



# ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

## PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

### Bolognetta S.c.p.a.

## - PERIZIA DI VARIANTE N.3 -

Il Responsabile Ambientale:  
Dott. Maurizio D'angelo



Titolo elaborato:

### MODIFICA TECNICA N. 241

### OPERE DI SOSTEGNO - ASSE SECONDARIO - Ramo 51 - Lotto 2b OS71 - Paratie di pali dx dal km 0+447.13 al km 0+525.88 Rete paramassi - Relazione tecnica e di calcolo

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PE	MT 241	RT 0 1	6	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:	
0 7	PEMT241_RT01_60_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	varie	
5					
4					
3					
2					
1					
0	PRIMA EMISSIONE		Maggio 2021	M. Palermo S. Fortino N. Behmann	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettisti :

## ACS ingegneri

Via Catani,28/c - 59100 Prato  
tel 0574.527864 fax 0574.568066  
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile

Ing. Alberto Antonelli

Il Geologo

Dott. Geol. Enrico Cucuruto

Il Coordinatore per la Sicurezza

in fase di Esecuzione:  
Arch. Francesco Rondelli

Il Direttore dei Lavori:

Ing. Sandro Favero



Il Coordinatore per la  
Esecuzione dei Lavori  
arch. Francesco Rondelli



ANAS S.p.A.

DATA:

PROTOCOLLO:

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO

LO410C E 1101

Dott. Ing. Luigi Mupo

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	1
1   PREMESSA .....	2
2   NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	2
3   ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO .....	3
4   SOFTWARE UTILIZZATI .....	4
5   MATERIALI .....	5
5.1   ACCIAIO .....	5
5.1.1   Acciaio per barre di ancoraggio.....	5
5.1.2   Rete metallica .....	5
5.1.3   Funi metalliche.....	5
6   CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	6
6.1   Azione sismica di riferimento .....	6
7   DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	9
8   CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI .....	11
9   ANALISI E VERIFICA DELL'OPERA DI RAFFORZAMENTO CORTICALE .....	13
9.1   Analisi di stabilità del pendio.....	13
9.2   Valutazione della tensione tangenziale di aderenza .....	13
9.2.1   Sistema SOIL NAILING.....	14
10   ALLEGATO 1 – FILE DI I/O DEL MODELLO DI CALCOLO.....	31
11   ALLEGATO 2 – report prove di sfilamento chiodi.....	32

## 1 PREMESSA

---

La presente relazione descrive le verifiche di carattere strutturale e geotecnico afferenti all'intervento di rinforzo corticale previsto lungo la scarpata posta a monte dell'opera denominata OS71, tra le progressive di progetto 0.+447.13 e 0+525.88 della viabilità secondaria VS51, già previsto in fase di PED.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

---

- [1] L. 5.11.1971, n° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [2] D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”.
- [3] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”
- [4] Eurocodice 8 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, febbraio 1998.
- [5] UNI EN 206-1 Ottobre 2006 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- [6] UNI EN 11104 Marzo 2004 - "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

### 3 ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO

---

#### ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO (PEA)

[1] Relazione geologica geomorfologica idrogeologica	PE_GE_RT01_31_4137
[2] Relazione geotecnica	PE_GT_RT01_31_4137
[3] Relazione sismica	PE_SI_RT01_30_4137
[4] Relazione geotecnica corpo stradale	PE_GT_RT02_31_4137
[5] Profilo geotecnico “Lotto 2a” – Tav. 1	PE_GT_L(001-015)_31_4137

#### ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO (PED)

[6] OS 71 Planimetria, sezione tipo	PEOS71N001_52_4137
[7] OS 71 Sezioni trasversali	PEOS71N002_51_4137

## 4 SOFTWARE UTILIZZATI

---

I software utilizzati per i calcoli delle opere in esame sono di seguito indicati:

- *Slide “An interactive Slope Stability program”*-RocScience Inc. 54 St. Patrick St. Toronto (Canada)

Per quanto riguarda i suddetti software/codici di calcolo si dichiara di aver condotto una valutazione di affidabilità e dell' idoneità al caso specifico di applicazione, attraverso verifiche alternative di controllo sui modelli realizzati ed una validazione critica dei risultati degli stessi mediante analisi semplificate tradizionali, nonché di aver esaminato la documentazione fornita dal produttore o dal distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione dei programmi.

## 5 MATERIALI

---

Il progetto strutturale prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

### 5.1 ACCIAIO

#### 5.1.1 Acciaio per barre di ancoraggio

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
allungamento caratteristico:	$\geq 7.5 \%$
rapporto tensione di rottura/ tensione di snervamento:	$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$

#### 5.1.2 Rete metallica

Rete metallica a doppia torsione con maglia tipo 8x10 e filo  $\Phi$  3.0mm rivestito in lega eutettica (Zn-Al 5%-MM), conforme alle UNI EN 10223-3;UNI 10218; UNI EN 10244-Classe A.

#### 5.1.3 Funi metalliche

Funi in acciaio conforme alle norme UNI ISO 2408; UNI ISO 10264-2

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale  $V_N = 50$  anni
- classe d'uso IV

in base a ciò risulta:

- coefficiente d'uso  $C_U = 2.0$
- periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R = V_N \times C_U = 100$  anni

### 6.1 Azione sismica di riferimento

Ai fini della caratterizzazione sismica per la progettazione delle opere minori distribuite lungo il tracciato questo è stato suddiviso in tratti di 5 km caratterizzati da superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ . Ciascun tratto di 5 km è stato contraddistinto in base alle coordinate del punto baricentrico del tratto stesso.



Figura 1: Localizzazione tracciato

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS71 – Rinforzo corticale dal KM 0+447.13 al KM 0+525.88

Le seguenti tabelle indicano l'identificazione della zona in cui ricade l'opera in esame in relazione alle coordinate geografiche corrispondenti alle medesime progressive.

**Progressive km 30+000 - km 35+000**

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE: 13,60089    LATITUDINE: 37,79886

Ricerca per comune  
 REGIONE: Piemonte    PROVINCIA: Torino    COMUNE: Aglè

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri  
 Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito: km 7,5, -7,5, 7,5, -7,5

Controllo del reticolo:  Sito esterno al reticolo,  Interpolazione su 3 nodi,  Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO    **FASE 1**    FASE 2    FASE 3

**FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE**

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_n$ : 50 info  
 Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_u$ : 2 info

Valori di progetto:  
 Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_D$ : 100 info  
 Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_D$ : info

Stati limite di esercizio - SLE: SLO -  $P_{100} = 81\%$  (60), SLD -  $P_{100} = 63\%$  (101)  
 Stati limite ultimi - SLU: SLV -  $P_{100} = 10\%$  (948), SLC -  $P_{100} = 5\%$  (1950)

Strategie di progettazione:  $T_D$  [anni] vs Accelerazione (log scale). Strategies: SLO, SLD, SLV (chosen), SLC.

LEGENDA GRAFICO: ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie, -.-■-.- Strategia scelta

INTRO    FASE 1    **FASE 2**    FASE 3

Si riportano, nella tabella seguente, i valori di accelerazione di picco e gli altri parametri significativi degli spettri di progetto, relativamente al tratto in cui ricade l'opera in oggetto.

Progressiva	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_{c^*}$ [s]
30+000 - 30+530	0.126	2.619	0.348
30+530 - 35+000			

Per quanto riguarda il profilo di terreno (Classe A, B, C, ...) si fa riferimento alla seguente tabella:

Progressiva	Categoria
20+000 - 35+000	B



Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

---

OS71 – Rinforzo corticale dal KM 0+447.13 al KM 0+525.88

- Coefficiente topografico:  $S_t = 1.00$
- fattore di sito:  $S_s = 1.20$
- accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido:  $a_g = 0.126 \text{ g}$
- massima accelerazione su sottosuolo tipo B  $a_{\max} = 0.151 \text{ g}$ .

## 7 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento consiste nel rivestimento della scarpata con rete metallica, vincolata al versante mediante barre di acciaio.

La rete metallica prevista per il rivestimento è una rete a doppia torsione con maglia 8x10 e filo  $\Phi 3.00$ . La rete sarà fissata al versante mediante delle barre di ancoraggio tipo B450C, di diametro nominale  $\Phi 32$  e disposte in ragione di 1 ogni 6x6mt ed al centro della maglia (Fig.2-3).

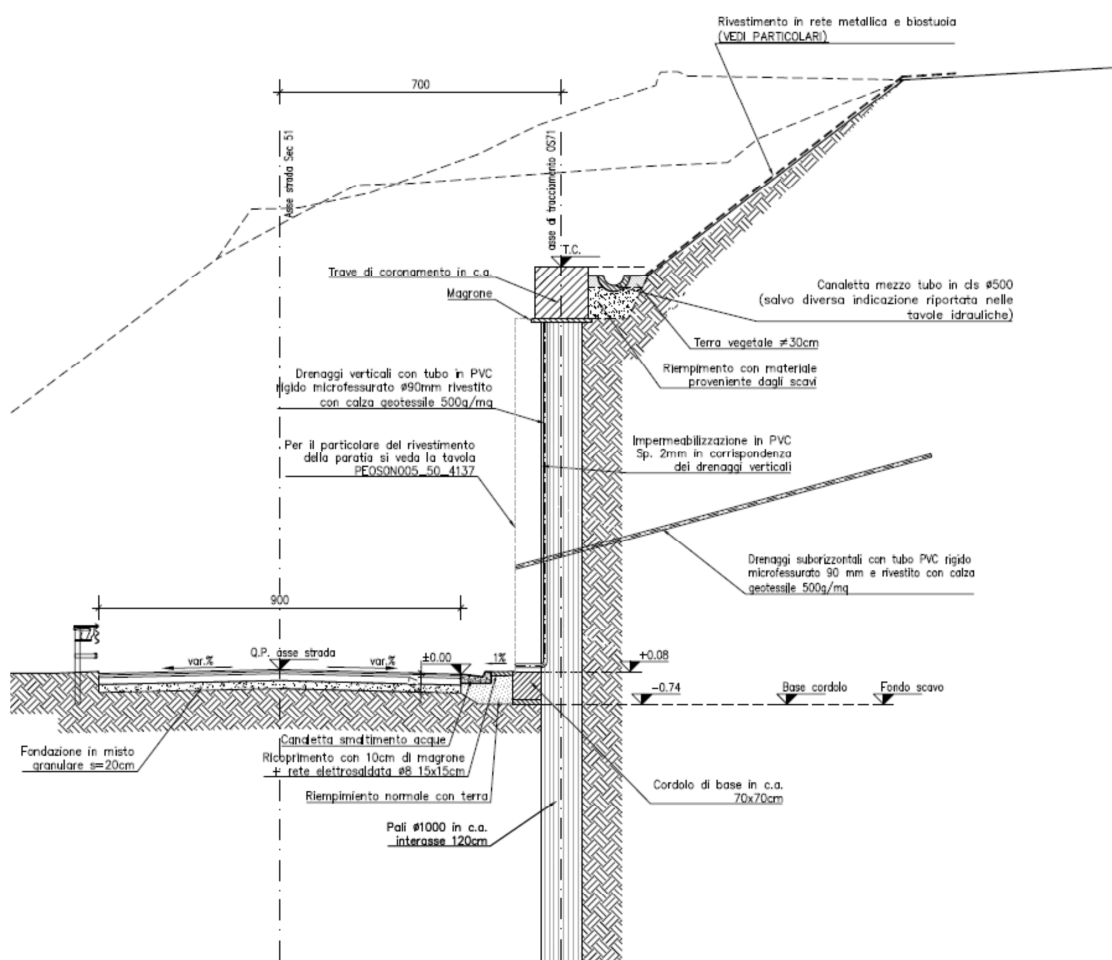


Figura 2: sezione tipo sistemazione versante

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS71 – Rinforzo corticale dal KM 0+447.13 al KM 0+525.88

PROSPETTO RIVESTIMENTO DI RETE METALLICA ARMATA  
CON CHIODI E RETICOLO DI CONTENIMENTO IN FUNI

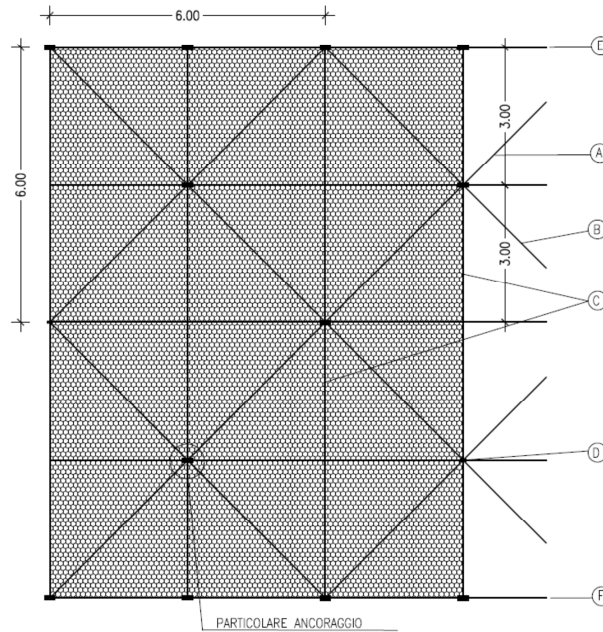


Figura 3: prospetto rivestimento rete metallica e chiodature

L'intervento prevede inoltre la posa in aderenza al versante di una geostuoia da 600 gr/mq e spessore 12mm. La geostuoia sarà ancorata al versante per mezzo di spezzoni in acciaio da c.a. B450C in ragione di 1 ogni mq.

