

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA MATERA

GEOTECNICA

Relazione di stabilità scavi

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	A	5	F	0	1	D	0	9	C	L	V	I	0	8	0	3	0	0	5	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	S.Gasperoni	Luglio 2019	M.E.D'Effremo	Luglio 2019	F. Gernone	Luglio 2019	

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.3	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI	5
3.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO VIADOTTO.....	6
3.1	PREMESSA.....	6
3.2	RICONOSCIMENTO UNITÀ GEOTECNICHE	6
3.3	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	6
3.4	FALDA.....	7
4.	ANALISI DI STABILITA'	9
4.1	PREMESSA.....	9
4.2	METODOLOGIE DI CALCOLO.....	9
4.3	SEZIONE DI CALCOLO	10
4.4	RISULTATI.....	10
5.	APPENDICE A: ANALISI DI STABILITÀ. TABULATI DI CALCOLO SLIDE.....	12
5.1	ANALISI STATICA SLU – SCAVO FONDAZIONI DIRETTE.....	12
5.2	ANALISI STATICA SLU – SCAVO FONDAZIONI SU PALI.....	18

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di stabilità degli scavi a cielo aperto provvisionali per la realizzazione degli interventi nelle fondazioni delle pile del viadotto Gravina (VI08), nell'ambito della realizzazione della nuova Linea Ferrandina – Matera "La Martella" per il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Verifiche di stabilità delle scarpate provvisionali.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 17/01/2018).

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [N.2]. Circolare N.7 del 21-01-2019, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'Applicazione Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N.3]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [N.4]. Progetto DOC-Reluis 2005-2008 – linea 3: Valutazione e riduzione del rischio sismico di ponti esistenti – “linee guida e manuale applicativo per la valutazione della sicurezza sismica e il consolidamento dei ponti esistenti in c.a.” marzo 2009

2.2 Documenti di riferimento

- [DC1]. IA5F00D78F6GE0005001A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Profilo Geotecnico.
- [DC2]. IA5F00D78RHGE0005001A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica.
- [DC3]. IA5F00D69F5GE0001001A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Profilo geologico.
- [DC4]. IA5F00D69RGGE0001001A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione geologica.
- [DC5]. IA5F 01 D 09 RH VI0000 001 A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Criteri di calcolo delle fondazioni.
- [DC6]. IA5F 01 D 09 RH VI0800 001 A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione descrittiva dello stato di fatto e degli interventi sul versante.
- [DC7]. IA5F 01 D 09 RH VI0800 002 A - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione stabilità di versante.
- [DC8]. F.8.1.1. e F.8.1.2 - Linea Ferrandina – Matera Centrale. Pianta e profilo longitudinale Tav.1 e 2. Novembre 1985.
- [DC9]. Linea Ferrandina – Matera Centrale. Carpenterie fondazioni e piante. Novembre 1985.
- [DC10]. E.0.2. Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S.. Stazione di Ferrandina – Stazione di Matera la Martella. Relazione calcoli statici 2 a parte. Novembre 1985.

- [DC11]. Rv.1. Relazione sulle varianti in corso d'opera alle opere di fondazione. Ottobre 1987.
- [DC12]. IA5F01D09ROVI0000001A Relazione tecnico-illustrativa: Materiali, Fattore di confidenza e criteri di calcolo
- [DC13]. IA5F01D09P9VI0800003A VI08 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.1/6
- [DC14]. IA5F01D09P9VI0800004A VI08 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.2/6
- [DC15]. IA5F01D09P9VI0800005A VI08 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.3/6
- [DC16]. IA5F01D09P9VI0800006A VI08 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.4/6
- [DC17]. IA5F01D09P9VI0800007A VI08 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.5/6
- [DC18]. IA5F01D09P9VI0800008A VI08 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.6/6
- [DC19]. IA5F01D09P9VI0800009A VI08 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 1
- [DC20]. IA5F01D09P9VI0800010A VI08 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 2
- [DC21]. IA6F01D09P9VI0800011A VI08 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 3
- [DC22]. IA6F01D09P9VI0800012A VI08 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 4
- [DC23]. IA6F01D09P9VI0800013A VI08 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 5
- [DC24]. IA5F01D09P9VI0800014A VI08 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 6
- [DC25]. IA5F01D09BZVI0800001A Carpenteria interventi fondazioni pile P1-P3 e P26-P27
- [DC26]. IA5F01D09BZVI0800002A Carpenteria interventi fondazioni pile 4-15 e 25
- [DC27]. IA5F01D09BZVI0800003A Carpenteria interventi fondazioni pile 16-20
- [DC28]. IA5F01D09BZVI0800004A Carpenteria interventi fondazioni pile 21-22
- [DC29]. IA5F01D09BZVI0800005A Carpenteria interventi fondazioni pile 23-24

2.3 Programmi di calcolo utilizzati

- "SLIDE 7" - Il programma di calcolo è stato adottato per le verifiche di stabilità, è prodotto da Rocscience. E' validato ed utilizzato in svariati ambiti progettuali (Italferr, Autostrade, ecc.). In accordo a quanto prescritto nel paragrafo 10.2 del D.M. 14/01/2008, il progettista certifica la affidabilità del suddetto codice di calcolo e l' idoneità di utilizzo nel caso specifico.

