

S.S.121 "Cataneese"  
Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. UP62

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG**

**RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

*Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)*

**PROGETTISTA:**

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*  
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*  
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*  
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**GEOLOGO:**

*Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)*

**COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

*Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)*

**RESPONSABILE SIA:**

*Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

*Dott. Ing. Luigi Mupo*

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

MANDATARIA:

MANDANTI:



**OPERE D'ARTE MINORI**


**OPERE DI SOSTEGNO**

Relazione Intervento di chiodatura



CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	UP62_P000S00GETRE04_B			
DPUP0062	D 23	CODICE ELAB.	P00OS00GETRE04	B	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B	Revisione a seguito Riesame ANAS	NOV. 2023	E.Stramacci	G.PIAZZA	G.PIAZZA
A	EMISSIONE	FEB 2023	E.Stramacci	G.PIAZZA	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO




<b>S.S.121"Cataneese"</b> <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

## I N D I C E

---

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PENDII.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITA' DELLO SCAVO.....</b>	<b>5</b>
4.1	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	5
4.2	CRITERI DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO .....	7
4.3	VERIFICA DI STABILITÀ .....	8
4.4	CRITERIO DI ROTTURA DELLA SCARPATA E SEZIONI CONSIDERATE.....	14
4.5	SISTEMA SOIL NAILING .....	14
<b>5</b>	<b>ALLEGATO 1- VERIFICA STATICA ANTE OPERAM .....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>ALLEGATO 2- VERIFICA STATICA POST OPERAM .....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>ALLEGATO 3 - VERIFICA SISMICA POST OPERAM.....</b>	<b>34</b>

<b>S.S.121 "Cataneese"</b> Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione è riportato lo studio della messa in sicurezza dello scavo con il sistema denominato "Soil Nailing", nell'ambito del progetto dell'ammodernamento dell'itinerario Palermo – Agrigento (S.S. 121 – Cataneese) tratto Palermo (A19) – rotatoria Bolognetta.

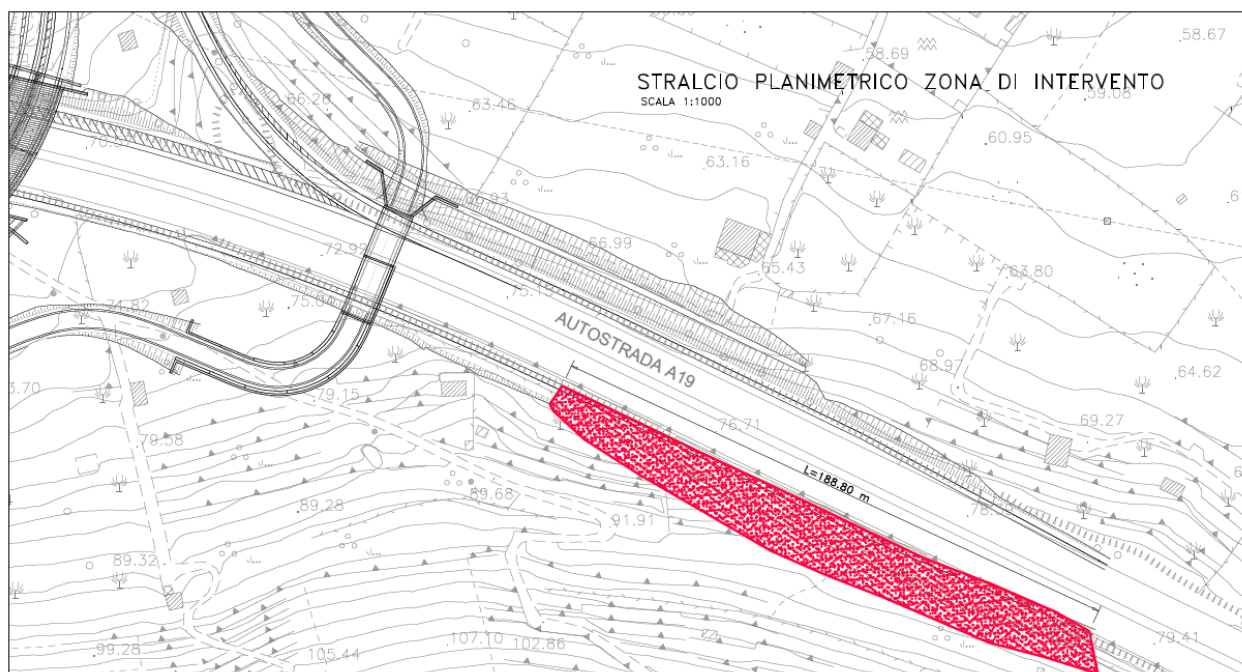
L'obiettivo del soil nailing è migliorare la stabilità del terreno quando si manifestano condizioni di stabilità sfavorevoli. La stabilità è raggiunta inserendo nel terreno barre di rinforzo che sono iniettate e rese solidali al terreno per tutta la loro lunghezza (chiodature). Le chiodature mobilitano forze attrittive lungo l'intera lunghezza e contribuiscono a migliorare le condizioni di stabilità quando nel terreno si manifestano deformazioni (Schlosser F. et Al., 2002; Soulas R., 1991 ; BS 8006; Byrne, R.J et Al., 1998). Le forze attrittive stabilizzanti sono quindi generate passivamente con l'inizio della rottura nel terreno. La frequenza e la lunghezza dei chiodi devono essere opportunamente calcolate in accordo con EN 1997-1.


La protezione della superficie esposta del terreno rinforzato dai chiodi è ottenuta con rivestimento (facing), che ha lo scopo di contenere il terreno tra i chiodi, prevenire fenomeni di erosione e assumere una funzione estetica. Ovviamente il facing può solo collaborare con l'azione passiva dei chiodi.

La presente relazione geotecnica è stata redatta ai sensi del DM 11/03/1998 – "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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" e delle Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018.

I parametri geotecnici sono stati desunti dalle risultanze della relazione geologica.

In particolare, la chiodatura in oggetto è prevista in corrispondenza del tratto dell'autostrada A19 indicato in figura:



S.S.121 "Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
<b>UP62</b>	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

## **2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PENDII**


Nella presente relazione sono riportati i risultati delle verifiche di stabilità dei pendii.

L'analisi di tipo geotecnico è stata indirizzata a verificare la stabilità dello scavo (verifica di stabilità globale).

Le analisi e le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte sulla base dei risultati di una specifica campagna di indagini geognostiche, geotecniche e sismiche, attraverso la quale è stato possibile ricostruire la situazione geologica di superficie e di sottosuolo e formulare il modello geologico e geotecnico preso a base per l'analisi. Inoltre, tutti i calcoli sono stati effettuati in accordo con quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/2018).


È stato costruito un modello con l'ausilio del quale si sono potute ricostruire le superfici di scorrimento nelle condizioni sopra indicate in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti le zone interessate dagli interventi in progetto.

L'analisi sismica è stata infine condotta secondo il metodo pseudostatico.

S.S.121 "Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

### **3   NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO**

- D.M. 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, esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Circ. LL.PP. 24 settembre n. 30483. “Istruzioni 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”.
- Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. 2004.
- Ordinanza n. 3274 del 08/05/2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e relativi allegati e s.m.i.
- Ordinanza n. 3519 del PdCM del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018.
- Raccomandazioni Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Associazione Italiana Calcestruzzo armato e precompresso - Associazione Geotecnica Italiana (2012).
- Raccomandazioni AGI Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica (1995)

S.S.121 "Cataneese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

## 4 VERIFICHE DI STABILITA' DELLO SCAVO

Come già anticipato nei paragrafi precedenti, si è effettuata la verifica delle scarpate analizzando le seguenti condizioni:

- *verifica statica dello scavo*
- *verifiche pseudo-statiche dello scavo*

Le analisi sono state condotte secondo quanto previsto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/2018).

### 4.1 Metodologia di calcolo

Il metodo di calcolo implementato nel programma SLIDE, prodotto da Rocscience, è il metodo di Bishop (1955). L'analisi di stabilità che adotta tale metodo è quello dell'equilibrio limite globale. La verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura, la si suddivide in conci la parte instabile, studiando dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi la stabilità globale.

Le ipotesi del metodo in questione sono:

- Il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra la resistenza al taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la stessa superficie;
- La rottura avviene, per il raggiungimento della resistenza limite, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento.
- Il coefficiente di sicurezza è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento.

La resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

Nell'utilizzare tale metodo di calcolo si fa sempre riferimento ad un problema piano nel quale, quindi, la superficie di scorrimento è rappresentata da una curva, trascurando ogni effetto dovuto alle sezioni adiacenti. Tali schematizzazioni sono giustificabili se le proprietà meccaniche dei terreni sono omogenee in direzione trasversale e quando l'estensione del pendio è predominante sulla dimensione trasversale.

In generale la massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie del suolo viene suddivisa in conci e le forze che agiscono su ciascuna striscia possono essere calcolate imponendo le condizioni di equilibrio. L'equilibrio dell'intera massa è dato poi dalla composizione delle forze che agiscono su ciascuna striscia ("Metodo delle strisce").

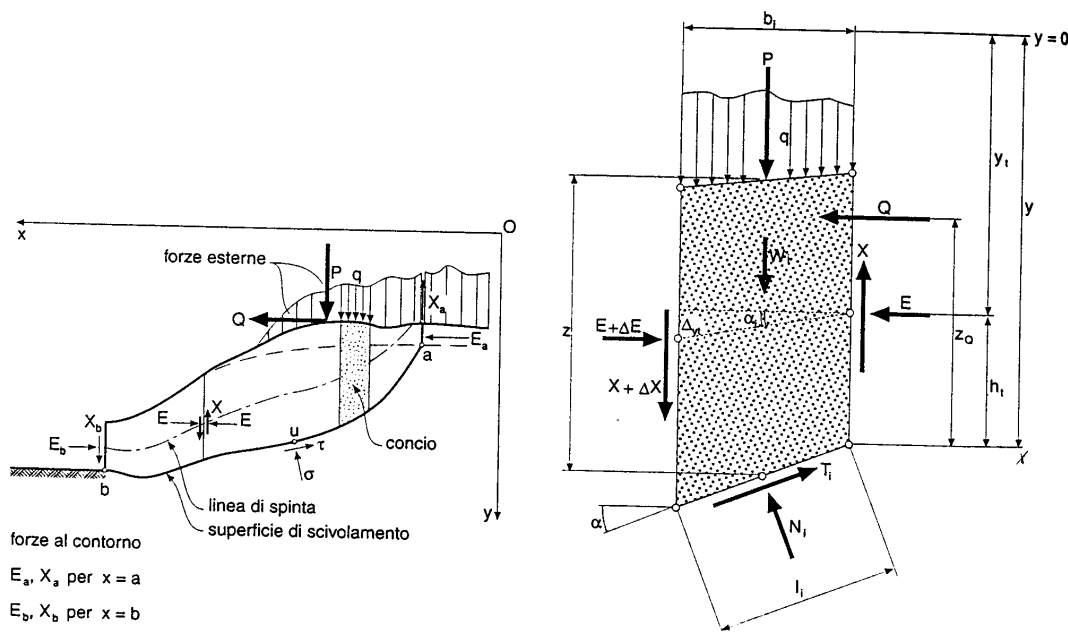


Fig. 1 - Schematizzazione di calcolo del Metodo delle strisce


Le forze agenti su ciascun concio sono, con riferimento alla figura precedente: Il peso  $W$ , l'azione tangenziale alla base  $T$ , l'azione normale efficace alla base  $N$ , la spinta dell'acqua sulla base  $U$ , gli sforzi tangenziali  $X$  e quelli normali  $E$  sulle superfici laterali (forze d'interfaccia).

Le condizioni di equilibrio di ciascun concio sono date dalle tre equazioni della statica, pertanto, ammettendo di suddividere il volume di terreno in esame in  $n$  conci, si hanno a disposizione  $3n$  equazioni, mentre le incognite del problema risultano essere  $(5n-2)$  così composte:

- $n$  valori per l'azione delle forze normali efficaci alla base.
- $n-1$  valori per ciascuna delle forze d'interfaccia ( $X$  ed  $E$ )
- $n-1$  valori per il punto di applicazione delle forze d'interfaccia in direzione orizzontale.
- $n$  valori per il punto di applicazione degli sforzi normali efficaci alla base.
- 1 valore del coefficiente di sicurezza.

Come già accennato, dal bilancio fra le equazioni disponibili e il numero delle incognite risulta che si hanno  $(2n-2)$  incognite sovrabbondanti e quindi il problema risulta staticamente indeterminato; per riportarlo a staticamente determinato e rendere possibile la soluzione del sistema di equazioni che descrivono l'equilibrio della massa di terreno potenzialmente instabile, è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative che consentono di ridurre il numero delle incognite del problema. La prima tra tutte, che risulta,



S.S.121 "Cataneese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione intervento di chiodatura	

tra le altre cose, comune a tutti i metodi, è quella di considerare centrata la forza agente alla base della striscia, il che è accettabile nel caso in cui i conci siano di larghezza limitata. Le altre ipotesi necessarie per risolvere il sistema di equazioni sono diverse a secondo del metodo che si considera; nel presente caso sono state adottate quelle proposte da Bishop.

#### 4.2 Criteri di verifica allo stato limite ultimo

Come è noto la recente Ordinanza n. 3274 del 08/05/2003 e le successive Norme Tecniche per le costruzioni hanno introdotto un nuovo criterio di verifica, basato sugli stati limite, in analogia con quanto già previsto dagli Eurocodice (7 per la Geotecnica e 8 per le condizioni sismiche).

Le verifiche a rottura vengono effettuate allo Stato Limite Ultimo (SLU) sia in fase statica che in fase sismica, rispettando la condizione  $E_d \leq R_d$ , dove:

$E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$  è valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche sono eseguite con il "metodo dei coefficienti parziali" da applicare alle azioni esterne che agiscono nel modello e alle proprietà dei terreni interessati. Le caratteristiche geotecniche dei terreni, valutate attraverso opportune indagini geotecniche, sono definite "valori caratteristici".

##### Coefficienti sulle Azioni

$\gamma_G$  sulle azioni permanenti (sfavorevoli o favorevoli):  $G_d = \gamma_G \cdot G$


$\gamma_Q$  sulle azioni variabili (sfavorevoli o favorevoli):  $Q_d = \gamma_Q \cdot Q$

##### Coefficienti parziali sui Parametri dei Terreni

$\gamma_V$  sul peso di volume:  $\gamma_d = \frac{\gamma}{\gamma_\gamma}$

$\gamma_\phi$  sull'angolo d'attrito (sulla tangente dell'angolo di attrito):  $tg \phi_d = \frac{tg \phi}{\gamma_\phi}$

$\gamma_c$  sulla coesione efficace:  $c'_d = \frac{c'}{\gamma_{c'}}$

S.S.121 "Cataneese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione intervento di chiodatura	

$$\gamma_{cu} \quad \text{sulla coesione non drenata: } \gamma_{cu} = \frac{c_u}{\gamma_{cu}}$$

#### Coefficienti parziali per le Resistenze

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} \quad \text{variabili a seconda del tipo di fondazione}$$

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/2018) vengono indicati i seguenti coefficienti:

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


Tab. 1 – Norme Tecniche per le Costruzioni (2018) - Coeff. parziali per i parametri dei terreni (M)

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab. 2 – Norme Tecniche per le Costruzioni (2018) - Coeff. parziali per le azioni (A)

### 4.3 Verifica di stabilità

Con riferimento alle condizioni statiche, le verifiche dell'intervento di consolidamento dello scavo sono state condotte secondo l'approccio 1:

S.S.121 "Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

Combinazione: (A2+M2+R2)


con R2 = 1,1 per le verifiche di stabilità

Con riferimento alle condizioni sismiche, le verifiche dell'intervento di consolidamento dello scavo sono state condotte secondo l'approccio 1:

Combinazione: (M1+R2+ kh/±kv)

con R2= 1,2 per le verifiche di stabilità

Pertanto, la verifica di stabilità sarà superata se il rapporto tra le forze resistenti e le forze agenti ( $\gamma_R$ ) risulterà superiore a R.

