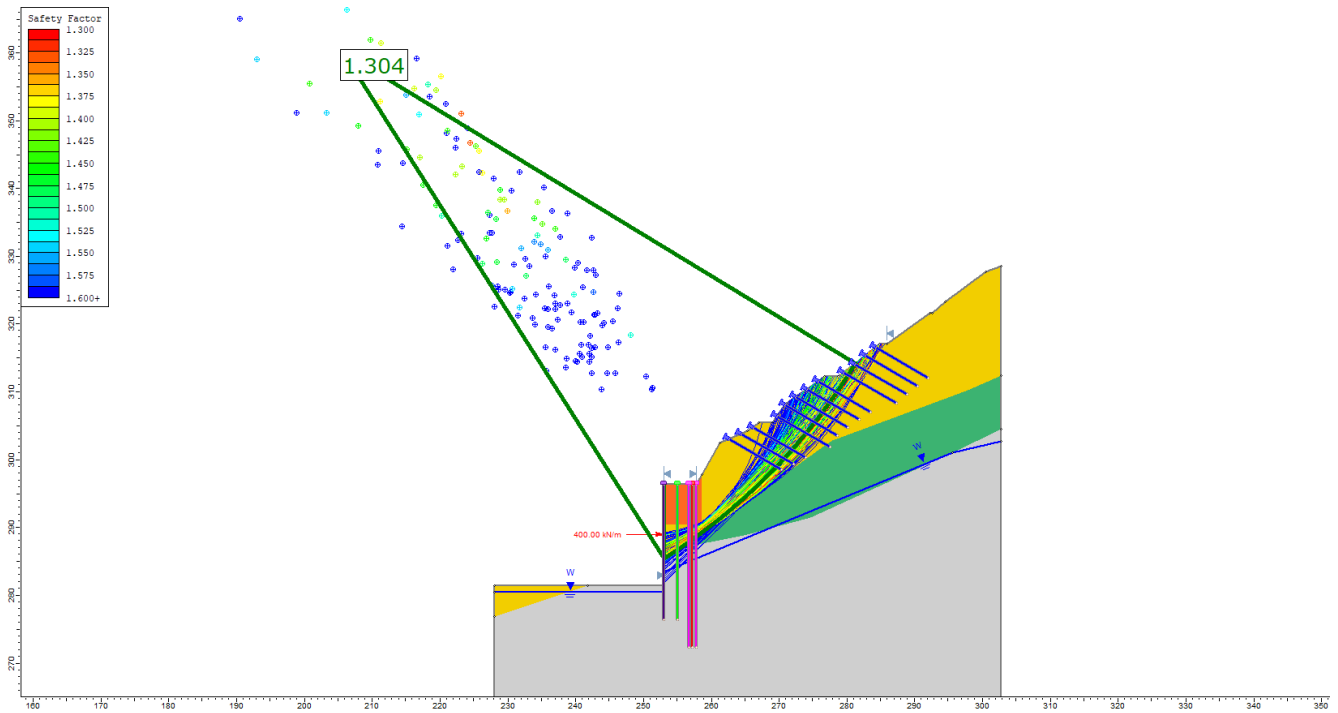


Figura 47 – Verifica di stabilità globale per lo stato di progetto in condizioni statiche SLU (Sezione 2, $FS_{min} = 1.304 \geq 1.1$).

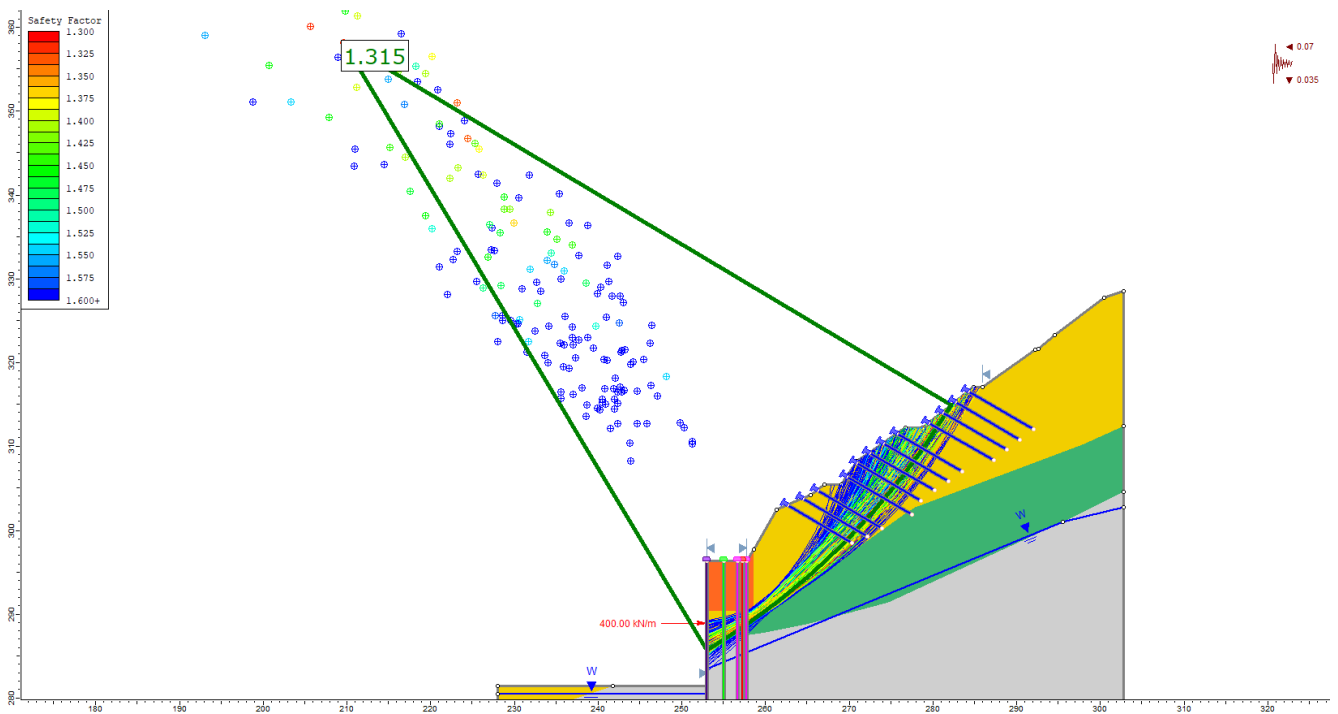


Figura 48 – Verifica di stabilità globale per lo stato di progetto in condizioni sismiche SLV (Sezione 2, $FS_{min} = 1.315 \geq 1.2$).

10.1.1 Commenti

Nelle verifiche della Sezione 2, al fine di ottenere i fattori di sicurezza minimi richiesti dalla Normativa, è stata applicata una forza di 400 kN in corrispondenza della struttura di contenimento al piede del versante. Tale forza rappresenta il contributo stabilizzante richiesto ai manufatti in c.a. (contrafforti) che saranno realizzati in aderenza alla struttura di contenimento esistente (paratia di pali/micropali e terreno consolidato tramite jet grouting) direttamente connessi alla galleria artificiale per il raggiungimento dei coefficienti di sicurezza desiderati.

10.2 Barre di ancoraggio e pannello di rete

Le sollecitazioni sul pannello di rete e sulle barre di ancoraggio sono ricavate tramite la scomposizione vettoriale dell'azione del volume potenzialmente instabile isolato dalle due file di barre ai lati del volume stesso (si rimanda al §7.2.2 per i dettagli).

Si assume come peso specifico del volume instabile (UGI) il valore di 18 kN/m³ (fare riferimento al capitolo §8).

Le verifiche vengono svolte secondo le metodologie riportate al §7.2.2.

10.2.1 Pannello in rete

Per il calcolo del peso del volume instabile a tergo del pannello, si considera l'area di influenza di un singolo ancoraggio, pari a 2 m² e uno spessore pari a 2 m:

$$V = A \cdot t = 2 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^3$$

$$W_k = V \cdot \gamma_{\text{sat}} = 4 \text{ m}^3 \cdot 18 \text{ kN/m}^3 = 72 \text{ kN}$$

Le verifiche strutturali vengono svolte con l'approccio A1+M1+R1, per cui il peso del volume agisce come un peso proprio strutturale e viene amplificato per un coefficiente parziale di 1.3.

$$W_d = W_k \cdot \gamma_G = 72 \text{ kN} \cdot 1.3 = 93.6 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni (E_d) risultano:

$$T = 46.8 \text{ kN/m} \quad \text{taglio-trazione}$$

$$P = 39.6 \text{ kN} \quad \text{punzonamento}$$

Le resistenze di progetto (R_d) del pannello sono:

$$T_d = 91 \text{ kN/m} \quad \text{trazione}$$

$$P_d = 110 \text{ kN} \quad \text{punzonamento}$$

Le verifiche risultano soddisfatte ($E_d < R_d$, condizione [6.2.1] delle NTC2018)

$$\text{Taglio-trazione: } E_d = 76.8 \text{ kN/m} < R_d = 91 \text{ kN/m}$$

$$\text{Punzonamento: } E_d = 39.6 \text{ kN} < R_d = 110 \text{ kN}$$

10.2.2 Barre di ancoraggio

Le verifiche vengono condotte tramite le sollecitazioni ottenute secondo la trattazione di Giacchetti.

L'azione W_d , precedentemente calcolata e pari a 93.6 kN, viene trasferita all'ancoraggio dell'area di influenza considerata.

10.2.2.1 Verifica a sfilamento

10.2.2.1.1 Malta-terreno

La verifica è stata eseguita considerando la lunghezza della barra pari a 9 m.

Barre	E_d	D_{perf}	$\alpha \tau_{lim}$	L_a	γ_R	ξ	$R_{ak} (R_{ad})$	FS
	kN	mm	kPa	m	-	-	kN	-
Autoperforanti R32/20	93.6	76	110	9	1.2	1.8	109	1.17

Tabella 5. Verifica a sfilamento delle barre di ancoraggio (malta-terreno).

10.2.2.1.2 Acciaio-malta

Barre	E_d	$\phi_{barra} (est)$	τ_{a-m}	L_a	γ_M	S_{ad}	FS
	kN	mm	MPa	m	-	kN	-
Autoperforanti R32/20	93.6	32	2.03	9	1.5	1222	>6

Tabella 6. Verifica a sfilamento delle barre di ancoraggio (malta-acciaio).

10.2.2.2 Verifica strutturale

Barra	E_d	$\phi_{barra} (est)$	$\phi_{barra} (int)$	f_{yk}	R_d	FS
	kN	mm	mm	MPa	kN	-
Autoperforanti R32/20	93.6	32	20	500	213	2.28

Tabella 7. Verifica strutturale delle barre di ancoraggio.

Essendo inoltre la resistenza a sfilamento caratteristica della barra inferiore alla resistenza strutturale dell'acciaio caratteristica, risulta rispettata la gerarchia delle resistenze.

11 Allegato di calcolo

11.1 Sezione provvisoria in condizioni statiche

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Data Output: Standard
 Failure Direction: Right to Left

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
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:	Slope Search
Number of Surfaces:	50000
Upper Angle [°]:	Not Defined
Lower Angle [°]:	Not Defined
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth [m]:	1
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

-
- 5 Line Loads present

Line Load #1

Angle from horizontal [°]:	340
Magnitude:	124

Line Load #2

Angle from horizontal [°]:	340
Magnitude:	124

Line Load #3

Angle from horizontal [°]:	340
Magnitude:	124

Line Load #4

Angle from horizontal [°]:	340
Magnitude:	124

Line Load #5

Line Load #1

Angle from horizontal [°]: 340
 Magnitude: 124

11.2 Sezione di verifica rafforzamenti corticali in condizioni statiche

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Data Output: Standard
 Failure Direction: Right to Left

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m_{\alpha} < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
 Use negative pore pressure cutoff: Yes
 Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
 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: Slope Search
 Number of Surfaces: 20000
 Upper Angle [°]: Not Defined
 Lower Angle [°]: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Invalid Surfaces
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth [m]: 1
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Materials

Property	UG I	UG IIIa	UG IIIb	UG I JG
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18	20	24	18
Cohesion [kPa]	0	120	192	780
Friction Angle [°]	21.3	21.3	23	21.3
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1

Support

Barre R32/20, phiperf76

- Support Type: Soil Nail
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Parallel to Reinforcement
- Out-of-Plane Spacing: 2 m
- Tensile Capacity: 225 kN
- Plate Capacity: 225 kN
- Bond Strength: 25 kN/m

Pali i=1.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Pali i=4.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 4.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali i=1.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali i=0.875

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 0.875 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.197550
Center:	268.410, 319.272
Radius:	17.251
Left Slip Surface Endpoint:	262.544, 303.050
Right Slip Surface Endpoint:	285.522, 317.091
Resisting Moment:	18474.4 kN-m
Driving Moment:	15426.8 kN-m
Passive Support Moment:	1589.23 kN-m
Maximum Single Support Force:	96.4516 kN
Total Support Force:	539.54 kN

FS	1.197550
Total Slice Area:	117.725 m ²
Surface Horizontal Width:	22.9784 m
Surface Average Height:	5.1233 m

Method: janbu simplified

FS	0.980054
Center:	269.679, 317.151
Radius:	15.511
Left Slip Surface Endpoint:	262.899, 303.200
Right Slip Surface Endpoint:	285.190, 317.091
Resisting Horizontal Force:	1214.99 kN
Driving Horizontal Force:	1239.72 kN
Passive Horizontal Support Force:	407.182 kN
Maximum Single Support Force:	99.7726 kN
Total Support Force:	470.173 kN
Total Slice Area:	129.217 m ²
Surface Horizontal Width:	22.2919 m
Surface Average Height:	5.79656 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.188780
Center:	268.410, 319.272
Radius:	17.251
Left Slip Surface Endpoint:	262.544, 303.050
Right Slip Surface Endpoint:	285.522, 317.091
Resisting Moment:	18339.1 kN-m
Driving Moment:	15426.8 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1247.61 kN
Driving Horizontal Force:	1049.49 kN
Passive Support Moment:	1589.23 kN-m
Passive Horizontal Support Force:	467.255 kN
Maximum Single Support Force:	96.4516 kN
Total Support Force:	539.54 kN
Total Slice Area:	117.725 m ²
Surface Horizontal Width:	22.9784 m
Surface Average Height:	5.1233 m

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19755

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.459567	1.46536	-19.0722	UG I	0	21.3	1.16975	1.40083	3.59296	0	3.59296	3.18854	3.18854
2	0.459567	4.33693	-17.4645	UG I	0	21.3	3.42296	4.09916	10.5138	0	10.5138	9.43689	9.43689
3	0.459567	7.09174	-15.871	UG I	0	21.3	5.53635	6.63006	17.0052	0	17.0052	15.4312	15.4312
4	0.459567	9.73268	-14.2899	UG I	0	21.3	7.51823	9.00346	23.0927	0	23.0927	21.1777	21.1777
5	0.459567	12.2623	-12.7199	UG I	0	21.3	9.37581	11.228	28.7982	0	28.7982	26.6819	26.6819
6	0.459567	14.6826	-11.1596	UG I	0	21.3	11.1154	13.3112	34.1413	0	34.1413	31.9485	31.9485
7	0.459567	17.4289	-9.6076	UG I	0	21.3	13.0671	15.6485	40.1363	0	40.1363	37.9243	37.9243
8	0.459567	20.7579	-8.06269	UG I	0	21.3	15.4163	18.4618	47.352	0	47.352	45.1682	45.1682
9	0.459567	23.9914	-6.52367	UG I	0	21.3	17.6532	21.1406	54.2228	0	54.2228	52.204	52.204
10	0.459567	27.0435	-4.98937	UG I	0	21.3	19.7186	23.614	60.5668	0	60.5668	58.8454	58.8454
11	0.459567	28.1211	-3.45865	UG I	0	21.3	40.8262	48.8914	125.4	0	125.4	122.933	122.933