3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO VIADOTTO

3.1 Premessa

Di seguito si riportano le principali unità geotecniche intercettate lungo il tracciato ed una sintesi dei parametri di progetto. Per il dettaglio delle indagini eseguite e la scelta dei parametri si rimanda alla Relazione descrittiva dello stato di fatto e degli interventi sul versante [DC1].

3.2 Riconoscimento unità geotecniche

Le indagini hanno intercettato le seguenti unità geotecniche:

Unità 1e – Depositi terrazzati del Fiume Bradano: Si tratta di depositi alluvionali terrazzati.

Unità ASP – Argille subappennine: Si tratta di argille limose e argille marnose grigie da consistenti a dure.

Unità GRA – Calcareniti di Gravina: Si tratta di rocce, calcareniti di colore avana-giallastro passante ad avana-biancastro, a struttura granulare da fine a grossolana, con alterazione da debole a media, medio dura, poco fratturata, RQD da 40 a 100%.

Unità Cc – Calcarea di Altamura: Si tratta di rocce, calcilutiti di colore da nocciola-grigiastrea a nocciola-biancastra, a struttura compatta, alterazione da media ad elevata, dura, con talvolta fratture, RQD da 30 a 90%.

3.3 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nella seguente tabella si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate interagenti con le fondazioni.

Unità 1e – Depositi terrazzati del Fiume Bradano

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 21 \div 23^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 130 \div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$E_o = 200 \div 500 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 3.5 \cdot 10^{-5} \div 4.5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità

Unità 2 – Argille subappennine

$\gamma = 19.0 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 27 \div 32 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 22 \div 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 300 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate

$V_s = 130 \div 210$ m/s	velocità delle onde di taglio
$E_0 = 120 \div 200$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 9.0 \cdot 10^{-8} \div 1.0 \cdot 10^{-7}$ m/s	coefficiente di permeabilità

Unità 3 – Calcareniti di Gravina

$\gamma = 19.0 \div 21.0$ kN/m ³	peso di volume naturale
GSI = 37	Geological Strength Index
$\sigma_{ci} = 3$ MPa	resistenza a compressione della roccia intatta
$m_i = 9$	costante per la roccia intatta
$c' = 20$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 600 \div 1300$ m/s	velocità delle onde di taglio
$E_0 = 4000 \div 12300$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 8.0 \cdot 10^{-7} \div 1.0 \cdot 10^{-7}$ m/s	coefficiente di permeabilità

Unità 4 – Calcarea di Altamura

$\gamma = 24.0 \div 26.0$ kN/m ³	peso di volume naturale
GSI = 45	Geological Strength Index
$\sigma_{ci} = 42$ MPa	resistenza a compressione della roccia intatta
$m_i = 9$	costante per la roccia intatta
$c' = 140 \div 190$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 42 \div 38.5^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 1400 \div 1800$ m/s	velocità delle onde di taglio
$E_0 = 15600 \div 21500$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 2.0 \cdot 10^{-7} \div 1.0 \cdot 10^{-5}$ m/s	coefficiente di permeabilità

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale (E_0).

3.4 Falda

Durante la perforazione il sondaggio S10_DH_50 ha rilevato falda a 27 m da p.c., il sondaggio S11_DH_50 ha rilevato falda profonda, non interferente con le opere. Nel sondaggio S6_10 la falda è assente.



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	8 di 23

Il piezometro S9_PZ_30, installato nelle vicinanze dell'opera, indica falda a 3 m dal p.c..

Il livello di falda è desumibile dal profilo geotecnico e geologico dell'opera [DC1].

4. ANALISI DI STABILITÀ

4.1 Premessa

Nel seguente capitolo si riporta l'analisi di stabilità degli scavi provvisionali a cielo aperto per la realizzazione degli interventi delle fondazioni delle pile del viadotto. Le scarpate hanno pendenza 2 (verticale) / 3 (orizzontale).

4.2 Metodologie di calcolo

Le verifiche di stabilità per le scarpate di scavo provvisorie sono state svolte in condizioni statiche in quanto si tratta di un'opera provvisoria.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il codice di calcolo denominato Slide 7.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni. Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{\text{disp}}}{\int_S \tau_{\text{mob}}}$$

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2).

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$$\gamma_\phi = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio}$$

$$\gamma_c = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per la coesione drenata}$$

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$$\tan(\phi'_k) = \tan(\phi'_k) / \gamma_\phi \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c'_k = c'_k / \gamma_c \quad \text{coesione drenata}$$

In condizioni statiche, il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R). Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare $FS \geq 1.1$.

4.3 Sezione di calcolo

Le analisi di stabilità sono state condotte per le due situazioni più critiche in termini di altezza dello scavo e stratigrafia. Le altezze di scavo sono state stimate dalle quote del terreno ricavate dal profilo geotecnico del 1985 [DC6] e dalle quote estradosso fondazione dichiarate nella relazione sulle varianti in corso d'opera alle opere di fondazione [DC11].