<b>S.S.121"Cataneese"</b> <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

Di seguito si riporta la valutazione dei parametri relativi all'azione sismica ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC) 2018.

Tipo di elaborazione: Fronti di scavo e rilevati

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 38,079599

longitudine: 13,490954

Classe: 4

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 45399 Lat: 38,0850 Lon: 13,4908 Distanza: 595,120

Sito 2 ID: 45400 Lat: 38,0850 Lon: 13,5542 Distanza: 5563,103

Sito 3 ID: 45622 Lat: 38,0350 Lon: 13,5541 Distanza: 7431,347

Sito 4 ID: 45621 Lat: 38,0350 Lon: 13,4908 Distanza: 4962,534

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100anni


Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 60 [anni]

ag: 0,069 g

<b>S.S. 121 "Cataneese"</b> <i>Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

Fo: 2,324

Tc\*: 0,259 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 101 [anni]

ag: 0,092 g

Fo: 2,314

Tc\*: 0,268 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 949 [anni]

ag: 0,228 g

Fo: 2,417

Tc\*: 0,306 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 1950 [anni]

ag: 0,288 g

Fo: 2,484


Tc\*: 0,317 [s]

Coefficienti Sismici Fronti di scavo e rilevati

SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,640

<b>S.S.121"Cataneese"</b> <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

St: 1,000

Kh: 0,000

Kv: 0,000

Amax: 1,022

Beta: 0,000

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,620

St: 1,000

Kh: 0,065

Kv: 0,032

Amax: 1,352

Beta: 0,470

SLV:

Ss: 1,370

Cc: 1,550

St: 1,000

Kh: 0,119

Kv: 0,059

Amax: 3,066

Beta: 0,380

SLC:

Ss: 1,270


Cc: 1,530

St: 1,000

Kh: 0,000

Kv: 0,000

Amax: 3,588

<i>S.S.121"Cataneese"</i> <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

Beta: 0,000


Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 38.078539

longitudine: 13.490099

S.S.121 "Cataneese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
UP62	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

## VERIFICHE

### 4.4 Criterio di rottura della scarpata e sezioni considerate

Per questo tipo di analisi è stato utilizzato un software commerciale (Slide della RocScience) sviluppato per i problemi di carattere geotecnico, come descritto in precedenza. Tale software è stato utilizzato per capire il comportamento del terreno, in condizioni naturali e con l'inserimento del sistema di chiodatura.

### 4.5 Sistema SOIL NAILING

Si ipotizza di utilizzare delle barre aventi le seguenti caratteristiche:

- Barre in acciaio ad aderenza migliorata o a filettatura continua in acciaio B450C diam. 24 mm

I chiodi in barra di acciaio con le caratteristiche sopra descritte, considerati nelle verifiche oggetto della presente relazione, hanno le seguenti proprietà


- Lunghezza ancoraggio = 4,0 m
- Inclinazione ancoraggio = 20° rispetto all'orizzontale
- Interasse verticale = 2,5 m (misurato lungo l'inclinazione del pendio)
- Interasse orizzontale = 2,0 m
- Tipologia di supporto = Soil Nailing
- Tipo di forza applicata = passiva
- Carico di snervamento = 203 kN
- Carico di snervamento di progetto = 177 kN (definito dividendo per il coefficiente di sicurezza parziale 1,15 il carico di snervamento caratteristico)
- Contributo di resistenza al taglio di progetto considerato nelle verifiche = 51 kN. La resistenza al taglio delle barre in acciaio è pari al rapporto tra il prodotto della tensione di snervamento e la sezione resistente e la radice quadrata di 3, dunque pari a  $450 \text{ N/mm}^2 \times 452,4 \text{ mm}^2 / (3)^{1/2} = 117,5 \text{ kN}$ . La resistenza al taglio di progetto delle barre è dunque pari a  $117,5 \text{ kN} / 1,15 = 102,2 \text{ kN}$ . A favore di sicurezza, viene considerato che le barre di acciaio autoproforanti possano offrire un contributo di resistenza al taglio pari al 50% della resistenza di progetto, ovvero  $102,2 \text{ kN} \times 0,5 \approx 51 \text{ kN}$ .

La resistenza allo sfilamento degli ancoraggi di progetto è stata invece determinata, mediante la formulazione di Bustamante-Doix qui di seguito illustrata:

$$N = \frac{\tau_{lim} \times \pi \times \alpha \times D}{F_{S1}}$$

dove:



S.S.121 "Catane" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

- $\alpha$  coefficiente di maggiorazione funzione della tipologia del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, assunta pari a 1,20 per il detrito a grana grossa (DTF) e pari a 1,10 per le calcareniti (C).
- D diametro di perforazione, pari a 76 mm
- $F_{S1}$  fattore di sicurezza per lo sfilamento fra malta e terreno: per tiranti definitivi si assume  $F_{S1} = \gamma_R \xi_a = 2,16$ , dove  $\gamma_R = 1,20$  è il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi permanenti e  $\xi_a = 1,8$  è il fattore di correlazione con il suo valore massimo (per i valori di  $\gamma_R$  e  $\xi_a$ , si faccia riferimento alle tabelle 6.6.I e 6.6.III di NTC2018).
- $\tau_{lim}$  tensione unitaria di aderenza tra malta e terreno, parametro che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio.


I terreni interessati dagli ancoraggi sono rappresentati n. 2 unità geotecniche.

Per quanto riguarda il detrito a grana grossa, ipotizzando una resistenza unitaria a sfilamento malta-terreno  $q_s$  (i.e.  $\tau_{lim}$ ) pari a circa 0,15 Mpa, si ottiene una forza di legame terreno-iniezione pari a 19,9 kN/m.

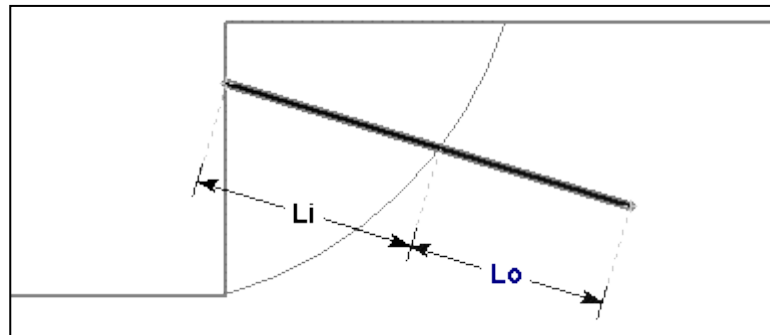
Per quanto riguarda le calcareniti, ipotizzando una resistenza unitaria a sfilamento malta-terreno  $q_s$  (i.e.  $\tau_{lim}$ ) pari a circa 0,40 Mpa, si ottiene una forza di legame terreno-iniezione pari a 48,6 kN/m.

Le verifiche di stabilità globale dello scavo sono state condotte in accordo al DM 17/1/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) e alla circolare n.7 del 21 Gennaio 2019 (Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018).

Qui di seguito la descrizione dettagliata della modalità di implementazione dei chiodi all'interno del modello di calcolo utilizzato per le verifiche dell'intervento di consolidamento progettato, al fine di illustrare in maniera dettagliata come viene computato il contributo di ogni chiodo.

S.S.121 "Catanese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		
UP62	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

Un chiodo che interseca una ipotetica superficie di scivolamento, come illustrato qui di seguito, è costituito da un tratto all'interno della massa potenzialmente instabile di lunghezza "L<sub>i</sub>" e di un tratto immerso nella porzione stabile del pendio di lunghezza "L<sub>o</sub>".



Il chiodo è essenzialmente caratterizzato mediante le seguenti proprietà:

- B = forza unitaria di legame iniezione–terreno (forza per unità di lunghezza del chiodo, espressa in kN/m)
- S = interasse orizzontale tra i chiodi (m)
- T = carico di snervamento del chiodo (kN)
- P = capacità della piastra (ovvero il carico massimo che può essere sopportato dalla piastra di ripartizione che connette il chiodo alla superficie del pendio, espresso in kN); nelle verifiche in oggetto, a favore di sicurezza, e trattandosi di ancoraggi passivi, la capacità della piastra di ripartizione è stata trascurata.


In ogni punto del chiodo, il modello di calcolo considera n.3 possibili differenti modalità di "collasso" che portano all'instabilità del pendio:

1. "Pullout" o sfilamento (forza richiesta per sfilare il tratto "L<sub>o</sub>" nella porzione stabile del pendio)
2. "Tensile failure", ovvero rottura a trazione (per eccesso di capacità assiale del chiodo)
3. "Stripping", ovvero scivolamento del terreno sul chiodo (si verifica un movimento gravitativo, ma il chiodo rimane immerso nel terreno)

La forza massima, per larghezza unitaria del pendio, che può essere mobilizzata per ogni modalità di rottura o "collasso", è data dalle seguenti equazioni:

Sfilamento  $F_1 = BL_o / S$

Rottura a trazione  $F_2 = T / S$

S.S.121 "Catane" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		
UP62	Relazione intervento di chiodatura	

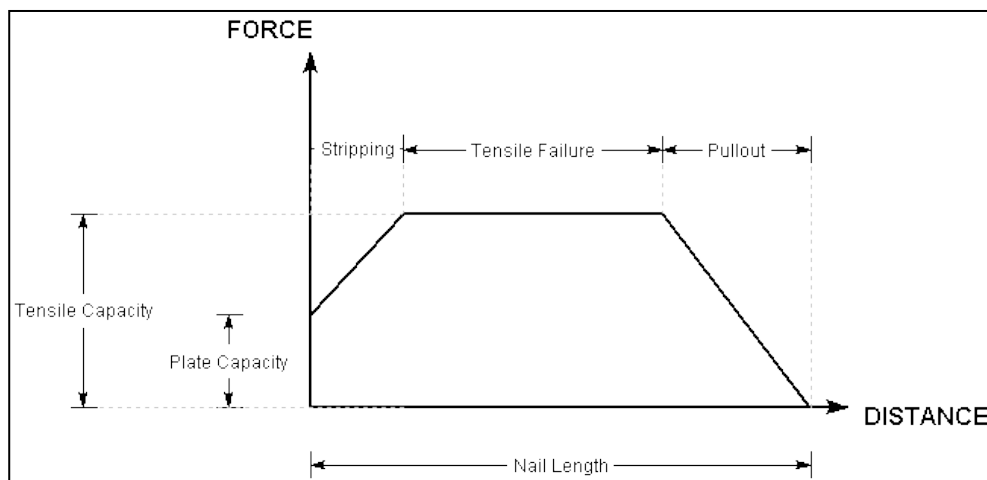
Stripping

$$F_3 = (P + BL_i) / S$$

In ogni punto del chiodo, la forza che viene applicata dal chiodo alla superficie di scivolamento (dunque il contributo di ogni chiodo) è data dal valore minimo delle tre forze sopra descritte.

Contributo del chiodo = min. (F1, F2, F3)

Qui di seguito un diagramma tipologico “forza-lunghezza del chiodo” che mostra tutte e tre le possibili modalità di “collasso” del chiodo.

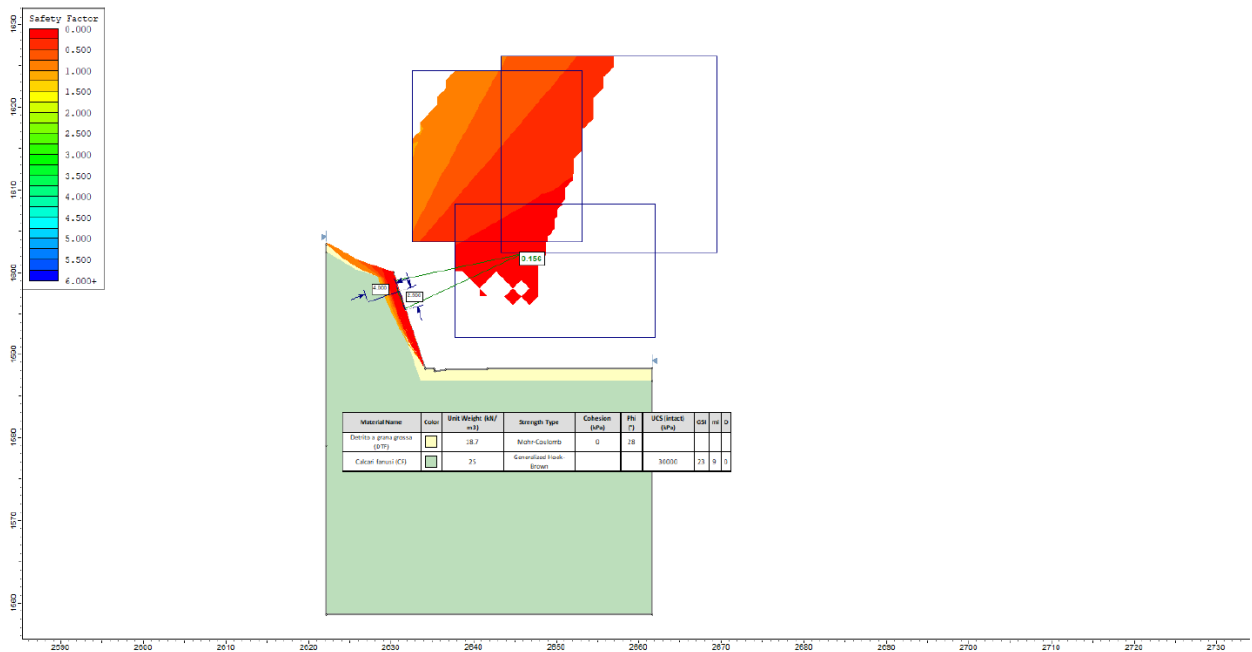


Il chiodo può inoltre essere caratterizzato mediante la resistenza al taglio (della barra di acciaio che costituisce il rinforzo del chiodo), che produce una forza perpendicolare alla direzione del chiodo e con verso opposto al movimento gravitativo, che va dunque ad incrementare il contributo di stabilizzazione del singolo chiodo.

La forza che il chiodo è in grado di offrire dipende dalla forza unitaria di legame iniezione-terreno (espressa in kN/m) e dunque della tensione di aderenza tra iniezione e terreno (espressa in kPa), che a sua volta è funzione del tipo di iniezione e della tipologia di terreno. Ciò sta a significare che nel modello di calcolo utilizzato, la resistenza allo sfilamento e la resistenza allo “stripping” di ogni chiodo sono individuate integrandosi lungo le lunghezze “L<sub>o</sub>” e “L<sub>i</sub>” per determinare la forza fornita da ogni segmento del chiodo che è immerso in terreni differenti.