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
12	0.459567	28.3001	-1.9304	UG I	0	21.3	20.2708	24.2753	62.2631	0	62.2631	61.5798	61.5798
13	0.459567	28.3775	-0.403522	UG I	0	21.3	20.1495	24.13	61.8904	0	61.8904	61.7485	61.7485
14	0.459567	28.3537	1.12307	UG I	0	21.3	19.959	23.9019	61.3053	0	61.3053	61.6965	61.6965
15	0.459567	30.4549	2.65046	UG I	0	21.3	21.2546	25.4535	65.2848	0	65.2848	66.2688	66.2688
16	0.459567	35.8593	4.17974	UG I	0	21.3	24.8132	29.7151	76.2154	0	76.2154	78.0287	78.0287
17	0.459567	41.1982	5.71201	UG I	0	21.3	28.2654	33.8492	86.8187	0	86.8187	89.6459	89.6459
18	0.459567	46.4342	7.24839	UG I	0	21.3	44.8674	53.7309	137.812	0	137.812	143.519	143.519
19	0.459567	50.6093	8.79003	UG I	0	21.3	34.1345	40.8778	104.846	0	104.846	110.124	110.124
20	0.459567	52.6659	10.3381	UG I	0	21.3	35.2183	42.1757	108.175	0	108.175	114.6	114.6
21	0.459567	54.5516	11.8939	UG I	0	21.3	36.1659	43.3105	111.086	0	111.086	118.703	118.703
22	0.459567	56.3293	13.4586	UG I	0	21.3	37.0208	44.3343	113.712	0	113.712	122.571	122.571
23	0.459567	57.9967	15.0336	UG I	0	21.3	37.7828	45.2468	116.052	0	116.052	126.2	126.2
24	0.459567	59.5517	16.6204	UG I	0	21.3	38.4513	46.0474	118.106	0	118.106	129.583	129.583
25	0.459567	60.9915	18.2204	UG I	0	21.3	39.0258	46.7353	119.87	0	119.87	132.716	132.716
26	0.459567	62.313	19.8352	UG I	0	21.3	39.5051	47.3093	121.342	0	121.342	135.592	135.592
27	0.459567	63.5127	21.4667	UG I	0	21.3	39.8877	47.7675	122.517	0	122.517	138.203	138.203
28	0.459567	64.5867	23.1167	UG I	0	21.3	49.3824	59.1379	151.681	0	151.681	172.761	172.761
29	0.459567	65.5304	24.7872	UG I	0	21.3	40.3565	48.3289	123.957	0	123.957	142.594	142.594
30	0.459567	66.3386	26.4805	UG I	0	21.3	40.4381	48.4266	124.208	0	124.208	144.352	144.352
31	0.459567	66.9671	28.1992	UG I	0	21.3	40.391	48.3703	124.063	0	124.063	145.72	145.72
32	0.459567	65.7589	29.946	UG I	0	21.3	44.3678	53.1326	136.278	0	136.278	161.838	161.838
33	0.459567	63.4888	31.7241	UG I	0	21.3	37.4419	44.8386	115.005	0	115.005	138.152	138.152
34	0.459567	61.0538	33.537	UG I	0	21.3	35.5758	42.6038	109.273	0	109.273	132.853	132.853
35	0.459567	58.4436	35.3889	UG I	0	21.3	33.6267	40.2696	103.286	0	103.286	127.174	127.174
36	0.459567	56.6499	37.2843	UG I	0	21.3	36.6986	43.9484	112.722	0	112.722	140.663	140.663
37	0.459567	56.5981	39.2289	UG I	0	21.3	31.6766	37.9343	97.2965	0	97.2965	123.158	123.158
38	0.459567	56.3771	41.229	UG I	0	21.3	31.0741	37.2128	95.4461	0	95.4461	122.677	122.677
39	0.459567	55.9172	43.2924	UG I	0	21.3	35.2515	42.2154	108.277	0	108.277	141.487	141.487
40	0.459567	55.1935	45.4285	UG I	0	21.3	29.389	35.1948	90.2701	0	90.2701	120.102	120.102
41	0.459567	54.1754	47.6491	UG I	0	21.3	28.2798	33.8665	86.8632	0	86.8632	117.887	117.887
42	0.459567	52.824	49.9686	UG I	0	21.3	32.7626	39.2349	100.632	0	100.632	139.634	139.634
43	0.459567	51.089	52.4064	UG I	0	21.3	25.4374	30.4625	78.1325	0	78.1325	111.171	111.171
44	0.459567	48.9034	54.9878	UG I	0	21.3	23.6528	28.3254	72.651	0	72.651	106.415	106.415
45	0.459567	46.1741	57.7484	UG I	0	21.3	21.5784	25.8412	66.2791	0	66.2791	100.477	100.477
46	0.459567	42.7655	60.7403	UG I	0	21.3	29.7547	35.6328	91.3935	0	91.3935	144.503	144.503
47	0.459567	38.4641	64.0461	UG I	0	21.3	16.3283	19.554	50.1533	0	50.1533	83.6998	83.6998
48	0.459567	32.895	67.8115	UG I	0	21.3	24.0008	28.7421	73.7197	0	73.7197	132.566	132.566
49	0.459567	24.8413	72.3508	UG I	0	21.3	20.4462	24.4853	62.8015	0	62.8015	127.065	127.065
50	0.459567	9.6014	78.8018	UG I	0	21.3	13.3596	15.9988	41.0349	0	41.0349	108.517	108.517

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.980054

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.445839	1.59531	-25.0131	UG I	0	21.3	1.749	1.71411	4.39645	0	4.39645	3.58039	3.58039
2	0.445839	4.7183	-23.2085	UG I	0	21.3	5.0787	4.9774	12.7664	0	12.7664	10.5888	10.5888
3	0.445839	7.70867	-21.4279	UG I	0	21.3	8.15499	7.99233	20.4993	0	20.4993	17.2988	17.2988
4	0.445839	10.5714	-19.6688	UG I	0	21.3	11.0013	10.7819	27.6541	0	27.6541	23.7218	23.7218
5	0.445839	13.3109	-17.9289	UG I	0	21.3	13.6372	13.3652	34.28	0	34.28	29.8677	29.8677
6	0.445839	16.0545	-16.2059	UG I	0	21.3	16.2038	15.8806	40.7317	0	40.7317	36.0222	36.0222
7	0.445839	19.4795	-14.4978	UG I	0	21.3	19.3804	18.9938	48.7164	0	48.7164	43.705	43.705
8	0.445839	22.9338	-12.8029	UG I	0	21.3	22.5035	22.0546	56.5671	0	56.5671	51.4533	51.4533
9	0.445839	26.277	-11.1192	UG I	0	21.3	25.4413	24.9338	63.9519	0	63.9519	58.9517	58.9517
10	0.445839	28.8169	-9.44526	UG I	0	21.3	27.5406	26.9913	69.2291	0	69.2291	64.6474	64.6474
11	0.445839	29.4511	-7.7794	UG I	0	21.3	27.7936	27.2392	69.8649	0	69.8649	66.0678	66.0678
12	0.445839	29.8873	-6.12013	UG I	0	21.3	56.4769	55.3504	141.966	0	141.966	135.911	135.911
13	0.445839	30.2188	-4.46601	UG I	0	21.3	27.8311	27.276	69.9594	0	69.9594	67.7857	67.7857
14	0.445839	30.6094	-2.81562	UG I	0	21.3	27.859	27.3033	70.0295	0	70.0295	68.6594	68.6594
15	0.445839	34.5561	-1.16756	UG I	0	21.3	31.0869	30.4668	78.1432	0	78.1432	77.5096	77.5096
16	0.445839	39.9119	0.479537	UG I	0	21.3	35.4946	34.7866	89.2231	0	89.2231	89.5202	89.5202

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
17	0.445839	45.1648	2.12703	UG I	0	21.3	39.7119	38.9198	99.824	0	99.824	101.299	101.299
18	0.445839	50.3134	3.77628	UG I	0	21.3	43.7427	42.8702	109.956	0	109.956	112.843	112.843
19	0.445839	53.8503	5.42868	UG I	0	21.3	46.2953	45.3719	116.373	0	116.373	120.772	120.772
20	0.445839	55.9358	7.08562	UG I	0	21.3	63.1795	61.9193	158.815	0	158.815	166.668	166.668
21	0.445839	57.9161	8.74854	UG I	0	21.3	48.6895	47.7183	122.391	0	122.391	129.884	129.884
22	0.445839	59.7898	10.4189	UG I	0	21.3	49.7045	48.7131	124.943	0	124.943	134.082	134.082
23	0.445839	61.5553	12.0983	UG I	0	21.3	50.5992	49.5899	127.191	0	127.191	138.037	138.037
24	0.445839	63.2107	13.7884	UG I	0	21.3	51.3736	50.3489	129.138	0	129.138	141.746	141.746
25	0.445839	64.7538	15.4907	UG I	0	21.3	52.0277	50.99	130.783	0	130.783	145.202	145.202
26	0.445839	66.1819	17.2073	UG I	0	21.3	52.5609	51.5125	132.123	0	132.123	148.4	148.4
27	0.445839	67.4919	18.9399	UG I	0	21.3	52.972	51.9154	133.156	0	133.156	151.334	151.334
28	0.445839	68.6803	20.6907	UG I	0	21.3	53.2595	52.1972	133.879	0	133.879	153.994	153.994
29	0.445839	69.743	22.462	UG I	0	21.3	62.966	61.7101	158.278	0	158.278	184.311	184.311
30	0.445839	70.6752	24.2562	UG I	0	21.3	53.4553	52.3891	134.371	0	134.371	158.458	158.458
31	0.445839	71.4712	26.0762	UG I	0	21.3	53.3578	52.2935	134.126	0	134.126	160.238	160.238
32	0.445839	70.8462	27.9249	UG I	0	21.3	52.1832	51.1424	131.173	0	131.173	158.832	158.832
33	0.445839	68.8733	29.8059	UG I	0	21.3	50.0248	49.027	125.748	0	125.748	154.404	154.404
34	0.445839	66.7426	31.723	UG I	0	21.3	51.5077	50.4803	129.475	0	129.475	161.316	161.316
35	0.445839	64.4445	33.6806	UG I	0	21.3	45.4277	44.5216	114.192	0	114.192	144.466	144.466
36	0.445839	62.3644	35.684	UG I	0	21.3	43.2564	42.3936	108.734	0	108.734	139.798	139.798
37	0.445839	62.2044	37.7391	UG I	0	21.3	42.4112	41.5653	106.61	0	106.61	139.435	139.435
38	0.445839	62.1467	39.853	UG I	0	21.3	44.8768	43.9817	112.807	0	112.807	150.268	150.268
39	0.445839	61.861	42.0344	UG I	0	21.3	40.5993	39.7895	102.055	0	102.055	138.655	138.655
40	0.445839	61.3231	44.2935	UG I	0	21.3	39.3895	38.6038	99.0135	0	99.0135	137.443	137.443
41	0.445839	60.5034	46.6435	UG I	0	21.3	42.2205	41.3784	106.13	0	106.13	150.845	150.845
42	0.445839	59.3637	49.1007	UG I	0	21.3	36.2686	35.5452	91.1687	0	91.1687	133.039	133.039
43	0.445839	57.8545	51.6867	UG I	0	21.3	34.3052	33.6209	86.2331	0	86.2331	129.65	129.65
44	0.445839	55.9091	54.4307	UG I	0	21.3	37.8476	37.0927	95.1377	0	95.1377	148.063	148.063
45	0.445839	53.4332	57.3739	UG I	0	21.3	29.3751	28.7892	73.8404	0	73.8404	119.727	119.727
46	0.445839	50.287	60.5777	UG I	0	21.3	26.2824	25.7582	66.0665	0	66.0665	112.668	112.668
47	0.445839	46.2441	64.1425	UG I	0	21.3	35.6534	34.9423	89.6223	0	89.6223	163.187	163.187
48	0.445839	40.8882	68.2539	UG I	0	21.3	18.2423	17.8784	45.8557	0	45.8557	91.5893	91.5893
49	0.445839	33.2408	73.3523	UG I	0	21.3	25.3249	24.8198	63.6596	0	63.6596	148.353	148.353
50	0.445839	14.5338	83.0024	UG I	0	21.3	22.4297	21.9823	56.3817	0	56.3817	239.121	239.121

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.18878

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.459567	1.46536	-19.0722	UG I	0	21.3	1.21679	1.4465	3.71008	0	3.71008	3.28939	3.28939
2	0.459567	4.33693	-17.4645	UG I	0	21.3	3.69989	4.39835	11.2812	0	11.2812	10.1171	10.1171
3	0.459567	7.09174	-15.871	UG I	0	21.3	6.22182	7.39638	18.9707	0	18.9707	17.2018	17.2018
4	0.459567	9.73268	-14.2899	UG I	0	21.3	8.75385	10.4064	26.6911	0	26.6911	24.4614	24.4614
5	0.459567	12.2623	-12.7199	UG I	0	21.3	11.2636	13.3899	34.3432	0	34.3432	31.8007	31.8007
6	0.459567	14.6826	-11.1596	UG I	0	21.3	13.7167	16.3061	41.823	0	41.823	39.1171	39.1171
7	0.459567	17.4289	-9.6076	UG I	0	21.3	16.4607	19.5681	50.1896	0	50.1896	47.4032	47.4032
8	0.459567	20.7579	-8.06269	UG I	0	21.3	19.6958	23.414	60.0538	0	60.0538	57.2638	57.2638
9	0.459567	23.9914	-6.52367	UG I	0	21.3	22.798	27.1018	69.5126	0	69.5126	66.9055	66.9055
10	0.459567	27.0435	-4.98937	UG I	0	21.3	25.6534	30.4962	78.2188	0	78.2188	75.9792	75.9792
11	0.459567	28.1211	-3.45865	UG I	0	21.3	68.8956	81.9017	210.067	0	210.067	205.903	205.903
12	0.459567	28.3001	-1.9304	UG I	0	21.3	28.5992	33.9982	87.2008	0	87.2008	86.2369	86.2369
13	0.459567	28.3775	-0.403522	UG I	0	21.3	28.3833	33.7415	86.5426	0	86.5426	86.3427	86.3427
14	0.459567	28.3537	1.12307	UG I	0	21.3	27.9459	33.2215	85.2086	0	85.2086	85.7565	85.7565
15	0.459567	30.4549	2.65046	UG I	0	21.3	29.1273	34.626	88.8112	0	88.8112	90.1595	90.1595
16	0.459567	35.8593	4.17974	UG I	0	21.3	32.8051	38.9981	100.025	0	100.025	102.422	102.422
17	0.459567	41.1982	5.71201	UG I	0	21.3	36.1784	43.0082	110.31	0	110.31	113.929	113.929
18	0.459567	46.4342	7.24839	UG I	0	21.3	69.5907	82.728	212.186	0	212.186	221.038	221.038
19	0.459567	50.6093	8.79003	UG I	0	21.3	41.6879	49.5578	127.109	0	127.109	133.556	133.556
20	0.459567	52.6659	10.3381	UG I	0	21.3	41.7946	49.6846	127.434	0	127.434	135.059	135.059
21	0.459567	54.5516	11.8939	UG I	0	21.3	41.6472	49.5093	126.985	0	126.985	135.757	135.757

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
22	0.459567	56.3293	13.4586	UG I	0	21.3	41.3205	49.121	125.989	0	125.989	135.878	135.878
23	0.459567	57.9967	15.0336	UG I	0	21.3	40.842	48.5521	124.53	0	124.53	135.499	135.499
24	0.459567	59.5517	16.6204	UG I	0	21.3	40.2389	47.8352	122.691	0	122.691	134.702	134.702
25	0.459567	60.9915	18.2204	UG I	0	21.3	39.5378	47.0017	120.553	0	120.553	133.568	133.568
26	0.459567	62.313	19.8352	UG I	0	21.3	38.7632	46.0809	118.192	0	118.192	132.174	132.174
27	0.459567	63.5127	21.4667	UG I	0	21.3	37.9378	45.0997	115.675	0	115.675	130.593	130.593
28	0.459567	64.5867	23.1167	UG I	0	21.3	55.4295	65.8935	169.008	0	169.008	192.67	192.67
29	0.459567	65.5304	24.7872	UG I	0	21.3	36.0965	42.9108	110.06	0	110.06	126.73	126.73
30	0.459567	66.3386	26.4805	UG I	0	21.3	35.196	41.8403	107.315	0	107.315	124.848	124.848
31	0.459567	66.9671	28.1992	UG I	0	21.3	34.2842	40.7564	104.535	0	104.535	122.917	122.917
32	0.459567	65.7589	29.946	UG I	0	21.3	41.6262	49.4844	126.921	0	126.921	150.902	150.902
33	0.459567	63.4888	31.7241	UG I	0	21.3	30.1717	35.8675	91.9954	0	91.9954	110.647	110.647
34	0.459567	61.0538	33.537	UG I	0	21.3	28.0208	33.3106	85.4372	0	85.4372	104.01	104.01
35	0.459567	58.4436	35.3889	UG I	0	21.3	25.9312	30.8265	79.0659	0	79.0659	97.4866	97.4866
36	0.459567	56.6499	37.2843	UG I	0	21.3	31.479	37.4216	95.9814	0	95.9814	119.948	119.948
37	0.459567	56.5981	39.2289	UG I	0	21.3	23.6759	28.1454	72.1893	0	72.1893	91.5187	91.5187
38	0.459567	56.3771	41.229	UG I	0	21.3	23.06	27.4133	70.3114	0	70.3114	90.5195	90.5195
39	0.459567	55.9172	43.2924	UG I	0	21.3	29.3953	34.9446	89.6283	0	89.6283	117.322	117.322
40	0.459567	55.1935	45.4285	UG I	0	21.3	21.5996	25.6772	65.8586	0	65.8586	87.7838	87.7838
41	0.459567	54.1754	47.6491	UG I	0	21.3	20.8315	24.7641	63.5166	0	63.5166	86.3692	86.3692
42	0.459567	52.824	49.9686	UG I	0	21.3	27.4036	32.5768	83.5553	0	83.5553	116.177	116.177
43	0.459567	51.089	52.4064	UG I	0	21.3	18.9242	22.4967	57.7011	0	57.7011	82.2803	82.2803
44	0.459567	48.9034	54.9878	UG I	0	21.3	17.8555	21.2263	54.4427	0	54.4427	79.9315	79.9315
45	0.459567	46.1741	57.7484	UG I	0	21.3	16.6294	19.7687	50.704	0	50.704	77.0584	77.0584
46	0.459567	42.7655	60.7403	UG I	0	21.3	27.0545	32.1619	82.4911	0	82.4911	130.781	130.781
47	0.459567	38.4641	64.0461	UG I	0	21.3	13.235	15.7335	40.3543	0	40.3543	67.5456	67.5456
48	0.459567	32.895	67.8115	UG I	0	21.3	22.6358	26.909	69.018	0	69.018	124.517	124.517
49	0.459567	24.8413	72.3508	UG I	0	21.3	19.7782	23.5119	60.3049	0	60.3049	122.468	122.468
50	0.459567	9.6014	78.8018	UG I	0	21.3	13.2879	15.7964	40.5157	0	40.5157	107.635	107.635

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19755

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	262.544	303.05	0	0	0
2	263.004	302.891	1.1084	0	0
3	263.463	302.746	4.20149	0	0
4	263.923	302.616	8.96745	0	0
5	264.382	302.498	15.1254	0	0
6	264.842	302.395	22.4211	0	0
7	265.301	302.304	30.6241	0	0
8	265.761	302.226	39.751	0	0
9	266.22	302.161	49.9177	0	0
10	266.68	302.109	60.8793	0	0
11	267.14	302.069	72.3704	0	0
12	267.599	302.041	84.4765	0	0
13	268.059	302.025	97.1405	0	0
14	268.518	302.022	110.3504	0	0
15	268.978	302.031	124.123	0	0
16	269.437	302.052	138.501	0	0
17	269.897	302.086	153.444	0	0
18	270.357	302.132	168.941	0	0
19	270.816	302.19	185.072	0	0
20	271.276	302.261	201.955	0	0
21	271.735	302.345	220.07	0	0
22	272.195	302.442	239.936	0	0

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
23	272.654	302.552	270.442	0	0
24	273.114	302.675	273.48	0	0
25	273.574	302.813	274.947	0	0
26	274.033	302.964	274.746	0	0
27	274.493	303.13	272.784	0	0
28	274.952	303.31	268.972	0	0
29	275.412	303.507	287.558	0	0
30	275.871	303.719	279.796	0	0
31	276.331	303.948	269.942	0	0
32	276.791	304.194	257.932	0	0
33	277.25	304.459	257.164	0	0
34	277.71	304.743	241.696	0	0
35	278.169	305.048	224.758	0	0
36	278.629	305.374	206.491	0	0
37	279.088	305.724	197.759	0	0
38	279.548	306.099	175.809	0	0
39	280.008	306.502	151.649	0	0
40	280.467	306.935	136.739	0	0
41	280.927	307.401	108.133	0	0
42	281.386	307.905	77.336	0	0
43	281.846	308.453	56.9896	0	0
44	282.305	309.049	22.0415	0	0
45	282.765	309.705	-14.7509	0	0
46	283.224	310.434	-53.108	0	0
47	283.684	311.254	-73.4528	0	0
48	284.144	312.198	-113.303	0	0
49	284.603	313.325	-136.795	0	0
50	285.063	314.769	-159.996	0	0
51	285.522	317.091	0	0	0