## 8 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI

In merito alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica della scarpata, si è fatto riferimento a quanto riportato nella relazione di calcolo PEOS71RC01\_50\_4137 emessa in fase di progetto esecutivo di dettaglio. La stratigrafia è riportata in figura 4.

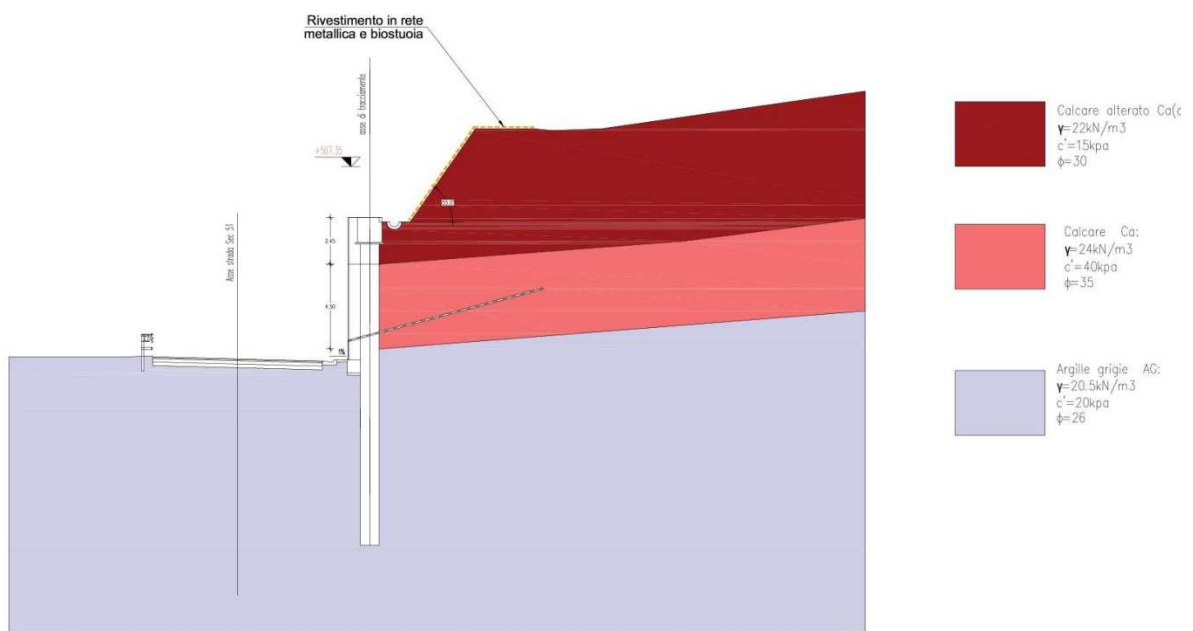


Figura 4: stratigrafia di progetto

Dal punto di vista dei parametri meccanici, questi sono stati raggruppati seguente tabella:

Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
<b>Ca(a)</b>	22.0	15	30
<b>Ca</b>	24	40	35
<b>AG</b>	20.5	20	26

$\gamma$  = peso di volume naturale del terreno  
 $c'$  = coesione  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

Tabella 1: Caratterizzazione geotecnica desunta da sondaggio OS15\_2016 e relative prove di laboratorio

Dove:

**UNITA' Ca (a) - Calcari alterati**

Si tratta di calcari cristallini di colore grigio costituenti la parte sommitale e soggetti ad alterazione

**UNITA' Ca – Calcari compatti**

Si tratta di calcari cristallini di colore grigio a struttura massiva

**UNITA' AG – Argille limose grigie**

Si tratta di argille limose grigie a struttura scagliettata con inclusi elementi lapidei, da consistenti a molto consistenti, talvolta con intercalati livelli sabbiosi e/o livelli, strati di argilliti a consistenza pseudo-litoide. Questa unità costituisce il substrato di base lungo tutto il tratto interessato dall'opera in esame.

## 9 ANALISI E VERIFICA DELL'OPERA DI RAFFORZAMENTO CORTICALE

---

### 9.1 Analisi di stabilità del pendio

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

Il calcolo con il software Slide è stato effettuato prendendo in considerazione il criterio di rottura di Mohr-Coulomb per la coltre superficiale,

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi$$

dove:

- $\tau$  = tensione tangenziale
- $c$  = coesione
- $\sigma$  = tensione a compressione
- $\varphi$  = angolo di attrito interno

La verifica è stata eseguita sulla sezione n.64, considerata maggiormente significativa ai fine del dimensionamento della struttura.

### 9.2 Valutazione della tensione tangenziale di aderenza

Il fase preliminare valutate con debita attenzione le incertezze legate al modello di calcolo, alle caratteristiche stratigrafiche del versante su cui saranno posati i chiodi di ancoraggio, ed in assenza di una normativa specifica in materia, si è ritenuto opportuno eseguire delle prove di trazione a sfilamento, su 2 chiodi prova allestiti in corrispondenza del versante oggetto di intervento. La prova è stata eseguita in data 12/07/2018, (di cui si allega il corrispondente verbale di constatazione, comprensiva di stralcio planimetrico con ubicazione dei chiodi e report topografico degli spostamenti), ha evidenziato quanto segue:

- 1) Il carico di prova è stato portato fino a circa 40kN in corrispondenza dei chiodi prova 1 senza che si sia manifestato lo sfilamento dello stesso
- 2) In corrispondenza del chiodo di prova 2 il carico di prova è stato portato fino a 25bar, corrispondente ad un tiro di 20kpa, senza che si sia verificato lo sfilamento del chiodo

- 3) A favore di sicurezza al fine di determinare la tensione tangenziale di aderenza si considera come rappresentativo il carico di prova determinato in corrispondenza del chiodo prova 3, applicando un fattore di sicurezza  $\gamma_R=2.5$ .

$$\text{Avremo pertanto } \tau_{lim} = \frac{40}{2.5 \times 3.14 \times D} = \frac{40}{2.5 \times 3.14 \times 0.05} \cong 102 \text{Kpa} = 0.10 \text{Mpa}$$

Dove con  $D$  è stato indicato il diametro del foro di perforazione assunto pari a 50mm.

Per tener conto inoltre delle incertezze legate al sistema di contrasto utilizzato in fase di prova si ipotizza nella successiva fase di calcolo una tensione tangenziale limite pari a  $\tau_{lim} = 90 \text{Kpa}$ .

### 9.2.1 Sistema SOIL NAILING

Si ipotizza di utilizzare delle barre aventi le seguenti caratteristiche:

- Barre in acciaio B450C diam. 32 mm, con un carico di snervamento pari a circa 360 kN

Nel software si devono definire i seguenti parametri di input:

- Lunghezza ancoraggio = 3.5mt
- Interasse verticale = 6,0 m
- Interasse orizzontale = 6,0 m
- Tipologia di supporto = Soil Nailing
- Tipo di forza applicata = PASSIVA
- Carico di snervamento = 360 kN
- Carico di snervamento di progetto = circa 310 kN (definito dividendo per 1.15 il carico di snervamento nominale)

- Forza di legame Terreno-Iniezione: considerato un attrito unitario laterale pari e a 0,09 MPa, ed un diametro di perforazione minimo di 50 mm, si ottiene quindi, per unità di lunghezza

$$N = \frac{\tau_{lim} \times \pi \times D}{F_{S1}} \approx 7,4 \text{ kN/m}$$

dove  $F_{S1}$  = fattore di sicurezza per lo sfilamento fra malta e terreno: per tiranti definitivi

si assume  $F_{S1} = \gamma_{Ra} \cdot \xi_{a3} = 1,9$ , dove  $\gamma_{Ra} = 1,2$  è il coefficiente parziale per ancoraggio definitivo e  $\xi_{a3} = 1,6$  è il fattore di correlazione con riferimento a prove geotecniche eseguite secondo  $n > 5$  profili di indagine (per i valori di  $\gamma_{Ra}$  e  $\xi_{a3}$  si faccia riferimento alle tabelle 6.6.I e 6.6.III di NTC2008).

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

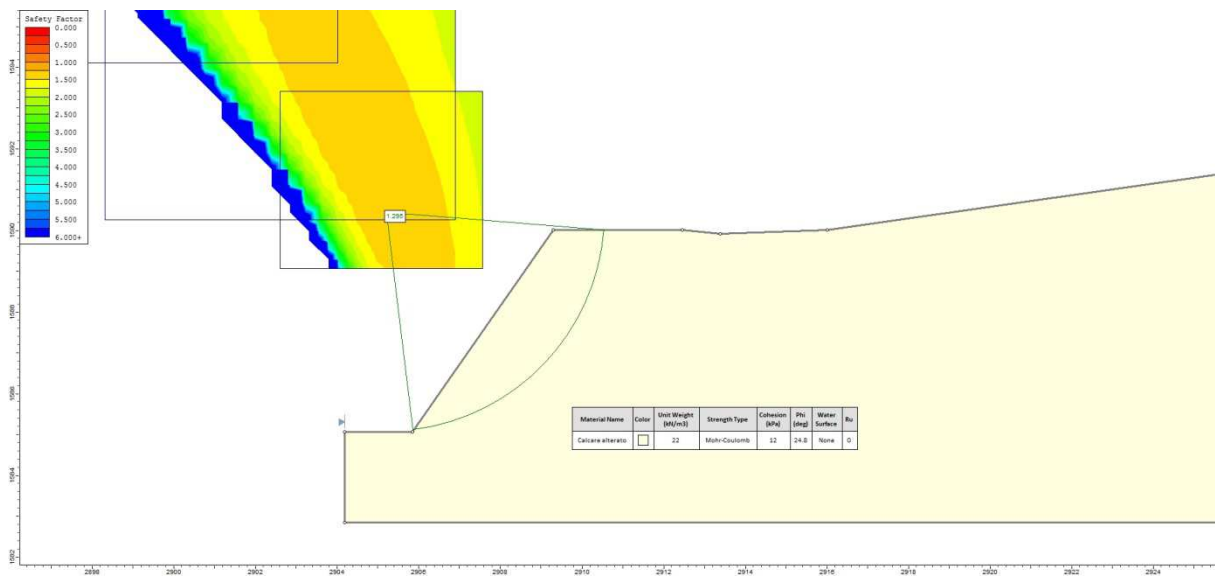
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS71 – Rinforzo corticale dal KM 0+447.13 al KM 0+525.88

## Sezione 64

### Verifica di stabilità del pendio in condizioni statiche

Qui di seguito si riportano i risultati dell’analisi di stabilità globale del pendio in condizioni statiche, in accordo alle NTC 2008, seguendo l’approccio 2 (combinazione A2+M2+R2).