**Verifica di stabilità dello scavo ante-operam**

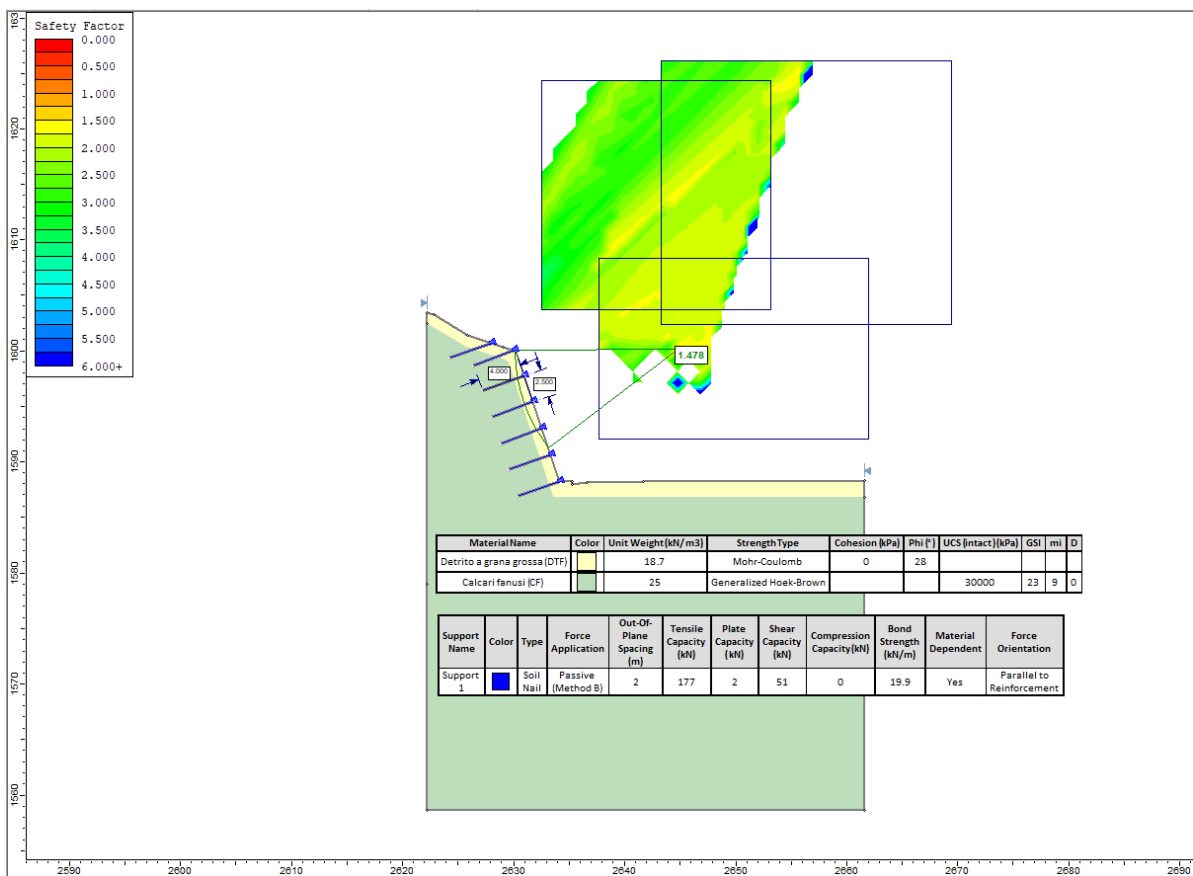
Qui di seguito si riportano i risultati dell'analisi di stabilità globale dello scavo ante operam, in accordo alle NTC 2018.



Il fattore di sicurezza minimo della stabilità globale dello scavo ante operam nella condizione più gravosa risulta essere pari a circa 0,15 (nella figura sono illustrate tutte le superfici di scorrimento indagate con un FS inferiore a 1,2), dunque inferiore al fattore di sicurezza minimo richiesto dalle NTC 2018 (pari a 1,2). Si rende dunque necessario un intervento di consolidamento, oggetto dei paragrafi seguenti.

**Verifica statica dell'intervento di consolidamento**

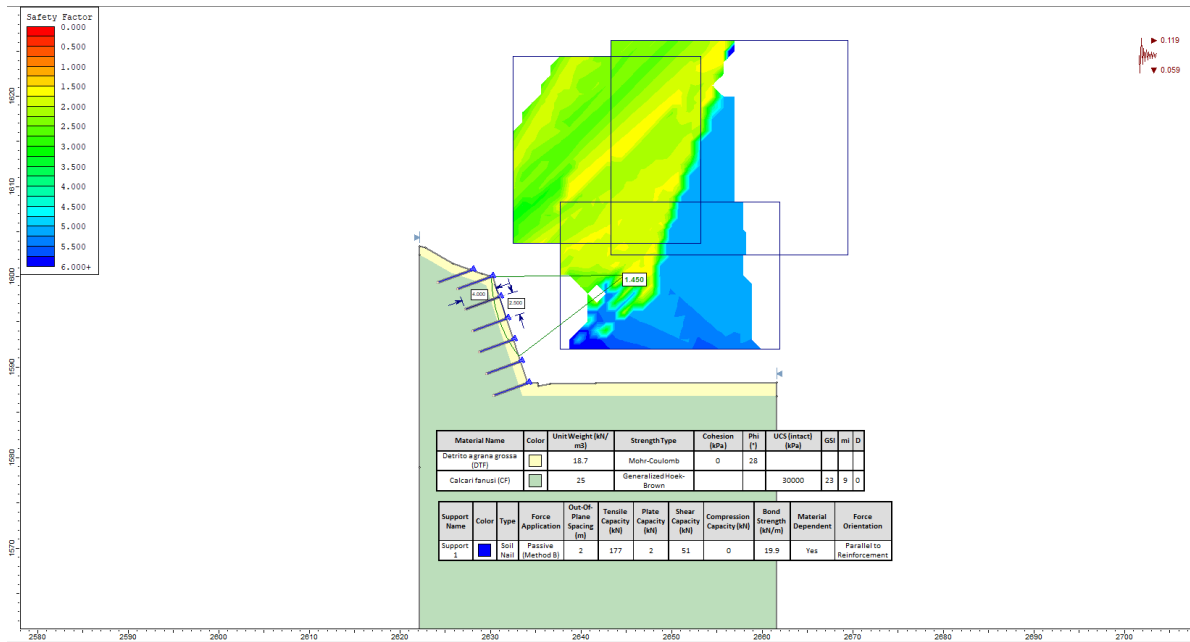
Qui di seguito si riportano i risultati dell'analisi di stabilità globale con interventi di chiodatura, in accordo alle NTC 2018.




Il fattore di sicurezza ottenuto tramite il sistema di soil nailing composto da chiodi di **lunghezza pari a 4,0 m con interasse pari a 2,5 (verticale) x 2,0 (orizzontale) m**, risulta essere pari a circa 1,48, pertanto la condizione di stabilità è soddisfatta secondo quanto prescritto dalle NTC 2018 (FS≥1.2).

**Verifica pseudo-statica kh/kv dell'intervento di consolidamento**

Qui di seguito si riportano i risultati dell'analisi di stabilità globale con interventi di chiodatura, in accordo alle NTC 2018.



Il fattore di sicurezza ottenuto tramite il sistema di soil nailing composto da chiodi di **lunghezza pari a 4,0 m con interasse pari a 2,5 (verticale) x 2,0 (orizzontale) m**, risulta essere pari a circa 1,45, pertanto la condizione di stabilità è soddisfatta secondo quanto prescritto dalle NTC 2018 (FS≥1.2).

S.S.121 "Catane" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione intervento di chiodatura	

## Analisi della stabilità superficiale

### Criteri di calcolo

Una volta definito che la scarpata, a livello globale, risulta essere stabile, ci si deve preoccupare di ciò che accade superficialmente, andando quindi a studiare il comportamento corticale della scarpata.

Al fine di studiare il comportamento superficiale del terreno e quindi poter definire il tipo di rete più idonea al caso in esame, si è proceduto con l'analisi del problema mediante un Software sviluppato da Maccaferri, basato sul concetto BIOS che viene di seguito descritto.

La protezione della superficie esposta del terreno rinforzato dai chiodi è ottenuta con rivestimento (facing), che ha lo scopo di contenere il terreno tra i chiodi, prevenire fenomeni di erosione e assumere una funzione estetica. Ovviamente il facing può solo collaborare con l'azione passiva dei chiodi.

Nel caso del soil nailing con flexible facing, una volta dimensionati i chiodi con software dedicato, è necessario verificare separatamente gli stati limite di servizio e ultimo del facing in accordo alle EN 1997-1. Nell'approccio BIOS di Maccaferri i carichi che vengono trasmessi dal terreno al flexible facing sono stati calcolati con il "metodo dei due cunei", nell'ipotesi che le forze agiscano direttamente sulla rete d'acciaio come un carico distribuito e che i due cunei siano contenuti nello spazio esistente tra i due chiodi adiacenti; nel calcolo viene fatto variare l'angolo d'inclinazione dei due cunei per massimizzare la forza agente. La forza totale risulterà essere (Majoral et Al., 2008):

$$T_{tot} = T_1 + T_2 \quad (1)$$


con:

$$T_1 = \frac{[(W_1 + Q_1) \cdot (\tan \theta_1 - \tan \varphi'_1) + (U_1 \cdot \tan \varphi'_1 - K_1) / \cos \theta_1]}{(1 + \tan \theta_1 \cdot \tan \varphi'_1)} \quad (2)$$

$$T_2 = \frac{[(W_2 + Q_2) \cdot (\tan \theta_2 - \lambda_s \cdot \tan \varphi'_2) + \lambda_s \cdot (U_2 \cdot \tan \varphi'_2 - K_2) / \cos \theta_2]}{(1 + \lambda_s \cdot \tan \theta_2 \cdot \tan \varphi'_2)} \quad (3)$$

dove:

$W_1$	(kN)	Peso del cuneo 1;
$W_2$	(kN)	Peso del cuneo 2;
$Q_1$	(kN)	Sovraccarico agente sul cuneo 1;
$Q_2$	(kN)	Sovraccarico agente sul cuneo 2;

S.S. 121 "Catanesa" Intervento S.S. 121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	Relazione intervento di chiodatura	

$\theta_1$	(°)	Angolo alla base del cuneo 1;
$\theta_2$	(°)	Angolo alla base del cuneo 2;
$U_1$	(kN)	Risultante della pressione dell'acqua agente alla base del cuneo 1;
$U_2$	(kN)	Risultante della pressione dell'acqua agente alla base del cuneo 2;
$K_1$	(kN)	Forza di coesione agente alla base del cuneo 1;
$K_2$	(kN)	Forza di coesione agente alla base del cuneo 2;
$\square_s$		Fattore di scorrimento alla base.

E il fattore di sicurezza è determinato con

$$FS = \frac{K_1 + K_2 + (W_1 \cdot \cos(\theta_1) - U_1) \cdot \tan \varphi'_1 + (W_2 \cdot \cos(\theta_2) - U_2) \cdot \tan \varphi'_2}{W_1 \cdot \sin \theta_1 + W_2 \cdot \sin \theta_2}$$

L'analisi del facing è effettuata in 3 fasi:

o Fase 1 – Analisi a lungo termine

Lo scopo di questa analisi è stimare il carico che grava sul rivestimento sotteso tra gli ancoraggi. Per questo motivo in accordo alla procedura delle British standard 8006-2:2011, i parametri geotecnici che caratterizzano il terreno sono stati ridotti nell'ipotesi che il terreno decada a condizioni di resistenza residua (prossima alla rottura). I parametri sono definiti come:

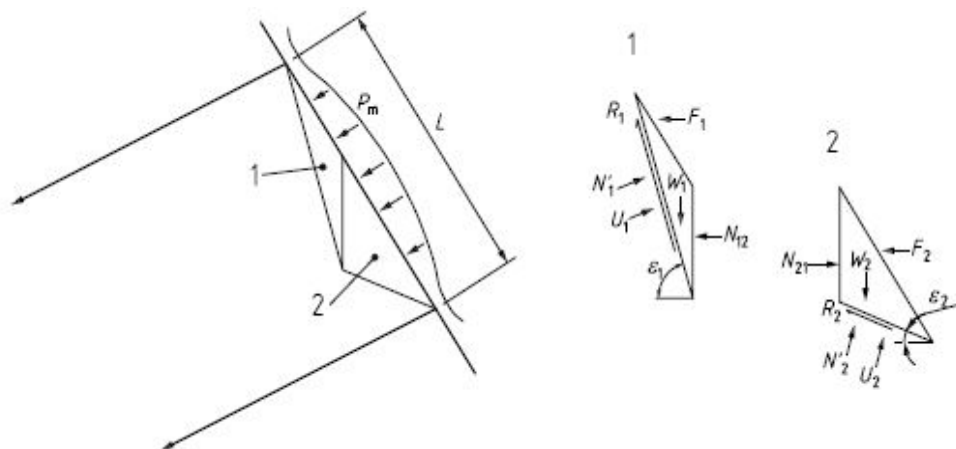
- $c'$  (coesione residua) = 0;
- $\varphi'_a$  (angolo di attrito) = angolo di attrito residuo del terreno.

L'angolo di attrito  $\varphi'_a$  del detrito sarà quindi pari all'angolo di attrito residuo del terreno in esame. In assenza di dati sperimentali, si utilizza un valore consigliato pari a  $\varphi'_a = \varphi'/1,5$ .

La procedura di calcolo delle forze agenti sul rivestimento è condotta con analisi reiterativa secondo il metodo dei due cunei in accordo alla BS 8006-2 (con eventuale carico sismico). Il metodo di calcolo massimizza la forza agente sulla rete analizzando tutte le possibili configurazioni geometriche dei due cunei (combinazioni degli angoli  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  - vedi figura 32 BS 8006-2).

L'analisi determina la spinta agente sul rivestimento strutturale flessibile in accordo alle BS 8006-2.





La forza trasmessa al rivestimento flessibile vale nel caso simico vale:

$$F_1 + F_2 = \frac{W_1(\tan \varepsilon_1 - \tan \varphi_a) + W_1 C_V(\tan \varepsilon_1 - \tan \varphi_a) + \frac{U_1 \tan \varphi_a}{\cos \varepsilon_1}}{1 + \tan \varepsilon_1 \tan \varphi_a} + \frac{W_2(\tan \varepsilon_2 - \tan \varphi_a) + W_2 C_V(\tan \varepsilon_2 - \tan \varphi_a) + \frac{U_2 \tan \varphi_a}{\cos \varepsilon_2}}{1 + \tan \varepsilon_2 \tan \varphi_a} + C_H(W_1 + W_2)$$

dove:

$W_1$  (kN) peso del cuneo 1;

$W_2$  (kN) peso del cuneo 2;

$\varepsilon_1$  (°) Angolo alla base del cuneo 1;

$\varepsilon_2$  (°) Angolo alla base del cuneo 2;

$U_1$  (kN) Risultante della pressione dell'acqua alla base del cuneo 1;

$U_2$  (kN) Risultante della pressione dell'acqua alla base del cuneo 2;


$\varphi_a$  (°) Angolo d'attrito del detrito;

$\lambda_s$  fattore di scivolamento alla base.

$C_V$  Coefficiente sismico verticale;

$C_H$  coefficiente sismico orizzontale;

L'obiettivo di tale metodologia è quello di massimizzare la forza agente sulla rete analizzando tutte le possibili configurazioni geometriche dei due cunei (combinazioni degli angoli  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  - vedi figura 32 BS 8006-2).