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.980054

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	262.899	303.2	0	0	0
2	263.344	302.992	1.6964	0	0
3	263.79	302.801	6.40718	0	0
4	264.236	302.626	13.6395	0	0
5	264.682	302.467	22.9642	0	0
6	265.128	302.323	34.0053	0	0
7	265.574	302.193	46.5267	0	0
8	266.019	302.078	60.8063	0	0
9	266.465	301.976	76.597	0	0
10	266.911	301.889	93.5737	0	0
11	267.357	301.815	111.02	0	0
12	267.803	301.754	127.699	0	0
13	268.249	301.706	212.765	0	0
14	268.694	301.671	227.643	0	0
15	269.14	301.649	241.632	0	0
16	269.586	301.64	256.238	0	0
17	270.032	301.644	271.772	0	0
18	270.478	301.66	287.871	0	0
19	270.924	301.69	304.19	0	0
20	271.369	301.732	319.954	0	0
21	271.815	301.788	371.147	0	0
22	272.261	301.856	384.515	0	0
23	272.707	301.938	396.492	0	0
24	273.153	302.034	406.956	0	0
25	273.599	302.143	415.791	0	0
26	274.044	302.267	422.889	0	0
27	274.49	302.405	428.142	0	0
28	274.936	302.558	431.45	0	0

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
29	275.382	302.726	432.715	0	0
30	275.828	302.911	453.213	0	0
31	276.274	303.111	450.114	0	0
32	276.72	303.33	444.702	0	0
33	277.165	303.566	437.032	0	0
34	277.611	303.821	427.279	0	0
35	278.057	304.097	423.631	0	0
36	278.503	304.394	410.009	0	0
37	278.949	304.714	394.531	0	0
38	279.395	305.059	376.703	0	0
39	279.84	305.431	363.233	0	0
40	280.286	305.833	340.364	0	0
41	280.732	306.268	314.904	0	0
42	281.178	306.741	295.415	0	0
43	281.624	307.255	264.703	0	0
44	282.07	307.819	231.381	0	0
45	282.515	308.443	206.547	0	0
46	282.961	309.139	168.253	0	0
47	283.407	309.93	127.775	0	0
48	283.853	310.85	107.216	0	0
49	284.299	311.968	64.1165	0	0
50	284.745	313.459	37.5287	0	0
51	285.19	317.091	0	0	0

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.18878

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	262.544	303.05	0	0	0
2	263.004	302.891	1.14997	0.0458109	2.28126
3	263.463	302.746	4.48534	0.356657	4.54637
4	263.923	302.616	9.82993	1.1686	6.77961
5	264.382	302.498	16.9865	2.6801	8.96611
6	264.842	302.395	25.7373	5.04586	11.0923
7	265.301	302.304	35.8472	8.37219	13.1459
8	265.761	302.226	47.3337	12.7863	15.1166
9	266.22	302.161	60.3155	18.435	16.9954
10	266.68	302.109	74.4698	25.3159	18.7754
11	267.14	302.069	89.4245	33.3476	20.4512
12	267.599	302.041	176.508	71.3808	22.0187
13	268.059	302.025	191.032	82.9657	23.4754
14	268.518	302.022	204.386	94.5255	24.8198
15	268.978	302.031	216.491	105.83	26.0513
16	269.437	302.052	228.018	117.035	27.1701
17	269.897	302.086	239.769	128.438	28.1768
18	270.357	302.132	251.363	139.748	29.0723
19	270.816	302.19	305.082	175.134	29.8582
20	271.276	302.261	315.251	185.962	30.5357
21	271.735	302.345	323.819	195.388	31.1062
22	272.195	302.442	330.711	203.224	31.571
23	272.654	302.552	335.888	209.325	31.9311
24	273.114	302.675	339.33	213.586	32.1877
25	273.574	302.813	341.034	215.938	32.3414
26	274.033	302.964	341.008	216.349	32.3927
27	274.493	303.13	339.27	214.821	32.3414
28	274.952	303.31	335.841	211.39	32.1877
29	275.412	303.507	354.056	220.648	31.9312
30	275.871	303.719	347.325	213.433	31.5709
31	276.331	303.948	338.969	204.529	31.1062
32	276.791	304.194	329.002	194.074	30.5358
33	277.25	304.459	329.607	189.213	29.8583
34	277.71	304.743	317.369	176.445	29.0724

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
35	278.169	305.048	304.251	162.979	28.1767
36	278.629	305.374	290.383	149.045	27.1701
37	279.088	305.724	285.247	139.441	26.0514
38	279.548	306.099	269.067	124.44	24.8199
39	280.008	306.502	251.372	109.172	23.4755
40	280.467	306.935	241.994	97.8637	22.0187
41	280.927	307.401	221.22	82.496	20.4512
42	281.386	307.905	198.794	67.5796	18.7754
43	281.846	308.453	185.502	56.6974	16.9954
44	282.305	309.049	159.777	43.1607	15.1166
45	282.765	309.705	132.286	30.8956	13.1459
46	283.224	310.434	103.017	20.1966	11.0922
47	283.684	311.254	89.0655	14.0526	8.96612
48	284.144	312.198	57.0601	6.78341	6.77961
49	284.603	313.325	38.6221	3.07108	4.54637
50	285.063	314.769	19.171	0.763709	2.28127
51	285.522	317.091	0	0	0

Entity Information













Group: Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	302.749	328.562
	300.451	327.717
	294.514	323.314
	292.591	321.641
	292.219	321.572
	285.898	317.091
	284.821	317.091
	284.19	316.594
	282.62	315.356
	281.049	314.118
	279.478	312.88
	278.712	312.276
	276.712	312.276
	275.677	311.559
	274.032	310.42
	272.388	309.281
	270.911	308.258
	270.79	308.079
	269.676	306.418
	269.03	305.454
	267.03	305.454
	266.129	304.803
	265.359	304.246
	264.381	303.831
	262.54	303.048
	261.295	302.519
	258.585	297.771
	257.785	296.369
	252.985	296.369
	252.985	290.369
	252.985	285.3
	252.985	284.3
	252.985	284
252.985	283.514	
252.985	281.469	
241.731	281.469	
227.985	281.469	
227.985	276.852	
227.985	252.476	
302.749	252.476	
302.749	304.568	
302.749	312.466	
Material Boundary	X	Y
	252.985	285.3
	256.188	287.315
	276.953	302.196
	276.97	302.207
	277.853	302.79
Material Boundary	X	Y
	256.188	287.315
	260.083	287.9
	264.893	288.86
	274.643	291.47
	295.523	300.99
302.749	304.568	

Type	Coordinates	
	X	Y
Material Boundary	227.985	276.852
	241.731	281.469
Material Boundary	262.54	303.048
	270.335	298.548
Material Boundary	264.381	303.831
	272.177	299.33
Material Boundary	266.129	304.803
	273.923	300.303
Material Boundary	269.676	306.418
	276.963	302.211
	276.964	302.21
	276.969	302.207
	276.97	302.207
	276.986	302.197
	277.471	301.918
Material Boundary	270.79	308.079
	278.585	303.579
Material Boundary	272.388	309.281
	280.182	304.781
Material Boundary	274.032	310.42
	281.827	305.92
Material Boundary	275.677	311.559
	283.471	307.059
Material Boundary	279.478	312.88
	287.272	308.38
Material Boundary	281.049	314.118
	288.838	309.621
Material Boundary	282.62	315.356
	290.409	310.859
Material Boundary	284.19	316.594
	291.98	312.097
Material Boundary	252.985	290.369
	258.585	290.369
Material Boundary	258.585	290.369
	258.585	297.771

Scenario-based Entities

Type	Coordinates	Master Scenario																				
Water Table	<table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>227.985</td> <td>280.469</td> </tr> <tr> <td>252.985</td> <td>280.469</td> </tr> <tr> <td>252.985</td> <td>283.469</td> </tr> <tr> <td>295.523</td> <td>300.989</td> </tr> <tr> <td>302.749</td> <td>302.75</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	227.985	280.469	252.985	280.469	252.985	283.469	295.523	300.989	302.749	302.75	<p>Assigned to materials:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>UG I</td> </tr> <tr> <td></td> <td>UG IIIa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>UG IIIb</td> </tr> <tr> <td></td> <td>UG I JG</td> </tr> </tbody> </table>		UG I		UG IIIa		UG IIIb		UG I JG
	X	Y																				
	227.985	280.469																				
	252.985	280.469																				
	252.985	283.469																				
295.523	300.989																					
302.749	302.75																					
	UG I																					
	UG IIIa																					
	UG IIIb																					
	UG I JG																					

11.3 Sezione di verifica rafforzamenti corticali in condizioni sismiche

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Data Output: Standard
 Failure Direction: Right to Left

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m_{\alpha} < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
 Use negative pore pressure cutoff: Yes
 Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
 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: Slope Search
 Number of Surfaces: 20000

Upper Angle [°]: Not Defined
 Lower Angle [°]: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Invalid Surfaces
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth [m]: 1
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.07
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.035

Materials

Property	UG I	UG IIIa	UG IIIb	UG I JG
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18	20	24	18
Cohesion [kPa]	0	150	240	975
Friction Angle [°]	26	26	28	21.3
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1

Support

Barre R32/20, phiperf76

- Support Type: Soil Nail
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Parallel to Reinforcement
- Out-of-Plane Spacing: 2 m
- Tensile Capacity: 225 kN
- Plate Capacity: 225 kN
- Bond Strength: 25 kN/m

Pali i=1.5

- Support Type: Pile/Micro Pile

- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Pali i=4.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 4.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali i=1.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali i=0.875

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 0.875 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.277050
Center:	268.410, 319.272
Radius:	17.251
Left Slip Surface Endpoint:	262.544, 303.050
Right Slip Surface Endpoint:	285.522, 317.091
Resisting Moment:	22538.6 kN-m
Driving Moment:	17649 kN-m
Passive Support Moment:	1589.23 kN-m
Maximum Single Support Force:	96.4516 kN
Total Support Force:	539.54 kN
Total Slice Area:	117.725 m ²
Surface Horizontal Width:	22.9784 m
Surface Average Height:	5.1233 m

Method: janbu simplified

FS	1.059030
Center:	269.679, 317.151
Radius:	15.511
Left Slip Surface Endpoint:	262.899, 303.200
Right Slip Surface Endpoint:	285.190, 317.091
Resisting Horizontal Force:	1424.09 kN
Driving Horizontal Force:	1344.72 kN
Passive Horizontal Support Force:	407.182 kN
Maximum Single Support Force:	99.7726 kN
Total Support Force:	470.173 kN
Total Slice Area:	129.217 m ²
Surface Horizontal Width:	22.2919 m
Surface Average Height:	5.79656 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.270370
Center:	268.410, 319.272
Radius:	17.251
Left Slip Surface Endpoint:	262.544, 303.050
Right Slip Surface Endpoint:	285.522, 317.091
Resisting Moment:	22420.8 kN-m
Driving Moment:	17649 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1453.9 kN
Driving Horizontal Force:	1144.46 kN
Passive Support Moment:	1589.23 kN-m
Passive Horizontal Support Force:	467.255 kN
Maximum Single Support Force:	96.4516 kN
Total Support Force:	539.54 kN
Total Slice Area:	117.725 m ²
Surface Horizontal Width:	22.9784 m
Surface Average Height:	5.1233 m

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.27705

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.459567	1.46536	-19.0722	UG I	0	26	1.45207	1.85437	3.80203	0	3.80203	3.29999	3.29999
2	0.459567	4.33693	-17.4645	UG I	0	26	4.23958	5.41415	11.1006	0	11.1006	9.7668	9.7668
3	0.459567	7.09174	-15.871	UG I	0	26	6.84256	8.73829	17.9161	0	17.9161	15.9707	15.9707
4	0.459567	9.73268	-14.2899	UG I	0	26	9.27317	11.8423	24.2803	0	24.2803	21.9183	21.9183
5	0.459567	12.2623	-12.7199	UG I	0	26	11.5418	14.7395	30.2203	0	30.2203	27.6151	27.6151
6	0.459567	14.6826	-11.1596	UG I	0	26	13.6576	17.4415	35.7603	0	35.7603	33.066	33.066
7	0.459567	17.4289	-9.6076	UG I	0	26	16.0269	20.4672	41.964	0	41.964	39.251	39.251
8	0.459567	20.7579	-8.06269	UG I	0	26	18.8754	24.1048	49.4223	0	49.4223	46.7484	46.7484
9	0.459567	23.9914	-6.52367	UG I	0	26	21.5778	27.5559	56.4981	0	56.4981	54.0306	54.0306
10	0.459567	27.0435	-4.98937	UG I	0	26	24.063	30.7296	63.0051	0	63.0051	60.9044	60.9044
11	0.459567	28.1211	-3.45865	UG I	0	26	47.3883	60.5172	124.079	0	124.079	121.215	121.215
12	0.459567	28.3001	-1.9304	UG I	0	26	24.6591	31.4909	64.5661	0	64.5661	63.735	63.735
13	0.459567	28.3775	-0.403522	UG I	0	26	24.4742	31.2548	64.082	0	64.082	63.9096	63.9096
14	0.459567	28.3537	1.12307	UG I	0	26	24.2067	30.9132	63.3814	0	63.3814	63.8559	63.8559
15	0.459567	30.4549	2.65046	UG I	0	26	25.7403	32.8717	67.397	0	67.397	68.5885	68.5885
16	0.459567	35.8593	4.17974	UG I	0	26	30.0066	38.3199	78.5674	0	78.5674	80.7603	80.7603
17	0.459567	41.1982	5.71201	UG I	0	26	34.1324	43.5888	89.3703	0	89.3703	92.7844	92.7844

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
18	0.459567	46.4342	7.24839	UG I	0	26	52.5955	67.1671	137.713	0	137.713	144.402	144.402
19	0.459567	50.6093	8.79003	UG I	0	26	41.1042	52.4921	107.625	0	107.625	113.981	113.981
20	0.459567	52.6659	10.3381	UG I	0	26	42.3502	54.0833	110.887	0	110.887	118.613	118.613
21	0.459567	54.5516	11.8939	UG I	0	26	43.4294	55.4615	113.713	0	113.713	122.86	122.86
22	0.459567	56.3293	13.4586	UG I	0	26	44.3945	56.694	116.24	0	116.24	126.864	126.864
23	0.459567	57.9967	15.0336	UG I	0	26	45.2454	57.7807	118.468	0	118.468	130.62	130.62
24	0.459567	59.5517	16.6204	UG I	0	26	45.9821	58.7215	120.397	0	120.397	134.123	134.123
25	0.459567	60.9915	18.2204	UG I	0	26	46.6038	59.5154	122.025	0	122.025	137.366	137.366
26	0.459567	62.313	19.8352	UG I	0	26	47.1097	60.1614	123.349	0	123.349	140.343	140.343
27	0.459567	63.5127	21.4667	UG I	0	26	47.4984	60.6578	124.367	0	124.367	143.045	143.045
28	0.459567	64.5867	23.1167	UG I	0	26	57.6881	73.6706	151.047	0	151.047	175.673	175.673
29	0.459567	65.5304	24.7872	UG I	0	26	47.9168	61.1922	125.463	0	125.463	147.59	147.59
30	0.459567	66.3386	26.4805	UG I	0	26	47.942	61.2243	125.528	0	125.528	149.411	149.411
31	0.459567	66.9671	28.1992	UG I	0	26	47.8132	61.0598	125.191	0	125.191	150.827	150.827
32	0.459567	65.7589	29.946	UG I	0	26	51.8661	66.2356	135.803	0	135.803	165.683	165.683
33	0.459567	63.4888	31.7241	UG I	0	26	44.1813	56.4217	115.682	0	115.682	142.994	142.994
34	0.459567	61.0538	33.537	UG I	0	26	41.9092	53.5201	109.733	0	109.733	137.511	137.511
35	0.459567	58.4436	35.3889	UG I	0	26	39.5445	50.5003	103.541	0	103.541	131.632	131.632
36	0.459567	56.6499	37.2843	UG I	0	26	42.5774	54.3735	111.482	0	111.482	143.899	143.899
37	0.459567	56.5981	39.2289	UG I	0	26	37.1137	47.3961	97.1763	0	97.1763	127.477	127.477
38	0.459567	56.3771	41.229	UG I	0	26	36.3352	46.4019	95.1379	0	95.1379	126.979	126.979
39	0.459567	55.9172	43.2924	UG I	0	26	40.59	51.8355	106.279	0	106.279	144.518	144.518
40	0.459567	55.1935	45.4285	UG I	0	26	34.2144	43.6935	89.5851	0	89.5851	124.315	124.315
41	0.459567	54.1754	47.6491	UG I	0	26	32.8427	41.9418	85.9935	0	85.9935	122.023	122.023
42	0.459567	52.824	49.9686	UG I	0	26	37.3155	47.6538	97.7049	0	97.7049	142.126	142.126
43	0.459567	51.089	52.4064	UG I	0	26	29.3765	37.5152	76.9176	0	76.9176	115.072	115.072
44	0.459567	48.9034	54.9878	UG I	0	26	27.2256	34.7685	71.2859	0	71.2859	110.151	110.151
45	0.459567	46.1741	57.7484	UG I	0	26	24.7443	31.5997	64.7891	0	64.7891	104.004	104.004
46	0.459567	42.7655	60.7403	UG I	0	26	32.8305	41.9262	85.9614	0	85.9614	144.561	144.561
47	0.459567	38.4641	64.0461	UG I	0	26	18.5411	23.6779	48.5469	0	48.5469	86.6396	86.6396
48	0.459567	32.895	67.8115	UG I	0	26	25.8919	33.0653	67.7939	0	67.7939	131.277	131.277
49	0.459567	24.8413	72.3508	UG I	0	26	21.5941	27.5767	56.5407	0	56.5407	124.412	124.412
50	0.459567	9.6014	78.8018	UG I	0	26	13.5328	17.2821	35.4335	0	35.4335	103.79	103.79