In particolare si sono analizzate due sezioni:

- Sezione di scavo per la realizzazione delle fondazioni dirette, con altezza pari a 4.5 m. La stratigrafia è costituita da uno strato superficiale di circa 1 m di depositi terrazzati (unità 1e), seguito dalle argille limose ASP (unità 2) fino a fondo scavo, infine dalle calcareniti di Gravina (unità 3).
- Sezione di scavo per la realizzazione delle fondazioni su pali, con altezza pari a 4.0 m. Il terreno intergente con lo scavo è costituito dalle argille limose ASP (unità 2).

Nell'analisi la falda è stata considerata come da profilo geotecnico/geologico e quindi interferisce in minima parte con gli scavi i quali vengono comunque realizzati all'interno della formazione ASP a bassa permeabilità.

Sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

Unità 1e – Depositi terrazzati del fiume Bradano

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio

Unità 2 – Argille subappennine

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 28 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 22^\circ$	angolo di resistenza al taglio

Unità 3 – Calcareniti di Gravina

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio

4.4 Risultati

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità in condizioni statiche SLU. I tabulati di calcolo completi sono riportati in **Appendice A**. I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto previsto da normativa ($\gamma_R \geq 1.1$); quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

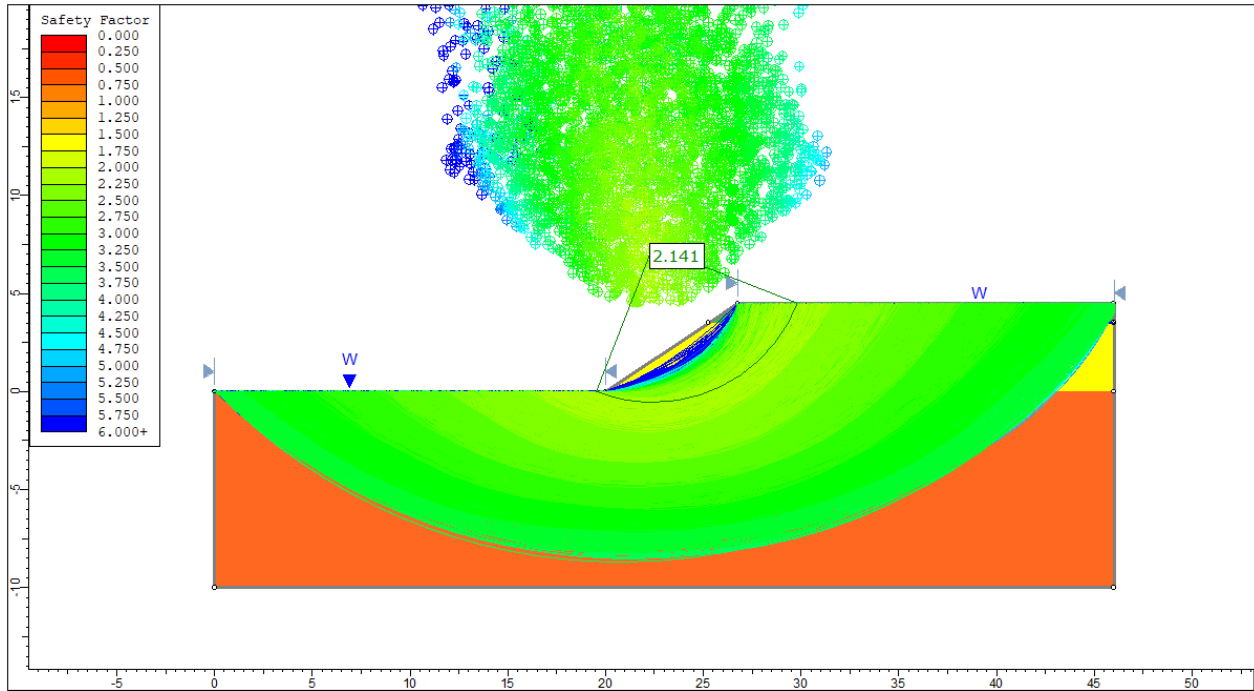


Figura 1 – Analisi statica SLU – Scavo fondazioni dirette

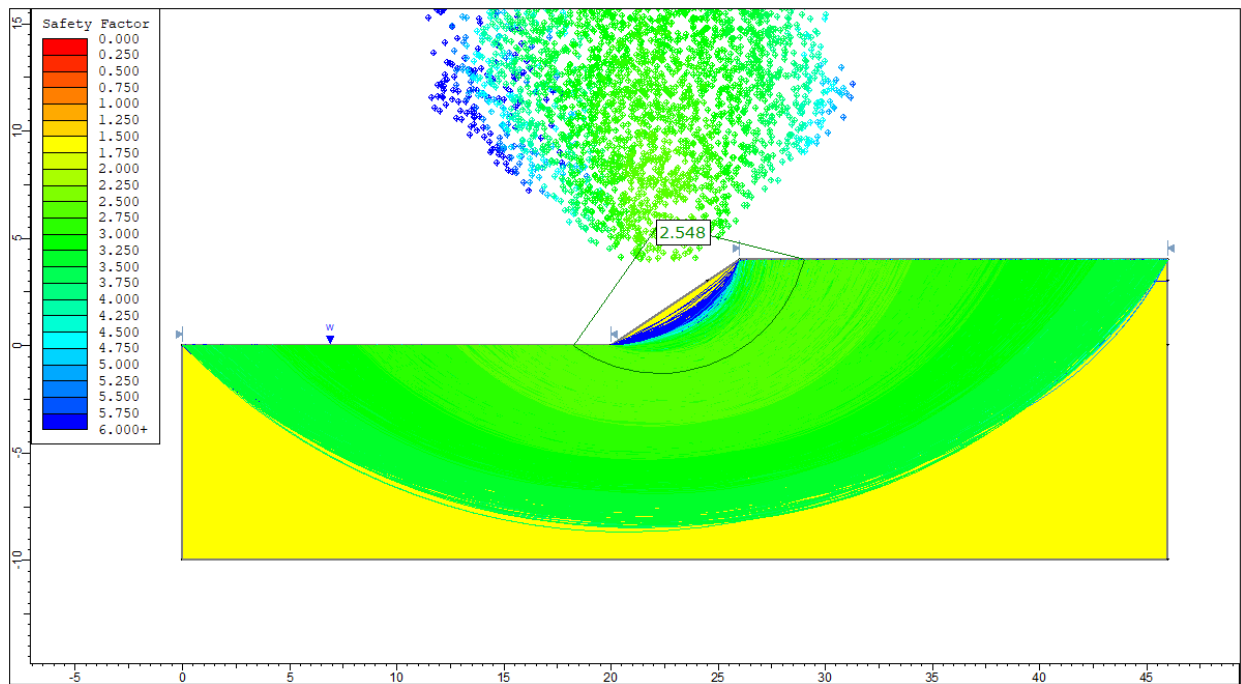


Figura 2 – Analisi statica SLU – Scavo fondazioni su pali



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella
VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	12 di 23

5. APPENDICE A: ANALISI DI STABILITÀ. TABULATI DI CALCOLO SLIDE

5.1 Analisi statica SLU – Scavo fondazioni dirette

Slide Analysis Information

Gravina_scarpata provvisionale diretta

Project Summary

File Name: Gravina_scarpata provvisionale diretta.slmd
Slide Modeler Version: 8.021
Compute Time: 00h:00m:00.506s
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 02/10/2017, 09:00:02

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

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



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	13 di 23