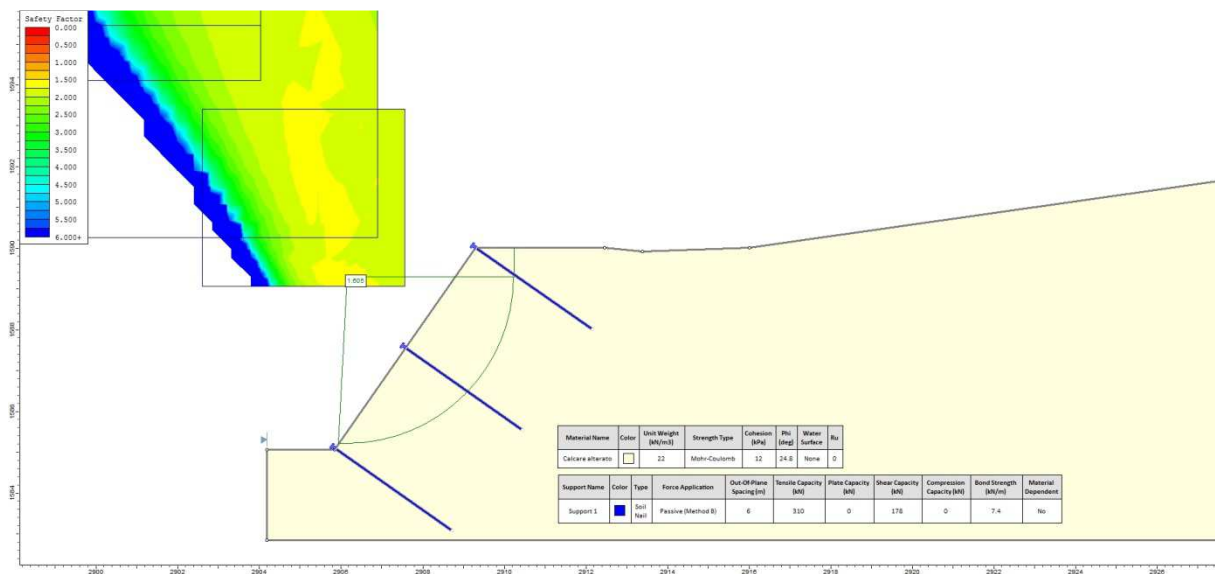
Il fattore di sicurezza del pendio allo stato attuale in condizioni -statiche risulta essere pari a circa 1,29.



## Sezione 64

### Verifica di stabilità del pendio in condizioni statiche con intervento di chiodatura

Qui di seguito si riportano i risultati dell’analisi di stabilità globale del pendio con gli interventi di chiodatura in condizioni statiche, in accordo alle NTC 2008, seguendo l’approccio 2 (combinazione A2+M2+R2).

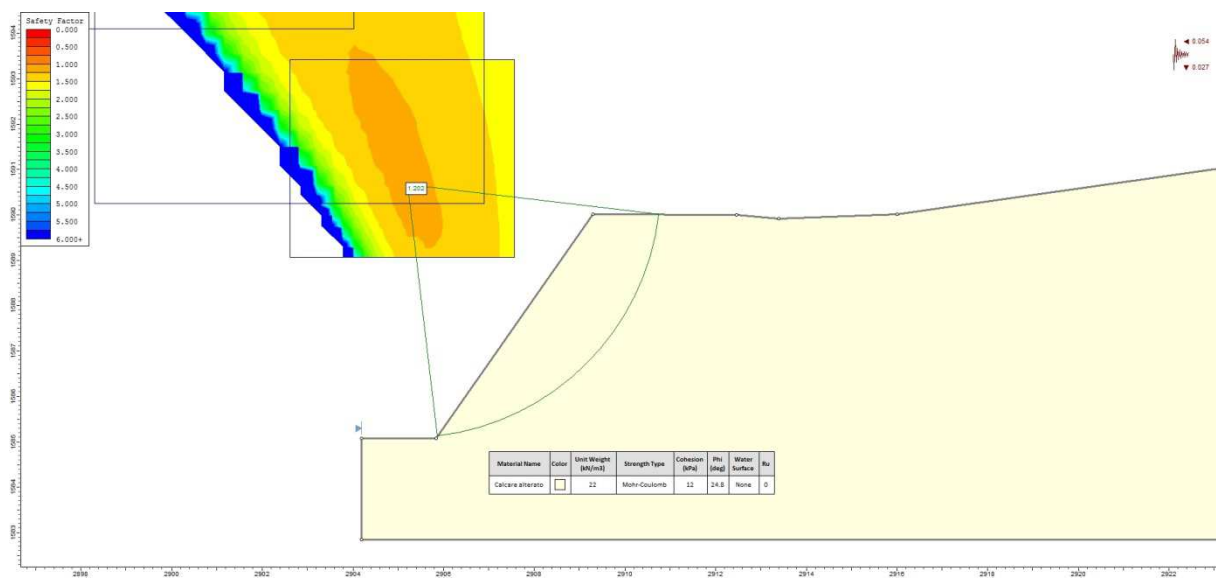


Il fattore di sicurezza ottenuto tramite il sistema di chiodature risulta essere pari a circa 1,60, pertanto la condizione di stabilità in condizioni statiche è soddisfatta secondo quanto prescritto dall’NTC 2008 ( $FS \geq 1.1$ ).

## Sezione 64

### Verifica di stabilità del pendio in condizioni pseudo-statiche

Qui di seguito si riportano i risultati dell’analisi di stabilità globale del pendio in condizioni pseudo-statiche (condizioni sismiche), in accordo alle NTC 2008, seguendo l’approccio 2 (combinazione M2+R2+kh/kv).

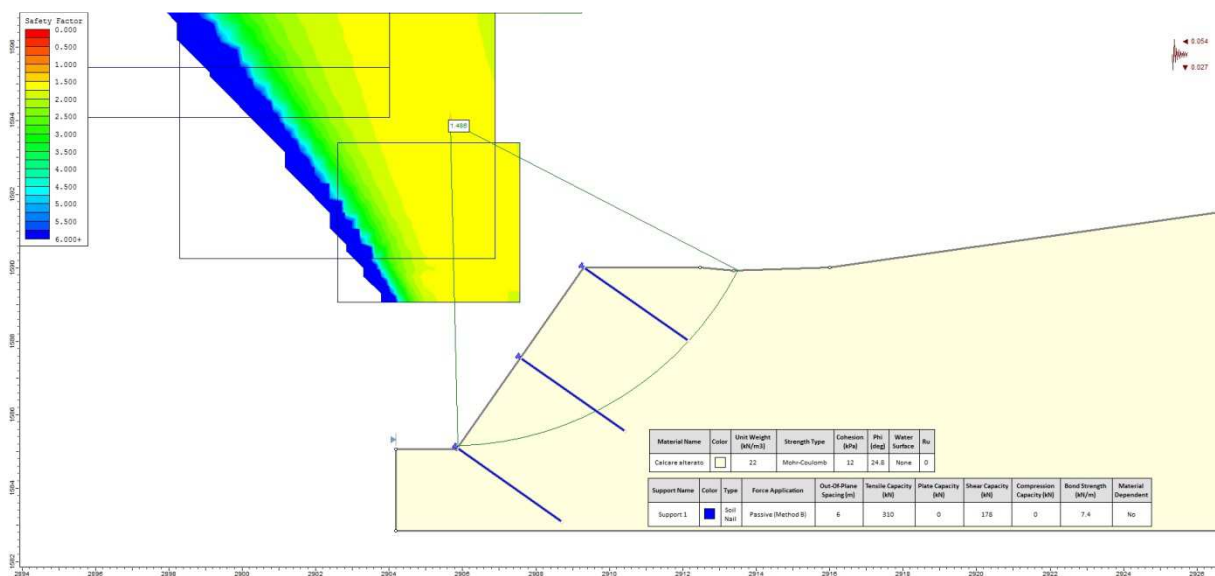


Il fattore di sicurezza del pendio allo stato attuale in condizioni pseudo-statiche risulta essere pari a circa 1,20.

## Sezione 64

### Verifica di stabilità del pendio in condizioni pseudo-statiche con intervento di chiodatura

Qui di seguito si riportano i risultati dell’analisi di stabilità globale del pendio con gli interventi di chiodatura in condizioni pseudo-statiche (condizioni sismiche), in accordo alle NTC 2008, seguendo l’approccio 2 (combinazione M2+R2+kh/kv).



Il fattore di sicurezza ottenuto tramite il sistema di chiodature risulta essere pari a circa 1,49, pertanto la condizione di stabilità in condizioni sismiche è soddisfatta secondo quanto prescritto dall’NTC 2008 ( $FS \geq 1.1$ ).

## **Analisi della stabilità superficiale e verifica della rete metallica**

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;
$\theta_1$	(°)	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;
$\cdot s$		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 4 fasi:

- Fase 1 – Analisi a breve termine

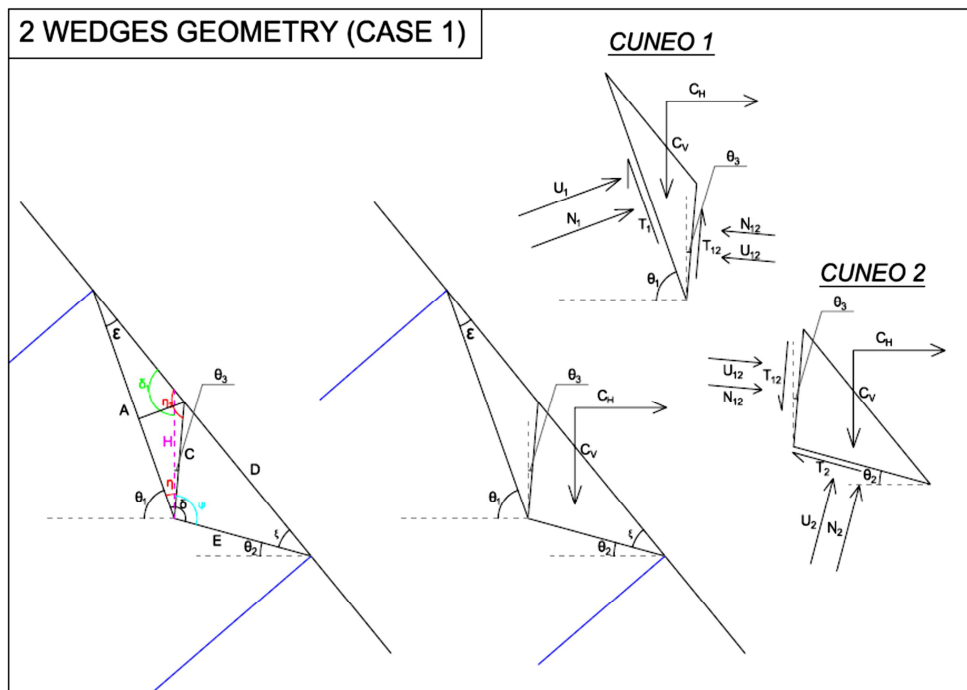
Viene analizzato il tratto di pendio compreso tra i chiodi, che deve avere fattore di sicurezza non inferiore a 1.0. Infatti, se non c'è equilibrio risulta impossibile anche installare il rivestimento in rete. Si verifica in tal modo la congruità della spaziatura tra gli ancoraggi in rapporto alle proprietà geotecniche del terreno. Qualora l'equilibrio non fosse soddisfatto, sarebbe necessario diminuire la spaziatura tra gli ancoraggi. Per assicurare condizioni di stabilità temporanea anche in assenza del rivestimento strutturale flessibile, l'analisi è condotta con due differenti procedure: metodo del singolo cuneo, e metodo dei due cunei. Il valore minimo tra i due fattori di sicurezza ( $FS_{\min}$ ) è confrontato con il valore di 1.0; se  $FS_{\min}$  è maggiore di tale valore si può procedere con le fasi successive.

Poiché il calcolo riguarda una condizione temporanea, sono stati utilizzati i valori caratteristici di resistenza del terreno, e i *coefficienti di sicurezza geotecnici*  $\gamma_\varphi$  (attrito) e  $\gamma_c$  (coesione) *non sono stati presi in considerazione*. Per le medesime ragioni, in questa fase non è considerato il sovraccarico sismico.