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.05903

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.445839	1.59531	-25.0131	UG I	0	26	2.17242	2.30066	4.71705	0	4.71705	3.70343	3.70343
2	0.445839	4.7183	-23.2085	UG I	0	26	6.28573	6.65678	13.6484	0	13.6484	10.9533	10.9533
3	0.445839	7.70867	-21.4279	UG I	0	26	10.0599	10.6537	21.8432	0	21.8432	17.8952	17.8952
4	0.445839	10.5714	-19.6688	UG I	0	26	13.5295	14.3281	29.3769	0	29.3769	24.541	24.541
5	0.445839	13.3109	-17.9289	UG I	0	26	16.723	17.7102	36.3114	0	36.3114	30.9007	30.9007
6	0.445839	16.0545	-16.2059	UG I	0	26	19.817	20.9868	43.0294	0	43.0294	37.2698	37.2698
7	0.445839	19.4795	-14.4978	UG I	0	26	23.6417	25.0373	51.3339	0	51.3339	45.2207	45.2207
8	0.445839	22.9338	-12.8029	UG I	0	26	27.3854	29.002	59.463	0	59.463	53.2397	53.2397
9	0.445839	26.277	-11.1192	UG I	0	26	30.8898	32.7132	67.072	0	67.072	61.001	61.001
10	0.445839	28.8169	-9.44526	UG I	0	26	33.3657	35.3353	72.4479	0	72.4479	66.8972	66.8972
11	0.445839	29.4511	-7.7794	UG I	0	26	33.6015	35.585	72.9601	0	72.9601	68.3696	68.3696
12	0.445839	29.8873	-6.12013	UG I	0	26	64.4025	68.2042	139.839	0	139.839	132.934	132.934
13	0.445839	30.2188	-4.46601	UG I	0	26	33.5138	35.4921	72.7696	0	72.7696	70.152	70.152
14	0.445839	30.6094	-2.81562	UG I	0	26	33.4842	35.4608	72.7053	0	72.7053	71.0585	71.0585
15	0.445839	34.5561	-1.16756	UG I	0	26	37.2954	39.497	80.9809	0	80.9809	80.2208	80.2208
16	0.445839	39.9119	0.479537	UG I	0	26	42.5077	45.0169	92.2983	0	92.2983	92.6541	92.6541
17	0.445839	45.1648	2.12703	UG I	0	26	47.4756	50.2781	103.085	0	103.085	104.849	104.849
18	0.445839	50.3134	3.77628	UG I	0	26	52.2054	55.2871	113.355	0	113.355	116.801	116.801
19	0.445839	53.8503	5.42868	UG I	0	26	55.1596	58.4157	119.77	0	119.77	125.012	125.012
20	0.445839	55.9358	7.08562	UG I	0	26	73.1402	77.4577	158.812	0	158.812	167.903	167.903
21	0.445839	57.9161	8.74854	UG I	0	26	57.8227	61.236	125.553	0	125.553	134.451	134.451
22	0.445839	59.7898	10.4189	UG I	0	26	58.9334	62.4122	127.964	0	127.964	138.801	138.801

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
23	0.445839	61.5553	12.0983	UG I	0	26	59.8986	63.4344	130.06	0	130.06	142.899	142.899
24	0.445839	63.2107	13.7884	UG I	0	26	60.7191	64.3033	131.841	0	131.841	146.742	146.742
25	0.445839	64.7538	15.4907	UG I	0	26	61.395	65.0191	133.309	0	133.309	150.325	150.325
26	0.445839	66.1819	17.2073	UG I	0	26	61.926	65.5815	134.462	0	134.462	153.64	153.64
27	0.445839	67.4919	18.9399	UG I	0	26	62.3115	65.9897	135.299	0	135.299	156.681	156.681
28	0.445839	68.6803	20.6907	UG I	0	26	62.5497	66.242	135.816	0	135.816	159.44	159.44
29	0.445839	69.743	22.462	UG I	0	26	72.6186	76.9053	157.679	0	157.679	187.702	187.702
30	0.445839	70.6752	24.2562	UG I	0	26	62.5766	66.2705	135.875	0	135.875	164.071	164.071
31	0.445839	71.4712	26.0762	UG I	0	26	62.359	66.0401	135.402	0	135.402	165.919	165.919
32	0.445839	70.8462	27.9249	UG I	0	26	60.8836	64.4776	132.199	0	132.199	164.469	164.469
33	0.445839	68.8733	29.8059	UG I	0	26	58.2647	61.7041	126.512	0	126.512	159.888	159.888
34	0.445839	66.7426	31.723	UG I	0	26	59.4156	62.9229	129.011	0	129.011	165.74	165.74
35	0.445839	64.4445	33.6806	UG I	0	26	52.7202	55.8323	114.473	0	114.473	149.607	149.607
36	0.445839	62.3644	35.684	UG I	0	26	50.1054	53.0631	108.795	0	108.795	144.778	144.778
37	0.445839	62.2044	37.7391	UG I	0	26	49.0295	51.9237	106.459	0	106.459	144.407	144.407
38	0.445839	62.1467	39.853	UG I	0	26	51.3634	54.3954	111.527	0	111.527	154.402	154.402
39	0.445839	61.861	42.0344	UG I	0	26	46.7355	49.4943	101.478	0	101.478	143.61	143.61
40	0.445839	61.3231	44.2935	UG I	0	26	45.2376	47.908	98.226	0	98.226	142.362	142.362
41	0.445839	60.5034	46.6435	UG I	0	26	47.8392	50.6631	103.875	0	103.875	154.54	154.54
42	0.445839	59.3637	49.1007	UG I	0	26	41.4376	43.8837	89.9749	0	89.9749	137.813	137.813
43	0.445839	57.8545	51.6867	UG I	0	26	39.0781	41.3849	84.8517	0	84.8517	134.31	134.31
44	0.445839	55.9091	54.4307	UG I	0	26	42.255	44.7493	91.7496	0	91.7496	150.838	150.838
45	0.445839	53.4332	57.3739	UG I	0	26	33.2258	35.1871	72.1442	0	72.1442	124.046	124.046
46	0.445839	50.287	60.5777	UG I	0	26	29.5966	31.3437	64.2641	0	64.2641	116.742	116.742
47	0.445839	46.2441	64.1425	UG I	0	26	38.3546	40.6187	83.2806	0	83.2806	162.418	162.418
48	0.445839	40.8882	68.2539	UG I	0	26	20.2899	21.4876	44.056	0	44.056	94.923	94.923
49	0.445839	33.2408	73.3523	UG I	0	26	26.3773	27.9344	57.2741	0	57.2741	145.487	145.487
50	0.445839	14.5338	83.0024	UG I	0	26	21.7862	23.0722	47.305	0	47.305	224.801	224.801

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.27037

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.459567	1.46536	-19.0722	UG I	0	26	1.51345	1.92264	3.94199	0	3.94199	3.41874	3.41874
2	0.459567	4.33693	-17.4645	UG I	0	26	4.6172	5.86555	12.0262	0	12.0262	10.5735	10.5735
3	0.459567	7.09174	-15.871	UG I	0	26	7.79534	9.90296	20.3041	0	20.3041	18.0878	18.0878
4	0.459567	9.73268	-14.2899	UG I	0	26	11.0127	13.9902	28.6842	0	28.6842	25.8791	25.8791
5	0.459567	12.2623	-12.7199	UG I	0	26	14.2264	18.0728	37.0548	0	37.0548	33.8435	33.8435
6	0.459567	14.6826	-11.1596	UG I	0	26	17.3876	22.0887	45.2887	0	45.2887	41.8586	41.8586
7	0.459567	17.4289	-9.6076	UG I	0	26	20.9223	26.5791	54.4953	0	54.4953	50.9537	50.9537
8	0.459567	20.7579	-8.06289	UG I	0	26	25.0718	31.8505	65.3032	0	65.3032	61.7516	61.7516
9	0.459567	23.9914	-6.52367	UG I	0	26	29.0433	36.8958	75.6476	0	75.6476	72.3263	72.3263
10	0.459567	27.0435	-4.98937	UG I	0	26	32.6802	41.5159	85.1201	0	85.1201	82.2671	82.2671
11	0.459567	28.1211	-3.45865	UG I	0	26	35.3122	44.6339	95.624	0	95.624	92.208	92.208
12	0.459567	28.3001	-1.9304	UG I	0	26	36.7129	46.639	95.624	0	95.624	94.3866	94.3866
13	0.459567	28.3775	-0.403522	UG I	0	26	36.385	46.2224	94.7701	0	94.7701	94.5138	94.5138
14	0.459567	28.3537	1.12307	UG I	0	26	35.7325	45.3935	93.0706	0	93.0706	93.7711	93.7711
15	0.459567	30.4549	2.65046	UG I	0	26	37.0264	47.0372	96.4406	0	96.4406	98.1546	98.1546
16	0.459567	35.8593	4.17974	UG I	0	26	41.3243	52.4971	107.635	0	107.635	110.655	110.655
17	0.459567	41.1982	5.71201	UG I	0	26	45.1787	57.3937	117.675	0	117.675	122.194	122.194
18	0.459567	46.4342	7.24839	UG I	0	26	48.7645	61.949	127.014	0	127.014	140.111	140.111
19	0.459567	50.6093	8.79003	UG I	0	26	51.2903	65.1577	133.593	0	133.593	141.524	141.524
20	0.459567	52.6659	10.3381	UG I	0	26	51.0355	64.834	132.929	0	132.929	142.239	142.239
21	0.459567	54.5516	11.8939	UG I	0	26	50.4712	64.1171	131.46	0	131.46	142.09	142.09
22	0.459567	56.3293	13.4586	UG I	0	26	49.6999	63.1373	129.451	0	129.451	141.345	141.345
23	0.459567	57.9967	15.0336	UG I	0	26	48.7645	61.949	127.014	0	127.014	140.111	140.111
24	0.459567	59.5517	16.6204	UG I	0	26	47.7051	60.6031	124.255	0	124.255	138.495	138.495
25	0.459567	60.9915	18.2204	UG I	0	26	46.5577	59.1455	121.266	0	121.266	136.592	136.592
26	0.459567	62.313	19.8352	UG I	0	26	45.3542	57.6166	118.132	0	118.132	134.492	134.492
27	0.459567	63.5127	21.4667	UG I	0	26	44.1212	56.0503	114.92	0	114.92	132.27	132.27

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
28	0.459567	64.5867	23.1167	UG I	0	26	64.4337	81.8547	167.827	0	167.827	195.332	195.332
29	0.459567	65.5304	24.7872	UG I	0	26	41.4974	52.717	108.086	0	108.086	127.249	127.249
30	0.459567	66.3386	26.4805	UG I	0	26	40.2516	51.1344	104.841	0	104.841	124.893	124.893
31	0.459567	66.9671	28.1992	UG I	0	26	39.0156	49.5642	101.622	0	101.622	122.541	122.541
32	0.459567	65.7589	29.946	UG I	0	26	47.4485	60.2771	123.586	0	123.586	150.921	150.921
33	0.459567	63.4888	31.7241	UG I	0	26	33.9552	43.1357	88.4412	0	88.4412	109.432	109.432
34	0.459567	61.0538	33.537	UG I	0	26	31.3716	39.8536	81.712	0	81.712	102.506	102.506
35	0.459567	58.4436	35.3889	UG I	0	26	28.8901	36.7011	75.2485	0	75.2485	95.7712	95.7712
36	0.459567	56.6499	37.2843	UG I	0	26	35.2594	44.7925	91.8381	0	91.8381	118.683	118.683
37	0.459567	56.5981	39.2289	UG I	0	26	26.1714	33.2474	68.1672	0	68.1672	89.5341	89.5341
38	0.459567	56.3771	41.229	UG I	0	26	25.4644	32.3492	66.3257	0	66.3257	88.6409	88.6409
39	0.459567	55.9172	43.2924	UG I	0	26	32.7078	41.551	85.1923	0	85.1923	116.006	116.006
40	0.459567	55.1935	45.4285	UG I	0	26	23.8396	30.2851	62.0937	0	62.0937	86.2926	86.2926
41	0.459567	54.1754	47.6491	UG I	0	26	23.0656	29.3019	60.0777	0	60.0777	85.3813	85.3813
42	0.459567	52.824	49.9686	UG I	0	26	30.4736	38.7128	79.3729	0	79.3729	115.65	115.65
43	0.459567	51.089	52.4064	UG I	0	26	21.099	26.8035	54.9554	0	54.9554	82.3593	82.3593
44	0.459567	48.9034	54.9878	UG I	0	26	20.0386	25.4564	52.1934	0	52.1934	80.7984	80.7984
45	0.459567	46.1741	57.7484	UG I	0	26	18.7884	23.8682	48.937	0	48.937	78.7129	78.7129
46	0.459567	42.7655	60.7403	UG I	0	26	29.8669	37.942	77.7926	0	77.7926	131.103	131.103
47	0.459567	38.4641	64.0461	UG I	0	26	15.0388	19.1048	39.1706	0	39.1706	70.0677	70.0677
48	0.459567	32.895	67.8115	UG I	0	26	24.5627	31.2037	63.9771	0	63.9771	124.201	124.201
49	0.459567	24.8413	72.3508	UG I	0	26	21.0055	26.6848	54.712	0	54.712	120.733	120.733
50	0.459567	9.6014	78.8018	UG I	0	26	13.4939	17.1423	35.1469	0	35.1469	103.307	103.307

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.27705

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	262.544	303.05	0	0	0
2	263.004	302.891	1.16861	0	0
3	263.463	302.746	4.4177	0	0
4	263.923	302.616	9.40566	0	0
5	264.382	302.498	15.8266	0	0
6	264.842	302.395	23.4055	0	0
7	265.301	302.304	31.894	0	0
8	265.761	302.226	41.3012	0	0
9	266.22	302.161	51.737	0	0
10	266.68	302.109	62.9395	0	0
11	267.14	302.069	74.6289	0	0
12	267.599	302.041	143.969	0	0
13	268.059	302.025	154.316	0	0
14	268.518	302.022	163.781	0	0
15	268.978	302.031	172.345	0	0
16	269.437	302.052	180.605	0	0
17	269.897	302.086	189.241	0	0
18	270.357	302.132	197.929	0	0
19	270.816	302.19	242.504	0	0
20	271.276	302.261	250.196	0	0
21	271.735	302.345	256.669	0	0
22	272.195	302.442	261.795	0	0
23	272.654	302.552	265.463	0	0
24	273.114	302.675	267.566	0	0
25	273.574	302.813	268.006	0	0
26	274.033	302.964	266.686	0	0
27	274.493	303.13	263.518	0	0
28	274.952	303.31	258.418	0	0

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
29	275.412	303.507	274.819	0	0
30	275.871	303.719	265.619	0	0
31	276.331	303.948	254.262	0	0
32	276.791	304.194	240.691	0	0
33	277.25	304.459	237.956	0	0
34	277.71	304.743	220.943	0	0
35	278.169	305.048	202.497	0	0
36	278.629	305.374	182.77	0	0
37	279.088	305.724	172.341	0	0
38	279.548	306.099	148.968	0	0
39	280.008	306.502	123.399	0	0
40	280.467	306.935	106.907	0	0
41	280.927	307.401	76.9704	0	0
42	281.386	307.905	44.9119	0	0
43	281.846	308.453	23.3337	0	0
44	282.305	309.049	-12.6589	0	0
45	282.765	309.705	-50.3405	0	0
46	283.224	310.434	-89.3927	0	0
47	283.684	311.254	-109.415	0	0
48	284.144	312.198	-149.427	0	0
49	284.603	313.325	-170.7	0	0
50	285.063	314.769	-189.689	0	0
51	285.522	317.091	0	0	0

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.05903

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	262.899	303.2	0	0	0
2	263.344	302.992	1.83808	0	0
3	263.79	302.801	6.9192	0	0
4	264.236	302.626	14.6865	0	0
5	264.682	302.467	24.6597	0	0
6	265.128	302.323	36.4213	0	0
7	265.574	302.193	49.7079	0	0
8	266.019	302.078	64.8022	0	0
9	266.465	301.976	81.4303	0	0
10	266.911	301.889	99.2394	0	0
11	267.357	301.815	117.471	0	0
12	267.803	301.754	134.833	0	0
13	268.249	301.706	217.216	0	0
14	268.694	301.671	232.576	0	0
15	269.14	301.649	246.955	0	0
16	269.586	301.64	261.899	0	0
17	270.032	301.644	277.711	0	0
18	270.478	301.66	294.008	0	0
19	270.924	301.69	310.425	0	0
20	271.369	301.732	326.172	0	0
21	271.815	301.788	375.447	0	0
22	272.261	301.856	388.557	0	0
23	272.707	301.938	400.155	0	0
24	273.153	302.034	410.12	0	0
25	273.599	302.143	418.34	0	0
26	274.044	302.267	424.706	0	0
27	274.49	302.405	429.116	0	0
28	274.936	302.558	431.471	0	0
29	275.382	302.726	431.68	0	0
30	275.828	302.911	450.029	0	0
31	276.274	303.111	445.683	0	0
32	276.72	303.33	438.938	0	0
33	277.165	303.566	429.882	0	0
34	277.611	303.821	418.726	0	0

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
35	278.057	304.097	413.325	0	0
36	278.503	304.394	398.305	0	0
37	278.949	304.714	381.444	0	0
38	279.395	305.059	362.212	0	0
39	279.84	305.431	347.076	0	0
40	280.286	305.833	322.795	0	0
41	280.732	306.268	295.944	0	0
42	281.178	306.741	274.864	0	0
43	281.624	307.255	242.872	0	0
44	282.07	307.819	208.365	0	0
45	282.515	308.443	182.34	0	0
46	282.961	309.139	143.168	0	0
47	283.407	309.93	102.041	0	0
48	283.853	310.85	81.813	0	0
49	284.299	311.968	38.754	0	0
50	284.745	313.459	15.5475	0	0
51	285.19	317.091	0	0	0