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:	5000
Upper Angle [°]:	Not Defined
Lower Angle [°]:	Not Defined
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Materials

Property	ASP	GRA	1e
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19	19	19
Cohesion [kPa]	22.4	16	0
Friction Angle [°]	17.9	26.6	26.6

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	14 di 23

Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	2.141020
Center:	22.416, 7.394
Radius:	7.940
Left Slip Surface Endpoint:	19.521, 0.000
Right Slip Surface Endpoint:	29.810, 4.500
Resisting Moment:	2760.79 kN-m
Driving Moment:	1289.47 kN-m
Total Slice Area:	23.7953 m2
Surface Horizontal Width:	10.2891 m
Surface Average Height:	2.31266 m

Valid/Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	4790
Number of Invalid Surfaces:	210

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.14102

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	0.206779	0.152558	-20.5851	GRA	16	26.6	8.28407	17.7364	3.84828	0.380863	3.46742	0.736968	0.356105
2	0.206779	0.444974	-18.9991	GRA	16	26.6	8.39218	17.9678	5.04069	1.11101	3.92968	2.15118	1.04017
3	0.206779	0.838873	-17.4281	GRA	16	26.6	8.60465	18.4227	6.75731	1.91924	4.83807	4.05615	2.13691
4	0.206779	1.59634	-15.8705	GRA	16	26.6	9.11465	19.5146	10.3107	3.2921	7.01858	7.71938	4.42728
5	0.206779	2.35715	-14.3248	GRA	16	26.6	9.63753	20.6341	13.8598	4.60556	9.2542	11.3987	6.79317
6	0.206779	3.09468	-12.7898	GRA	16	26.6	10.141	21.712	17.2676	5.86092	11.4067	14.9655	9.10461
7	0.206779	3.80938	-11.264	GRA	16	26.6	10.6257	22.7497	20.5382	7.05928	13.4789	18.4219	11.3626
8	0.206779	4.50165	-9.74632	GRA	16	26.6	11.0922	23.7486	23.6751	8.20161	15.4735	21.7698	13.5682
9	0.206779	5.17181	-8.2355	GRA	16	26.6	11.541	24.7095	26.6812	9.28874	17.3925	25.0108	15.7221
10	0.206779	5.82013	-6.73042	GRA	16	26.6	11.9726	25.6336	29.5591	10.3213	19.2378	28.1462	17.8249
11	0.206779	6.44684	-5.23	GRA	16	26.6	12.3873	26.5215	32.311	11.3	21.011	31.1771	19.8771
12	0.206779	7.05212	-3.73317	GRA	16	26.6	12.7855	27.3741	34.9387	12.2251	22.7136	34.1044	21.8793
13	0.206779	7.6361	-2.23888	GRA	16	26.6	13.1675	28.1918	37.4435	13.0971	24.3464	36.9287	23.8316
14	0.206779	8.19887	-0.746126	GRA	16	26.6	13.5333	28.975	39.8266	13.916	25.9106	39.6504	25.7344
15	0.206779	8.74046	0.746126	GRA	16	26.6	13.8832	29.7242	42.0888	14.6822	27.4066	42.2696	27.5874