Il codice di calcolo determina i fattori di sicurezza (FS) con i metodi del singolo e dei due cunei, scegliendo poi il risultato più gravoso, cioè con fattore di sicurezza più basso:

$$FS = \min(FS_{CUNEO\ DOPPIO}; FS_{CUNEO\ SINGOLO})$$

Analisi dei due cunei:



L'analisi è condotta considerando le forze agenti sulle facce dei due cunei e il valore del coefficiente di sicurezza. Si ottengono 2 equazioni di equilibrio alla traslazione (verticale e orizzontale) per ciascun blocco, e 3 equazioni degli sforzi tangenziali  $T_i$  che sono funzione del fattore di sicurezza:

$$\begin{cases} \sum x^{(1)} & \sum x^{(2)} \\ \sum y^{(1)} & \sum y^{(2)} \end{cases}$$

$$T_1 = \frac{[c_1^I \cdot l_1 + (N_1 - U_1)\tan(\varphi_1^I)]}{FS}$$

$$T_2 = \frac{[c_2^I \cdot l_2 + (N_2 - U_2)\tan(\varphi_2^I)]}{FS}$$

$$T_{12} = \frac{[c_{12}^I \cdot l_{12} + (N_{12} - U_{12})\tan(\varphi_{12}^I)]}{FS}$$

Il sistema sviluppato è riportato di seguito:

$$\begin{cases} N_1 \cdot \sin(\theta_1) - T_1 \cdot \cos(\theta_1) + T_{12} \cdot \sin(\theta_3) - N_{12} \cdot \cos(\theta_3) + F_{X1} = 0 \\ F_{Y1} - N_1 \cdot \cos(\theta_1) - T_1 \cdot \sin(\theta_1) - T_{12} \cdot \cos(\theta_3) - N_{12} \cdot \sin(\theta_3) = 0 \\ N_2 \cdot \sin(\theta_2) - T_2 \cdot \cos(\theta_2) - T_{12} \cdot \sin(\theta_3) + N_{12} \cdot \cos(\theta_3) + F_{X2} = 0 \\ F_{Y2} - N_2 \cdot \cos(\theta_2) - T_2 \cdot \sin(\theta_2) + T_{12} \cdot \cos(\theta_3) + N_{12} \cdot \sin(\theta_3) = 0 \\ T_1 - \frac{1}{FS} [c'_d \cdot A + (N_1 - U_1) \cdot \tan(\varphi'_d)] = 0 \\ T_2 - \frac{1}{FS} [c'_d \cdot E + (N_2 - U_2) \cdot \tan(\varphi'_d)] = 0 \\ T_{12} - \frac{1}{FS} [c'_d \cdot C + (N_{12} - U_{12}) \cdot \tan(\varphi'_d)] = 0 \end{cases}$$

Dove:

- $c'_d = \frac{c'}{\gamma_{c'}}$
- $\varphi'_d = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \varphi'}{\gamma_{\varphi'}} \right)$
- $a_v$  = spaziatura media dei chiodi
- $\beta$  = inclinazione del pendio
- $\gamma$  = peso specifico del terreno
- $r_u$  = coefficiente di pressione interstiziale
- $\xi = \beta - \theta_2$
- $\varepsilon = \theta_1 - \beta$
- $\delta = \pi - \theta_1 + \theta_2$
- $\eta = \frac{\pi}{2} - \theta_1 + \theta_3$
- $\eta_1 = \pi - \eta + \varepsilon$
- $\psi = \delta - \eta$
- $\delta_1 = \pi - \varepsilon - \eta + \theta_3$
- $E = a_v \cdot \frac{\sin(\varepsilon)}{\sin(\delta)}$
- $A = a_v \cdot \frac{\sin(\xi)}{\sin(\delta)}$
- $C = A \cdot \frac{\sin(\varepsilon)}{\sin(\eta_1)}$
- $D = C \cdot \frac{\sin(\psi)}{\sin(\xi)}$
- $H = A \cdot \frac{\sin(\varepsilon)}{\sin(\delta_1)}$
- $h_1 = C \cdot \sin(\eta)$
- $Area_1 = \frac{1}{2} \cdot h_1 \cdot A$
- $h_2 = C \cdot \sin(\pi - \eta_1)$
- $Area_2 = \frac{1}{2} \cdot h_2 \cdot D$

- $W_1 = \gamma \cdot Area_1$
- $W_2 = \gamma \cdot Area_2$
- $U_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot r_u \cdot H \cdot A$
- $U_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot r_u \cdot H \cdot E$
- $U_{12} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot r_u \cdot H \cdot C$
- $F_{X1} = U_1 \cdot \sin(\theta_1) - U_{12} \cdot \cos(\theta_3)$
- $F_{X2} = U_2 \cdot \sin(\theta_2) + U_{12} \cdot \cos(\theta_3)$
- $F_{Y1} = W_1 - U_1 \cdot \cos(\theta_1) - U_{12} \cdot \sin(\theta_3)$
- $F_{Y2} = W_2 - U_2 \cdot \cos(\theta_2) + U_{12} \cdot \sin(\theta_3)$

Risolviendo il sistema si ottiene un'unica equazione di terzo grado nell'incognita FS (fattore di sicurezza):

$$A \cdot FS^3 + B \cdot FS^2 + C \cdot FS + D = 0$$

Di seguito è riportata la precedente formula esplicitata:

$$\left( \frac{F_{Y1} - \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot A - U_1 \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \sin(\theta_1) - \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot C - U_{12} \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \cos(\theta_3) - N_{12}(FS) \cdot \left[ \sin(\theta_3) + \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \cos(\theta_3)}{FS} \right]}{\left[ \cos(\theta_1) + \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \sin(\theta_1)}{FS} \right]} \right) \cdot \left[ \sin(\theta_1) - \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \cos(\theta_1)}{FS} \right] - \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot A - U_1 \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \cos(\theta_1) + \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot C - U_{12} \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \sin(\theta_3) - N_{12}(FS) \cdot \left[ \cos(\theta_3) - \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \cos(\theta_3)}{FS} \right] + F_{X1} = 0$$

Dove:

$$N_{12}(FS) = - \frac{(X_A + X_B)}{X_C}$$

$$X_A = \frac{F_{Y2} - \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot E - U_2 \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \sin(\theta_2) + \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot C - U_{12} \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \cos(\theta_3)}{\left[ \cos(\theta_2) + \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \sin(\theta_2)}{FS} \right]} \cdot \left[ \sin(\theta_2) - \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \cos(\theta_2)}{FS} \right]$$

$$X_B = - \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot E - U_2 \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \cos(\theta_2) + F_{X2} - \left[ \frac{1}{FS} (c'_d \cdot C - U_{12} \cdot \tan(\varphi'_d)) \right] \cdot \sin(\theta_3)$$

$$X_C = \cos(\theta_3) - \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \sin(\theta_3)}{FS} + \frac{\left[ \sin(\theta_3) + \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \cos(\theta_3)}{FS} \right]}{\left[ \cos(\theta_2) + \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \sin(\theta_2)}{FS} \right]} \cdot \sin(\theta_2) - \frac{\tan(\varphi'_d) \cdot \cos(\theta_2)}{FS}$$



L'equazione di terzo grado avrà tre soluzioni reali, delle quali solo una risulterà significativa. Tale valore risponderà in sequenza alle 2 seguenti condizioni:

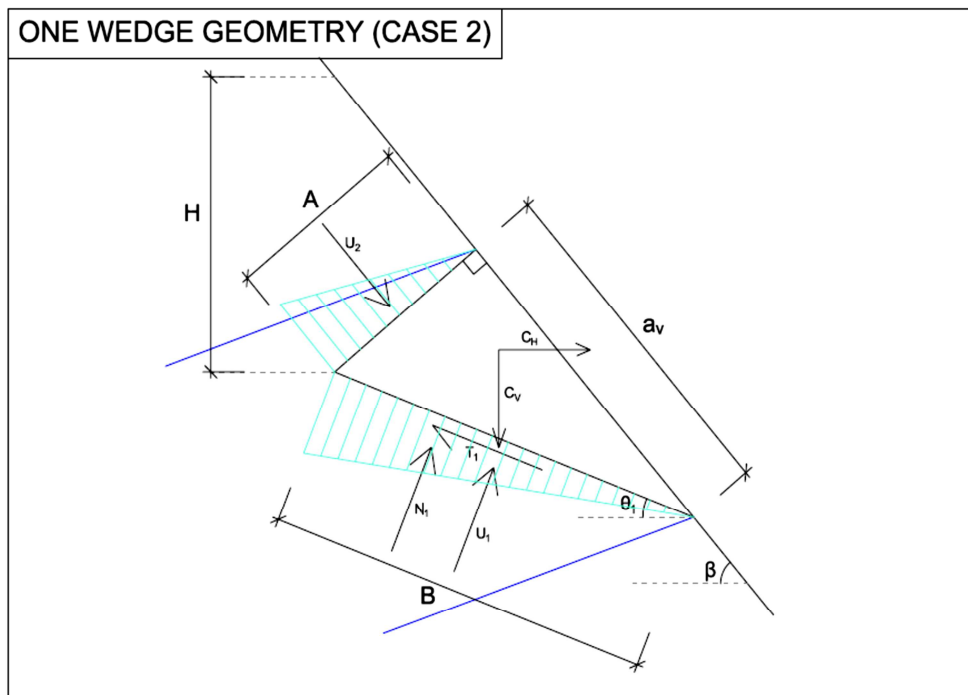
- 1)  $(FS_1; FS_2; FS_3) > 0$ ;
- 2)  $\min(FS_1; FS_2; FS_3)$ .

L'equazione di terzo grado verrà risolta per ogni combinazione degli angoli  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$  e  $\vartheta_3$ , considerando i seguenti limiti geometrici:

$$\begin{cases} \beta < \theta_1 < 90 \\ 0 < \theta_2 < \beta \\ 0 < \theta_3 < 85 \end{cases}$$

Una volta calcolati tutti i fattori di sicurezza possibili, e selezionati i FS corretti secondo le condizioni sopracitate, si sceglierà il valore minimo tra tutti.

Analisi del singolo cuneo:



La soluzione della stabilità è determinata come:

$$FS = \frac{K_1 + K_2 + (W^\perp - U_1^\perp + U_2^\perp) \tan \varphi'_p}{W^\parallel - U_2^\parallel}$$

dove:

$W^\perp$  (kN) Componente peso normale alla superficie di scivolamento;

$W^\parallel$  (kN) Componente peso parallelo alla superficie di scivolamento;

$K_1$  (kN) Coesione agente alla sommità del cuneo;

$K_2$  (kN) Coesione agente alla base del cuneo;

$U^\perp$  (kN) Componente della spinta idrostatica normale alla superficie di scivolamento;

$U^\parallel$  (kN) Componente della spinta idrostatica parallela alla superficie di scivolamento;

$\varphi_d$  (°) angolo d'attrito di progetto del terreno;

Il fattore di sicurezza FS è determinato risolvendo l'equazione sopracitata per tutti i valori di  $\vartheta_1$  ( $0 < \vartheta_1 < \beta$ ) e scegliendo il fattore di sicurezza con valore minimo.

o Fase 2 – Analisi a lungo termine

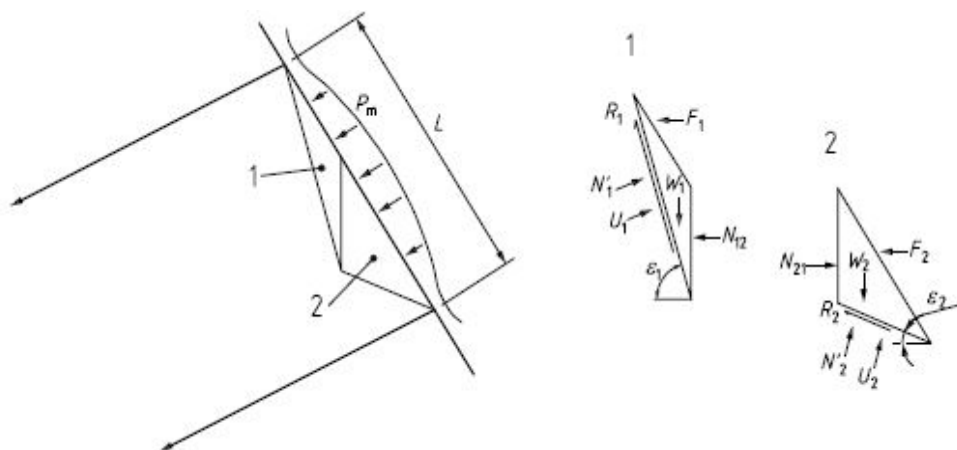
Lo scopo di questa analisi è stimare il carico che grava sul rivestimento sotteso tra gli ancoraggi. Per questo motivo in accordo alla procedura delle British standard 8006-2:2011, i parametri geotecnici che caratterizzano il terreno sono stati ridotti nell'ipotesi che il terreno decada a condizioni 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  $\varphi_a' = \varphi'/2$ .

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 sismico 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).