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.27037

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	262.544	303.05	0	0	0
2	263.004	302.891	1.22018	0.0541961	2.54321
3	263.463	302.746	4.78004	0.423787	5.06646
4	263.923	302.616	10.5236	1.39488	7.55042
5	264.382	302.498	18.2675	3.21355	9.97717
6	264.842	302.395	27.7993	6.07666	12.3304
7	265.301	302.304	38.8783	10.124	14.5958
8	265.761	302.226	51.525	15.5186	16.7616
9	266.22	302.161	65.86	22.4438	18.8181
10	266.68	302.109	81.5205	30.8987	20.7582
11	267.14	302.069	98.0804	40.7803	22.5768
12	267.599	302.041	187.874	84.712	24.2705
13	268.059	302.025	204.268	98.9128	25.8377
14	268.518	302.022	219.331	113.099	27.2781
15	268.978	302.031	232.95	126.967	28.5921
16	269.437	302.052	245.804	140.668	29.7815
17	269.897	302.086	258.694	154.507	30.8481
18	270.357	302.132	271.19	168.104	31.7938
19	270.816	302.19	326.08	208.708	32.6213
20	271.276	302.261	336.645	221.412	33.333
21	271.735	302.345	345.299	232.301	33.9308
22	272.195	302.442	351.98	241.159	34.417
23	272.654	302.552	356.669	247.83	34.7933
24	273.114	302.675	359.371	252.205	35.061
25	273.574	302.813	360.108	254.229	35.2213
26	274.033	302.964	358.918	253.889	35.2746
27	274.493	303.13	355.842	251.217	35.2213
28	274.952	303.31	350.93	246.282	35.0611
29	275.412	303.507	367.314	255.226	34.7933
30	275.871	303.719	358.884	245.889	34.417
31	276.331	303.948	348.76	234.629	33.9308
32	276.791	304.194	336.985	221.635	33.3329
33	277.25	304.459	335.563	214.778	32.6214
34	277.71	304.743	321.617	199.363	31.7938
35	278.169	305.048	306.889	183.291	30.848
36	278.629	305.374	291.526	166.834	29.7816
37	279.088	305.724	284.702	155.175	28.5923
38	279.548	306.099	267.207	137.786	27.278
39	280.008	306.502	248.267	120.218	25.8376
40	280.467	306.935	237.385	107.036	24.2704

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
41	280.927	307.401	215.525	89.6118	22.5767
42	281.386	307.905	192.058	72.7956	20.7582
43	281.846	308.453	177.485	60.4834	18.8181
44	282.305	309.049	150.815	45.4232	16.7615
45	282.765	309.705	122.372	31.8658	14.5957
46	283.224	310.434	92.143	20.1416	12.3304
47	283.684	311.254	77.6843	13.666	9.97722
48	284.144	312.198	44.9278	5.95513	7.55048
49	284.603	313.325	27.6023	2.44715	5.06645
50	285.063	314.769	11.2865	0.501304	2.54319
51	285.522	317.091	0	0	0

Entity Information





Group: Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	302.749	328.562
	300.451	327.717
	294.514	323.314
	292.591	321.641
	292.219	321.572
	285.898	317.091
	284.821	317.091
	284.19	316.594
	282.62	315.356
	281.049	314.118
	279.478	312.88
	278.712	312.276
	276.712	312.276
	275.677	311.559
	274.032	310.42
	272.388	309.281
	270.911	308.258
	270.79	308.079
	269.676	306.418
	269.03	305.454
	267.03	305.454
	266.129	304.803
	265.359	304.246
	264.381	303.831
	262.54	303.048
	261.295	302.519
	258.585	297.771
	257.785	296.369
	252.985	296.369
	252.985	290.369
	252.985	285.3
	252.985	284.3
	252.985	284
252.985	283.514	
252.985	281.469	
241.731	281.469	
227.985	281.469	
227.985	276.852	
227.985	252.476	
302.749	252.476	
302.749	304.568	
302.749	312.466	
Material Boundary	X	Y
	252.985	285.3
	256.188	287.315
	276.953	302.196
	276.97	302.207
	277.853	302.79
Material Boundary	X	Y
	297.853	310.26
	302.749	312.466
	256.188	287.315
	260.083	287.9
	264.893	288.86
Material Boundary	X	Y
	274.643	291.47
	295.523	300.99
	302.749	304.568

Type	Coordinates	
	X	Y
Material Boundary	227.985	276.852
	241.731	281.469
Material Boundary	262.54	303.048
	270.335	298.548
Material Boundary	264.381	303.831
	272.177	299.33
Material Boundary	266.129	304.803
	273.923	300.303
Material Boundary	269.676	306.418
	276.963	302.211
	276.964	302.21
	276.969	302.207
	276.97	302.207
	276.986	302.197
	277.471	301.918
Material Boundary	270.79	308.079
	278.585	303.579
Material Boundary	272.388	309.281
	280.182	304.781
Material Boundary	274.032	310.42
	281.827	305.92
Material Boundary	275.677	311.559
	283.471	307.059
Material Boundary	279.478	312.88
	287.272	308.38
Material Boundary	281.049	314.118
	288.838	309.621
Material Boundary	282.62	315.356
	290.409	310.859
Material Boundary	284.19	316.594
	291.98	312.097
Material Boundary	252.985	290.369
	258.585	290.369
Material Boundary	258.585	290.369
	258.585	297.771

Scenario-based Entities

Type	Coordinates	Master Scenario												
Water Table	<table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>227.985</td> <td>280.469</td> </tr> <tr> <td>252.985</td> <td>280.469</td> </tr> <tr> <td>252.985</td> <td>283.469</td> </tr> <tr> <td>295.523</td> <td>300.989</td> </tr> <tr> <td>302.749</td> <td>302.75</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	227.985	280.469	252.985	280.469	252.985	283.469	295.523	300.989	302.749	302.75	<p>Assigned to materials:</p> <ul style="list-style-type: none">  UG I  UG IIIa  UG IIIb  UG I JG
	X	Y												
	227.985	280.469												
	252.985	280.469												
	252.985	283.469												
295.523	300.989													
302.749	302.75													

11.4 Sezione di verifica globale in condizioni statiche

Slide Analysis Information

da Sez 25D paratia OK_rev

Project Summary

File Name: da Sez 25D paratia OK_rev.slmd
 Slide Modeler Version: 8.032
 Compute Time: 00h:00m:04.601s
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 28/09/2023, 12:38:45

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Data Output: Standard
 Failure Direction: Right to Left

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
 Use negative pore pressure cutoff: Yes
 Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
 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: Slope Search
 Number of Surfaces: 20000
 Upper Angle [°]: Not Defined
 Lower Angle [°]: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Invalid Surfaces
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth [m]: 1
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

- 1 Line Load present

Line Load: 1

Angle from horizontal [°]: 0
 Magnitude: 400

Materials

Property	UG I	UG IIIa	UG IIIb	UG I JG
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18	20	24	18
Cohesion [kPa]	0	120	192	780
Friction Angle [°]	21.3	21.3	23	21.3
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1

Support

Barre R32/20, phiperf76

- Support Type: Soil Nail
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Parallel to Reinforcement
- Out-of-Plane Spacing: 2 m
- Tensile Capacity: 225 kN
- Plate Capacity: 225 kN
- Bond Strength: 25 kN/m

Pali $i=1.5$

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Pali $i=4.5$

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 4.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali $i=1.5$

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali $i=0.875$

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 0.875 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.318970
Center:	205.614, 360.091
Radius:	88.406
Left Slip Surface Endpoint:	252.985, 285.449
Right Slip Surface Endpoint:	281.196, 314.234
Left Slope Intercept:	252.985 296.369
Right Slope Intercept:	281.196 314.234
Resisting Moment:	256503 kN-m
Driving Moment:	194473 kN-m
Passive Support Moment:	107253 kN-m
Maximum Single Support Force:	452.457 kN
Total Support Force:	1983.07 kN
Total Slice Area:	210.468 m ²
Surface Horizontal Width:	28.2108 m
Surface Average Height:	7.46055 m

Method: janbu simplified

FS	1.224100
Center:	224.426, 346.722
Radius:	66.648
Left Slip Surface Endpoint:	252.985, 286.503
Right Slip Surface Endpoint:	283.664, 316.179
Left Slope Intercept:	252.985 296.369
Right Slope Intercept:	283.664 316.179
Resisting Horizontal Force:	3253.53 kN
Driving Horizontal Force:	2657.89 kN
Passive Horizontal Support Force:	1865.03 kN
Maximum Single Support Force:	452.457 kN
Total Support Force:	1935.21 kN
Total Slice Area:	240.05 m ²
Surface Horizontal Width:	30.6785 m
Surface Average Height:	7.8247 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.303580
Center:	205.614, 360.091
Radius:	88.406
Left Slip Surface Endpoint:	252.985, 285.449
Right Slip Surface Endpoint:	281.196, 314.234
Left Slope Intercept:	252.985 296.369
Right Slope Intercept:	281.196 314.234
Resisting Moment:	253510 kN-m
Driving Moment:	194473 kN-m
Resisting Horizontal Force:	3140.78 kN
Driving Horizontal Force:	2409.36 kN
Passive Support Moment:	107253 kN-m
Passive Horizontal Support Force:	1906.49 kN
Maximum Single Support Force:	452.457 kN
Total Support Force:	1983.07 kN
Total Slice Area:	210.468 m ²
Surface Horizontal Width:	28.2108 m
Surface Average Height:	7.46055 m

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.31897

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.564215	109.071	32.6181	UG I	0	21.3	48.0576	63.3865	162.578	0	162.578	193.333	193.333
2	0.564215	105.373	33.0533	UG I	0	21.3	46.3045	61.0742	156.647	0	156.647	186.779	186.779
3	0.564215	101.613	33.4907	UG I	0	21.3	44.5316	58.7359	150.65	0	150.65	180.114	180.114
4	0.564215	97.7895	33.9302	UG I	0	21.3	42.7391	56.3716	144.586	0	144.586	173.338	173.338
5	0.564215	93.9024	34.3721	UG I	0	21.3	40.9266	53.981	138.454	0	138.454	166.448	166.448
6	0.564215	89.9502	34.8163	UG I	0	21.3	39.0942	51.5641	132.255	0	132.255	159.443	159.443
7	0.564215	85.932	35.263	UG I	0	21.3	37.2416	49.1206	125.988	0	125.988	152.32	152.32
8	0.564215	81.8465	35.712	UG I	0	21.3	35.3689	46.6505	119.652	0	119.652	145.079	145.079
9	0.564215	78.9109	36.1637	UG I	0	21.3	34.0007	44.8459	115.024	0	115.024	139.875	139.875
10	0.564215	83.4352	36.618	UG I	0	21.3	35.8435	47.2765	121.258	0	121.258	147.895	147.895
11	0.564215	89.1811	37.0749	UG I	0	21.3	38.1967	50.3803	129.219	0	129.219	158.081	158.081
12	0.564215	94.855	37.5346	UG I	0	21.3	40.5028	53.422	137.02	0	137.02	168.138	168.138
13	0.564215	100.456	37.9972	UG I	0	21.3	42.7612	56.4008	144.661	0	144.661	178.066	178.066
14	0.564215	105.981	38.4627	UG I	0	21.3	44.9713	59.3158	152.137	0	152.137	187.861	187.861
15	0.564215	111.151	38.9312	UG I	0	21.3	47.0137	62.0097	159.046	0	159.046	197.024	197.024
16	0.564215	110.936	39.4029	UG I	0	21.3	46.7703	61.6886	158.223	0	158.223	196.644	196.644
17	0.564215	108.625	39.8778	UG I	0	21.3	45.6443	60.2035	154.414	0	154.414	192.549	192.549
18	0.564215	106.233	40.3559	UG I	0	21.3	44.4888	58.6794	150.504	0	150.504	188.308	188.308
19	0.564215	103.759	40.8375	UG I	0	21.3	43.3034	57.1159	146.494	0	146.494	183.922	183.922
20	0.564215	101.199	41.3226	UG I	0	21.3	42.0878	55.5125	142.382	0	142.382	179.386	179.386
21	0.564215	98.5541	41.8114	UG I	0	21.3	40.8416	53.8689	138.166	0	138.166	174.697	174.697
22	0.564215	95.8245	42.3039	UG I	0	21.3	39.5863	52.1868	133.852	0	133.852	169.859	169.859
23	0.564215	93.9674	42.8003	UG I	0	21.3	38.6558	50.9859	130.772	0	130.772	166.568	166.568
24	0.564215	92.7546	43.3007	UG I	0	21.3	38.0127	50.1376	128.596	0	128.596	164.418	164.418
25	0.564215	91.4228	43.8053	UG I	0	21.3	37.3223	49.227	126.261	0	126.261	162.058	162.058
26	0.564215	87.5265	44.3142	UG I	0	21.3	35.5907	46.9431	120.403	0	120.403	155.152	155.152
27	0.564215	81.8814	44.8275	UG I	0	21.3	33.1611	43.7385	112.183	0	112.183	145.145	145.145
28	0.564215	76.1337	45.3454	UG I	0	21.3	30.7062	40.5005	103.879	0	103.879	134.957	134.957
29	0.564215	71.6335	45.8681	UG I	0	21.3	28.7692	37.9457	97.3257	0	97.3257	126.98	126.98
30	0.564215	73.3986	46.3958	UG I	0	21.3	31.1147	41.0393	105.26	0	105.26	137.929	137.929
31	0.564215	75.8688	46.9286	UG I	0	21.3	30.2039	39.8381	102.179	0	102.179	134.488	134.488
32	0.564215	78.1035	47.4668	UG I	0	21.3	34.2594	45.1871	115.899	0	115.899	153.243	153.243
33	0.564215	77.1236	48.0106	UG I	0	21.3	30.4212	40.1247	102.915	0	102.915	136.713	136.713
34	0.564215	74.6637	48.5601	UG I	0	21.3	33.8109	44.5955	114.382	0	114.382	152.679	152.679
35	0.564215	72.0776	49.1157	UG I	0	21.3	28.1551	37.1357	95.248	0	95.248	127.769	127.769
36	0.564215	69.3611	49.6776	UG I	0	21.3	26.9564	35.5547	91.1931	0	91.1931	122.954	122.954
37	0.564215	66.5095	50.2461	UG I	0	21.3	25.7131	33.9148	86.987	0	86.987	117.899	117.899
38	0.564215	63.518	50.8214	UG I	0	21.3	31.8907	42.0629	107.886	0	107.886	147.017	147.017
39	0.564215	60.3814	51.4039	UG I	0	21.3	23.089	30.4537	78.1097	0	78.1097	107.037	107.037
40	0.564215	57.0941	51.9939	UG I	0	21.3	28.7786	37.9581	97.3575	0	97.3575	134.184	134.184
41	0.564215	53.6501	52.5918	UG I	0	21.3	20.2759	26.7433	68.5929	0	68.5929	95.1048	95.1048
42	0.564215	50.0428	53.198	UG I	0	21.3	26.7437	35.2742	90.4736	0	90.4736	126.22	126.22
43	0.564215	44.4851	53.8128	UG I	0	21.3	16.602	21.8975	56.1642	0	56.1642	78.8586	78.8586
44	0.564215	36.5669	54.4369	UG I	0	21.3	22.55	29.7428	76.2864	0	76.2864	107.827	107.827
45	0.564215	28.4571	55.0706	UG I	0	21.3	10.4771	13.819	35.4439	0	35.4439	50.4461	50.4461
46	0.564215	20.5182	55.7144	UG I	0	21.3	17.5649	23.1676	59.4218	0	59.4218	85.185	85.185
47	0.564215	15.719	56.3691	UG I	0	21.3	5.70271	7.52171	19.2922	0	19.2922	27.8654	27.8654
48	0.564215	11.5108	57.0353	UG I	0	21.3	4.1433	5.46489	14.0167	0	14.0167	20.4054	20.4054
49	0.564215	7.0753	57.7136	UG I	0	21.3	16.4762	21.7316	55.7387	0	55.7387	81.8151	81.8151
50	0.564215	2.3996	58.4048	UG I	0	21.3	15.8159	20.8607	53.5048	0	53.5048	79.2181	79.2181