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	15 di 23

16	0.206779	9.26089	2.23888	GRA	16	26.6	14.2173	30.4396	44.2307	15.3954	28.8353	44.7866	29.3912
17	0.206779	9.7601	3.73317	GRA	16	26.6	14.5358	31.1214	46.2525	16.0557	30.1968	47.2009	31.1452
18	0.206779	10.238	5.23	GRA	16	26.6	14.8385	31.7696	48.154	16.6628	31.4912	49.5122	32.8494
19	0.206779	10.6945	6.73042	GRA	16	26.6	15.1256	32.3842	49.9347	17.2164	32.7183	51.7197	34.5033
20	0.206779	11.1294	8.2355	GRA	16	26.6	15.3969	32.9651	51.5944	17.716	33.8784	53.8229	36.1069
21	0.206779	11.5424	9.74632	GRA	16	26.6	15.6524	33.5122	53.1321	18.1611	34.971	55.8207	37.6596
22	0.206779	11.9333	11.264	GRA	16	26.6	15.892	34.025	54.546	18.551	35.995	57.7112	39.1602
23	0.206779	12.3018	12.7898	GRA	16	26.6	16.1154	34.5033	55.8352	18.8849	36.9503	59.4935	40.6086
24	0.206779	12.6475	14.3248	GRA	16	26.6	16.3224	34.9466	56.9971	19.1617	37.8354	61.1652	42.0035
25	0.206779	12.9698	15.8705	GRA	16	26.6	16.5128	35.3542	58.03	19.3805	38.6495	62.7246	43.3441
26	0.206779	13.2684	17.4281	GRA	16	26.6	16.6862	35.7254	58.9305	19.5399	39.3906	64.1686	44.6287
27	0.206779	13.5427	18.9991	GRA	16	26.6	16.8422	36.0594	59.6962	19.6384	40.0578	65.4951	45.8567
28	0.206779	13.7919	20.5851	GRA	16	26.6	16.9803	36.3552	60.3227	19.6744	40.6483	66.7001	47.0257
29	0.20342	13.786	22.1746	ASP	22.4	17.9	16.696	35.7464	60.9681	19.6466	41.3215	67.773	48.1264
30	0.20342	13.9768	23.7691	ASP	22.4	17.9	16.8195	36.0109	61.3036	19.1633	42.1403	68.711	49.5477
31	0.20342	14.1413	25.3835	ASP	22.4	17.9	16.9323	36.2523	61.4855	18.5982	42.8873	69.5196	50.9214
32	0.20342	14.2784	27.0197	ASP	22.4	17.9	17.0315	36.4647	61.509	17.9638	43.5452	70.1943	52.2305
33	0.20342	14.3871	28.6802	ASP	22.4	17.9	17.1164	36.6465	61.3652	17.2569	44.1083	70.7285	53.4716
34	0.20342	14.4658	30.3674	ASP	22.4	17.9	17.1863	36.7962	61.0458	16.4743	44.5715	71.1158	54.6415
35	0.20342	14.5132	32.0844	ASP	22.4	17.9	17.2402	36.9116	60.5407	15.6119	44.9288	71.3489	55.737
36	0.20342	14.3031	33.8342	ASP	22.4	17.9	17.1259	36.6669	58.8365	14.6654	44.1711	70.3161	55.6507
37	0.20342	13.7594	35.6207	ASP	22.4	17.9	16.7955	35.9594	55.6099	13.6295	41.9804	67.6435	54.014
38	0.20342	13.1767	37.4481	ASP	22.4	17.9	16.4488	35.2172	52.181	12.4982	39.6828	64.7789	52.2807
39	0.20342	12.5536	39.3213	ASP	22.4	17.9	16.0857	34.4398	48.5402	11.2645	37.2757	61.7162	50.4517
40	0.20342	11.8869	41.2462	ASP	22.4	17.9	15.7044	33.6234	44.6683	9.92013	34.7482	58.4388	48.5187
41	0.20342	11.1727	43.2297	ASP	22.4	17.9	15.303	32.764	40.5426	8.45507	32.0875	54.928	46.4729
42	0.20342	10.4062	45.2802	ASP	22.4	17.9	14.8791	31.8564	36.1346	6.85734	29.2773	51.1599	44.3026
43	0.20342	9.5816	47.4078	ASP	22.4	17.9	14.4296	30.8941	31.4103	5.11219	26.2981	47.1066	41.9944
44	0.20342	8.69167	49.6253	ASP	22.4	17.9	13.9508	29.8688	26.3252	3.20119	23.124	42.732	39.5308
45	0.20342	7.72712	51.9492	ASP	22.4	17.9	13.4375	28.77	20.8227	1.1008	19.7219	37.9905	36.8897
46	0.188992	6.24007	54.3088	ASP	22.4	17.9	12.7635	27.327	15.2542	0	15.2542	33.0223	33.0223
47	0.188992	5.25073	56.7204	ASP	22.4	17.9	11.9156	25.5116	9.63368	0	9.63368	27.7876	27.7876
48	0.188992	4.16231	59.2988	ASP	22.4	17.9	10.9927	23.5355	3.51567	0	3.51567	22.0286	22.0286
49	0.237089	3.47947	62.4865	1e	0	26.6	2.36902	5.07211	10.1288	0	10.1288	14.677	14.677
50	0.237089	1.22712	66.4827	1e	0	26.6	0.787447	1.68594	3.36675	0	3.36675	5.17625	5.17625