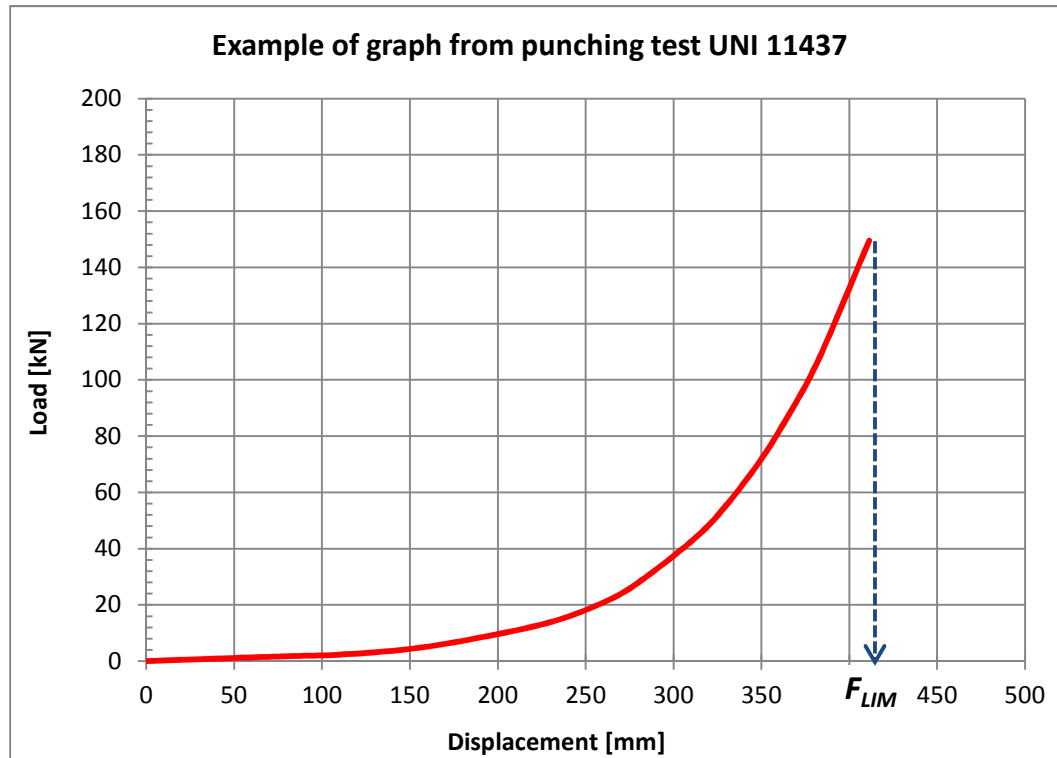
Questo procedimento risulta essere a favore di sicurezza perché considera sempre la superficie di scivolamento peggiore dal punto di vista strutturale. Infatti nella realtà si potrebbero instaurare superfici di scivolamento che provocano un'azione sulla rete inferiore rispetto a quella calcolata.

#### ○ Fase 3 – 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.



Deve essere che :

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

○ Fase 4 – 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.

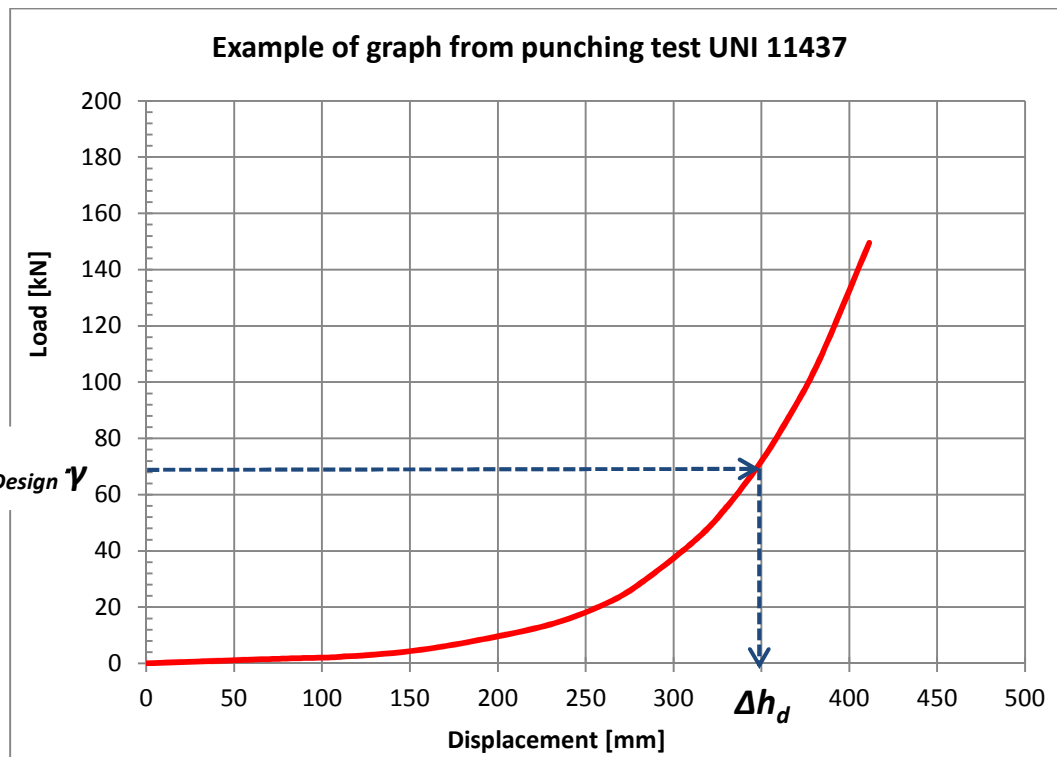
Il progettista deve verificare se le deformazioni il flexible facing indotte dal carico atteso a lungo termine sono accettabili. Trattandosi di un problema carico-deformazione, il metodo dell'equilibrio limite non consente soluzioni dirette. Perciò si utilizzano le curve carico-deformazione ottenute 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:

$$\Delta h < Limit\ Bulging$$

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 i calcoli effettuati con il software BIOS.

<b>Geotechnical model</b>		<b>INPUT DATA</b>	
$a_v$	4.50	(m)	: Nail spacing or equivalent spacing (on the slope)
$\gamma$	22.00	(kN/m <sup>3</sup> )	: Unit weight of soil
$\beta$	55.00	(°)	: Slope inclination
$\phi'$	24.80	(°)	: Peak soil friction angle
$c'$	12.00	(kN/m <sup>2</sup> )	: Effective cohesion at the base of wedge
$r_u$	0.00		: Pore water pressure ratio = $u/(gh)$
$\lambda_s$	1.00		: Base sliding coefficient
$\gamma_\phi$	1.00		: Peak friction angle safety coefficient (short term only)
$\gamma_c$	1.00		: Cohesion safety coefficient (short term only)
$C_h$	0.054		: Seismic horizontal coefficient
$C_v$	0.027		: Seismic vertical coefficient (positive down)
<b>Ultimate Limit State model (research of the surface with the max load and mesh analysis)</b>			
$\phi'_a$	24.00	(°)	: Friction angle of the debris bulging (lower than peak friction angle) ▼
$\delta$	24.00	(°)	: Friction angle between debris and slope surface ▼
Facing	DT 8X10F3		: Kind of mesh
<b>Partial safety coefficients</b>			
$\gamma_{DF}$	1.20	(°)	: Uncertainty of the geotechnical model (range 1.15 - 1.20)
<b>Serviceability Limit State model (analysis of the max load on the mesh)</b>			
Limit bulging	0.7	(m)	: Bulging imposed value ▼
$\gamma_{bulg}$	1.5	(-)	: Bulging safety coefficient ▼
$\Delta h_{error}$	0.20	(m)	: Typical installation inaccuracy (range 0.20 - 0.35 m)

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

OS71 – Rinforzo corticale dal KM 0+447.13 al KM 0+525.88

## RESULTS

SHORT TERM SOLUTION			
FS	1.89	(-)	<b>VERIFIED</b>
FS	: Safety factor		

ULTIMATE LIMIT STATE			
$\theta_1$	74	(°)	
$\theta_2$	24	(°)	
$W_1$	15.75	(kN)	: Weight of the wedge 1
$W_2$	33.00	(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>DT 8X10F3</b>		: Type of net choose	
$F_{TOT}$	21.91	(kN)	: Load on the net
$F_{TOT.Design}$	26.30	(kN)	: Design Load on the net
$F_{LIM}$	123.71	(kN)	: Limit load on the net
$F_{TOT.Design}$	<	$F_{LIM}$	<b>VERIFIED</b>

SERVICEABILITY LIMIT STATE			
<b>DT 8X10F3</b>		: Type of net choose	
$F_{TOT.Design}$	26.30	(kN)	: Design Load on the net
$\Delta h$	694.28	(mm)	: Deformation of the net
Limit Bulg.	700.00	(mm)	: Max bulging permitted
Bulging	<	Limit Bulg.	<b>DEFORMATION VERIFIED</b>

p. A.T.I. Progettisti- POLITECNICA – A.C.S.  
Ing. Marcello Mancone



Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

---

OS71 – Rinforzo corticale dal KM 0+447.13 al KM 0+525.88

## **10 ALLEGATO 1 – FILE DI I/O DEL MODELLO DI CALCOLO**

---



# *Slide Analysis Information*

## *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

### *Project Summary*

---

File Name: Sez. 64\_Verifica statica\_senza chiodi\_rev.0  
Slide Modeler Version: 6.023  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 26/02/2018, 16:53:24

### *General Settings*

---

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

### *Analysis Options*

---

#### **Analysis Methods Used**

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: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### *Random Numbers*

---

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

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i>	
		Sez. 64_Verifica statica_senza chiodi_rev.0.slm	

## Surface Options

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

## Material Properties

Property	Calcare alterato
Color	<input type="text" value=""/>
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	22
Cohesion [kPa]	12
Friction Angle [deg]	24.8
Water Surface	None
Ru Value	0


## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.295350  
Center: 2905.201, 1590.442  
Radius: 5.372  
Left Slip Surface Endpoint: 2905.860, 1585.111  
Right Slip Surface Endpoint: 2910.556, 1590.011  
Resisting Moment=829.629 kN-m  
Driving Moment=640.468 kN-m  
Total Slice Area=8.66965 m<sup>2</sup>

### Method: janbu simplified

FS: 1.290230  
Center: 2905.201, 1591.128  
Radius: 6.033  
Left Slip Surface Endpoint: 2905.876, 1585.133  
Right Slip Surface Endpoint: 2911.130, 1590.010  
Resisting Horizontal Force=129.466 kN  
Driving Horizontal Force=100.343 kN  
Total Slice Area=10.2293 m<sup>2</sup>

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i>	
		Sez. 64_Verifica statica_senza chiodi_rev.0.slim	

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 20954  
 Number of Invalid Surfaces: 3466

#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
 Error Code -108 reported for 28 surfaces  
 Error Code -112 reported for 1 surface  
 Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

### Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 16622  
 Number of Invalid Surfaces: 7798

#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
 Error Code -108 reported for 4360 surfaces  
 Error Code -112 reported for 1 surface  
 Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

#### Error Codes


The following errors were encountered during the computation:

- 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).
- 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.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

## Slice Data


Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.29535

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.187814	0.499177	Calcare alterato	12	24.8	9.72249	12.594	1.2856	0	1.2856
2	0.187814	1.48344	Calcare alterato	12	24.8	11.3626	14.7186	5.88354	0	5.88354


	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description			
	Drawn By		Scale	Company
	Date		26/02/2018, 16:53:24	
SLIDEINTERPRET 6.023		File Name		Sez. 64_Verifica statica_senza chiodi_rev.0.slm