S.S.121 "Catanesa" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		
UP62	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

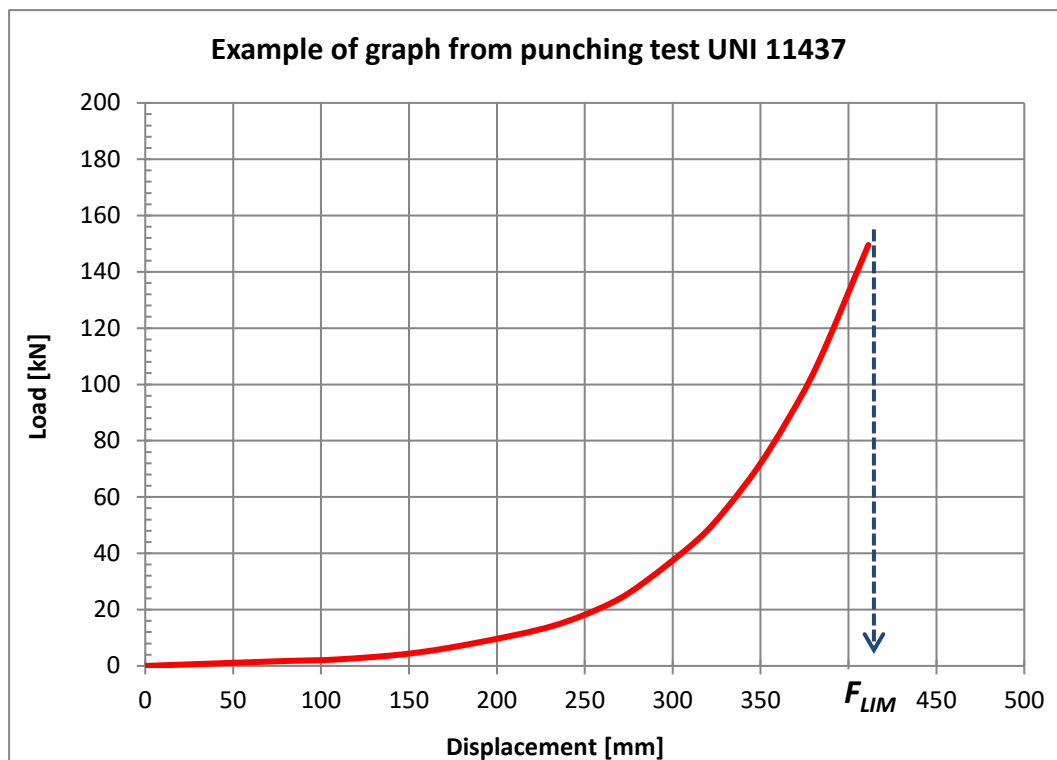
Questo procedimento risulta essere a favore di sicurezza perché considera sempre la superficie di scivolamento peggiore dal punto di vista strutturale. Infatti nella realtà si potrebbero instaurare superfici di scivolamento che provocano un'azione sulla rete inferiore rispetto a quella calcolata.

- Fase 2 – Verifica dello stato limite ultimo SLU

Le forze, calcolate nel punto precedente, sono confrontate con la resistenza a punzonamento della rete ottenuta dalle prove di laboratorio normate (UNI 11437: 2012). Il sistema è soddisfatto se la resistenza della rete è maggiore della spinta del terreno.


Il carico determinato nella fase di calcolo 2 è incrementato con un coefficiente di sicurezza per considerare le incertezze del modello geotecnico ( $F_{TOT,Design} = (F_1 + F_2) \times \gamma_{DF}$ ).

Il carico tollerato del rivestimento  $F_{lim}$  è determinato direttamente dalla curva caratteristica del test, prendendo in considerazione un fattore di correlazione di scala (in funzione dell'interasse tra i chiodi) e un fattore di sicurezza legato alla differente configurazione di installazione e connessione ai vincoli (ancoraggi) della rete sul pendio rispetto alle condizioni di laboratorio.



Deve essere che :

$$F_{TOT,Design} < F_{lim}$$

S.S.121 "Cataneese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

- Fase 3 – Verifica dello stato limite di esercizio SLE

Questa analisi verifica che le deformazioni indotte dal terreno sul rivestimento strutturale flessibile siano accettabili. Qualora siano giudicate eccessive, è necessario scegliere un rivestimento più rigido.

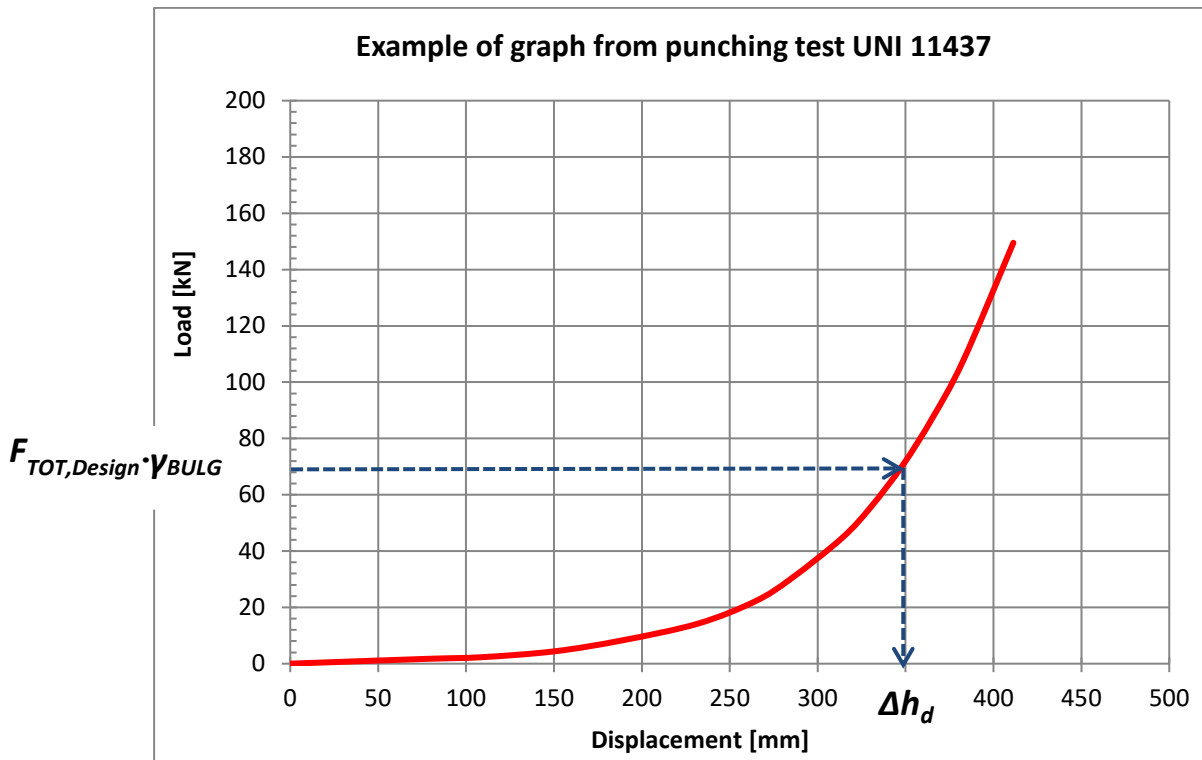
Il progettista deve verificare se le deformazioni il flexible facing indotte dal carico atteso a lungo termine sono accettabili. Trattandosi di un problema carico-deformazione, il metodo dell'equilibrio limite non consente soluzioni dirette. Perciò si utilizzano le curve carico-deformazione ottenute nelle prove di punzonamento per risalire al volume di terreno che determina la massima deformazione ammessa. Se il volume così determinato è maggiore di quello atteso a lungo termine, il flexible facing soddisfa i requisiti di progetto. La massima deformazione ammessa è decisa dal progettista sulla base di uno o più criteri di ordine geotecnico (effetti della deformazione della rete sullo stripping degli ancoraggi, innesco di processi erosivi, effetto di cedimenti indotti al contorno del soil nailing), funzionale (ingombro massimo ammesso per le sacche di detrito) ed estetico.

Quando è soggetta al carico a lungo termine, la rete non deve deformare eccessivamente.

Il valore della deformazione ( $\Delta h_d$ ) è ottenuto dal grafico caratteristico del test di punzonamento dopo aver amplificato il carico di progetto per tenere conto delle irregolarità del pendio e anomalie di installazione

$$F_{TOT,Design} \cdot \gamma_{BULG} \rightarrow \Delta h_d$$

dove  $\gamma_{BULG}$  rappresenta il coefficiente di amplificazione per l'irregolarità del pendio. Esso non dovrebbe mai essere inferiore a 1.5.



Al valore  $\Delta h_d$  viene sommato uno spostamento aggiuntivo dovuto all'inaccuratezza di installazione della rete ( $\Delta h_{error}$ ):

$$\Delta h = \Delta h_d + \Delta h_{error}$$

Se la rete non viene installata perfettamente in aderenza alla parete e non viene tesata si potrebbero avere degli spostamenti aggiuntivi; infatti la rete, essendo lasca, prima di iniziare la sua funzione di tenuta si deformerebbe.

Valori consigliati di  $\Delta h_{error}$  vanno dai 0,20 m ai 0,35 m.

Il controllo finale confronta la deformazione ritenuta ammissibile con quella limite ottenuta per via grafica. Deve essere che:

$$\Delta h < \text{Limit Bulging}$$

Quando la deformazione eccede quella di progetto, la rete non si rompe, ma sono necessari interventi di manutenzione quali: svuotamento controllato delle reti, ritesatura delle piastre di ancoraggio, posa di reticolo in funi a irrigidimento del rivestimento.

### Risultati delle analisi

Di seguito si riportano le verifiche effettuate con il software BIOS nella condizione maggiormente gravosa, ovvero la condizione pseudo-statica kh/kv e considerando le condizioni di lavoro della rete più sfavorevoli con riferimento ai terreni affioranti interessati dal rivestimento.

<b>Geotechnical model</b>		<b>INPUT DATA</b>																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>a_v</math></td><td style="text-align: center;">2.75</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\gamma</math></td><td style="text-align: center;">18.70</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\beta</math></td><td style="text-align: center;">70.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\phi'</math></td><td style="text-align: center;">28.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>c'</math></td><td style="text-align: center;">0.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>r_u</math></td><td style="text-align: center;">0.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\lambda_s</math></td><td style="text-align: center;">1.00</td></tr> </table>	$a_v$	2.75	$\gamma$	18.70	$\beta$	70.00	$\phi'$	28.00	$c'$	0.00	$r_u$	0.00	$\lambda_s$	1.00	<table style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 20px;"><math>(m)</math></td><td>: Nail spacing or equivalent spacing (on the slope)</td></tr> <tr><td style="width: 20px;"><math>(kN/m^3)</math></td><td>: Unit weight of soil</td></tr> <tr><td style="width: 20px;"><math>(^\circ)</math></td><td>: Slope inclination</td></tr> <tr><td style="width: 20px;"><math>(^\circ)</math></td><td>: Peak soil friction angle</td></tr> <tr><td style="width: 20px;"><math>(kN/m^2)</math></td><td>: Effective cohesion at the base of wedge</td></tr> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>: Pore water pressure ratio = <math>u/(gh)</math></td></tr> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>: Base sliding coefficient</td></tr> </table>	$(m)$	: Nail spacing or equivalent spacing (on the slope)	$(kN/m^3)$	: Unit weight of soil	$(^\circ)$	: Slope inclination	$(^\circ)$	: Peak soil friction angle	$(kN/m^2)$	: Effective cohesion at the base of wedge		: Pore water pressure ratio = $u/(gh)$		: Base sliding coefficient		
$a_v$	2.75																														
$\gamma$	18.70																														
$\beta$	70.00																														
$\phi'$	28.00																														
$c'$	0.00																														
$r_u$	0.00																														
$\lambda_s$	1.00																														
$(m)$	: Nail spacing or equivalent spacing (on the slope)																														
$(kN/m^3)$	: Unit weight of soil																														
$(^\circ)$	: Slope inclination																														
$(^\circ)$	: Peak soil friction angle																														
$(kN/m^2)$	: Effective cohesion at the base of wedge																														
	: Pore water pressure ratio = $u/(gh)$																														
	: Base sliding coefficient																														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>C_h</math></td><td style="text-align: center;">0.119</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>C_v</math></td><td style="text-align: center;">0.059</td></tr> </table>	$C_h$	0.119	$C_v$	0.059	<table style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>: Seismic horizontal coefficient</td></tr> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>: Seismic vertical coefficient (positive down)</td></tr> </table>		: Seismic horizontal coefficient		: Seismic vertical coefficient (positive down)																						
$C_h$	0.119																														
$C_v$	0.059																														
	: Seismic horizontal coefficient																														
	: Seismic vertical coefficient (positive down)																														
<b>Ultimate Limit State model (research of the surface with the max load and mesh analysis)</b>																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>\phi'_a</math></td><td style="text-align: center;">18.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\delta</math></td><td style="text-align: center;">18.00</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Facing</td><td style="text-align: center;">HR50</td></tr> </table>	$\phi'_a$	18.00	$\delta$	18.00	Facing	HR50	<table style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 20px;"><math>(^\circ)</math></td><td>: Friction angle of the debris bulging (lower than peak friction angle) <span style="color: red;">▼</span></td></tr> <tr><td style="width: 20px;"><math>(^\circ)</math></td><td>: Friction angle between debris and slope surface <span style="color: red;">▼</span></td></tr> <tr><td style="width: 20px;"></td><td>: Kind of mesh</td></tr> </table>	$(^\circ)$	: Friction angle of the debris bulging (lower than peak friction angle) <span style="color: red;">▼</span>	$(^\circ)$	: Friction angle between debris and slope surface <span style="color: red;">▼</span>		: Kind of mesh																		
$\phi'_a$	18.00																														
$\delta$	18.00																														
Facing	HR50																														
$(^\circ)$	: Friction angle of the debris bulging (lower than peak friction angle) <span style="color: red;">▼</span>																														
$(^\circ)$	: Friction angle between debris and slope surface <span style="color: red;">▼</span>																														
	: Kind of mesh																														
<b>Partial safety coefficients</b>																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>\gamma_{DF}</math></td><td style="text-align: center;">1.20</td></tr> </table>	$\gamma_{DF}$	1.20	<table style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 20px;"><math>(^\circ)</math></td><td>: Uncertainty of the geotechnical model (range 1.15 - 1.20)</td></tr> </table>	$(^\circ)$	: Uncertainty of the geotechnical model (range 1.15 - 1.20)																										
$\gamma_{DF}$	1.20																														
$(^\circ)$	: Uncertainty of the geotechnical model (range 1.15 - 1.20)																														
<b>Serviceability Limit State model (analysis of the max load on the mesh)</b>																															
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td style="text-align: center;">Limit bulging</td><td style="text-align: center;">0.5</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\gamma_{bulg}</math></td><td style="text-align: center;">2.0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><math>\Delta h_{error}</math></td><td style="text-align: center;">0.20</td></tr> </table>	Limit bulging	0.5	$\gamma_{bulg}$	2.0	$\Delta h_{error}$	0.20	<table style="width: 100%;"> <tr><td style="width: 20px;"><math>(m)</math></td><td>: Bulging imposed value <span style="color: red;">▼</span></td></tr> <tr><td style="width: 20px;"><math>(-)</math></td><td>: Bulging safety coefficient <span style="color: red;">▼</span></td></tr> <tr><td style="width: 20px;"><math>(m)</math></td><td>: Typical installation inaccuracy (range 0.20 - 0.35 m)</td></tr> </table>	$(m)$	: Bulging imposed value <span style="color: red;">▼</span>	$(-)$	: Bulging safety coefficient <span style="color: red;">▼</span>	$(m)$	: Typical installation inaccuracy (range 0.20 - 0.35 m)																		
Limit bulging	0.5																														
$\gamma_{bulg}$	2.0																														
$\Delta h_{error}$	0.20																														
$(m)$	: Bulging imposed value <span style="color: red;">▼</span>																														
$(-)$	: Bulging safety coefficient <span style="color: red;">▼</span>																														
$(m)$	: Typical installation inaccuracy (range 0.20 - 0.35 m)																														