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.14102

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	19.521	0	0	0	0
2	19.7278	-0.0776616	2.01138	0	0
3	19.9346	-0.148858	4.10513	0	0
4	20.1413	-0.213769	6.32255	0	0
5	20.3481	-0.272557	8.81291	0	0
6	20.5549	-0.32536	11.5371	0	0
7	20.7617	-0.3723	14.444	0	0
8	20.9685	-0.413483	17.4864	0	0
9	21.1752	-0.449001	20.6203	0	0
10	21.382	-0.478929	23.8046	0	0
11	21.5888	-0.503331	27.001	0	0
12	21.7956	-0.522259	30.1733	0	0
13	22.0024	-0.535751	33.2878	0	0
14	22.2091	-0.543835	36.3125	0	0

15	22.4159	-0.546528	39.2174	0	0
16	22.6227	-0.543835	41.9741	0	0
17	22.8295	-0.535751	44.5556	0	0
18	23.0362	-0.522259	46.9365	0	0
19	23.243	-0.503331	49.0925	0	0
20	23.4498	-0.478929	51.0008	0	0
21	23.6566	-0.449001	52.6396	0	0
22	23.8634	-0.413483	53.9883	0	0
23	24.0701	-0.3723	55.0271	0	0
24	24.2769	-0.32536	55.7376	0	0
25	24.4837	-0.272557	56.1023	0	0
26	24.6905	-0.213769	56.1044	0	0
27	24.8973	-0.148858	55.7286	0	0
28	25.104	-0.0776616	54.9602	0	0
29	25.3108	-1.15463e-14	53.7856	0	0
30	25.5142	0.082909	52.1262	0	0
31	25.7177	0.172497	50.0547	0	0
32	25.9211	0.269016	47.5636	0	0
33	26.1245	0.372752	44.6466	0	0
34	26.3279	0.48403	41.2989	0	0
35	26.5313	0.603221	37.5179	0	0
36	26.7348	0.730749	33.3034	0	0
37	26.9382	0.867103	28.7637	0	0
38	27.1416	1.01285	24.0744	0	0
39	27.345	1.16865	19.2898	0	0
40	27.5484	1.33527	14.4731	0	0
41	27.7519	1.51364	9.69934	0	0
42	27.9553	1.70486	5.05878	0	0
43	28.1587	1.91028	0.661901	0	0
44	28.3621	2.13156	-3.354	0	0
45	28.5655	2.37079	-6.81471	0	0
46	28.769	2.63068	-9.49358	0	0
47	28.958	2.89378	-11.0953	0	0
48	29.1469	3.18172	-11.6178	0	0
49	29.3359	3.5	-10.6598	0	0
50	29.573	3.95518	-14.7088	0	0
51	29.8101	4.5	0	0	0

Entity Information




Group: Analisi Statica

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	0	0
	0	-10
	46	-10
	46	0
	46	3.5
	46	4.5

	26.75	4.5
	25.25	3.5
	20	0
	X	Y
Material Boundary	25.25	3.5
	46	3.5
	X	Y
Material Boundary	20	0
	46	0

Scenario-based Entities

Type	Coordinates	Master Scenario
	X	Y
	0	0
	20	0
Water Table	25.42	2.047
	29.597	2.775
	41.021	3.5
	46	3.5
	Assigned to materials:	
		ASP
		GRA
		1e



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella
VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	18 di 23

5.2 Analisi statica SLU – Scavo fondazioni su pali

Slide Analysis Information

Gravina_scarpata provvisoriale pali

Project Summary

File Name: Gravina_scarpata provvisoriale pali.sld
Slide Modeler Version: 8.021
Compute Time: 00h:00m:00.397s
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 02/10/2017, 09:00:02

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
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



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "GRAVINA"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	19 di 23

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: 5000
Upper Angle [°]: Not Defined
Lower Angle [°]: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Materials

Property	ASP
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19
Cohesion [kPa]	22.4
Friction Angle [°]	17.9
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	2.548330
Center:	22.258, 5.697
Radius:	6.973
Left Slip Surface Endpoint:	18.237, 0.000
Right Slip Surface Endpoint:	29.021, 4.000
Resisting Moment:	2908.38 kN-m
Driving Moment:	1141.29 kN-m
Total Slice Area:	26.9734 m2
Surface Horizontal Width:	10.7837 m
Surface Average Height:	2.50132 m

Valid/Invalid Surfaces
Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4796
 Number of Invalid Surfaces: 204