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.2241

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.613569	107.335	25.6655	UG I	0	21.3	48.3257	59.1555	151.727	0	151.727	174.948	174.948
2	0.613569	104.036	26.2521	UG I	0	21.3	46.6771	57.1374	146.55	0	146.55	169.571	169.571
3	0.613569	100.65	26.8418	UG I	0	21.3	44.9989	55.0831	141.281	0	141.281	164.053	164.053
4	0.613569	97.1764	27.4345	UG I	0	21.3	43.2909	52.9924	135.918	0	135.918	158.391	158.391
5	0.613569	93.6137	28.0305	UG I	0	21.3	41.5531	50.8651	130.462	0	130.462	152.585	152.585
6	0.613569	89.9603	28.6297	UG I	0	21.3	39.7851	48.701	124.912	0	124.912	146.63	146.63
7	0.613569	86.2146	29.2324	UG I	0	21.3	37.9871	46.5	119.266	0	119.266	140.525	140.525
8	0.613569	82.5608	29.8387	UG I	0	21.3	36.2403	44.3618	113.782	0	113.782	134.57	134.57
9	0.613569	86.477	30.4487	UG I	0	21.3	37.8145	46.2887	118.724	0	118.724	140.953	140.953
10	0.613569	94.3176	31.0625	UG I	0	21.3	41.0832	50.2899	128.987	0	128.987	153.733	153.733
11	0.613569	102.059	31.6803	UG I	0	21.3	44.2802	54.2034	139.024	0	139.024	166.351	166.351
12	0.613569	109.699	32.3022	UG I	0	21.3	47.4047	58.0281	148.834	0	148.834	178.804	178.804
13	0.613569	117.236	32.9285	UG I	0	21.3	50.4556	61.7627	158.413	0	158.413	191.09	191.09
14	0.613569	123.731	33.5592	UG I	0	21.3	53.0307	64.9149	166.498	0	166.498	201.677	201.677
15	0.613569	123.391	34.1945	UG I	0	21.3	52.6625	64.4642	165.342	0	165.342	201.124	201.124
16	0.613569	121.612	34.8347	UG I	0	21.3	51.6807	63.2623	162.26	0	162.26	198.225	198.225
17	0.613569	119.721	35.4799	UG I	0	21.3	50.6544	62.006	159.038	0	159.038	195.142	195.142
18	0.613569	117.713	36.1303	UG I	0	21.3	49.583	60.6946	155.674	0	155.674	191.871	191.871
19	0.613569	115.588	36.7861	UG I	0	21.3	48.4661	59.3274	152.166	0	152.166	188.405	188.405
20	0.613569	113.341	37.4476	UG I	0	21.3	47.303	57.9036	148.515	0	148.515	184.743	184.743
21	0.613569	111.669	38.115	UG I	0	21.3	46.3842	56.7789	145.631	0	145.631	182.02	182.02
22	0.613569	111.157	38.7886	UG I	0	21.3	45.9468	56.2435	144.257	0	144.257	181.184	181.184
23	0.613569	110.51	39.4686	UG I	0	21.3	45.4524	55.6383	142.705	0	142.705	180.131	180.131
24	0.613569	106.802	40.1553	UG I	0	21.3	43.7032	53.4971	137.213	0	137.213	174.087	174.087
25	0.613569	101.013	40.8491	UG I	0	21.3	41.1185	50.3331	129.097	0	129.097	164.651	164.651
26	0.613569	95.0806	41.5501	UG I	0	21.3	38.4959	47.1228	120.864	0	120.864	154.982	154.982
27	0.613569	92.6503	42.2589	UG I	0	21.3	37.305	45.6651	117.125	0	117.125	151.021	151.021
28	0.613569	96.4045	42.9757	UG I	0	21.3	38.5964	47.2459	121.179	0	121.179	157.14	157.14
29	0.613569	100.113	43.701	UG I	0	21.3	39.847	48.7767	125.106	0	125.106	163.186	163.186
30	0.613569	101.989	44.4351	UG I	0	21.3	40.3492	49.3914	126.683	0	126.683	166.244	166.244
31	0.613569	100.075	45.1786	UG I	0	21.3	40.6531	49.7635	127.637	0	127.637	168.545	168.545
32	0.613569	97.8586	45.932	UG I	0	21.3	38.2274	46.7942	120.02	0	120.02	159.512	159.512
33	0.613569	95.4565	46.6957	UG I	0	21.3	39.5049	48.358	124.032	0	124.032	165.948	165.948
34	0.613569	92.8609	47.4704	UG I	0	21.3	35.7856	43.8052	112.355	0	112.355	151.368	151.368
35	0.613569	90.0632	48.2567	UG I	0	21.3	34.4592	42.1815	108.19	0	108.19	146.807	146.807
36	0.613569	87.054	49.0553	UG I	0	21.3	38.5509	47.1901	121.036	0	121.036	165.47	165.47
37	0.613569	83.8229	49.8669	UG I	0	21.3	31.5863	38.6648	99.17	0	99.17	136.636	136.636
38	0.613569	80.3586	50.6924	UG I	0	21.3	30.0359	36.767	94.3026	0	94.3026	130.989	130.989
39	0.613569	76.3934	51.5327	UG I	0	21.3	33.2759	40.733	104.474	0	104.474	146.357	146.357
40	0.613569	68.7849	52.3888	UG I	0	21.3	31.1642	38.1481	97.845	0	97.845	138.296	138.296
41	0.613569	59.8477	53.2619	UG I	0	21.3	21.7789	26.6596	68.3784	0	68.3784	97.5565	97.5565
42	0.613569	50.6318	54.1531	UG I	0	21.3	25.2246	30.8774	79.1965	0	79.1965	114.111	114.111
43	0.613569	44.1242	55.064	UG I	0	21.3	15.7347	19.2608	49.4015	0	49.4015	71.9264	71.9264
44	0.613569	39.5928	55.9962	UG I	0	21.3	22.0529	26.9949	69.2384	0	69.2384	101.928	101.928
45	0.613569	34.704	56.9514	UG I	0	21.3	12.0965	14.8073	37.9788	0	37.9788	56.5712	56.5712
46	0.613569	29.4299	57.9317	UG I	0	21.3	10.1301	12.4003	31.8053	0	31.8053	47.974	47.974
47	0.613569	23.7379	58.9397	UG I	0	21.3	20.1374	24.6502	63.2246	0	63.2246	96.6591	96.6591
48	0.613569	17.5905	59.978	UG I	0	21.3	19.0191	23.2813	59.7134	0	59.7134	92.6263	92.6263
49	0.613569	10.9436	61.05	UG I	0	21.3	3.60582	4.41389	11.321	0	11.321	17.8395	17.8395
50	0.613569	3.7446	62.1596	UG I	0	21.3	15.1872	18.5907	47.6825	0	47.6825	76.4385	76.4385

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.30358

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.564215	109.071	32.6181	UG I	0	21.3	64.1549	83.6311	214.503	0	214.503	255.56	255.56
2	0.564215	105.373	33.0533	UG I	0	21.3	60.2391	78.5265	201.411	0	201.411	240.61	240.61
3	0.564215	101.613	33.4907	UG I	0	21.3	56.381	73.4971	188.51	0	188.51	225.815	225.815
4	0.564215	97.7895	33.9302	UG I	0	21.3	60.4357	78.7828	202.068	0	202.068	242.725	242.725
5	0.564215	93.9024	34.3721	UG I	0	21.3	50.6632	66.0435	169.393	0	169.393	204.047	204.047

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
6	0.564215	89.9502	34.8163	UG I	0	21.3	47.002	61.2709	157.152	0	157.152	189.839	189.839
7	0.564215	85.932	35.263	UG I	0	21.3	74.2985	96.854	248.418	0	248.418	300.953	300.953
8	0.564215	81.8465	35.712	UG I	0	21.3	102.129	133.133	341.469	0	341.469	414.889	414.889
9	0.564215	78.9109	36.1637	UG I	0	21.3	83.3221	108.617	278.589	0	278.589	339.49	339.49
10	0.564215	83.4352	36.618	UG I	0	21.3	48.5452	63.2825	162.311	0	162.311	198.388	198.388
11	0.564215	89.1811	37.0749	UG I	0	21.3	48.1509	62.7685	160.993	0	160.993	197.377	197.377
12	0.564215	94.855	37.5346	UG I	0	21.3	47.7329	62.2236	159.595	0	159.595	196.267	196.267
13	0.564215	100.456	37.9972	UG I	0	21.3	47.3076	61.6693	158.174	0	158.174	195.131	195.131
14	0.564215	105.981	38.4627	UG I	0	21.3	46.889	61.1236	156.775	0	156.775	194.022	194.022
15	0.564215	111.151	38.9312	UG I	0	21.3	46.3964	60.4814	155.126	0	155.126	192.605	192.605
16	0.564215	110.936	39.4029	UG I	0	21.3	44.2324	57.6605	147.891	0	147.891	184.228	184.228
17	0.564215	108.625	39.8778	UG I	0	21.3	41.5497	54.1633	138.921	0	138.921	173.635	173.635
18	0.564215	106.233	40.3559	UG I	0	21.3	39.0065	50.8481	130.419	0	130.419	163.564	163.564
19	0.564215	103.759	40.8375	UG I	0	21.3	36.5936	47.7027	122.351	0	122.351	153.98	153.98
20	0.564215	101.199	41.3226	UG I	0	21.3	34.3022	44.7156	114.69	0	114.69	144.849	144.849
21	0.564215	98.5541	41.8114	UG I	0	21.3	32.1241	41.8763	107.407	0	107.407	136.141	136.141
22	0.564215	95.8245	42.3039	UG I	0	21.3	30.0539	39.1777	100.486	0	100.486	127.836	127.836
23	0.564215	93.9674	42.8003	UG I	0	21.3	28.3603	36.9699	94.8227	0	94.8227	121.085	121.085
24	0.564215	92.7546	43.3007	UG I	0	21.3	26.9646	35.1505	90.1563	0	90.1563	115.567	115.567
25	0.564215	91.4228	43.8053	UG I	0	21.3	25.6485	33.4349	85.7562	0	85.7562	110.357	110.357
26	0.564215	87.5265	44.3142	UG I	0	21.3	23.7458	30.9546	79.3944	0	79.3944	102.578	102.578
27	0.564215	81.8814	44.8275	UG I	0	21.3	21.5021	28.0297	71.8924	0	71.8924	93.2654	93.2654
28	0.564215	76.1337	45.3454	UG I	0	21.3	19.3687	25.2487	64.7596	0	64.7596	84.3633	84.3633
29	0.564215	71.6335	45.8681	UG I	0	21.3	17.699	23.0721	59.177	0	59.177	77.4207	77.4207
30	0.564215	73.3986	46.3958	UG I	0	21.3	20.9074	27.2545	69.9043	0	69.9043	91.856	91.856
31	0.564215	75.8688	46.9286	UG I	0	21.3	18.1987	23.7235	60.8477	0	60.8477	80.3147	80.3147
32	0.564215	78.1035	47.4668	UG I	0	21.3	24.3009	31.6782	81.2503	0	81.2503	107.739	107.739
33	0.564215	77.1236	48.0106	UG I	0	21.3	18.3434	23.9121	61.3313	0	61.3313	81.7113	81.7113
34	0.564215	74.6637	48.5601	UG I	0	21.3	25.2104	32.8638	84.2913	0	84.2913	112.847	112.847
35	0.564215	72.0776	49.1157	UG I	0	21.3	17.2179	22.4449	57.5681	0	57.5681	77.456	77.456
36	0.564215	69.3611	49.6776	UG I	0	21.3	16.776	21.8689	56.0909	0	56.0909	75.8568	75.8568
37	0.564215	66.5095	50.2461	UG I	0	21.3	16.3671	21.3358	54.7235	0	54.7235	74.4	74.4
38	0.564215	63.518	50.8214	UG I	0	21.3	27.2744	35.5544	91.1924	0	91.1924	124.66	124.66
39	0.564215	60.3814	51.4039	UG I	0	21.3	15.3933	20.0664	51.4676	0	51.4676	70.7532	70.7532
40	0.564215	57.0941	51.9939	UG I	0	21.3	25.1886	32.8353	84.2183	0	84.2183	116.451	116.451
41	0.564215	53.6501	52.5918	UG I	0	21.3	14.3919	18.761	48.1194	0	48.1194	66.9376	66.9376
42	0.564215	50.0428	53.198	UG I	0	21.3	24.8177	32.3519	82.9785	0	82.9785	116.151	116.151
43	0.564215	44.4851	53.8128	UG I	0	21.3	12.7513	16.6224	42.6343	0	42.6343	60.065	60.065
44	0.564215	36.5669	54.4369	UG I	0	21.3	22.6431	29.5171	75.7075	0	75.7075	107.378	107.378
45	0.564215	28.4571	55.0706	UG I	0	21.3	8.93056	11.6417	29.8596	0	29.8596	42.6472	42.6472
46	0.564215	20.5182	55.7144	UG I	0	21.3	19.1601	24.9767	64.0619	0	64.0619	92.1648	92.1648
47	0.564215	15.719	56.3691	UG I	0	21.3	5.59764	7.29697	18.7158	0	18.7158	27.1311	27.1311
48	0.564215	11.5108	57.0353	UG I	0	21.3	4.64161	6.05071	15.5192	0	15.5192	22.6763	22.6763
49	0.564215	7.0753	57.7136	UG I	0	21.3	18.4563	24.0593	61.7089	0	61.7089	90.9192	90.9192
50	0.564215	2.3996	58.4048	UG I	0	21.3	16.8061	21.9081	56.1914	0	56.1914	83.5145	83.5145

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.31897

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	252.985	285.449	400	0	0
2	253.55	285.81	613.535	0	0
3	254.114	286.177	582.131	0	0
4	254.678	286.55	551.001	0	0
5	255.242	286.93	601.933	0	0
6	255.806	287.316	571.577	0	0

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
7	256.371	287.708	541.727	0	0
8	256.935	288.107	712.57	0	0
9	257.499	288.513	1027.02	0	0
10	258.063	288.925	1198.86	0	0
11	258.628	289.344	1168.23	0	0
12	259.192	289.771	1134.68	0	0
13	259.756	290.204	1098.12	0	0
14	260.32	290.645	1058.47	0	0
15	260.884	291.093	1015.64	0	0
16	261.449	291.549	969.66	0	0
17	262.013	292.012	922.695	0	0
18	262.577	292.484	875.644	0	0
19	263.141	292.963	828.571	0	0
20	263.705	293.451	781.548	0	0
21	264.27	293.947	734.648	0	0
22	264.834	294.452	687.948	0	0
23	265.398	294.965	641.53	0	0
24	265.962	295.487	595.001	0	0
25	266.527	296.019	548.059	0	0
26	267.091	296.56	500.776	0	0
27	267.655	297.111	454.518	0	0
28	268.219	297.672	410.301	0	0
29	268.783	298.243	368.294	0	0
30	269.348	298.825	327.913	0	0
31	269.912	299.417	290.747	0	0
32	270.476	300.021	246.109	0	0
33	271.04	300.636	208.61	0	0
34	271.604	301.262	161.25	0	0
35	272.169	301.902	127.089	0	0
36	272.733	302.553	80.8899	0	0
37	273.297	303.218	35.4667	0	0
38	273.861	303.896	-9.03809	0	0
39	274.426	304.589	-32.0946	0	0
40	274.99	305.296	-74.2898	0	0
41	275.554	306.018	-96.1159	0	0
42	276.118	306.755	-135.287	0	0
43	276.682	307.509	-151.765	0	0
44	277.247	308.281	-185.721	0	0
45	277.811	309.07	-191.163	0	0
46	278.375	309.878	-213.891	0	0
47	278.939	310.705	-205.438	0	0
48	279.504	311.554	-218.587	0	0
49	280.068	312.424	-228.445	0	0
50	280.632	313.317	-201.202	0	0
51	281.196	314.234	0	0	0

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.2241

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	252.985	286.503	400	0	0
2	253.599	286.798	649.039	0	0
3	254.213	287.1	633.316	0	0
4	254.826	287.411	617.043	0	0
5	255.44	287.729	688.345	0	0
6	256.053	288.056	671.21	0	0
7	256.667	288.391	653.769	0	0
8	257.28	288.734	1221.35	0	0
9	257.894	289.086	1419.14	0	0
10	258.508	289.447	1399.51	0	0
11	259.121	289.816	1377.03	0	0
12	259.735	290.195	1351.54	0	0

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
13	260.348	290.583	1322.88	0	0
14	260.962	290.98	1290.87	0	0
15	261.575	291.387	1255.62	0	0
16	262.189	291.804	1218.98	0	0
17	262.802	292.231	1181.39	0	0
18	263.416	292.669	1142.9	0	0
19	264.03	293.117	1103.58	0	0
20	264.643	293.575	1063.49	0	0
21	265.257	294.045	1022.71	0	0
22	265.87	294.527	981.052	0	0
23	266.484	295.02	938.091	0	0
24	267.097	295.525	893.866	0	0
25	267.711	296.043	849.633	0	0
26	268.325	296.573	806.357	0	0
27	268.938	297.117	764.238	0	0
28	269.552	297.674	721.818	0	0
29	270.165	298.246	676.211	0	0
30	270.779	298.832	627.289	0	0
31	271.392	299.434	575.821	0	0
32	272.006	300.051	527.709	0	0
33	272.62	300.685	475.074	0	0
34	273.233	301.336	429.558	0	0
35	273.847	302.005	376.349	0	0
36	274.46	302.693	323.088	0	0
37	275.074	303.4	286.187	0	0
38	275.687	304.128	233.383	0	0
39	276.301	304.877	181.128	0	0
40	276.915	305.65	144.061	0	0
41	277.528	306.446	113.072	0	0
42	278.142	307.268	70.2185	0	0
43	278.755	308.117	51.9984	0	0
44	279.369	308.996	18.2553	0	0
45	279.982	309.905	8.55358	0	0
46	280.596	310.848	-19.8448	0	0
47	281.21	311.827	-44.7802	0	0
48	281.823	312.846	-35.2175	0	0
49	282.437	313.908	-18.9702	0	0
50	283.05	315.017	-29.3161	0	0
51	283.664	316.179	0	0	0

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.30358

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	252.985	285.449	400	0	0
2	253.55	285.81	606.875	35.1405	3.31396
3	254.114	286.177	567.004	65.5341	6.59297
4	254.678	286.55	528.525	91.3286	9.80384
5	255.242	286.93	568.693	130.422	12.9166
6	255.806	287.316	531.98	151.598	15.9059
7	256.371	287.708	496.906	168.688	18.7512
8	256.935	288.107	642.301	252.196	21.4372
9	257.499	288.513	908.661	403.685	23.9538
10	258.063	288.925	1043.38	515.562	26.2952
11	258.628	289.344	1002.78	543.551	28.4596
12	259.192	289.771	961.385	565.12	30.4478
13	259.756	290.204	919.206	580.272	32.2632
14	260.32	290.645	876.25	589.05	33.9106
15	260.884	291.093	832.509	591.54	35.3957
16	261.449	291.549	788.052	587.933	36.7251
17	262.013	292.012	744.527	579.705	37.9051
18	262.577	292.484	702.546	567.735	38.9421

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
19	263.141	292.963	662.084	552.451	39.842
20	263.705	293.451	623.118	534.274	40.6105
21	264.27	293.947	585.629	513.623	41.2522
22	264.834	294.452	549.596	490.903	41.7715
23	265.398	294.965	515.002	466.511	42.1716
24	265.962	295.487	481.502	440.53	42.4556
25	266.527	296.019	448.82	413.075	42.6252
26	267.091	296.56	416.921	384.476	42.6816
27	267.655	297.111	386.618	355.827	42.6252
28	268.219	297.672	358.462	327.96	42.4557
29	268.783	298.243	332.437	301.137	42.1718
30	269.348	298.825	308.034	275.138	41.7714
31	269.912	299.417	286.186	250.998	41.2522
32	270.476	300.021	259.757	222.721	40.6105
33	271.04	300.636	238.168	198.73	39.842
34	271.604	301.262	210.098	169.783	38.9421
35	272.169	301.902	190.598	148.404	37.9051
36	272.733	302.553	162.821	121.474	36.7251
37	273.297	303.218	135.023	95.9409	35.3958
38	273.861	303.896	107.163	72.0392	33.9106
39	274.426	304.589	93.5082	59.0294	32.2632
40	274.99	305.296	65.8348	38.699	30.4479
41	275.554	306.018	51.898	28.131	28.4596
42	276.118	306.755	24.5396	12.1257	26.2953
43	276.682	307.509	13.107	5.82297	23.9539
44	277.247	308.281	-12.5619	-4.93237	21.4372
45	277.811	309.07	-16.9564	-5.75629	18.7511
46	278.375	309.878	-36.0278	-10.2668	15.9059
47	278.939	310.705	-29.9176	-6.86119	12.9166
48	279.504	311.554	-42.6261	-7.36575	9.80384
49	280.068	312.424	-53.5019	-6.18374	6.59298
50	280.632	313.317	-29.6397	-1.71626	3.31396
51	281.196	314.234	0	0	0