3	0.187814	2.43924	Calcare alterato	12	24.8	12.9102	16.7233	10.2221	0	10.2221
4	0.187814	3.36599	Calcare alterato	12	24.8	14.3658	18.6087	14.3025	0	14.3025
5	0.187814	4.26292	Calcare alterato	12	24.8	15.7291	20.3747	18.1246	0	18.1246
6	0.187814	5.12916	Calcare alterato	12	24.8	16.9997	22.0206	21.6866	0	21.6866
7	0.187814	5.96362	Calcare alterato	12	24.8	18.1764	23.5448	24.9852	0	24.9852
8	0.187814	6.76502	Calcare alterato	12	24.8	19.2573	24.9449	28.0154	0	28.0154
9	0.187814	7.53185	Calcare alterato	12	24.8	20.24	26.2179	30.7703	0	30.7703
10	0.187814	8.26232	Calcare alterato	12	24.8	21.1212	27.3594	33.2408	0	33.2408
11	0.187814	8.95429	Calcare alterato	12	24.8	21.8969	28.3642	35.4153	0	35.4153
12	0.187814	9.60521	Calcare alterato	12	24.8	22.5619	29.2255	37.2794	0	37.2794
13	0.187814	10.212	Calcare alterato	12	24.8	23.1096	29.935	38.8148	0	38.8148
14	0.187814	10.7709	Calcare alterato	12	24.8	23.5319	30.482	39.9987	0	39.9987
15	0.187814	11.2774	Calcare alterato	12	24.8	23.8186	30.8534	40.8025	0	40.8025
16	0.187814	11.7257	Calcare alterato	12	24.8	23.9568	31.0324	41.19	0	41.19
17	0.187814	12.1085	Calcare alterato	12	24.8	23.9297	30.9973	41.1139	0	41.1139
18	0.187814	12.4163	Calcare alterato	12	24.8	23.7151	30.7194	40.5127	0	40.5127
19	0.187814	12.3482	Calcare alterato	12	24.8	22.9005	29.6641	38.2287	0	38.2287
20	0.187814	11.3959	Calcare alterato	12	24.8	20.8561	27.016	32.4975	0	32.4975
21	0.187814	10.2677	Calcare alterato	12	24.8	18.5588	24.0401	26.0571	0	26.0571
22	0.187814	8.96443	Calcare alterato	12	24.8	16.0081	20.7362	18.9068	0	18.9068
23	0.187814	7.40898	Calcare alterato	12	24.8	13.1029	16.9729	10.7622	0	10.7622
24	0.187814	5.4258	Calcare alterato	12	24.8	9.62077	12.4623	1.00043	0	1.00043
25	0.187814	2.14803	Calcare alterato	12	24.8	4.49782	5.82625	-13.3613	0	-13.3613

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.29023

Slice	Width	Weight	Base	Base	Base Friction	Shear	Shear	Base Normal	Pore	Effective Normal
			<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program							
			<i>Analysis Description</i>							
			<i>Drawn By</i>				<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
			<i>Date</i> 26/02/2018, 16:53:24						<i>File Name</i> Sez. 64_Verifica statica_senza chiodi_rev.0.slim	

Number	[m]	[kN]	Material	[kPa]	Angle [degrees]	[kPa]	[kPa]	Stress [kPa]	[kPa]	Stress [kPa]
1	0.210147	0.630423	Calcare alterato	12	24.8	9.91215	12.789	1.70745	0	1.70745
2	0.210147	1.87378	Calcare alterato	12	24.8	11.7913	15.2135	6.95453	0	6.95453
3	0.210147	3.08185	Calcare alterato	12	24.8	13.5662	17.5036	11.9108	0	11.9108
4	0.210147	4.25393	Calcare alterato	12	24.8	15.2378	19.6602	16.5783	0	16.5783
5	0.210147	5.38915	Calcare alterato	12	24.8	16.8061	21.6837	20.9574	0	20.9574
6	0.210147	6.48646	Calcare alterato	12	24.8	18.2706	23.5733	25.0469	0	25.0469
7	0.210147	7.5446	Calcare alterato	12	24.8	19.6304	25.3277	28.8438	0	28.8438
8	0.210147	8.56208	Calcare alterato	12	24.8	20.8837	26.9448	32.3434	0	32.3434
9	0.210147	9.53711	Calcare alterato	12	24.8	22.028	28.4212	35.5388	0	35.5388
10	0.210147	10.4676	Calcare alterato	12	24.8	23.0602	29.7529	38.4209	0	38.4209
11	0.210147	11.351	Calcare alterato	12	24.8	23.976	30.9345	40.978	0	40.978
12	0.210147	12.1845	Calcare alterato	12	24.8	24.7701	31.9591	43.1954	0	43.1954
13	0.210147	12.9643	Calcare alterato	12	24.8	25.4359	32.8181	45.0544	0	45.0544
14	0.210147	13.6862	Calcare alterato	12	24.8	25.9651	33.5009	46.5322	0	46.5322
15	0.210147	14.3448	Calcare alterato	12	24.8	26.3473	33.9941	47.5997	0	47.5997
16	0.210147	14.9337	Calcare alterato	12	24.8	26.5695	34.2808	48.2199	0	48.2199
17	0.210147	15.068	Calcare alterato	12	24.8	26.1352	33.7204	47.0072	0	47.0072
18	0.210147	14.1489	Calcare alterato	12	24.8	24.3296	31.3908	41.9653	0	41.9653
19	0.210147	13.0785	Calcare alterato	12	24.8	22.3352	28.8176	36.3967	0	36.3967
20	0.210147	11.8856	Calcare alterato	12	24.8	20.193	26.0536	30.4149	0	30.4149
21	0.210147	10.5419	Calcare alterato	12	24.8	17.874	23.0616	23.9395	0	23.9395
22	0.210147	9.00382	Calcare alterato	12	24.8	15.3359	19.7868	16.8522	0	16.8522
23	0.210147	7.19664	Calcare alterato	12	24.8	12.5101	16.1409	8.96166	0	8.96166
24	0.210147	4.96874	Calcare alterato	12	24.8	9.26812	11.958	-0.0908891	0	-0.0908891

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name
SLIDEINTERPRET 6.023			Sez. 64_Verifica statica_senza chiodi_rev.0.slim

25 0.210147 1.86184 Calcare alterato 12 24.8 5.25909 6.78544 -11.2853 0 -11.2853


## Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.29535

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.86	1585.11	0	0	0
2	2906.05	1585.14	1.78504	0	0
3	2906.24	1585.17	3.71451	0	0
4	2906.42	1585.21	5.71747	0	0
5	2906.61	1585.26	7.72626	0	0
6	2906.8	1585.31	9.6761	0	0
7	2906.99	1585.38	11.5047	0	0
8	2907.18	1585.45	13.1522	0	0
9	2907.36	1585.52	14.5604	0	0
10	2907.55	1585.61	15.673	0	0
11	2907.74	1585.71	16.4355	0	0
12	2907.93	1585.81	16.7944	0	0
13	2908.11	1585.93	16.6981	0	0
14	2908.3	1586.06	16.0962	0	0
15	2908.49	1586.19	14.9399	0	0
16	2908.68	1586.35	13.1825	0	0
17	2908.87	1586.51	10.78	0	0
18	2909.05	1586.7	7.69264	0	0
19	2909.24	1586.9	3.88694	0	0
20	2909.43	1587.13	-0.487845	0	0
21	2909.62	1587.38	-4.86242	0	0
22	2909.8	1587.67	-8.96282	0	0
23	2909.99	1588.01	-12.3849	0	0
24	2910.18	1588.43	-14.3749	0	0
25	2910.37	1588.97	-13.1214	0	0
26	2910.56	1590.01	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.29023

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.88	1585.13	0	0	0
2	2906.09	1585.16	2.03614	0	0
3	2906.3	1585.19	4.27076	0	0
4	2906.51	1585.24	6.61334	0	0
5	2906.72	1585.29	8.97757	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name
SLIDEINTERPRET 6.023		Sez. 64_Verifica statica_senza chiodi_rev.0.slm	

6	2906.93	1585.35	11.2808	0	0
7	2907.14	1585.41	13.4436	0	0
8	2907.35	1585.49	15.3894	0	0
9	2907.56	1585.57	17.0439	0	0
10	2907.77	1585.67	18.3351	0	0
11	2907.98	1585.77	19.1929	0	0
12	2908.19	1585.89	19.5486	0	0
13	2908.4	1586.01	19.3353	0	0
14	2908.61	1586.15	18.4873	0	0
15	2908.82	1586.3	16.9406	0	0
16	2909.03	1586.46	14.6327	0	0
17	2909.24	1586.64	11.5035	0	0
18	2909.45	1586.84	7.66117	0	0
19	2909.66	1587.06	3.57988	0	0
20	2909.87	1587.31	-0.575267	0	0
21	2910.08	1587.58	-4.6074	0	0
22	2910.29	1587.89	-8.23295	0	0
23	2910.5	1588.24	-11.013	0	0
24	2910.71	1588.67	-12.1906	0	0
25	2910.92	1589.21	-10.1941	0	0
26	2911.13	1590.01	0	0	0

### List Of Coordinates

#### External Boundary

X	Y
2929.98	1582.85
2929.98	1592
2916	1590.01
2913.39	1589.92
2912.46	1590.01
2909.29	1590.01
2905.83	1585.07
2904.18	1585.07
2904.18	1582.85



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			26/02/2018, 16:53:24		<i>File Name</i>
					Sez. 64_Verifica statica_senza chiodi_rev.0.slim

# *Slide Analysis Information*

## *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

### *Project Summary*

---

File Name: Sez. 64\_Verifica statica\_con chiodature\_rev.0  
Slide Modeler Version: 6.023  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 26/02/2018, 16:53:24

### *General Settings*

---

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

### *Analysis Options*

---

#### **Analysis Methods Used**

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: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### *Random Numbers*

---

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


	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i> Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim	



## Surface Options

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

## Material Properties

Property	Calcare alterato
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	22
Cohesion [kPa]	12
Friction Angle [deg]	24.8
Water Surface	None
Ru Value	0

## Support Properties


### Support 1

Support Type: Soil Nail  
Force Application: Passive  
Out-of-Plane Spacing: 6 m  
Tensile Capacity: 310 kN  
Plate Capacity: 0 kN  
Bond Strength: 7.4 kN/m  
Shear Capacity: 178 kN

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.605150  
Center: 2906.145, 1589.300  
Radius: 4.087  
Left Slip Surface Endpoint: 2905.935, 1585.218  
Right Slip Surface Endpoint: 2910.232, 1589.300  
Left Slope Intercept: 2905.935 1585.218  
Right Slope Intercept: 2910.232 1590.012  
Resisting Moment=745.993 kN-m

	Project SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
	Date	26/02/2018, 16:53:24	File Name Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim

Driving Moment=464.75 kN-m  
Total Slice Area=8.94781 m<sup>2</sup>

### Method: janbu simplified

FS: 1.518580  
Center: 2906.380, 1589.071  
Radius: 3.938  
Left Slip Surface Endpoint: 2905.897, 1585.163  
Right Slip Surface Endpoint: 2910.318, 1589.071  
Left Slope Intercept: 2905.897 1585.163  
Right Slope Intercept: 2910.318 1590.012  
Resisting Horizontal Force=138.541 kN  
Driving Horizontal Force=91.2302 kN  
Total Slice Area=9.96174 m<sup>2</sup>

### Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 20920  
Number of Invalid Surfaces: 3500

#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
Error Code -108 reported for 60 surfaces  
Error Code -112 reported for 3 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

### Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 14187  
Number of Invalid Surfaces: 10233


#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
Error Code -108 reported for 6793 surfaces  
Error Code -112 reported for 3 surfaces  
Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

#### Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 106 = Average slice width is less than 0.0001 \* (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).
- 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


	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i>	
SLIDEINTERPRET 6.023		Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim	

seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.  
 -1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

## Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.60515


Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.171864	0.473829	Calcare alterato	12	24.8	8.34186	13.3899	3.00811	0	3.00811
2	0.171864	1.40782	Calcare alterato	12	24.8	9.80055	15.7313	8.07535	0	8.07535
3	0.171864	2.31445	Calcare alterato	12	24.8	11.1792	17.9443	12.8647	0	12.8647
4	0.171864	3.1936	Calcare alterato	12	24.8	12.4796	20.0317	17.3822	0	17.3822
5	0.171864	4.04502	Calcare alterato	12	24.8	13.703	21.9953	21.6318	0	21.6318
6	0.171864	4.86827	Calcare alterato	12	24.8	14.8497	23.836	25.6154	0	25.6154
7	0.171864	5.66279	Calcare alterato	12	24.8	15.9197	25.5535	29.3325	0	29.3325
8	0.171864	6.42778	Calcare alterato	12	24.8	16.9123	27.1468	32.7807	0	32.7807
9	0.171864	7.16226	Calcare alterato	12	24.8	17.8262	28.6137	35.9555	0	35.9555
10	0.171864	7.86502	Calcare alterato	12	24.8	18.6593	29.9509	38.8494	0	38.8494
11	0.171864	8.53453	Calcare alterato	12	24.8	19.4087	31.1538	41.4525	0	41.4525
12	0.171864	9.16894	Calcare alterato	12	24.8	20.0705	32.2162	43.7518	0	43.7518
13	0.171864	9.76598	Calcare alterato	12	24.8	20.6399	33.1301	45.7298	0	45.7298
14	0.171864	10.3228	Calcare alterato	12	24.8	21.1105	33.8855	47.3645	0	47.3645
15	0.171864	10.836	Calcare alterato	12	24.8	21.4741	34.4691	48.6274	0	48.6274
16	0.171864	11.301	Calcare alterato	12	24.8	21.72	34.8638	49.4818	0	49.4818
17	0.171864	11.7122	Calcare alterato	12	24.8	21.8343	35.0473	49.8787	0	49.8787
18	0.171864	12.0621	Calcare alterato	12	24.8	21.7982	34.9894	49.7535	0	49.7535
19	0.171864	12.3407	Calcare alterato	12	24.8	3.1157	5.00116	-15.1469	0	-15.1469