UP62

Relazione intervento di chiodatura

### RESULTS


ULTIMATE LIMIT STATE			
$\theta_1$	83	(°)	
$\theta_2$	37	(°)	
$W_1$	3.25	(kN)	: Weight of the wedge 1
$W_2$	8.79	(kN)	: Weight of the wedge 2
$U_1$	0.00	(kN)	: Water force on the joint 1
$U_2$	0.00	(kN)	: Water force on the joint 2
<b>HR50</b>		: Type of net choose	
$F_{TOT}$	12.02	(kN)	: Load on the net
$F_{TOT,Design}$	14.42	(kN)	: Design Load on the net
$F_{LIM}$	46.12	(kN)	: Limit load on the net
$F_{TOT,Design}$	<	$F_{LIM}$	<b>VERIFIED</b>

SERVICEABILITY LIMIT STATE			
<b>HR50</b>		: Type of net choose	
$F_{TOT,Design}$	14.42	(kN)	: Design Load on the net
$\Delta h$	488.99	(mm)	: Deformation of the net
Limit Bulg.	500.00	(mm)	: Max bulging permitted
Bulging	<	Limit Bulg.	<b>DEFORMATION VERIFIED</b>

<b>S.S.121"Cataneese"</b> <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

Il rivestimento dell'intervento di consolidamento sarà dunque costituito da un geocomposito in rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale tipo 8x10, tessuta con trafilato di acciaio avente un diametro pari a 2.70 mm, conforme a UNI EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e a UNI EN 10218-2 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 380 e 550 N/mm<sup>2</sup> e allungamento minimo pari al 10%, galvanizzato con Galmac (lega eutettica di Zinco – 5% Alluminio) in conformità a UNI EN 10244-2 Classe A. La rete metallica, in rotoli di larghezza pari a 3.0 m, è tessuta con l'inserimento, direttamente in produzione, di funi di acciaio con anima metallica con grado non inferiore a 1770 N/mm<sup>2</sup> (UNI EN 12385-2) aventi un diametro pari a 8 mm (UNI EN 12385-4), galvanizzate con Galmac (lega eutettica di Zinco – 5% Alluminio) in conformità a UNI EN 10264-2 Classe A. La protezione anticorrosiva del geocomposito metallico sarà tale da non presentare tracce di ruggine rossa su una superficie maggiore del 5% a seguito di un test di invecchiamento accelerato in nebbia salina (test in accordo a UNI EN ISO 9227) per un tempo di esposizione minimo di 1000 ore. Le funi sono inserite longitudinalmente lungo i bordi e all'interno (delle doppie torsioni) del telo di rete con una spaziatura nominale pari a 50 cm.


Il geocomposito metallico avrà una resistenza a trazione longitudinale nominale non inferiore a 120 kN/m, con una deformazione massima non superiore al 5%. La rete sarà caratterizzata da una resistenza a punzonamento nominale non inferiore a 125 kN, quando testata in accordo a UNI 11437.

S.S.121 "Cataneese" Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta		 GRUPPO FS ITALIANE
UP62	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	


## BIBLIOGRAFIA

- Cestelli Guidi c. (1980) *Geotecnica e tecnica delle fondazioni*, Hoepli.
- Lancellotta r. (1987) *Geotecnica*, Zanichelli.
- Lambe W. e R.V. Whitman (1978) *Soil Mechanics*, Wiley & Sons.
- Viggiani C. (1993) *Fondazioni*, CUEN.
- CESTARI F. (1990) *Prove geotecniche in sito*, Geo-graph s.n.c..
- HUNT R.E. (1989) *Geotechnical Engineering Investigation Manual*
- AA.VV. (2004) *Carl 9.0 – Carico limite e cedimenti – Manuale d'uso*, Aztec Informatica®
- MAMMINO A. (1994) *I micropali: tecniche di progetto e di verifica*, Alinea Editrice s.r.l..
- TANZINI M. (2004) *Micropali e pali di piccolo diametro: aspetti progettuali e tecnologici*, Dario Flaccovio Editore.
- DI FRANCESCO R. (2010) *Geotecnica – Guida pratica alla luce delle nuove NTC2008*, Dario Flaccovio Editore.
- A.G.I. (2005) *Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica – Linee Guida*, Pàtron Editore.
- BRUSCHI A. (2010) *Prove geotecniche in situ – Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni*, Dario Flaccovio Editore.
- BRUSCHI A. (2004) *Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica*, Dario Flaccovio Editore.
- BARLA G. e SCARPELLI G. (2006) *Corso di cultura geotecnica*, Associazione Geotecnica Italiana, Pàtron Editore.
- Kramer (1996), *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- BECCI B., NOVA R. (1987) – *Un metodo di calcolo automatico per il progetto di paratie*. Rivista Italiana di Geotecnica, 1, 33-47
- BIENIAWSKI Z. T. (1989) – *Engineering rock mass classifications*. New York, Wiley
- BOWLES, J.E. (1988) – *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill.
- BUSTAMANTE M., DOIX B. (1985) – *Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés*. Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, 140 pp. 75-95
- CAQUOT A. & KERISEL J. (1948) – *Tables for the Calculation of Passive Pressure, Active Pressure and Bearing Capacity of Foundations*. Gautiers-Villars, Paris
- CAQUOT A., KERISEL J., ABSI E. (1973) – *Tables de butée et de poussée*. Gautiers-Villars, Paris
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (1994). *Catalogo delle pavimentazioni stradali – Raccomandazioni*.
- P. FERRARI, F. GIANNINI (1979). *Ingegneria stradale – Corpo stradale e pavimentazioni*. Ed. ISEDI.
- GRECO V.R. – *Alcune considerazioni sulle verifiche di stabilità globale dei muri a mensola*.
- GRECO V.R. (2001) – *Spinta attiva sismica sui muri a mensola*. Rivista Italiana di Geotecnica 3/2001.
- NOVA R., BECCI B. (1987) – *A method for analysis and design for flexible retaining structures*. Proc. Conf. Interactions Sols-Structures, pp. 657-664
- POULOS H.G. & DAVIS E.H. (1980) – *Pile Foundation Analysis and Design*. John Wiley & Sons.



S.S.121"Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
<b>UP62</b>	<b>Relazione intervento di chiodatura</b>	

- RACCOMANDAZIONI AICAP (1983) – *Ancoraggi nei terreni e nelle rocce*
- TERZAGHI K. & PECK R.B. (1967) – *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley & Sons.
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2001) – *Publication No. FHWA-NHI-00-043, Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes design & construction guidelines*. Victor elias et al..

S.S.121 "Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>UP62</b>	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

## **5 ALLEGATO 1- VERIFICA STATICA ANTE OPERAM**



Date Created: 17/02/2023, 18:52:14  
Software Version: 9.028

# Table of Contents

Project Summary .....	3
General Settings .....	4
Design Standard .....	5
Analysis Options .....	6
Groundwater Analysis .....	7
Random Numbers .....	8
Surface Options .....	9
Seismic Loading .....	10
Materials .....	11
Global Minimums .....	12
Method: bishop simplified .....	12
Method: janbu simplified .....	12
Valid and Invalid Surfaces .....	13
Method: bishop simplified .....	13
Method: janbu simplified .....	13
Error Code Descriptions .....	13
Slice Data .....	15
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.156051 .....	15
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.144252 .....	17
Interslice Data .....	19
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.156051 .....	19
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.144252 .....	20
Entity Information .....	21
External Boundary .....	21
Material Boundary .....	21
Report Views .....	22
1: verifica statica_ante operam_rev.1 - Bishop simplified method .....	22

# Slide2 Analysis Information

## Project Summary

---

Slide2 Modeler Version:	9.028
Compute Time:	00h:00m:00.770s
Date Created:	17/02/2023, 18:52:14

## General Settings

---

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Left to Right

## Design Standard

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	A2+M2	
	<b>Type</b>	<b>Partial Factor</b>
Permanent Actions: Unfavourable	1	
Permanent Actions: Favourable	1	
Variable Actions: Unfavourable	1.3	
Variable Actions: Favourable	0	
Effective cohesion	1.25	
Coefficient of shearing resistance	1.25	
Undrained strength	1.4	
Weight density	1	
Shear strength (other models)	1.25	
Earth resistance	1	
Tensile and plate strength	1	
Shear strength	1	
Compressive strength	1	
Bond strength	1	
Seismic Coefficient	1	

# Analysis Options

---

Slices Type:	Vertical
<b>Analysis Methods Used</b>	
	Bishop simplified
	Janbu simplified
Number of slices:	25
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	50
Check malpha < 0.2:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes



# Groundwater Analysis

---

Groundwater Method:

Pore Fluid Unit Weight [kN/m<sup>3</sup>]:

Advanced Groundwater Method:

Water Surfaces

9.81

None

# Random Numbers

---

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

## Surface Options

---

Surface Type:	Circular
Search Method:	Grid Search
Radius Increment:	10
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth [m]:	0.29
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

## Seismic Loading

---

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

# Materials

---

## Detrito a grana grossa (DTF)

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight	18.7 kN/m <sup>3</sup>
Cohesion	0 kPa
Phi	28 °
Water Surface	None
Ru Value	0

## Calcari fanusi (CF)

Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unit Weight	25 kN/m <sup>3</sup>
UCS (intact)	30000 kPa
GSI	23
mi	9
D	0
Water Surface	None
Ru Value	0

# Global Minimums

---

## Method: bishop simplified

---

FS	0.156051
Center:	2645.792, 1602.215
Radius:	15.594
Left Slip Surface Endpoint:	2630.517, 1599.078
Right Slip Surface Endpoint:	2631.650, 1595.644
Resisting Moment:	10.8952 kN-m
Driving Moment:	69.818 kN-m
Total Slice Area:	0.253148 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	1.13306 m
Surface Average Height:	0.223419 m

## Method: janbu simplified

---

FS	0.144252
Center:	2645.792, 1602.215
Radius:	15.594
Left Slip Surface Endpoint:	2630.517, 1599.078
Right Slip Surface Endpoint:	2631.650, 1595.644
Resisting Horizontal Force:	0.205852 kN
Driving Horizontal Force:	1.42704 kN
Total Slice Area:	0.253148 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:	1.13306 m
Surface Average Height:	0.223419 m

# Global Minimum Support Data

---

No Supports Present

## Valid and Invalid Surfaces

---

### Method: bishop simplified

---

Number of Valid Surfaces: 11833

Number of Invalid Surfaces: 15593

#### Error Codes

Error Code -103 reported for 112 surfaces

Error Code -106 reported for 24 surfaces

Error Code -107 reported for 5592 surfaces

Error Code -108 reported for 2 surfaces

Error Code -109 reported for 2 surfaces

Error Code -112 reported for 220 surfaces

Error Code -114 reported for 1419 surfaces

Error Code -115 reported for 4925 surfaces

Error Code -1000 reported for 3297 surfaces

### Method: janbu simplified

---

Number of Valid Surfaces: 11900

Number of Invalid Surfaces: 15526

#### Error Codes

Error Code -103 reported for 112 surfaces

Error Code -106 reported for 24 surfaces

Error Code -107 reported for 5595 surfaces

Error Code -108 reported for 6 surfaces

Error Code -109 reported for 2 surfaces

Error Code -112 reported for 146 surfaces

Error Code -114 reported for 1419 surfaces

Error Code -115 reported for 4925 surfaces

Error Code -1000 reported for 3297 surfaces

### Error Code Descriptions

The following errors were encountered during the computation:

- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
- 108 = Total driving moment or total driving force  $< 0.1$ . This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.
- 112 = The coefficient  $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$  for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 114 = Surface with Reverse Curvature.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surface is generated



# Slice Data

## Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.156051

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	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	0.0453225	0.0321109	-77.994	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.14061	0.0219424	0.0515843	0	0.0515843	0.712765	0.712765
2	0.0453225	0.0906767	-77.2174	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.421542	0.0657821	0.154648	0	0.154648	2.01269	2.01269
3	0.0453225	0.138837	-76.4848	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.680668	0.106219	0.24971	0	0.24971	3.0816	3.0816
4	0.0453225	0.178186	-75.7894	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.916373	0.143001	0.336183	0	0.336183	3.95484	3.95484
5	0.0453225	0.209941	-75.1259	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.12768	0.175976	0.413702	0	0.413702	4.65956	4.65956
6	0.0453225	0.235062	-74.4902	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.31399	0.205049	0.482052	0	0.482052	5.21698	5.21698
7	0.0453225	0.25432	-73.8789	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.47498	0.230172	0.541114	0	0.541114	5.64425	5.64425
8	0.0453225	0.268343	-73.2895	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.61051	0.251321	0.590834	0	0.590834	5.95536	5.95536
9	0.0453225	0.277656	-72.7196	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.72054	0.268492	0.631201	0	0.631201	6.1619	6.1619
10	0.0453225	0.282697	-72.1675	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.80514	0.281694	0.662238	0	0.662238	6.27364	6.27364
11	0.0453225	0.283841	-71.6314	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.86443	0.290946	0.683987	0	0.683987	6.29893	6.29893
12	0.0453225	0.28141	-71.11	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.89855	0.29627	0.696503	0	0.696503	6.24485	6.24485
13	0.0453225	0.275683	-70.6021	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.90768	0.297695	0.699855	0	0.699855	6.11764	6.11764
14	0.0453225	0.266903	-70.1067	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.89203	0.295253	0.694113	0	0.694113	5.9227	5.9227
15	0.0453225	0.255285	-69.6229	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.8518	0.288975	0.679354	0	0.679354	5.66479	5.66479

16	0.0453225	0.241019	-69.1499	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.7872	0.278895	0.655657	0	0.655657	5.34813	5.34813
17	0.0453225	0.224273	-68.6869	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.69846	0.265046	0.6231	0	0.6231	4.97647	4.97647
18	0.0453225	0.2052	-68.2333	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.58578	0.247462	0.581762	0	0.581762	4.55317	4.55317
19	0.0453225	0.183935	-67.7885	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.44937	0.226176	0.53172	0	0.53172	4.08126	4.08126
20	0.0453225	0.160602	-67.352	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.28946	0.201221	0.473052	0	0.473052	3.56347	3.56347
21	0.0453225	0.135311	-66.9234	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.10622	0.172627	0.40583	0	0.40583	3.00226	3.00226
22	0.0453225	0.108165	-66.5021	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.899879	0.140427	0.33013	0	0.33013	2.39992	2.39992
23	0.0453225	0.079256	-66.0879	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.670608	0.104649	0.24602	0	0.24602	1.75847	1.75847
24	0.0453225	0.0486695	-65.6803	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.418604	0.0653235	0.153569	0	0.153569	1.07982	1.07982
25	0.0453225	0.0164835	-65.279	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.144042	0.0224779	0.0528435	0	0.0528435	0.365712	0.365712