Entity Information





Group: Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	302.749	328.562
	300.451	327.717
	294.514	323.314
	292.591	321.641
	292.219	321.572
	285.898	317.091
	284.821	317.091
	284.19	316.594
	282.62	315.356
	281.049	314.118
	279.478	312.88
	278.712	312.276
	276.712	312.276
	275.677	311.559
	274.032	310.42
	272.388	309.281
	270.911	308.258
	270.79	308.079
	269.676	306.418
	269.03	305.454
	267.03	305.454
	266.129	304.803
	265.359	304.246
	264.381	303.831
	262.54	303.048
	261.295	302.519
	258.585	297.771
	257.785	296.369
	252.985	296.369
	252.985	290.369
	252.985	285.3
	252.985	284.3
	252.985	284
252.985	283.514	
252.985	281.469	
241.731	281.469	
227.985	281.469	
227.985	276.852	
227.985	252.476	
302.749	252.476	
302.749	304.568	
302.749	312.466	
Material Boundary	X	Y
	252.985	285.3
	256.188	287.315
	276.953	302.196
	276.97	302.207
	277.853	302.79
Material Boundary	X	Y
	256.188	287.315
	260.083	287.9
	264.893	288.86
	274.643	291.47
	295.523	300.99
302.749	304.568	

Type	Coordinates	
	X	Y
Material Boundary	227.985	276.852
	241.731	281.469
Material Boundary	262.54	303.048
	270.335	298.548
Material Boundary	264.381	303.831
	272.177	299.33
Material Boundary	266.129	304.803
	273.923	300.303
Material Boundary	269.676	306.418
	276.963	302.211
	276.964	302.21
	276.969	302.207
	276.97	302.207
	276.986	302.197
Material Boundary	270.79	308.079
	278.585	303.579
Material Boundary	272.388	309.281
	280.182	304.781
Material Boundary	274.032	310.42
	281.827	305.92
Material Boundary	275.677	311.559
	283.471	307.059
Material Boundary	279.478	312.88
	287.272	308.38
Material Boundary	281.049	314.118
	288.838	309.621
Material Boundary	282.62	315.356
	290.409	310.859
Material Boundary	284.19	316.594
	291.98	312.097
Material Boundary	252.985	290.369
	258.585	290.369
Material Boundary	258.585	290.369
	258.585	297.771

Scenario-based Entities

Type	Coordinates		Master Scenario
Water Table			Assigned to materials:
	X	Y	 UG I
	227.985	280.469	
	252.985	280.469	 UG IIIa
	252.985	283.469	
	295.52	300.989	 UG IIIb
	302.749	302.753	 UG I JG

11.5 Sezione di verifica globale in condizioni sismiche

Slide Analysis Information

da Sez 25D paratia sisma OK_rev

Project Summary

File Name: da Sez 25D paratia sisma OK_rev.slmd
 Slide Modeler Version: 8.032
 Compute Time: 00h:00m:04.881s
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 28/09/2023, 12:38:45

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Data Output: Standard
 Failure Direction: Right to Left

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
 Use negative pore pressure cutoff: Yes
 Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
 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: Slope Search
 Number of Surfaces: 20000
 Upper Angle [°]: Not Defined
 Lower Angle [°]: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Invalid Surfaces
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth [m]: 1
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.07
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.035

Loading

- 1 Line Load present

Line Load: 1

Angle from horizontal [°]: 0
 Magnitude: 400

Materials

Property	UG I	UG IIIa	UG IIIb	UG I JG
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18	20	24	18

Property	UG I	UG IIIa	UG IIIb	UG I JG
Cohesion [kPa]	0	150	240	975
Friction Angle [°]	26	26	28	21.3
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1	1

Support

Barre R32/20, phiperf76

- Support Type: Soil Nail
- Force Application: Passive
- Force Orientation: Parallel to Reinforcement
- Out-of-Plane Spacing: 2 m
- Tensile Capacity: 225 kN
- Plate Capacity: 225 kN
- Bond Strength: 25 kN/m

Pali i=1.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Pali i=4.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 4.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 485 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali i=1.5

- Support Type: Pile/Micro Pile
- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 1.5 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Micropali i=0.875

- Support Type: Pile/Micro Pile

- Force Application: Passive
- Out-of-Plane Spacing: 0.875 m
- Failure Mode: Shear
- Pile Shear Strength: 395.9 kN
- Force Direction: Perpendicular to pile

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.328870
Center:	209.586, 358.158
Radius:	84.444
Left Slip Surface Endpoint:	252.985, 285.720
Right Slip Surface Endpoint:	282.168, 315.000
Left Slope Intercept:	252.985 296.369
Right Slope Intercept:	282.168 315.000
Resisting Moment:	283203 kN-m
Driving Moment:	213116 kN-m
Passive Support Moment:	103994 kN-m
Maximum Single Support Force:	452.457 kN
Total Support Force:	1939.1 kN
Total Slice Area:	217.985 m ²
Surface Horizontal Width:	29.1823 m
Surface Average Height:	7.46978 m

Method: janbu simplified

FS	1.235280
Center:	224.426, 346.722
Radius:	66.648
Left Slip Surface Endpoint:	252.985, 286.503
Right Slip Surface Endpoint:	283.664, 316.179
Left Slope Intercept:	252.985 296.369
Right Slope Intercept:	283.664 316.179
Resisting Horizontal Force:	3573.96 kN
Driving Horizontal Force:	2893.23 kN
Passive Horizontal Support Force:	1865.03 kN
Maximum Single Support Force:	452.457 kN
Total Support Force:	1935.21 kN
Total Slice Area:	240.05 m ²
Surface Horizontal Width:	30.6785 m
Surface Average Height:	7.8247 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.315390
Center:	209.586, 358.158
Radius:	84.444
Left Slip Surface Endpoint:	252.985, 285.720
Right Slip Surface Endpoint:	282.168, 315.000
Left Slope Intercept:	252.985 296.369
Right Slope Intercept:	282.168 315.000
Resisting Moment:	280330 kN-m
Driving Moment:	213116 kN-m

FS	1.315390
Resisting Horizontal Force:	3448.9 kN
Driving Horizontal Force:	2621.97 kN
Passive Support Moment:	103994 kN-m
Passive Horizontal Support Force:	1868.4 kN
Maximum Single Support Force:	452.457 kN
Total Support Force:	1939.1 kN
Total Slice Area:	217.985 m ²
Surface Horizontal Width:	29.1823 m
Surface Average Height:	7.46978 m

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.32887

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.583645	110.016	31.1582	UG I	0	26	58.6139	77.8902	159.699	0	159.699	195.138	195.138
2	0.583645	106.274	31.6222	UG I	0	26	56.4324	74.9913	153.756	0	153.756	188.503	188.503
3	0.583645	102.464	32.0884	UG I	0	26	54.2263	72.0597	147.744	0	147.744	181.745	181.745
4	0.583645	98.5847	32.557	UG I	0	26	51.9956	69.0954	141.666	0	141.666	174.864	174.864
5	0.583645	94.6342	33.0281	UG I	0	26	49.7401	66.0981	135.521	0	135.521	167.858	167.858
6	0.583645	90.6118	33.5017	UG I	0	26	47.4598	63.0679	129.308	0	129.308	160.723	160.723
7	0.583645	86.5163	33.978	UG I	0	26	45.1546	60.0046	123.028	0	123.028	153.46	153.46
8	0.583645	82.3464	34.4569	UG I	0	26	42.8244	56.908	116.679	0	116.679	146.064	146.064
9	0.583645	81.3342	34.9385	UG I	0	26	42.1445	56.0045	114.826	0	114.826	144.269	144.269
10	0.583645	87.4852	35.4231	UG I	0	26	45.1648	60.0182	123.055	0	123.055	155.18	155.18
11	0.583645	93.8278	35.9105	UG I	0	26	48.2584	64.1291	131.484	0	131.484	166.431	166.431
12	0.583645	100.091	36.401	UG I	0	26	51.2844	68.1503	139.729	0	139.729	177.541	177.541
13	0.583645	106.272	36.8946	UG I	0	26	54.2423	72.0809	147.787	0	147.787	188.505	188.505
14	0.583645	112.371	37.3914	UG I	0	26	57.1309	75.9196	155.659	0	155.659	199.325	199.325
15	0.583645	116.024	37.8915	UG I	0	26	58.7538	78.0762	160.08	0	160.08	205.804	205.804
16	0.583645	114.046	38.395	UG I	0	26	57.5192	76.4355	156.716	0	156.716	202.297	202.297
17	0.583645	111.749	38.9021	UG I	0	26	56.1296	74.5889	152.931	0	152.931	198.225	198.225
18	0.583645	109.363	39.4128	UG I	0	26	54.7015	72.6912	149.039	0	149.039	193.992	193.992
19	0.583645	106.885	39.9273	UG I	0	26	53.2346	70.7419	145.043	0	145.043	189.597	189.597
20	0.583645	104.312	40.4457	UG I	0	26	51.7285	68.7405	140.938	0	140.938	185.034	185.034
21	0.583645	101.644	40.9681	UG I	0	26	50.1829	66.6865	136.727	0	136.727	180.301	180.301
22	0.583645	99.4605	41.4947	UG I	0	26	48.884	64.9605	133.189	0	133.189	176.43	176.43
23	0.583645	98.3796	42.0256	UG I	0	26	48.1308	63.9596	131.137	0	131.137	174.513	174.513
24	0.583645	97.2316	42.561	UG I	0	26	47.3464	62.9172	129	0	129	172.478	172.478
25	0.583645	94.0361	43.101	UG I	0	26	45.5714	60.5584	124.163	0	124.163	166.81	166.81
26	0.583645	88.252	43.6458	UG I	0	26	42.5592	56.5557	115.956	0	115.956	156.55	156.55
27	0.583645	82.3469	44.1956	UG I	0	26	39.513	52.5077	107.657	0	107.657	146.076	146.076
28	0.583645	77.5131	44.7506	UG I	0	26	37.0033	49.1726	100.819	0	100.819	137.501	137.501
29	0.583645	79.4163	45.3109	UG I	0	26	39.1989	52.0903	106.801	0	106.801	146.428	146.428
30	0.583645	82.2976	45.8769	UG I	0	26	38.8719	51.6557	105.91	0	105.91	145.99	145.99
31	0.583645	84.8514	46.4487	UG I	0	26	43.0448	57.2009	117.279	0	117.279	162.558	162.558
32	0.583645	83.8259	47.0265	UG I	0	26	39.1533	52.0297	106.677	0	106.677	148.703	148.703
33	0.583645	81.423	47.6107	UG I	0	26	42.2974	56.2078	115.243	0	115.243	161.582	161.582
34	0.583645	78.8817	48.2015	UG I	0	26	36.4117	48.3864	99.2068	0	99.2068	139.933	139.933
35	0.583645	76.1972	48.7992	UG I	0	26	34.9566	46.4528	95.2423	0	95.2423	135.172	135.172
36	0.583645	73.3644	49.4041	UG I	0	26	33.4442	44.443	91.1216	0	91.1216	130.147	130.147
37	0.583645	70.3777	50.0165	UG I	0	26	39.6186	52.648	107.944	0	107.944	155.188	155.188
38	0.583645	67.2312	50.6368	UG I	0	26	30.2435	40.1897	82.401	0	82.401	119.268	119.268
39	0.583645	63.9185	51.2655	UG I	0	26	35.7969	47.5694	97.5318	0	97.5318	142.158	142.158
40	0.583645	60.4326	51.9028	UG I	0	26	26.8018	35.6161	73.0238	0	73.0238	107.209	107.209
41	0.583645	56.5104	52.5494	UG I	0	26	33.0555	43.9264	90.0626	0	90.0626	133.218	133.218
42	0.583645	49.3138	53.2056	UG I	0	26	21.5396	28.6233	58.6866	0	58.6866	87.485	87.485
43	0.583645	41.015	53.872	UG I	0	26	27.0777	35.9828	73.7757	0	73.7757	110.87	110.87

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
44	0.583645	32.5092	54.5492	UG I	0	26	13.9677	18.5612	38.056	0	38.056	57.6736	57.6736
45	0.583645	25.8332	55.2379	UG I	0	26	21.4606	28.5184	58.4714	0	58.4714	89.3929	89.3929
46	0.583645	21.6991	55.9387	UG I	0	26	9.15763	12.1693	24.9508	0	24.9508	38.4962	38.4962
47	0.583645	17.3387	56.6524	UG I	0	26	7.24773	9.63129	19.7471	0	19.7471	30.7608	30.7608
48	0.583645	12.723	57.3799	UG I	0	26	19.9661	26.5323	54.3993	0	54.3993	85.5953	85.5953
49	0.583645	7.83637	58.1222	UG I	0	26	18.9971	25.2447	51.7593	0	51.7593	82.3058	82.3058
50	0.583645	2.66166	58.8802	UG I	0	26	1.07788	1.43236	2.93676	0	2.93676	4.72219	4.72219

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.23528

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.613569	107.335	25.6655	UG I	0	26	60.0931	74.2318	152.198	0	152.198	181.074	181.074
2	0.613569	104.036	26.2521	UG I	0	26	58.0023	71.6491	146.903	0	146.903	175.509	175.509
3	0.613569	100.65	26.8418	UG I	0	26	55.8774	69.0242	141.521	0	141.521	169.798	169.798
4	0.613569	97.1764	27.4345	UG I	0	26	53.7182	66.357	136.052	0	136.052	163.938	163.938
5	0.613569	93.6137	28.0305	UG I	0	26	51.5248	63.6475	130.497	0	130.497	157.928	157.928
6	0.613569	89.9603	28.6297	UG I	0	26	49.2969	60.8955	124.854	0	124.854	151.765	151.765
7	0.613569	86.2146	29.2324	UG I	0	26	47.0346	58.1009	119.124	0	119.124	145.446	145.446
8	0.613569	82.5608	29.8387	UG I	0	26	44.8387	55.3883	113.563	0	113.563	139.282	139.282
9	0.613569	78.9071	30.4487	UG I	0	26	42.67513	52.751	108.407	0	108.407	133.118	133.118
10	0.613569	75.2534	31.0625	UG I	0	26	40.5115	50.1139	103.251	0	103.251	126.954	126.954
11	0.613569	71.5997	31.6803	UG I	0	26	38.3479	47.4767	98.095	0	98.095	120.790	120.790
12	0.613569	67.9460	32.3022	UG I	0	26	36.1843	44.8395	92.940	0	92.940	114.626	114.626
13	0.613569	64.2923	32.9285	UG I	0	26	34.0207	42.2023	87.785	0	87.785	108.462	108.462
14	0.613569	60.6386	33.5592	UG I	0	26	31.8571	39.5651	82.630	0	82.630	102.298	102.298
15	0.613569	56.9849	34.1945	UG I	0	26	29.6935	36.9279	77.475	0	77.475	96.134	96.134
16	0.613569	53.3312	34.8347	UG I	0	26	27.5299	34.2907	72.320	0	72.320	90.000	90.000
17	0.613569	49.6775	35.4799	UG I	0	26	25.3663	31.6535	67.165	0	67.165	83.866	83.866
18	0.613569	46.0238	36.1303	UG I	0	26	23.2027	29.0163	62.010	0	62.010	77.732	77.732
19	0.613569	42.3701	36.7861	UG I	0	26	21.0391	26.3791	56.855	0	56.855	71.598	71.598
20	0.613569	38.7164	37.4476	UG I	0	26	18.8755	23.7415	51.700	0	51.700	65.464	65.464
21	0.613569	35.0627	38.115	UG I	0	26	16.7119	21.1039	46.545	0	46.545	59.330	59.330
22	0.613569	31.4090	38.7886	UG I	0	26	14.5483	18.4663	41.390	0	41.390	53.196	53.196
23	0.613569	27.7553	39.4686	UG I	0	26	12.3847	15.8287	36.235	0	36.235	47.062	47.062
24	0.613569	24.1016	40.1553	UG I	0	26	10.2211	13.1911	31.080	0	31.080	40.928	40.928
25	0.613569	20.4479	40.8491	UG I	0	26	8.0575	10.5535	25.925	0	25.925	34.794	34.794
26	0.613569	16.7942	41.5501	UG I	0	26	5.9000	7.9160	20.770	0	20.770	28.660	28.660
27	0.613569	13.1405	42.2589	UG I	0	26	3.7425	5.3790	15.615	0	15.615	22.526	22.526
28	0.613569	9.4868	42.9757	UG I	0	26	1.5850	2.8420	10.460	0	10.460	16.392	16.392
29	0.613569	5.8331	43.701	UG I	0	26	-0.5725	0.3050	5.305	0	5.305	10.258	10.258
30	0.613569	2.1794	44.4351	UG I	0	26	-2.7250	-1.1320	0.150	0	0.150	4.124	4.124
31	0.613569	-1.4743	45.1786	UG I	0	26	-4.8775	-2.6650	-4.035	0	-4.035	-1.990	-1.990
32	0.613569	-5.1280	45.932	UG I	0	26	-7.0300	-4.1980	-8.170	0	-8.170	-6.156	-6.156
33	0.613569	-8.7817	46.6957	UG I	0	26	-9.1825	-5.7310	-12.305	0	-12.305	-12.322	-12.322
34	0.613569	-12.4354	47.4704	UG I	0	26	-11.3350	-7.2640	-16.440	0	-16.440	-18.488	-18.488
35	0.613569	-16.0891	48.2567	UG I	0	26	-13.4875	-8.7970	-20.575	0	-20.575	-24.654	-24.654
36	0.613569	-19.7428	49.0553	UG I	0	26	-15.6400	-10.3300	-24.710	0	-24.710	-30.820	-30.820
37	0.613569	-23.3965	49.8669	UG I	0	26	-17.7925	-11.8630	-28.845	0	-28.845	-36.986	-36.986
38	0.613569	-27.0502	50.6924	UG I	0	26	-19.9450	-13.3960	-32.980	0	-32.980	-43.152	-43.152
39	0.613569	-30.7039	51.5327	UG I	0	26	-22.0975	-14.9290	-37.115	0	-37.115	-49.318	-49.318
40	0.613569	-34.3576	52.3888	UG I	0	26	-24.2500	-16.4620	-41.250	0	-41.250	-55.484	-55.484
41	0.613569	-38.0113	53.2619	UG I	0	26	-26.4025	-17.9950	-45.385	0	-45.385	-61.650	-61.650
42	0.613569	-41.6650	54.1531	UG I	0	26	-28.5550	-19.5280	-49.520	0	-49.520	-67.816	-67.816
43	0.613569	-45.3187	55.064	UG I	0	26	-30.7075	-21.0610	-53.655	0	-53.655	-73.982	-73.982
44	0.613569	-48.9724	55.9962	UG I	0	26	-32.8600	-22.5940	-57.790	0	-57.790	-80.148	-80.148
45	0.613569	-52.6261	56.9514	UG I	0	26	-35.0125	-24.1270	-61.925	0	-61.925	-86.314	-86.314
46	0.613569	-56.2798	57.9317	UG I	0	26	-37.1650	-25.6600	-66.060	0	-66.060	-92.480	-92.480
47	0.613569	-59.9335	58.9397	UG I	0	26	-39.3175	-27.1930	-70.195	0	-70.195	-98.646	-98.646
48	0.613569	-63.5872	59.978	UG I	0	26	-41.4700	-28.7260	-74.330	0	-74.330	-104.812	-104.812