Slice Data
• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.54833

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	0.217163	0.303703	-34.1325	ASP	22.4	17.9	9.7099	24.744	7.97922	0.722	7.25722	1.39708	0.675082
2	0.217163	0.887386	-32.0024	ASP	22.4	17.9	9.81808	25.0197	10.2205	2.10973	8.11082	4.08495	1.97522
3	0.217163	1.42521	-29.9208	ASP	22.4	17.9	9.91553	25.268	12.2681	3.38842	8.87967	6.56161	3.17319
4	0.217163	1.92008	-27.8819	ASP	22.4	17.9	10.0027	25.4903	14.1326	4.56501	9.56761	8.84049	4.27548
5	0.217163	2.37447	-25.8808	ASP	22.4	17.9	10.0801	25.6874	15.8235	5.64535	10.1781	10.933	5.28765
6	0.217163	2.79049	-23.913	ASP	22.4	17.9	10.148	25.8605	17.3485	6.63445	10.7141	12.8488	6.21431
7	0.217163	3.16993	-21.9749	ASP	22.4	17.9	10.2069	26.0104	18.7148	7.53658	11.1782	14.5961	7.05954
8	0.217163	3.51434	-20.0628	ASP	22.4	17.9	10.2569	26.1379	19.928	8.35542	11.5726	16.1821	7.82669
9	0.217163	4.05837	-18.1738	ASP	22.4	17.9	10.404	26.5129	22.1028	9.36902	12.7337	18.6874	9.31834
10	0.217163	4.92983	-16.3051	ASP	22.4	17.9	10.702	27.2721	25.8308	10.7464	15.0844	22.7003	11.9539
11	0.217163	5.77372	-14.4541	ASP	22.4	17.9	10.9918	28.0107	29.4196	12.0487	17.3709	26.5864	14.5377
12	0.217163	6.58686	-12.6183	ASP	22.4	17.9	11.2713	28.7229	32.854	13.2779	19.5761	30.3308	17.0529
13	0.217163	7.36994	-10.7957	ASP	22.4	17.9	11.5407	29.4095	36.1375	14.4356	21.7019	33.9368	19.5012
14	0.217163	8.12356	-8.98406	ASP	22.4	17.9	11.8002	30.0709	39.2728	15.5232	23.7496	37.4072	21.884
15	0.217163	8.8482	-7.18144	ASP	22.4	17.9	12.05	30.7075	42.2624	16.542	25.7204	40.7441	24.2021
16	0.217163	9.54425	-5.38595	ASP	22.4	17.9	12.2902	31.3195	45.1081	17.4927	27.6154	43.9494	26.4567
17	0.217163	10.212	-3.59575	ASP	22.4	17.9	12.5208	31.9072	47.8111	18.3762	29.4349	47.0243	28.6481
18	0.217163	10.8517	-1.80907	ASP	22.4	17.9	12.742	32.4707	50.3724	19.193	31.1794	49.97	30.777
19	0.217163	11.4634	-0.0241389	ASP	22.4	17.9	12.9536	33.01	52.7925	19.9432	32.8493	52.787	32.8438
20	0.217163	12.0471	1.76076	ASP	22.4	17.9	13.1557	33.525	55.0707	20.627	34.4437	55.4752	34.8482
21	0.217163	12.603	3.54738	ASP	22.4	17.9	13.3482	34.0156	57.2069	21.2444	35.9625	58.0344	36.79
22	0.217163	13.1307	5.33746	ASP	22.4	17.9	13.5311	34.4817	59.2006	21.795	37.4056	60.4648	38.6698
23	0.217163	13.6301	7.13279	ASP	22.4	17.9	13.7042	34.9229	61.0499	22.2783	38.7716	62.7648	40.4865

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	21 di 23

24	0.217163	14.101	8.93519	ASP	22.4	17.9	13.8674	35.3387	62.7527	22.6937	40.059	64.933	42.2393
25	0.217163	14.5429	10.7466	ASP	22.4	17.9	14.0205	35.7288	64.3069	23.0402	41.2667	66.9679	43.9277
26	0.217163	14.9553	12.5689	ASP	22.4	17.9	14.1632	36.0925	65.7097	23.3166	42.3931	68.8674	45.5508
27	0.217163	15.3377	14.4042	ASP	22.4	17.9	14.2953	36.4291	66.9569	23.5217	43.4352	70.6284	47.1067
28	0.217163	15.6894	16.2548	ASP	22.4	17.9	14.4164	36.7378	68.0443	23.6537	44.3906	72.2476	48.5939
29	0.217163	16.0095	18.123	ASP	22.4	17.9	14.5262	37.0176	68.9675	23.7106	45.2569	73.7218	50.0112
30	0.217163	16.297	20.0114	ASP	22.4	17.9	14.6573	37.3516	69.7079	23.4169	46.291	75.046	51.6291
31	0.217163	16.5509	21.9228	ASP	22.4	17.9	14.789	37.6873	70.2633	22.9329	47.3304	76.2152	53.2823
32	0.217163	16.7698	23.8602	ASP	22.4	17.9	14.9074	37.9889	70.6298	22.3657	48.2641	77.2235	54.8578
33	0.217163	16.9522	25.8271	ASP	22.4	17.9	15.0115	38.2543	70.7976	21.7117	49.0859	78.0632	56.3515
34	0.217163	17.0962	27.8273	ASP	22.4	17.9	15.1007	38.4815	70.7557	20.9666	49.7891	78.7266	57.76
35	0.217163	17.1998	29.8651	ASP	22.4	17.9	15.1737	38.6677	70.491	20.1253	50.3657	79.204	59.0787
36	0.217163	17.2411	31.9455	ASP	22.4	17.9	15.2189	38.7829	69.9048	19.1822	50.7226	79.3945	60.2123
37	0.217163	16.8245	34.0742	ASP	22.4	17.9	15.024	38.286	67.314	18.1301	49.1839	77.4762	59.3461
38	0.217163	16.1929	36.2579	ASP	22.4	17.9	14.7229	37.5187	63.7695	16.9611	46.8084	74.5678	57.6067
39	0.217163	15.5079	38.5047	ASP	22.4	17.9	14.4036	36.7051	59.9547	15.6651	44.2896	71.4137	55.7486
40	0.217163	14.7644	40.824	ASP	22.4	17.9	14.064	35.8397	55.8403	14.2301	41.6102	67.9903	53.7602
41	0.217163	13.9562	43.2277	ASP	22.4	17.9	13.7013	34.9155	51.3901	12.6413	38.7488	64.2689	51.6276
42	0.217163	13.0755	45.7305	ASP	22.4	17.9	13.3121	33.9235	46.5576	10.88	35.6776	60.2135	49.3335
43	0.217163	12.1122	48.3515	ASP	22.4	17.9	12.8916	32.852	41.2822	8.92227	32.3599	55.7775	46.8553
44	0.217163	11.0529	51.1155	ASP	22.4	17.9	12.4335	31.6847	35.4823	6.73641	28.7459	50.8999	44.1635
45	0.217163	9.87938	54.0571	ASP	22.4	17.9	11.9288	30.3986	29.0433	4.27906	24.7642	45.4964	41.2173
46	0.217163	8.56556	57.2257	ASP	22.4	17.9	11.364	28.9592	21.7958	1.48807	20.3078	39.4467	37.9586
47	0.198544	6.53218	60.5325	ASP	22.4	17.9	10.5859	26.9764	14.169	0	14.169	32.9043	32.9043
48	0.198544	5.09968	64.0558	ASP	22.4	17.9	9.55653	24.3532	6.04723	0	6.04723	25.6895	25.6895
49	0.198544	3.39797	68.1089	ASP	22.4	17.9	8.33172	21.232	-3.61628	0	-3.61628	17.1188	17.1188
50	0.198544	1.23299	73.1052	ASP	22.4	17.9	6.75773	17.2209	-16.0347	0	-16.0347	6.21489	6.21489