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.144252**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	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	0.0453225	0.0321109	-77.994	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.139245	0.0200863	0.0472209	0	0.0472209	0.701979	0.701979
2	0.0453225	0.0906767	-77.2174	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.417618	0.0602422	0.141624	0	0.141624	1.98237	1.98237
3	0.0453225	0.138837	-76.4848	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.67459	0.097311	0.228769	0	0.228769	3.03537	3.03537
4	0.0453225	0.178186	-75.7894	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.908528	0.131057	0.308102	0	0.308102	3.89578	3.89578
5	0.0453225	0.209941	-75.1259	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.11841	0.161333	0.379278	0	0.379278	4.59023	4.59023
6	0.0453225	0.235062	-74.4902	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.30362	0.18805	0.442088	0	0.442088	5.13966	5.13966
7	0.0453225	0.25432	-73.8789	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.46381	0.211157	0.496411	0	0.496411	5.56089	5.56089
8	0.0453225	0.268343	-73.2895	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.5988	0.23063	0.542189	0	0.542189	5.86772	5.86772
9	0.0453225	0.277656	-72.7196	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.70854	0.24646	0.579405	0	0.579405	6.07152	6.07152
10	0.0453225	0.282697	-72.1675	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.79306	0.258653	0.60807	0	0.60807	6.18193	6.18193
11	0.0453225	0.283841	-71.6314	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.85247	0.267222	0.628214	0	0.628214	6.20713	6.20713
12	0.0453225	0.28141	-71.11	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.88688	0.272186	0.639884	0	0.639884	6.15414	6.15414
13	0.0453225	0.275683	-70.6021	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.89646	0.273568	0.643133	0	0.643133	6.02905	6.02905
14	0.0453225	0.266903	-70.1067	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.88138	0.271393	0.63802	0	0.63802	5.83719	5.83719
15	0.0453225	0.255285	-69.6229	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.84184	0.265689	0.624611	0	0.624611	5.58324	5.58324
16	0.0453225	0.241019	-69.1499	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.77803	0.256485	0.602972	0	0.602972	5.27137	5.27137
17	0.0453225	0.224273	-68.6869	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.69015	0.243807	0.573169	0	0.573169	4.90523	4.90523

18	0.0453225	0.2052	-68.2333	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.57839	0.227686	0.535269	0	0.535269	4.48818	4.48818
19	0.0453225	0.183935	-67.7885	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.44295	0.208149	0.48934	0	0.48934	4.02316	4.02316
20	0.0453225	0.160602	-67.352	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.28404	0.185225	0.435447	0	0.435447	3.51288	3.51288
21	0.0453225	0.135311	-66.9234	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.10182	0.15894	0.373653	0	0.373653	2.95976	2.95976
22	0.0453225	0.108165	-66.5021	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.896494	0.129321	0.304021	0	0.304021	2.36602	2.36602
23	0.0453225	0.079256	-66.0879	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.668231	0.0963937	0.226613	0	0.226613	1.7337	1.7337
24	0.0453225	0.0486695	-65.6803	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.417209	0.0601832	0.141485	0	0.141485	1.06465	1.06465
25	0.0453225	0.0164835	-65.279	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.143592	0.0207135	0.0486955	0	0.0486955	0.360587	0.360587

# Interslice Data

## Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.156051

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2630.52	1599.08	0	0	0
2	2630.56	1598.86	0.0046618	0	0
3	2630.61	1598.66	0.0165735	0	0
4	2630.65	1598.48	0.0330089	0	0
5	2630.7	1598.3	0.0519123	0	0
6	2630.74	1598.13	0.0717289	0	0
7	2630.79	1597.96	0.091288	0	0
8	2630.83	1597.81	0.10972	0	0
9	2630.88	1597.66	0.126395	0	0
10	2630.92	1597.51	0.140878	0	0
11	2630.97	1597.37	0.152894	0	0
12	2631.02	1597.23	0.162299	0	0
13	2631.06	1597.1	0.16906	0	0
14	2631.11	1596.97	0.173239	0	0
15	2631.15	1596.85	0.174977	0	0
16	2631.2	1596.72	0.174483	0	0
17	2631.24	1596.61	0.172028	0	0
18	2631.29	1596.49	0.16793	0	0
19	2631.33	1596.38	0.162555	0	0
20	2631.38	1596.26	0.156308	0	0
21	2631.42	1596.16	0.149629	0	0
22	2631.47	1596.05	0.142986	0	0
23	2631.51	1595.95	0.136879	0	0
24	2631.56	1595.84	0.131829	0	0
25	2631.6	1595.74	0.128381	0	0
26	2631.65	1595.64	0	0	0

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.144252**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2630.52	1599.08	0	0	0
2	2630.56	1598.86	0.0036898	0	0
3	2630.61	1598.66	0.0128659	0	0
4	2630.65	1598.48	0.0251244	0	0
5	2630.7	1598.3	0.0386798	0	0
6	2630.74	1598.13	0.0522077	0	0
7	2630.79	1597.96	0.0647371	0	0
8	2630.83	1597.81	0.0755736	0	0
9	2630.88	1597.66	0.0842433	0	0
10	2630.92	1597.51	0.0904501	0	0
11	2630.97	1597.37	0.0940444	0	0
12	2631.02	1597.23	0.0949972	0	0
13	2631.06	1597.1	0.093381	0	0
14	2631.11	1596.97	0.0893538	0	0
15	2631.15	1596.85	0.0831464	0	0
16	2631.2	1596.72	0.0750518	0	0
17	2631.24	1596.61	0.0654172	0	0
18	2631.29	1596.49	0.054636	0	0
19	2631.33	1596.38	0.0431429	0	0
20	2631.38	1596.26	0.0314077	0	0
21	2631.42	1596.16	0.0199322	0	0
22	2631.47	1596.05	0.00924577	0	0
23	2631.51	1595.95	-9.74258e-05	0	0
24	2631.56	1595.84	-0.00752114	0	0
25	2631.6	1595.74	-0.0124294	0	0
26	2631.65	1595.64	0	0	0

## Discharge Sections

---

### Entity Information

---

#### **External Boundary**

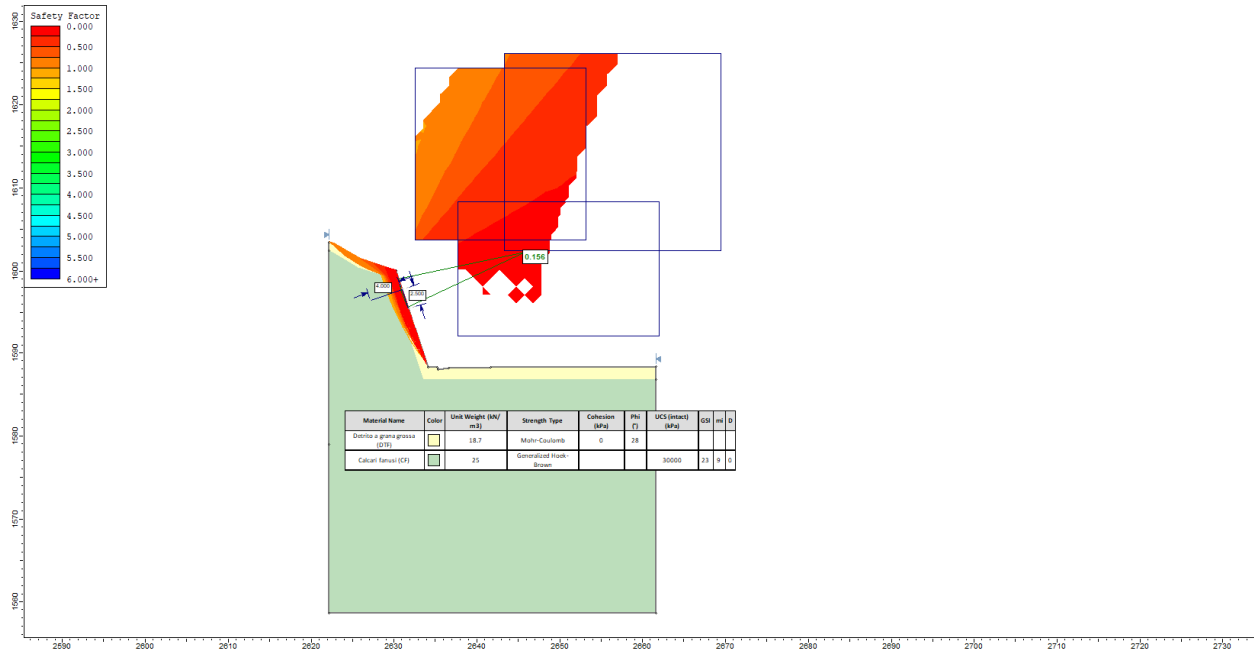
X	Y
2622.19	1579.02
2622.19	1558.66
2661.64	1558.66
2661.64	1586.84
2661.64	1588.34
2641.64	1588.23
2636.58	1588.15
2635.26	1587.99
2635.23	1588.25
2634.08	1588.29
2630.2	1600.03
2629.01	1600.38
2625.84	1601.46
2622.79	1603.24
2622.19	1603.43
2622.19	1602.44

#### **Material Boundary**


X	Y
2622.19	1602.44
2622.64	1602.23
2625.68	1600.44
2628.86	1599.37
2629.51	1599.09
2631.14	1593.88
2633.55	1586.84
2661.64	1586.84

# Report Views

## 1: verifica statica\_ante operam\_rev.1 - Bishop simplified method





<i>S.S.121"Cataneese"</i> <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>UP62</b>	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

## **6 ALLEGATO 2- VERIFICA STATICA POST OPERAM**



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Date Created: 17/02/2023, 18:52:14

Software Version: 9.028

# Table of Contents

Project Summary .....	3
General Settings .....	4
Design Standard .....	5
Analysis Options .....	6
Groundwater Analysis .....	7
Random Numbers .....	8
Surface Options .....	9
Seismic Loading .....	10
Materials .....	11
Support .....	12
Bond Strength Dependency .....	12
Global Minimums .....	13
Method: bishop simplified .....	13
Method: janbu simplified .....	13
Global Minimum Support Data .....	14
Method: bishop simplified .....	14
Method: janbu simplified .....	14
Valid and Invalid Surfaces .....	15
Method: bishop simplified .....	15
Method: janbu simplified .....	15
Error Code Descriptions .....	15
Slice Data .....	17
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.47825 .....	17
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.64527 .....	19
Interslice Data .....	21
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.47825 .....	21
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.64527 .....	22
Entity Information .....	23
External Boundary .....	23
Material Boundary .....	23
Report Views .....	24
1: verifica statica_post operam_rev.1 - Bishop simplified method .....	24

# Slide2 Analysis Information

## SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

### Project Summary

---

Slide2 Modeler Version:

9.028

Date Created:

17/02/2023, 18:52:14

## General Settings

---

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Left to Right

## Design Standard

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)	
Name:	A2+M2	
	<b>Type</b>	<b>Partial Factor</b>
Permanent Actions: Unfavourable		1
Permanent Actions: Favourable		1
Variable Actions: Unfavourable		1.3
Variable Actions: Favourable		0
Effective cohesion		1.25
Coefficient of shearing resistance		1.25
Undrained strength		1.4
Weight density		1
Shear strength (other models)		1.25
Earth resistance		1
Tensile and plate strength		1
Shear strength		1
Compressive strength		1
Bond strength		1
Seismic Coefficient		1

## Analysis Options

---

Slices Type:	Vertical
	<b>Analysis Methods Used</b>
	Bishop simplified
	Janbu simplified
Number of slices:	25
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	50
Check $m_{\alpha} < 0.2$ :	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

---

Groundwater Method:

Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight [kN/m<sup>3</sup>]:

9.81

Advanced Groundwater Method:

None



## Random Numbers

---

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

## Surface Options

---

Surface Type:	Circular
Search Method:	Grid Search
Radius Increment:	10
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth [m]:	0.29
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

## Seismic Loading

---

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

# Materials

---

## Detrito a grana grossa (DTF)


Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight	18.7 kN/m <sup>3</sup>
Cohesion	0 kPa
Phi	28 °
Water Surface	None
Ru Value	0

## Calcari fanusi (CF)



Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unit Weight	25 kN/m <sup>3</sup>
UCS (intact)	30000 kPa
GSI	23
mi	9
D	0
Water Surface	None
Ru Value	0

# Support

## Support 1

Color	
Type	Soil Nail
Force Application	Passive (Method B)
Force Orientation	Parallel to Reinforcement
Out-Of-Plane Spacing	2 m
Tensile Capacity	177 kN
Shear Capacity	51 kN
Plate Capacity	2 kN
Bond Strength	19.9 kN/m
Material Dependent	Yes

## Bond Strength Dependency

Material	Bond Strength [kN/m]
 Detrito a grana grossa (DTF)	19.9
 Calcari fanusi (CF)	48.6

## Global Minimums

---

### Method: bishop simplified

---

	<b>FS</b>	<b>1.478250</b>
Center:		2644.782, 1600.184
Radius:		14.708
Left Slip Surface Endpoint:		2630.074, 1600.067
Right Slip Surface Endpoint:		2633.102, 1591.245
Resisting Moment:		1944.19 kN-m
Driving Moment:		1315.19 kN-m
Passive Support Moment:		1110.66 kN-m
Maximum Single Support Force:		9.03077 kN
Total Support Force:		22.8449 kN
Total Slice Area:		5.21328 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:		3.02716 m
Surface Average Height:		1.72217 m

### Method: janbu simplified

---

	<b>FS</b>	<b>1.645270</b>
Center:		2643.883, 1613.009
Radius:		19.974
Left Slip Surface Endpoint:		2628.185, 1600.658
Right Slip Surface Endpoint:		2630.940, 1597.795
Resisting Horizontal Force:		34.0352 kN
Driving Horizontal Force:		20.6867 kN
Passive Horizontal Support Force:		20.2339 kN
Maximum Single Support Force:		12.2512 kN
Total Support Force:		12.2512 kN
Total Slice Area:		2.26151 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:		2.75524 m
Surface Average Height:		0.820805 m

## Global Minimum Support Data

### Method: bishop simplified

Number of Supports: 7						
Support 1						
Support Type: Soil Nail						
Start (x, y)	Length (m)	L Inside SS (m)	L Outside SS (m)	Li (m)	Lo (m)	Force (kN)
2634.08, 1588.29	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2633.29, 1590.67	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2632.51, 1593.04	4	0.515912	3.48409	0.515912	3.48409	6.13333
2631.73, 1595.42	4	0.807112	3.19289	0.807112	3.19289	9.03077
2630.94, 1597.79	4	0.671434	3.32857	0.671434	3.32857	7.68077
2630.07, 1600.07	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2627.94, 1600.74	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0

### Method: janbu simplified

Number of Supports: 7						
Support 1						
Support Type: Soil Nail						
Start (x, y)	Length (m)	L Inside SS (m)	L Outside SS (m)	Li (m)	Lo (m)	Force (kN)
2634.08, 1588.29	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2633.29, 1590.67	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2632.51, 1593.04	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2631.73, 1595.42	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2630.94, 1597.79	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2630.07, 1600.07	4	1.13077	2.86923	1.13077	2.86923	12.2512
2627.94, 1600.74	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0