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
49	0.613569	10.9436	61.05	UG I	0	26	4.25405	5.25494	10.7742	0	10.7742	18.4645	18.4645
50	0.613569	3.7446	62.1596	UG I	0	26	17.1746	21.2155	43.4982	0	43.4982	76.0172	76.0172

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.31539

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	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]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.583645	110.016	31.1582	UG I	0	26	81.0733	106.643	218.65	0	218.65	267.669	267.669
2	0.583645	106.274	31.6222	UG I	0	26	76.0831	100.079	205.192	0	205.192	252.039	252.039
3	0.583645	102.464	32.0884	UG I	0	26	71.1248	93.5568	191.82	0	191.82	236.416	236.416
4	0.583645	98.5847	32.557	UG I	0	26	77.2303	101.588	208.286	0	208.286	257.595	257.595
5	0.583645	94.6342	33.0281	UG I	0	26	63.921	84.0811	172.392	0	172.392	213.948	213.948
6	0.583645	90.6118	33.5017	UG I	0	26	59.1365	77.7875	159.487	0	159.487	198.631	198.631
7	0.583645	86.5163	33.978	UG I	0	26	97.9002	128.777	264.033	0	264.033	330.013	330.013
8	0.583645	82.3464	34.4569	UG I	0	26	137.5	180.866	370.831	0	370.831	465.179	465.179
9	0.583645	81.3342	34.9385	UG I	0	26	112.233	147.63	302.688	0	302.688	381.095	381.095
10	0.583645	87.4852	35.4231	UG I	0	26	63.5713	83.621	171.448	0	171.448	216.665	216.665
11	0.583645	93.8278	35.9105	UG I	0	26	62.6528	82.4129	168.971	0	168.971	214.342	214.342
12	0.583645	100.091	36.401	UG I	0	26	61.6795	81.1326	166.347	0	166.347	211.822	211.822
13	0.583645	106.272	36.8946	UG I	0	26	60.6821	79.8206	163.656	0	163.656	209.209	209.209
14	0.583645	112.371	37.3914	UG I	0	26	59.6873	78.5121	160.973	0	160.973	206.593	206.593
15	0.583645	116.024	37.8915	UG I	0	26	57.8352	76.0758	155.979	0	155.979	200.988	200.988
16	0.583645	114.046	38.395	UG I	0	26	54.0551	71.1035	145.784	0	145.784	188.62	188.62
17	0.583645	111.749	38.9021	UG I	0	26	50.4106	66.3096	135.955	0	135.955	176.635	176.635
18	0.583645	109.363	39.4128	UG I	0	26	46.9786	61.7952	126.699	0	126.699	165.305	165.305
19	0.583645	106.885	39.9273	UG I	0	26	43.7466	57.5439	117.982	0	117.982	154.596	154.596
20	0.583645	104.312	40.4457	UG I	0	26	40.7018	53.5387	109.771	0	109.771	144.467	144.467
21	0.583645	101.644	40.9681	UG I	0	26	37.8314	49.7631	102.03	0	102.03	134.879	134.879
22	0.583645	99.4605	41.4947	UG I	0	26	35.3122	46.4493	95.2352	0	95.2352	126.471	126.471
23	0.583645	98.3796	42.0256	UG I	0	26	33.3198	43.8285	89.8617	0	89.8617	119.89	119.89
24	0.583645	97.2316	42.561	UG I	0	26	31.4669	41.3913	84.8647	0	84.8647	113.761	113.761
25	0.583645	94.0361	43.101	UG I	0	26	29.1495	38.3429	78.6146	0	78.6146	105.893	105.893
26	0.583645	88.252	43.6458	UG I	0	26	26.2332	34.5069	70.7496	0	70.7496	95.7712	95.7712
27	0.583645	82.3469	44.1956	UG I	0	26	23.4787	30.8836	63.3206	0	63.3206	86.1491	86.1491
28	0.583645	77.5131	44.7506	UG I	0	26	21.2282	27.9233	57.2512	0	57.2512	78.2953	78.2953
29	0.583645	79.4163	45.3109	UG I	0	26	24.0882	31.6854	64.9646	0	64.9646	89.3157	89.3157
30	0.583645	82.2976	45.8769	UG I	0	26	21.4201	28.1758	57.769	0	57.769	79.855	79.855
31	0.583645	84.8514	46.4487	UG I	0	26	28.0034	36.8354	75.5237	0	75.5237	104.98	104.98
32	0.583645	83.8259	47.0265	UG I	0	26	21.2924	28.0078	57.4244	0	57.4244	80.279	80.279
33	0.583645	81.423	47.6107	UG I	0	26	29.0059	38.1541	78.2275	0	78.2275	110.005	110.005
34	0.583645	78.8817	48.2015	UG I	0	26	19.9184	26.2005	53.719	0	53.719	75.9977	75.9977
35	0.583645	76.1972	48.7992	UG I	0	26	19.4373	25.5676	52.4213	0	52.4213	74.6237	74.6237
36	0.583645	73.3644	49.4041	UG I	0	26	19.0311	25.0333	51.3259	0	51.3259	73.533	73.533
37	0.583645	70.3777	50.0165	UG I	0	26	31.879	41.9333	85.9759	0	85.9759	123.99	123.99
38	0.583645	67.2312	50.6368	UG I	0	26	18.0863	23.7905	48.7777	0	48.7777	70.8251	70.8251
39	0.583645	63.9185	51.2655	UG I	0	26	29.4424	38.7282	79.4045	0	79.4045	116.109	116.109
40	0.583645	60.4326	51.9028	UG I	0	26	17.1712	22.5868	46.3099	0	46.3099	68.2113	68.2113
41	0.583645	56.5104	52.5494	UG I	0	26	29.1468	38.3394	78.6075	0	78.6075	116.66	116.66
42	0.583645	49.3138	53.2056	UG I	0	26	14.9928	19.7214	40.4349	0	40.4349	60.4803	60.4803
43	0.583645	41.015	53.872	UG I	0	26	26.3392	34.6463	71.0356	0	71.0356	107.119	107.119
44	0.583645	32.5092	54.5492	UG I	0	26	10.7438	14.1323	28.9755	0	28.9755	44.0651	44.0651
45	0.583645	25.8332	55.2379	UG I	0	26	22.9417	30.1773	61.8726	0	61.8726	94.928	94.928
46	0.583645	21.6991	55.9387	UG I	0	26	7.93787	10.4414	21.408	0	21.408	33.1493	33.1493
47	0.583645	17.3387	56.6524	UG I	0	26	7.01151	9.22287	18.9097	0	18.9097	29.5644	29.5644
48	0.583645	12.723	57.3799	UG I	0	26	22.7483	29.9229	61.351	0	61.351	96.8941	96.8941
49	0.583645	7.83637	58.1222	UG I	0	26	20.8323	27.4026	56.1837	0	56.1837	89.6811	89.6811
50	0.583645	2.66166	58.8802	UG I	0	26	0.998077	1.31286	2.69177	0	2.69177	4.34501	4.34501

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.32887

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	252.985	285.72	400	0	0
2	253.569	286.073	613.427	0	0
3	254.153	286.433	583.629	0	0
4	254.736	286.798	553.999	0	0
5	255.32	287.171	605.723	0	0
6	255.904	287.551	576.673	0	0
7	256.487	287.937	548.04	0	0
8	257.071	288.33	718.529	0	0
9	257.655	288.731	1031.48	0	0
10	258.238	289.138	1202.15	0	0
11	258.822	289.554	1171.27	0	0
12	259.405	289.976	1137.27	0	0
13	259.989	290.407	1100.03	0	0
14	260.573	290.845	1059.46	0	0
15	261.156	291.291	1015.46	0	0
16	261.74	291.745	968.876	0	0
17	262.324	292.207	921.941	0	0
18	262.907	292.678	874.811	0	0
19	263.491	293.158	827.56	0	0
20	264.075	293.647	780.261	0	0
21	264.658	294.144	732.993	0	0
22	265.242	294.651	685.84	0	0
23	265.826	295.167	638.613	0	0
24	266.409	295.693	590.807	0	0
25	266.993	296.229	542.463	0	0
26	267.577	296.775	494.629	0	0
27	268.16	297.332	448.71	0	0
28	268.744	297.899	404.886	0	0
29	269.327	298.478	362.698	0	0
30	269.911	299.068	322.59	0	0
31	270.495	299.67	275.754	0	0
32	271.078	300.284	235.084	0	0
33	271.662	300.91	185.211	0	0
34	272.246	301.55	147.823	0	0
35	272.829	302.202	98.7646	0	0
36	273.413	302.869	50.3128	0	0
37	273.997	303.55	2.61496	0	0
38	274.58	304.246	-23.6472	0	0
39	275.164	304.958	-69.3494	0	0
40	275.748	305.685	-94.8171	0	0
41	276.331	306.43	-137.785	0	0
42	276.915	307.192	-157.743	0	0
43	277.498	307.972	-194.434	0	0
44	278.082	308.772	-201.954	0	0
45	278.666	309.591	-227.283	0	0
46	279.249	310.432	-221.679	0	0
47	279.833	311.295	-239.4	0	0
48	280.417	312.182	-253.903	0	0
49	281	313.094	-229.002	0	0
50	281.584	314.033	-197.85	0	0
51	282.168	315	0	0	0

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.23528

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	252.985	286.503	400	0	0
2	253.599	286.798	646.212	0	0
3	254.213	287.1	630.044	0	0
4	254.826	287.411	613.321	0	0

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
5	255.44	287.729	683.375	0	0
6	256.053	288.056	665.79	0	0
7	256.667	288.391	647.904	0	0
8	257.28	288.734	1209.75	0	0
9	257.894	289.086	1405.16	0	0
10	258.508	289.447	1385.07	0	0
11	259.121	289.816	1362.08	0	0
12	259.735	290.195	1336.03	0	0
13	260.348	290.583	1306.76	0	0
14	260.962	290.98	1274.1	0	0
15	261.575	291.387	1238.17	0	0
16	262.189	291.804	1200.84	0	0
17	262.802	292.231	1162.57	0	0
18	263.416	292.669	1123.43	0	0
19	264.03	293.117	1083.46	0	0
20	264.643	293.575	1042.75	0	0
21	265.257	294.045	1001.37	0	0
22	265.87	294.527	959.143	0	0
23	266.484	295.02	915.63	0	0
24	267.097	295.525	870.877	0	0
25	267.711	296.043	826.156	0	0
26	268.325	296.573	782.443	0	0
27	268.938	297.117	739.94	0	0
28	269.552	297.674	697.173	0	0
29	270.165	298.246	651.24	0	0
30	270.779	298.832	602.018	0	0
31	271.392	299.434	550.288	0	0
32	272.006	300.051	502.203	0	0
33	272.62	300.685	449.415	0	0
34	273.233	301.336	404.273	0	0
35	273.847	302.005	351.03	0	0
36	274.46	302.693	297.798	0	0
37	275.074	303.4	262.125	0	0
38	275.687	304.128	209.48	0	0
39	276.301	304.877	157.453	0	0
40	276.915	305.65	121.798	0	0
41	277.528	306.446	92.5206	0	0
42	278.142	307.268	50.0344	0	0
43	278.755	308.117	33.9347	0	0
44	279.369	308.996	0.584993	0	0
45	279.982	309.905	-6.51898	0	0
46	280.596	310.848	-34.49	0	0
47	281.21	311.827	-59.0047	0	0
48	281.823	312.846	-45.3341	0	0
49	282.437	313.908	-24.5058	0	0
50	283.05	315.017	-34.6139	0	0
51	283.664	316.179	0	0	0

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.31539

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	252.985	285.72	400	0	0
2	253.569	286.073	608.409	42.3877	3.98534
3	254.153	286.433	571.768	79.5126	7.91703
4	254.736	286.798	536.034	111.447	11.7451
5	255.32	287.171	578.664	159.674	15.4261
6	255.904	287.551	544.048	186.539	18.9254
7	256.487	287.937	510.708	208.602	22.2179
8	257.071	288.33	658.756	311.214	25.2873
9	257.655	288.731	928.946	496.553	28.126
10	258.238	289.138	1066.19	633.881	30.7327

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
11	258.822	289.554	1026.1	669.206	33.1117
12	259.405	289.976	984.796	696.506	35.2702
13	259.989	290.407	942.315	715.731	37.2183
14	260.573	290.845	898.697	726.896	38.9671
15	261.156	291.291	853.963	730.078	40.5281
16	261.74	291.745	808.85	726.065	41.9128
17	262.324	292.207	765.084	716.754	43.132
18	262.907	292.678	722.74	702.73	44.1958
19	263.491	293.158	681.817	684.516	45.1132
20	264.075	293.647	642.312	662.636	45.8923
21	264.658	294.144	604.223	637.609	46.54
22	265.242	294.651	567.548	609.943	47.062
23	265.826	295.167	532.09	579.928	47.4633
24	266.409	295.693	497.443	547.589	47.7472
25	266.993	296.229	463.573	513.347	47.9167
26	267.577	296.775	431.117	478.349	47.9729
27	268.16	297.332	400.91	443.956	47.9167
28	268.744	297.899	372.957	410.554	47.7472
29	269.327	298.478	346.833	378.015	47.4633
30	269.911	299.068	322.718	346.825	47.0621
31	270.495	299.67	294.731	311.016	46.54
32	271.078	300.284	271.122	279.701	45.8923
33	271.662	300.91	241.744	242.701	45.1132
34	272.246	301.55	220.526	214.42	44.1957
35	272.829	302.202	191.596	179.493	43.132
36	273.413	302.869	162.693	146.042	41.9129
37	273.997	303.55	133.743	114.341	40.5281
38	274.58	304.246	118.651	95.9692	38.9672
39	275.164	304.958	89.8288	68.229	37.2183
40	275.748	305.685	74.217	52.4907	35.2702
41	276.331	306.43	45.5644	29.7163	33.1117
42	276.915	307.192	32.4693	19.304	30.7328
43	277.498	307.972	6.24141	3.33624	28.126
44	278.082	308.772	0.941659	0.444865	25.2873
45	278.666	309.591	-18.7966	-7.67759	22.2179
46	279.249	310.432	-14.682	-5.03404	18.9254
47	279.833	311.295	-30.0356	-8.2879	15.4261
48	280.417	312.182	-43.916	-9.13059	11.7451
49	281	313.094	-23.0237	-3.20178	7.91704
50	281.584	314.033	5.80692	0.404567	3.98535
51	282.168	315	0	0	0

Entity Information





Group: Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	302.749	328.562
	300.451	327.717
	294.514	323.314
	292.591	321.641
	292.219	321.572
	285.898	317.091
	284.821	317.091
	284.19	316.594
	282.62	315.356
	281.049	314.118
	279.478	312.88
	278.712	312.276
	276.712	312.276
	275.677	311.559
	274.032	310.42
	272.388	309.281
	270.911	308.258
	270.79	308.079
	269.676	306.418
	269.03	305.454
	267.03	305.454
	266.129	304.803
	265.359	304.246
	264.381	303.831
	262.54	303.048
	261.295	302.519
	258.585	297.771
	257.785	296.369
	252.985	296.369
	252.985	290.369
	252.985	285.3
	252.985	284.3
252.985	284	
252.985	283.514	
252.985	281.469	
241.731	281.469	
227.985	281.469	
227.985	276.852	
227.985	252.476	
302.749	252.476	
302.749	304.568	
302.749	312.466	
Material Boundary	X	Y
	252.985	285.3
	256.188	287.315
	276.953	302.196
	276.97	302.207
	277.853	302.79
Material Boundary	X	Y
	297.853	310.26
	302.749	312.466
	256.188	287.315
	260.083	287.9
	264.893	288.86
Material Boundary	X	Y
	274.643	291.47
	295.523	300.99
	302.749	304.568

Type	Coordinates	
Material Boundary	X	Y
	227.985	276.852
	241.731	281.469
Material Boundary	X	Y
	262.54	303.048
	270.335	298.548
Material Boundary	X	Y
	264.381	303.831
	272.177	299.33
Material Boundary	X	Y
	266.129	304.803
	273.923	300.303
Material Boundary	X	Y
	269.676	306.418
	276.963	302.211
	276.964	302.21
	276.969	302.207
	276.97	302.207
	276.986	302.197
277.471	301.918	
Material Boundary	X	Y
	270.79	308.079
	278.585	303.579
Material Boundary	X	Y
	272.388	309.281
	280.182	304.781
Material Boundary	X	Y
	274.032	310.42
	281.827	305.92
Material Boundary	X	Y
	275.677	311.559
	283.471	307.059
Material Boundary	X	Y
	279.478	312.88
	287.272	308.38
Material Boundary	X	Y
	281.049	314.118
	288.838	309.621
Material Boundary	X	Y
	282.62	315.356
	290.409	310.859
Material Boundary	X	Y
	284.19	316.594
	291.98	312.097
Material Boundary	X	Y
	252.985	290.369
	258.585	290.369
Material Boundary	X	Y
	258.585	290.369
	258.585	297.771

Scenario-based Entities

Type	Coordinates		Master Scenario
Water Table			Assigned to materials:
	X	Y	 UG I
	227.985	280.469	
	252.985	280.469	 UG IIIa
	252.985	283.469	
	295.523	300.989	 UG IIIb
	302.749	302.753	 UG I JG