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name
SLIDEINTERPRET 6.023			Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim

20	0.171864	12.4355	Calcare alterato	12	24.8	21.0377	33.7686	47.1118	0	47.1118
21	0.171864	11.728	Calcare alterato	12	24.8	19.3948	31.1315	41.4042	0	41.4042
22	0.171864	10.7436	Calcare alterato	12	24.8	17.3253	27.8097	34.2153	0	34.2153
23	0.171864	9.55485	Calcare alterato	12	24.8	14.8725	23.8726	25.6946	0	25.6946
24	0.171864	8.01387	Calcare alterato	12	24.8	11.732	18.8317	14.7851	0	14.7851
25	0.171864	4.91092	Calcare alterato	12	24.8	5.30721	8.51887	-7.53386	0	-7.53386

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.51858**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.17684	0.525955	Calcare alterato	12	24.8	9.08644	13.7985	3.8923	0	3.8923
2	0.17684	1.56227	Calcare alterato	12	24.8	10.7724	16.3588	9.43327	0	9.43327
3	0.17684	2.5675	Calcare alterato	12	24.8	12.3593	18.7685	14.6484	0	14.6484
4	0.17684	3.54179	Calcare alterato	12	24.8	13.8506	21.0332	19.5497	0	19.5497
5	0.17684	4.48509	Calcare alterato	12	24.8	15.249	23.1568	24.1455	0	24.1455
6	0.17684	5.39715	Calcare alterato	12	24.8	16.5561	25.1418	28.4414	0	28.4414
7	0.17684	6.27755	Calcare alterato	12	24.8	17.7729	26.9895	32.4402	0	32.4402
8	0.17684	7.12562	Calcare alterato	12	24.8	18.8991	28.6998	36.1417	0	36.1417
9	0.17684	7.94049	Calcare alterato	12	24.8	19.9341	30.2716	39.5434	0	39.5434
10	0.17684	8.72101	Calcare alterato	12	24.8	20.8762	31.7022	42.6396	0	42.6396
11	0.17684	9.46572	Calcare alterato	12	24.8	21.7227	32.9876	45.4214	0	45.4214
12	0.17684	10.1728	Calcare alterato	12	24.8	22.4697	34.122	47.8764	0	47.8764
13	0.17684	10.84	Calcare alterato	12	24.8	23.1121	35.0976	49.9879	0	49.9879
14	0.17684	11.4645	Calcare alterato	12	24.8	23.6434	35.9044	51.7336	0	51.7336
15	0.17684	12.0427	Calcare alterato	12	24.8	24.0546	36.5289	53.0853	0	53.0853
16	0.17684	12.5701	Calcare alterato	12	24.8	24.3344	36.9537	54.0047	0	54.0047


	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			26/02/2018, 16:53:24		File Name
SLIDEINTERPRET 6.023						Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim

17	0.17684	13.041	Calcare alterato	12	24.8	24.4674	37.1557	54.4422	0	54.4422
18	0.17684	13.4478	Calcare alterato	12	24.8	24.4332	37.1038	54.3298	0	54.3298
19	0.17684	13.78	Calcare alterato	12	24.8	3.96476	6.02081	-12.9402	0	-12.9402
20	0.17684	13.7131	Calcare alterato	12	24.8	23.3409	35.445	50.7396	0	50.7396
21	0.17684	12.8823	Calcare alterato	12	24.8	21.4088	32.511	44.3898	0	44.3898
22	0.17684	11.8844	Calcare alterato	12	24.8	19.1686	29.1091	37.0273	0	37.0273
23	0.17684	10.6755	Calcare alterato	12	24.8	16.5079	25.0685	28.2827	0	28.2827
24	0.17684	9.104	Calcare alterato	12	24.8	13.0884	19.8758	17.0447	0	17.0447
25	0.17684	5.92988	Calcare alterato	12	24.8	6.01076	9.12782	-6.21596	0	-6.21596

## Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.60515

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.94	1585.22	0	0	0
2	2906.11	1585.21	1.44503	0	0
3	2906.28	1585.21	3.10791	0	0
4	2906.45	1585.22	4.90409	0	0
5	2906.62	1585.24	6.75444	0	0
6	2906.79	1585.26	8.58431	0	0
7	2906.97	1585.3	10.3228	0	0
8	2907.14	1585.33	11.902	0	0
9	2907.31	1585.38	13.2566	0	0
10	2907.48	1585.44	14.3229	0	0
11	2907.65	1585.5	15.039	0	0
12	2907.83	1585.57	15.3437	0	0
13	2908	1585.66	15.1762	0	0
14	2908.17	1585.75	14.476	0	0
15	2908.34	1585.85	13.1819	0	0
16	2908.51	1585.97	11.2321	0	0
17	2908.69	1586.1	8.56326	0	0
18	2908.86	1586.24	5.11066	0	0
19	2909.03	1586.4	0.807717	0	0
20	2909.2	1586.59	15.725	0	0
21	2909.37	1586.79	9.58492	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name
SLIDEINTERPRET 6.023			Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim

22	2909.54	1587.03	3.03309	0	0
23	2909.72	1587.31	-3.63081	0	0
24	2909.89	1587.66	-9.98694	0	0
25	2910.06	1588.13	-14.8942	0	0
26	2910.23	1589.3	0	0	0


**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.51858**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.9	1585.16	0	0	0
2	2906.07	1585.15	1.67985	0	0
3	2906.25	1585.14	3.68166	0	0
4	2906.43	1585.13	5.8993	0	0
5	2906.6	1585.14	8.23495	0	0
6	2906.78	1585.15	10.5976	0	0
7	2906.96	1585.18	12.9019	0	0
8	2907.14	1585.21	15.067	0	0
9	2907.31	1585.25	17.0155	0	0
10	2907.49	1585.29	18.6729	0	0
11	2907.67	1585.35	19.9669	0	0
12	2907.84	1585.41	20.8265	0	0
13	2908.02	1585.49	21.1813	0	0
14	2908.2	1585.58	20.9613	0	0
15	2908.37	1585.67	20.0958	0	0
16	2908.55	1585.78	18.5129	0	0
17	2908.73	1585.91	16.1388	0	0
18	2908.9	1586.05	12.897	0	0
19	2909.08	1586.2	8.7077	0	0
20	2909.26	1586.38	23.8758	0	0
21	2909.43	1586.58	17.7309	0	0
22	2909.61	1586.82	11.1144	0	0
23	2909.79	1587.1	4.22675	0	0
24	2909.96	1587.44	-2.54688	0	0
25	2910.14	1587.9	-8.13996	0	0
26	2910.32	1589.07	0	0	0

**List Of Coordinates**

**External Boundary**

X	Y
2929.98	1582.85
2929.98	1592
2916	1590.01

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name
SLIDEINTERPRET 6.023		Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim	

2913.39	1589.92
2912.46	1590.01
2909.29	1590.01
2905.83	1585.07
2904.18	1585.07
2904.18	1582.85



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>		26/02/2018, 16:53:24		<i>File Name</i>	
				Sez. 64_Verifica statica_con chiodature_rev.0.slim	

# *Slide Analysis Information*

## *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

### *Project Summary*

---

File Name: Sez. 64\_Verifica pseudostatica\_senza chiodi\_rev.0  
Slide Modeler Version: 6.023  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 26/02/2018, 16:53:24

### *General Settings*

---

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

### *Analysis Options*

---

#### **Analysis Methods Used**

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: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### *Random Numbers*

---

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

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i> Sez. 64_Verifica pseudostatica_senza chiodi_rev.0 slim	




## Surface Options

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

## Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.054  
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.027

## Material Properties

Property	Calcare alterato
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	12
Friction Angle [deg]	24.8
Water Surface	None
Ru Value	0


## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS: 1.201970  
Center: 2905.201, 1590.671  
Radius: 5.592  
Left Slip Surface Endpoint: 2905.866, 1585.118  
Right Slip Surface Endpoint: 2910.754, 1590.011  
Resisting Moment=900.061 kN-m  
Driving Moment=748.819 kN-m  
Total Slice Area=9.20746 m2

### Method: janbu simplified

FS: 1.172670  
Center: 2905.201, 1591.356  
Radius: 6.254

	Project SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
	Date	26/02/2018, 16:53:24	File Name

Left Slip Surface Endpoint: 2905.881, 1585.140  
 Right Slip Surface Endpoint: 2911.308, 1590.010  
 Resisting Horizontal Force=135.237 kN  
 Driving Horizontal Force=115.323 kN  
 Total Slice Area=10.7168 m<sup>2</sup>

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 20956  
 Number of Invalid Surfaces: 3464

#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
 Error Code -108 reported for 27 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

### Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 16783  
 Number of Invalid Surfaces: 7637

#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
 Error Code -108 reported for 4200 surfaces  
 Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

#### Error Codes


The following errors were encountered during the computation:

- 106 = Average slice width is less than 0.0001 \* (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).
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

## Slice Data


Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20197

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.195533	0.542733	Calcare alterato Calcare	12	24.8	10.5235	12.649	1.40451	0	1.40451


	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			26/02/2018, 16:53:24		File Name SEZ. 64_Verifica pseudostatica_senza chiodi_rev 0 slim

			alterato							
3	0.195533	2.65239	Calcare alterato	12	24.8	14.1909	17.057	10.9443	0	10.9443
4	0.195533	3.6604	Calcare alterato	12	24.8	15.8611	19.0645	15.289	0	15.289
5	0.195533	4.6362	Calcare alterato	12	24.8	17.4228	20.9417	19.3516	0	19.3516
6	0.195533	5.57883	Calcare alterato	12	24.8	18.8758	22.6881	23.1311	0	23.1311
7	0.195533	6.48715	Calcare alterato	12	24.8	20.2187	24.3023	26.6247	0	26.6247
8	0.195533	7.3598	Calcare alterato	12	24.8	21.4501	25.7824	29.8278	0	29.8278
9	0.195533	8.19518	Calcare alterato	12	24.8	22.5673	27.1252	32.7339	0	32.7339
10	0.195533	8.99136	Calcare alterato	12	24.8	23.5669	28.3267	35.3341	0	35.3341
11	0.195533	9.74608	Calcare alterato	12	24.8	24.4444	29.3814	37.6169	0	37.6169
12	0.195533	10.4566	Calcare alterato	12	24.8	25.1943	30.2828	39.5677	0	39.5677
13	0.195533	11.1198	Calcare alterato	12	24.8	25.8095	31.0223	41.1681	0	41.1681
14	0.195533	11.7315	Calcare alterato	12	24.8	26.2814	31.5894	42.3954	0	42.3954
15	0.195533	12.2869	Calcare alterato	12	24.8	26.5984	31.9705	43.2201	0	43.2201
16	0.195533	12.7801	Calcare alterato	12	24.8	26.7468	32.1488	43.606	0	43.606
17	0.195533	13.2032	Calcare alterato	12	24.8	26.7081	32.1023	43.5052	0	43.5052
18	0.195533	13.4139	Calcare alterato	12	24.8	26.2691	31.5747	42.3633	0	42.3633
19	0.195533	12.6301	Calcare alterato	12	24.8	24.3504	29.2685	37.3723	0	37.3723
20	0.195533	11.5644	Calcare alterato	12	24.8	22.0242	26.4724	31.3211	0	31.3211
21	0.195533	10.3589	Calcare alterato	12	24.8	19.4971	23.4349	24.7475	0	24.7475
22	0.195533	8.97	Calcare alterato	12	24.8	16.7142	20.09	17.5083	0	17.5083
23	0.195533	7.31975	Calcare alterato	12	24.8	13.5819	16.325	9.3602	0	9.3602
24	0.195533	5.23711	Calcare alterato	12	24.8	9.90549	11.9061	-0.203219	0	-0.203219
25	0.195533	2.0288	Calcare alterato	12	24.8	4.93985	5.93755	-13.1203	0	-13.1203