## Valid and Invalid Surfaces

---

### Method: bishop simplified

---

Number of Valid Surfaces:	11825
Number of Invalid Surfaces:	15601

#### Error Codes

Error Code -103 reported for 112 surfaces  
Error Code -106 reported for 24 surfaces  
Error Code -107 reported for 5591 surfaces  
Error Code -108 reported for 2 surfaces  
Error Code -109 reported for 2 surfaces  
Error Code -112 reported for 229 surfaces  
Error Code -114 reported for 1419 surfaces  
Error Code -115 reported for 4925 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3297 surfaces

### Method: janbu simplified

---

Number of Valid Surfaces:	9001
Number of Invalid Surfaces:	18425

#### Error Codes

Error Code -103 reported for 112 surfaces  
Error Code -106 reported for 21 surfaces  
Error Code -107 reported for 5561 surfaces  
Error Code -108 reported for 66 surfaces  
Error Code -109 reported for 2 surfaces  
Error Code -111 reported for 2910 surfaces  
Error Code -112 reported for 155 surfaces  
Error Code -114 reported for 1419 surfaces  
Error Code -115 reported for 4882 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3297 surfaces

### Error Code Descriptions



The following errors were encountered during the computation:

- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
- 108 = Total driving moment or total driving force  $< 0.1$ . This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.
- 111 = Safety factor equation did not converge
- 112 = The coefficient  $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F) < 0.2$  for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 114 = Surface with Reverse Curvature.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surface is generated

# Slice Data

## Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.47825

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	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	0.121086	1.96486	-86.0883	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.898887	1.32878	3.12383	0	3.12383	16.2695	16.2695
2	0.121086	4.43268	-81.1037	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0	0	-82.2005	0	-82.2005	-82.2005	-82.2005
3	0.121086	5.14706	-78.405	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	5.10095	7.54048	17.7269	0	17.7269	42.5877	42.5877
4	0.121086	5.54417	-76.2399	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	6.06806	8.97011	21.0878	0	21.0878	45.867	45.867
5	0.121086	5.76323	-74.3727	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	6.76206	9.99601	23.4998	0	23.4998	47.6743	47.6743
6	0.121086	5.86273	-72.7039	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	7.25222	10.7206	25.2033	0	25.2033	48.493	48.493
7	0.121086	5.87435	-71.1795	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	7.58052	11.2059	26.3442	0	26.3442	48.5856	48.5856
8	0.121086	5.81766	-69.7664	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0	0	-68.1912	0	-68.1912	-68.1912	-68.1912
9	0.121086	5.70574	-68.4426	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	7.85584	11.6129	27.3008	0	27.3008	47.1856	47.1856
10	0.121086	5.5479	-67.1922	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	7.83805	11.5866	27.2391	0	27.2391	45.878	45.878
11	0.121086	5.35102	-66.0039	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	7.7334	11.4319	26.8753	0	26.8753	44.248	44.248
12	0.121086	5.12038	-64.8686	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	7.55116	11.1625	26.242	0	26.242	42.339	42.339
13	0.121086	4.86012	-63.7794	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	7.29897	10.7897	25.3656	0	25.3656	40.1856	40.1856
14	0.121086	4.57358	-62.7309	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	6.98305	10.3227	24.2678	0	24.2678	37.8151	37.8151
15	0.121086	4.26349	-61.7183	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	6.60875	9.76938	22.9669	0	22.9669	35.2501	35.2501

16	0.121086	3.93212	-60.738	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	6.18051	9.13634	21.4787	0	21.4787	32.5094	32.5094
17	0.121086	3.58137	-59.7868	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0	0	-92.1783	0	-92.1783	-92.1783	-92.1783
18	0.121086	3.21286	-58.862	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	5.17718	7.65316	17.9919	0	17.9919	26.5613	26.5613
19	0.121086	2.82799	-57.9614	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	4.60836	6.81231	16.0151	0	16.0151	23.379	23.379
20	0.121086	2.42797	-57.0828	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	3.99834	5.91055	13.8952	0	13.8952	20.0716	20.0716
21	0.121086	2.01387	-56.2245	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	3.34941	4.95127	11.64	0	11.64	16.6479	16.6479
22	0.121086	1.58661	-55.3851	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	2.66361	3.93748	9.25663	0	9.25663	13.1156	13.1156
23	0.121086	1.14702	-54.5631	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.94277	2.8719	6.75154	0	6.75154	9.48157	9.48157
24	0.121086	0.695836	-53.7574	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.18854	1.75696	4.13045	0	4.13045	5.75186	5.75186
25	0.121086	0.233716	-52.9669	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.402419	0.594876	1.3985	0	1.3985	1.93188	1.93188

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.64527**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	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	0.110209	0.104488	-51.5521	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.184909	0.304225	0.715204	0	0.715204	0.9481	0.9481
2	0.110209	0.3109	-51.0465	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.552622	0.909213	2.13748	0	2.13748	2.82104	2.82104
3	0.110209	0.512267	-50.5463	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.914464	1.50454	3.53704	0	3.53704	4.6482	4.6482
4	0.110209	0.708748	-50.0514	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.2705	2.09032	4.91414	0	4.91414	6.43103	6.43103
5	0.110209	0.900494	-49.5615	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.6208	2.66665	6.26906	0	6.26906	8.1709	8.1709
6	0.110209	1.08765	-49.0765	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.96542	3.23364	7.60198	0	7.60198	9.86904	9.86904
7	0.110209	1.27034	-48.5962	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	2.30443	3.79141	8.91327	0	8.91327	11.5268	11.5268
8	0.110209	1.44989	-48.1204	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0	0	-95.8791	0	-95.8791	-95.8791	-95.8791
9	0.110209	1.63337	-47.649	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	2.98512	4.91133	11.5461	0	11.5461	14.8208	14.8208
10	0.110209	1.81428	-47.1818	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	3.32768	5.47494	12.8711	0	12.8711	16.4624	16.4624
11	0.110209	1.9912	-46.7187	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	3.66503	6.02997	14.1759	0	14.1759	18.0677	18.0677
12	0.110209	2.16423	-46.2595	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	3.99722	6.57651	15.4608	0	15.4608	19.6377	19.6377
13	0.110209	2.33347	-45.8041	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	4.32431	7.11465	16.7259	0	16.7259	21.1733	21.1733
14	0.110209	2.499	-45.3525	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	4.64634	7.64449	17.9715	0	17.9715	22.6753	22.6753
15	0.110209	2.66093	-44.9044	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	4.96339	8.16611	19.1978	0	19.1978	24.1446	24.1446
16	0.110209	2.81932	-44.4597	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	5.27549	8.6796	20.4049	0	20.4049	25.5819	25.5819
17	0.110209	2.97427	-44.0185	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	5.5827	9.18505	21.5932	0	21.5932	26.9879	26.9879

18	0.110209	3.12585	-43.5805	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	5.88508	9.68254	22.7628	0	22.7628	28.3632	28.3632
19	0.110209	3.12534	-43.1456	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	5.90169	9.70987	22.827	0	22.827	28.3585	28.3585
20	0.110209	2.67791	-42.7138	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	5.07164	8.34421	19.6165	0	19.6165	24.2987	24.2987
21	0.110209	2.19776	-42.285	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	4.17429	6.86783	16.1456	0	16.1456	19.9419	19.9419
22	0.110209	1.71452	-41.8592	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	3.26566	5.37289	12.6312	0	12.6312	15.5571	15.5571
23	0.110209	1.22824	-41.4361	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	2.34595	3.85972	9.07386	0	9.07386	11.1447	11.1447
24	0.110209	0.738981	-41.0158	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	1.41533	2.3286	5.47432	0	5.47432	6.70533	6.70533
25	0.110209	0.246809	-40.5981	Detrito a grana grossa (DTF)	0	23.0433	0.473971	0.779811	1.83327	0	1.83327	2.23948	2.23948

# Interslice Data

**Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.47825**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2630.07	1600.07	0	0	0
2	2630.2	1598.3	5.42322	0	0
3	2630.32	1597.52	-68.947	0	0
4	2630.44	1596.93	-59.1011	0	0
5	2630.56	1596.44	-49.4064	0	0
6	2630.68	1596.01	-40.0498	0	0
7	2630.8	1595.62	-31.1247	0	0
8	2630.92	1595.26	-22.6803	0	0
9	2631.04	1594.93	-56.7223	0	0
10	2631.16	1594.63	-49.3029	0	0
11	2631.29	1594.34	-42.4056	0	0
12	2631.41	1594.07	-36.0285	0	0
13	2631.53	1593.81	-30.1662	0	0
14	2631.65	1593.56	-24.8108	0	0
15	2631.77	1593.33	-19.9529	0	0
16	2631.89	1593.1	-15.5817	0	0
17	2632.01	1592.89	-11.6859	0	0
18	2632.13	1592.68	-40.652	0	0
19	2632.25	1592.48	-37.6708	0	0
20	2632.38	1592.28	-35.1282	0	0
21	2632.5	1592.1	-33.0118	0	0
22	2632.62	1591.92	-31.3087	0	0
23	2632.74	1591.74	-30.0063	0	0
24	2632.86	1591.57	-29.092	0	0
25	2632.98	1591.41	-28.5531	0	0
26	2633.1	1591.25	0	0	0

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.64527**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2628.18	1600.66	0	0	0
2	2628.3	1600.52	0.078901	0	0
3	2628.41	1600.38	0.309389	0	0
4	2628.52	1600.25	0.682275	0	0
5	2628.63	1600.12	1.18888	0	0
6	2628.74	1599.99	1.82097	0	0
7	2628.85	1599.86	2.57077	0	0
8	2628.96	1599.74	3.4309	0	0
9	2629.07	1599.61	-20.6526	0	0
10	2629.18	1599.49	-19.5856	0	0
11	2629.29	1599.37	-18.4215	0	0
12	2629.4	1599.26	-17.1664	0	0
13	2629.51	1599.14	-15.8264	0	0
14	2629.62	1599.03	-14.4071	0	0
15	2629.73	1598.92	-12.914	0	0
16	2629.84	1598.81	-11.3522	0	0
17	2629.95	1598.7	-9.72678	0	0
18	2630.06	1598.59	-8.04239	0	0
19	2630.17	1598.49	-6.3036	0	0
20	2630.28	1598.38	-4.59601	0	0
21	2630.39	1598.28	-3.15899	0	0
22	2630.5	1598.18	-2.00072	0	0
23	2630.61	1598.08	-1.11336	0	0
24	2630.72	1597.99	-0.489124	0	0
25	2630.83	1597.89	-0.120345	0	0
26	2630.94	1597.8	0	0	0

## Discharge Sections

---

### Entity Information

---

#### **External Boundary**

X	Y
2622.19	1579.02
2622.19	1558.66
2661.64	1558.66
2661.64	1586.84
2661.64	1588.34
2641.64	1588.23
2636.58	1588.15
2635.26	1587.99
2635.23	1588.25
2634.08	1588.29
2630.2	1600.03
2629.01	1600.38
2625.84	1601.46
2622.79	1603.24
2622.19	1603.43
2622.19	1602.44

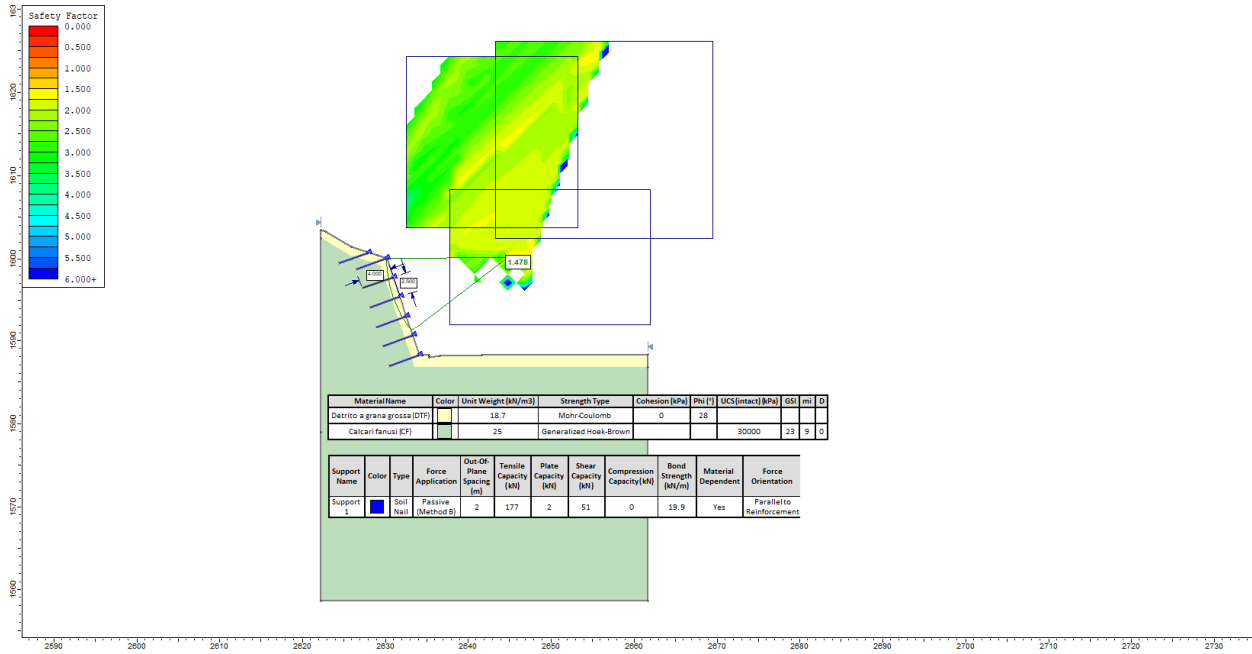
#### **Material Boundary**


X	Y
2622.19	1602.44
2622.64	1602.23
2625.68	1600.44
2628.86	1599.37
2629.51	1599.09
2631.14	1593.88
2633.55	1586.84
2661.64	1586.84



# Report Views

## 1: verifica statica\_post operam\_rev.1 - Bishop simplified method



S.S.121"Cataneese" <i>Intervento S.S.121 – Tratto Palermo (A19) – Rotatoria Bolognetta</i>		
<b>UP62</b>	<i>Relazione intervento di chiodatura</i>	

## **7 ALLEGATO 3 - VERIFICA SISMICA POST OPERAM**



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 17/02/2023, 18:52:14  
Software Version: 9.027

# Table of Contents

Project Summary .....	3
General Settings .....	4
Analysis Options .....	5
Groundwater Analysis .....	6
Random Numbers .....	7
Surface Options .....	8
Seismic Loading .....	9
Materials .....	10
Support .....	11
Bond Strength Dependency .....	11
Global Minimums .....	12
Method: bishop simplified .....	12
Method: janbu simplified .....	12
Global Minimum Support Data .....	13
Method: bishop simplified .....	13
Method: janbu simplified .....	13
Valid and Invalid Surfaces .....	14
Method: bishop simplified .....	14
Method: janbu simplified .....	14
Error Code Descriptions .....	14
Slice Data .....	16
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44951 .....	16
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.52735 .....	18
Interslice Data .....	20
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44951 .....	20
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.52735 .....	21
Entity Information .....	22
External Boundary .....	22
Material Boundary .....	22
Report Views .....	23
1: verifica sismica_post operam_rev.1 - Bishop simplified method .....	23

# Slide2 Analysis Information

## SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

### Project Summary

---

Slide2 Modeler Version:	9.027
Date Created:	17/02/2023, 18:52:14

## General Settings

---

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Left to Right

## Analysis Options

---

Slices Type:	Vertical
	<b>Analysis Methods Used</b>
	Bishop simplified
	Janbu simplified
Number of slices:	25
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	50
Check $m_{\alpha} < 0.2$ :	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