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.54833

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	18.2375	0	0	0	0
2	18.4546	-0.147211	3.28281	0	0
3	18.6718	-0.282922	6.80153	0	0
4	18.889	-0.407902	10.4876	0	0
5	19.1061	-0.522796	14.2831	0	0
6	19.3233	-0.628155	18.1389	0	0
7	19.5405	-0.724448	22.0127	0	0
8	19.7576	-0.812077	25.8687	0	0
9	19.9748	-0.891387	29.6762	0	0
10	20.1919	-0.962677	33.5108	0	0
11	20.4091	-1.0262	37.4752	0	0
12	20.6263	-1.08218	41.5085	0	0
13	20.8434	-1.13079	45.5529	0	0
14	21.0606	-1.1722	49.555	0	0
15	21.2778	-1.20654	53.4654	0	0
16	21.4949	-1.2339	57.2381	0	0
17	21.7121	-1.25437	60.8301	0	0
18	21.9293	-1.26802	64.201	0	0
19	22.1464	-1.27488	67.313	0	0
20	22.3636	-1.27497	70.1303	0	0
21	22.5807	-1.26829	72.619	0	0
22	22.7979	-1.25483	74.747	0	0

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0803005	A	22 di 23

23	23.0151	-1.23454	76.4837	0	0
24	23.2322	-1.20737	77.8	0	0
25	23.4494	-1.17322	78.6683	0	0
26	23.6666	-1.13201	79.0619	0	0
27	23.8837	-1.08359	78.9554	0	0
28	24.1009	-1.02781	78.3247	0	0
29	24.318	-0.964497	77.1463	0	0
30	24.5352	-0.89342	75.3983	0	0
31	24.7524	-0.81433	73.0674	0	0
32	24.9695	-0.726931	70.1374	0	0
33	25.1867	-0.630877	66.5898	0	0
34	25.4039	-0.52577	62.4077	0	0
35	25.621	-0.41114	57.5756	0	0
36	25.8382	-0.286441	52.0799	0	0
37	26.0554	-0.151029	45.9183	0	0
38	26.2725	-0.00414124	39.2926	0	0
39	26.4897	0.155136	32.3321	0	0
40	26.7068	0.327904	25.1012	0	0
41	26.924	0.515513	17.6786	0	0
42	27.1412	0.719641	10.1633	0	0
43	27.3583	0.942413	2.68181	0	0
44	27.5755	1.18659	-4.59949	0	0
45	27.7927	1.45588	-11.4547	0	0
46	28.0098	1.7554	-17.564	0	0
47	28.227	2.09271	-22.4485	0	0
48	28.4255	2.4441	-25.3261	0	0
49	28.6241	2.85218	-25.8968	0	0
50	28.8226	3.3463	-22.4561	0	0
51	29.0212	4	0	0	0


Entity Information

Group: Analisi Statica

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	0	0
	0	-10
	46	-10
	46	0
	46	3
	46	4
	26	4
	24.5	3
	20	0

Scenario-based Entities

Type	Coordinates		Master Scenario
	X	Y	
Water Table	0	0	<p>Assigned to materials:</p>  ASP
	20	0	
	24.489	1.509	
	30.118	2.388	
	41.333	3	
	46	3	