---

Groundwater Method:

Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight [kN/m<sup>3</sup>]:

9.81

Advanced Groundwater Method:

None



## Random Numbers

---

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

## Surface Options

---

Surface Type:	Circular
Search Method:	Grid Search
Radius Increment:	10
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Invalid Surfaces
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth [m]:	0.29
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

## Seismic Loading

---

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.119
Seismic Load Coefficient (Vertical):	0.059

# Materials

---

## Detrito a grana grossa (DTF)


Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight	18.7 kN/m <sup>3</sup>
Cohesion	0 kPa
Phi	28 °
Water Surface	None
Ru Value	0

## Calcari fanusi (CF)



Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unit Weight	25 kN/m <sup>3</sup>
UCS (intact)	30000 kPa
GSI	23
mi	9
D	0
Water Surface	None
Ru Value	0

# Support

## Support 1

Color	
Type	Soil Nail
Force Application	Passive (Method B)
Force Orientation	Parallel to Reinforcement
Out-Of-Plane Spacing	2 m
Tensile Capacity	177 kN
Shear Capacity	51 kN
Plate Capacity	2 kN
Bond Strength	19.9 kN/m
Material Dependent	Yes

## Bond Strength Dependency

Material	Bond Strength [kN/m]
 Detrito a grana grossa (DTF)	19.9
 Calcari fanusi (CF)	48.6

## Global Minimums

---

### Method: bishop simplified

---

	<b>FS</b>	<b>1.449510</b>
Center:		2644.782, 1600.184
Radius:		14.708
Left Slip Surface Endpoint:		2630.074, 1600.067
Right Slip Surface Endpoint:		2633.102, 1591.245
Resisting Moment:		2094.48 kN-m
Driving Moment:		1444.96 kN-m
Passive Support Moment:		1110.66 kN-m
Maximum Single Support Force:		9.03077 kN
Total Support Force:		22.8449 kN
Total Slice Area:		5.21328 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:		3.02716 m
Surface Average Height:		1.72217 m

### Method: janbu simplified

---

	<b>FS</b>	<b>1.527350</b>
Center:		2643.883, 1613.009
Radius:		19.974
Left Slip Surface Endpoint:		2628.185, 1600.658
Right Slip Surface Endpoint:		2630.940, 1597.795
Resisting Horizontal Force:		37.2936 kN
Driving Horizontal Force:		24.4171 kN
Passive Horizontal Support Force:		20.2339 kN
Maximum Single Support Force:		12.2512 kN
Total Support Force:		12.2512 kN
Total Slice Area:		2.26151 m <sup>2</sup>
Surface Horizontal Width:		2.75524 m
Surface Average Height:		0.820805 m

## Global Minimum Support Data

### Method: bishop simplified

Number of Supports: 7						
Support 1						
Support Type: Soil Nail						
Start (x, y)	Length (m)	L Inside SS (m)	L Outside SS (m)	Li (m)	Lo (m)	Force (kN)
2634.08, 1588.29	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2633.29, 1590.67	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2632.51, 1593.04	4	0.515912	3.48409	0.515912	3.48409	6.13333
2631.73, 1595.42	4	0.807112	3.19289	0.807112	3.19289	9.03077
2630.94, 1597.79	4	0.671434	3.32857	0.671434	3.32857	7.68077
2630.07, 1600.07	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2627.94, 1600.74	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0

### Method: janbu simplified

Number of Supports: 7						
Support 1						
Support Type: Soil Nail						
Start (x, y)	Length (m)	L Inside SS (m)	L Outside SS (m)	Li (m)	Lo (m)	Force (kN)
2634.08, 1588.29	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2633.29, 1590.67	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2632.51, 1593.04	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2631.73, 1595.42	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2630.94, 1597.79	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0
2630.07, 1600.07	4	1.13077	2.86923	1.13077	2.86923	12.2512
2627.94, 1600.74	4	Not Effective	Not Effective	Not Effective	Not Effective	0

# Valid and Invalid Surfaces

---

## Method: bishop simplified

---

Number of Valid Surfaces:	17168
Number of Invalid Surfaces:	10258

### Error Codes

Error Code -103 reported for 112 surfaces  
Error Code -106 reported for 24 surfaces  
Error Code -109 reported for 2 surfaces  
Error Code -111 reported for 86 surfaces  
Error Code -112 reported for 149 surfaces  
Error Code -114 reported for 1419 surfaces  
Error Code -115 reported for 5169 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3297 surfaces

## Method: janbu simplified

---

Number of Valid Surfaces:	14669
Number of Invalid Surfaces:	12757

### Error Codes

Error Code -103 reported for 112 surfaces  
Error Code -106 reported for 21 surfaces  
Error Code -108 reported for 64 surfaces  
Error Code -109 reported for 2 surfaces  
Error Code -111 reported for 2588 surfaces  
Error Code -112 reported for 91 surfaces  
Error Code -114 reported for 1419 surfaces  
Error Code -115 reported for 5163 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3297 surfaces

### Error Code Descriptions



The following errors were encountered during the computation:

- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 106 = Average slice width is less than  $0.0001 * (\text{maximum horizontal extent of soil region})$ . This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 108 = Total driving moment or total driving force  $< 0.1$ . This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region, even though the slip surface is wholly within the soil region.
- 111 = Safety factor equation did not converge
- 112 = The coefficient  $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$  for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 114 = Surface with Reverse Curvature.
- 115 = Surface too shallow, below the minimum depth.
- 1000 = No valid slip surface is generated

# Slice Data

## Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44951

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	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	0.121086	1.96486	-86.0883	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0.991183	1.43673	2.70209	0	2.70209	17.1975	17.1975
2	0.121086	4.43268	-81.1037	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0	0	-82.6792	0	-82.6792	-82.6792	-82.6792
3	0.121086	5.14706	-78.405	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	5.9266	8.59066	16.1567	0	16.1567	45.0415	45.0415
4	0.121086	5.54417	-76.2399	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	7.12441	10.3269	19.422	0	19.422	48.5148	48.5148
5	0.121086	5.76323	-74.3727	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	8.00333	11.6009	21.8181	0	21.8181	50.4302	50.4302
6	0.121086	5.86273	-72.7039	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	8.63989	12.5236	23.5535	0	23.5535	51.2995	51.2995
7	0.121086	5.87435	-71.1795	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	9.08107	13.1631	24.7561	0	24.7561	51.4003	51.4003
8	0.121086	5.81766	-69.7664	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0	0	-67.9381	0	-67.9381	-67.9381	-67.9381
9	0.121086	5.70574	-68.4426	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	9.4959	13.7644	25.8871	0	25.8871	49.9232	49.9232
10	0.121086	5.5479	-67.1922	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	9.51025	13.7852	25.9261	0	25.9261	48.5416	48.5416
11	0.121086	5.35102	-66.0039	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	9.41532	13.6476	25.6673	0	25.6673	46.8183	46.8183
12	0.121086	5.12038	-64.8686	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	9.22215	13.3676	25.1407	0	25.1407	44.7998	44.7998
13	0.121086	4.86012	-63.7794	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	8.93971	12.9582	24.3708	0	24.3708	42.5223	42.5223
14	0.121086	4.57358	-62.7309	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	8.57552	12.4303	23.3781	0	23.3781	40.0148	40.0148
15	0.121086	4.26349	-61.7183	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	8.13599	11.7932	22.1798	0	22.1798	37.3015	37.3015

16	0.121086	3.93212	-60.738	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	7.62644	11.0546	20.7907	0	20.7907	34.402	34.402
17	0.121086	3.58137	-59.7868	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0	0	-93.1375	0	-93.1375	-93.1375	-93.1375
18	0.121086	3.21286	-58.862	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	6.41551	9.29934	17.4895	0	17.4895	28.1087	28.1087
19	0.121086	2.82799	-57.9614	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	5.72179	8.29379	15.5983	0	15.5983	24.7414	24.7414
20	0.121086	2.42797	-57.0828	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	4.9736	7.20928	13.5587	0	13.5587	21.2416	21.2416
21	0.121086	2.01387	-56.2245	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	4.17375	6.04989	11.3782	0	11.3782	17.6186	17.6186
22	0.121086	1.58661	-55.3851	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	3.32476	4.81928	9.06377	0	9.06377	13.8806	13.8806
23	0.121086	1.14702	-54.5631	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	2.42892	3.52075	6.62159	0	6.62159	10.0348	10.0348
24	0.121086	0.695836	-53.7574	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	1.48827	2.15726	4.05721	0	4.05721	6.08751	6.08751
25	0.121086	0.233716	-52.9669	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0.504654	0.731501	1.37575	0	1.37575	2.04465	2.04465

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.52735**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	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	0.110209	0.104488	-51.5521	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0.243044	0.371213	0.698148	0	0.698148	1.00427	1.00427
2	0.110209	0.3109	-51.0465	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0.727142	1.1106	2.08873	0	2.08873	2.98816	2.98816
3	0.110209	0.512267	-50.5463	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	1.2045	1.83969	3.45996	0	3.45996	4.92354	4.92354
4	0.110209	0.708748	-50.0514	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	1.67516	2.55856	4.81194	0	4.81194	6.81196	6.81196
5	0.110209	0.900494	-49.5615	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	2.13916	3.26724	6.14475	0	6.14475	8.65484	8.65484
6	0.110209	1.08765	-49.0765	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	2.59652	3.96579	7.45856	0	7.45856	10.4536	10.4536
7	0.110209	1.27034	-48.5962	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	3.04729	4.65428	8.75341	0	8.75341	12.2094	12.2094
8	0.110209	1.44989	-48.1204	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0	0	-103.434	0	-103.434	-103.434	-103.434
9	0.110209	1.63337	-47.649	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	3.95473	6.04026	11.3601	0	11.3601	15.6985	15.6985
10	0.110209	1.81428	-47.1818	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	4.41254	6.7395	12.6751	0	12.6751	17.4372	17.4372
11	0.110209	1.9912	-46.7187	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	4.86417	7.42929	13.9725	0	13.9725	19.1376	19.1376
12	0.110209	2.16423	-46.2595	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	5.30965	8.1097	15.2521	0	15.2521	20.8005	20.8005
13	0.110209	2.33347	-45.8041	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	5.74904	8.7808	16.5143	0	16.5143	22.427	22.427
14	0.110209	2.499	-45.3525	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	6.18236	9.44263	17.759	0	17.759	24.0179	24.0179
15	0.110209	2.66093	-44.9044	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	6.60968	10.0953	18.9865	0	18.9865	25.5741	25.5741
16	0.110209	2.81932	-44.4597	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	7.031	10.7388	20.1967	0	20.1967	27.0964	27.0964
17	0.110209	2.97427	-44.0185	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	7.44643	11.3733	21.39	0	21.39	28.5855	28.5855

18	0.110209	3.12585	-43.5805	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	7.85589	11.9987	22.5663	0	22.5663	30.0423	30.0423
19	0.110209	3.12534	-43.1456	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	7.88418	12.0419	22.6475	0	22.6475	30.0372	30.0372
20	0.110209	2.67791	-42.7138	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	6.7805	10.3562	19.4772	0	19.4772	25.7371	25.7371
21	0.110209	2.19776	-42.285	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	5.58499	8.53024	16.043	0	16.043	21.1223	21.1223
22	0.110209	1.71452	-41.8592	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	4.37255	6.67841	12.5603	0	12.5603	16.4779	16.4779
23	0.110209	1.22824	-41.4361	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	3.14341	4.80108	9.0295	0	9.0295	11.8043	11.8043
24	0.110209	0.738981	-41.0158	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	1.89782	2.89863	5.45153	0	5.45153	7.10219	7.10219
25	0.110209	0.246809	-40.5981	Detrito a grana grossa (DTF)	0	28	0.636003	0.971399	1.82693	0	1.82693	2.37202	2.37202

## Interslice Data

**Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.44951**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2630.07	1600.07	0	0	0
2	2630.2	1598.3	4.89879	0	0
3	2630.32	1597.52	-69.5281	0	0
4	2630.44	1596.93	-60.0977	0	0
5	2630.56	1596.44	-50.6964	0	0
6	2630.68	1596.01	-41.5341	0	0
7	2630.8	1595.62	-32.7227	0	0
8	2630.92	1595.26	-24.3271	0	0
9	2631.04	1594.93	-17.8245	0	0
10	2631.16	1594.63	-10.36	0	0
11	2631.29	1594.34	-4.385	0	0
12	2631.41	1594.07	-3.9054	0	0
13	2631.53	1593.81	-3.9224	0	0
14	2631.65	1593.56	-2.4338	0	0
15	2631.77	1593.33	-2.4352	0	0
16	2631.89	1593.1	-1.9205	0	0
17	2632.01	1592.89	-1.8821	0	0
18	2632.13	1592.68	-4.8157	0	0
19	2632.25	1592.48	-3.7041	0	0
20	2632.38	1592.28	-3.0417	0	0
21	2632.5	1592.1	-3.8183	0	0
22	2632.62	1591.92	-3.0236	0	0
23	2632.74	1591.74	-2.647	0	0
24	2632.86	1591.57	-2.6777	0	0
25	2632.98	1591.41	-2.1047	0	0
26	2633.1	1591.25	0	0	0

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.52735**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	2628.18	1600.66	0	0	0
2	2628.3	1600.52	0.0825809	0	0
3	2628.41	1600.38	0.324247	0	0
4	2628.52	1600.25	0.715907	0	0
5	2628.63	1600.12	1.24894	0	0
6	2628.74	1599.99	1.91518	0	0
7	2628.85	1599.86	2.70684	0	0
8	2628.96	1599.74	3.61654	0	0
9	2629.07	1599.61	-22.1726	0	0
10	2629.18	1599.49	-21.0402	0	0
11	2629.29	1599.37	-19.8027	0	0
12	2629.4	1599.26	-18.4662	0	0
13	2629.51	1599.14	-17.0368	0	0
14	2629.62	1599.03	-15.5204	0	0
15	2629.73	1598.92	-13.9224	0	0
16	2629.84	1598.81	-12.2481	0	0
17	2629.95	1598.7	-10.5025	0	0
18	2630.06	1598.59	-8.69065	0	0
19	2630.17	1598.49	-6.81703	0	0
20	2630.28	1598.38	-4.9739	0	0
21	2630.39	1598.28	-3.42014	0	0
22	2630.5	1598.18	-2.16563	0	0
23	2630.61	1598.08	-1.20287	0	0
24	2630.72	1597.99	-0.524413	0	0
25	2630.83	1597.89	-0.122897	0	0
26	2630.94	1597.8	0	0	0

## Discharge Sections

---

### Entity Information

---

#### **External Boundary**

X	Y
2622.19	1579.02
2622.19	1558.66
2661.64	1558.66
2661.64	1586.84
2661.64	1588.34
2641.64	1588.23
2636.58	1588.15
2635.26	1587.99
2635.23	1588.25
2634.08	1588.29
2630.2	1600.03
2629.01	1600.38
2625.84	1601.46
2622.79	1603.24
2622.19	1603.43
2622.19	1602.44

#### **Material Boundary**

X	Y
2622.19	1602.44
2622.64	1602.23
2625.68	1600.44
2628.86	1599.37
2629.51	1599.09
2631.14	1593.88
2633.55	1586.84
2661.64	1586.84



# Report Views

## 1: verifica sismica\_post operam\_rev.1 - Bishop simplified method