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.17267

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By		Scale		Company	
	Date			File Name		
26/02/2018, 16:53:24			SEZ. 64_Verifica pseudostatica_senza chiodi_rev 0 slim			

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.217093	0.674499	Calcare alterato	12	24.8	10.9416	12.8308	1.79808	0	1.79808
2	0.217093	2.00492	Calcare alterato	12	24.8	13.1263	15.3928	7.34279	0	7.34279
3	0.217093	3.29788	Calcare alterato	12	24.8	15.1856	17.8077	12.569	0	12.569
4	0.217093	4.55264	Calcare alterato	12	24.8	17.1207	20.0769	17.4801	0	17.4801
5	0.217093	5.76831	Calcare alterato	12	24.8	18.9323	22.2013	22.0776	0	22.0776
6	0.217093	6.94379	Calcare alterato	12	24.8	20.6202	24.1807	26.3615	0	26.3615
7	0.217093	8.07777	Calcare alterato	12	24.8	22.1837	26.0142	30.3295	0	30.3295
8	0.217093	9.16869	Calcare alterato	12	24.8	23.6212	27.6999	33.9777	0	33.9777
9	0.217093	10.2147	Calcare alterato	12	24.8	24.9303	29.235	37.2998	0	37.2998
10	0.217093	11.2136	Calcare alterato	12	24.8	26.1074	30.6154	40.2875	0	40.2875
11	0.217093	12.1629	Calcare alterato	12	24.8	27.1485	31.8362	42.9295	0	42.9295
12	0.217093	13.0594	Calcare alterato	12	24.8	28.0475	32.8905	45.2112	0	45.2112
13	0.217093	13.8994	Calcare alterato	12	24.8	28.7977	33.7702	47.1148	0	47.1148
14	0.217093	14.6785	Calcare alterato	12	24.8	29.3899	34.4646	48.6178	0	48.6178
15	0.217093	15.3912	Calcare alterato	12	24.8	29.8128	34.9606	49.6914	0	49.6914
16	0.217093	15.973	Calcare alterato	12	24.8	29.9719	35.1471	50.0948	0	50.0948
17	0.217093	15.4335	Calcare alterato	12	24.8	28.5162	33.4401	46.4007	0	46.4007
18	0.217093	14.4161	Calcare alterato	12	24.8	26.4044	30.9636	41.0411	0	41.0411
19	0.217093	13.2918	Calcare alterato	12	24.8	24.1593	28.3309	35.3435	0	35.3435
20	0.217093	12.0409	Calcare alterato	12	24.8	21.7611	25.5186	29.2569	0	29.2569
21	0.217093	10.6351	Calcare alterato	12	24.8	19.1824	22.4946	22.7125	0	22.7125
22	0.217093	9.03178	Calcare alterato	12	24.8	16.384	19.2131	15.6105	0	15.6105
23	0.217093	7.15895	Calcare alterato	12	24.8	13.3052	15.6026	7.79681	0	7.79681

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name
SLIDEINTERPRET 6.023			SEZ. 64_Verifica pseudostatica_senza chiodi_rev 0 slim

24	0.217093	4.87648	Calcare alterato	12	24.8	9.83864	11.5375	-1.00099	0	-1.00099
25	0.217093	1.80459	Calcare alterato	12	24.8	5.72975	6.71911	-11.4289	0	-11.4289


**Interslice Data**

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20197

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.87	1585.12	0	0	0
2	2906.06	1585.15	1.98682	0	0
3	2906.26	1585.18	4.10742	0	0
4	2906.45	1585.22	6.28266	0	0
5	2906.65	1585.27	8.43738	0	0
6	2906.84	1585.33	10.4998	0	0
7	2907.04	1585.39	12.4014	0	0
8	2907.23	1585.46	14.0761	0	0
9	2907.43	1585.54	15.4605	0	0
10	2907.63	1585.63	16.4931	0	0
11	2907.82	1585.73	17.1148	0	0
12	2908.02	1585.84	17.268	0	0
13	2908.21	1585.96	16.8971	0	0
14	2908.41	1586.09	15.9484	0	0
15	2908.6	1586.23	14.3703	0	0
16	2908.8	1586.39	12.1136	0	0
17	2908.99	1586.56	9.13261	0	0
18	2909.19	1586.75	5.38651	0	0
19	2909.39	1586.96	0.915241	0	0
20	2909.58	1587.19	-3.72231	0	0
21	2909.78	1587.46	-8.2437	0	0
22	2909.97	1587.75	-12.3727	0	0
23	2910.17	1588.1	-15.6697	0	0
24	2910.36	1588.52	-17.3407	0	0
25	2910.56	1589.07	-15.5788	0	0
26	2910.75	1590.01	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.17267

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.88	1585.14	0	0	0
2	2906.1	1585.17	2.29316	0	0
3	2906.31	1585.2	4.77947	0	0

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			26/02/2018, 16:53:24		File Name SEZ. 64_Verifica pseudostatica_senza chiodi_rev 0 slim

4	2906.53	1585.25	7.35945	0	0
5	2906.75	1585.3	9.93863	0	0
6	2906.97	1585.36	12.4269	0	0
7	2907.18	1585.42	14.7382	0	0
8	2907.4	1585.5	16.7895	0	0
9	2907.62	1585.59	18.5011	0	0
10	2907.83	1585.68	19.796	0	0
11	2908.05	1585.79	20.5994	0	0
12	2908.27	1585.91	20.8388	0	0
13	2908.49	1586.03	20.4437	0	0
14	2908.7	1586.17	19.3457	0	0
15	2908.92	1586.33	17.4784	0	0
16	2909.14	1586.5	14.7777	0	0
17	2909.35	1586.68	11.2062	0	0
18	2909.57	1586.88	7.18863	0	0
19	2909.79	1587.11	3.00278	0	0
20	2910.01	1587.35	-1.19265	0	0
21	2910.22	1587.63	-5.18411	0	0
22	2910.44	1587.94	-8.66996	0	0
23	2910.66	1588.3	-11.1947	0	0
24	2910.87	1588.72	-11.9993	0	0
25	2911.09	1589.25	-9.59245	0	0
26	2911.31	1590.01	0	0	0

**List Of Coordinates**

**External Boundary**

X	Y
2929.98	1582.85
2929.98	1592
2916	1590.01
2913.39	1589.92
2912.46	1590.01
2909.29	1590.01
2905.83	1585.07
2904.18	1585.07
2904.18	1582.85



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			26/02/2018, 16:53:24		<i>File Name</i> SeZ. 64_Verifica pseudostatica_senza chiodi_rev 0 slim

# *Slide Analysis Information*

## *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

### *Project Summary*

---

File Name: Sez. 64\_Verifica pseudostatica\_con chiodature\_rev.0  
Slide Modeler Version: 6.023  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 26/02/2018, 16:53:24

### *General Settings*

---

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

### *Analysis Options*

---

#### **Analysis Methods Used**

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: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: None

### *Random Numbers*

---

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

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i> Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev.0.slim	

## Surface Options

---

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


## Loading

---

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.054  
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.027

## Material Properties

---

Property	Calcare alterato
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	22
Cohesion [kPa]	12
Friction Angle [deg]	24.8
Water Surface	None
Ru Value	0

## Support Properties

---

### Support 1


Support Type: Soil Nail  
Force Application: Passive  
Out-of-Plane Spacing: 6 m  
Tensile Capacity: 310 kN  
Plate Capacity: 0 kN  
Bond Strength: 7.4 kN/m  
Shear Capacity: 178 kN

## Global Minimums

---

### Method: bishop simplified

FS: 1.485790

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i> Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev 0 slim	



Center: 2905.668, 1593.970  
Radius: 8.838  
Left Slip Surface Endpoint: 2905.877, 1585.134  
Right Slip Surface Endpoint: 2913.525, 1589.923  
Resisting Moment=2679.72 kN-m  
Driving Moment=1803.57 kN-m  
Total Slice Area=18.1469 m<sup>2</sup>

### Method: janbu simplified

FS: 1.380240  
Center: 2906.380, 1589.071  
Radius: 3.938  
Left Slip Surface Endpoint: 2905.897, 1585.163  
Right Slip Surface Endpoint: 2910.318, 1589.071  
Left Slope Intercept: 2905.897 1585.163  
Right Slope Intercept: 2910.318 1590.012  
Resisting Horizontal Force=138.388 kN  
Driving Horizontal Force=100.264 kN  
Total Slice Area=9.96174 m<sup>2</sup>

### Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 20926  
Number of Invalid Surfaces: 3494

#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
Error Code -108 reported for 56 surfaces  
Error Code -112 reported for 1 surface  
Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

### Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 14265  
Number of Invalid Surfaces: 10155


#### Error Codes:

Error Code -106 reported for 5 surfaces  
Error Code -108 reported for 6717 surfaces  
Error Code -112 reported for 1 surface  
Error Code -1000 reported for 3432 surfaces

#### Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-106 = Average slice width is less than 0.0001 \* (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	26/02/2018, 16:53:24	<i>File Name</i> Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev 0 slim	

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).


-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.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

## Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.48579


Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.305931	1.42813	Calcare alterato	12	24.8	9.44713	14.0365	4.40729	0	4.40729
2	0.305931	4.24855	Calcare alterato	12	24.8	12.224	18.1624	13.3366	0	13.3366
3	0.305931	6.99704	Calcare alterato	12	24.8	14.8691	22.0923	21.8417	0	21.8417
4	0.305931	9.67287	Calcare alterato	12	24.8	17.3842	25.8293	29.9294	0	29.9294
5	0.305931	12.2751	Calcare alterato	12	24.8	19.771	29.3755	37.604	0	37.604
6	0.305931	14.8023	Calcare alterato	12	24.8	22.0298	32.7317	44.8677	0	44.8677
7	0.305931	17.2531	Calcare alterato	12	24.8	24.161	35.8981	51.72	0	51.72
8	0.305931	19.6253	Calcare alterato	12	24.8	26.1635	38.8734	58.1594	0	58.1594
9	0.305931	21.9166	Calcare alterato	12	24.8	28.036	41.6556	64.1806	0	64.1806
10	0.305931	24.1242	Calcare alterato	12	24.8	29.7762	44.2412	69.7763	0	69.7763
11	0.305931	26.2447	Calcare alterato	12	24.8	31.381	46.6256	74.9367	0	74.9367
12	0.305931	27.2542	Calcare alterato	12	24.8	31.916	47.4205	76.6569	0	76.6569
13	0.305931	26.2845	Calcare alterato	12	24.8	16.699	24.8112	27.7259	0	27.7259
14	0.305931	25.172	Calcare alterato	12	24.8	29.2352	43.4373	68.0366	0	68.0366
15	0.305931	23.9514	Calcare alterato	12	24.8	27.7527	41.2347	63.2698	0	63.2698
16	0.305931	22.6148	Calcare alterato	12	24.8	26.1827	38.902	58.2212	0	58.2212
17	0.305931	21.1523	Calcare alterato	12	24.8	24.52	36.4315	52.8747	0	52.8747

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By		Scale		Company	
	Date			File Name		
26/02/2018, 16:53:24			Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev 0 slim			

18	0.305931	19.552	Calcere alterato	12	24.8	22.7585	33.8143	47.2106	0	47.2106
19	0.305931	17.799	Calcere alterato	12	24.8	20.891	31.0397	41.2058	0	41.2058
20	0.305931	15.8745	Calcere alterato	12	24.8	18.9089	28.0947	34.8322	0	34.8322
21	0.305931	13.7536	Calcere alterato	12	24.8	16.8016	24.9636	28.0558	0	28.0558
22	0.305931	11.3815	Calcere alterato	12	24.8	14.5391	21.602	20.7806	0	20.7806
23	0.305931	8.58831	Calcere alterato	12	24.8	12.0157	17.8528	12.6665	0	12.6665
24	0.305931	5.42563	Calcere alterato	12	24.8	9.30811	13.8299	3.96024	0	3.96024
25	0.305931	1.84078	Calcere alterato	12	24.8	6.43335	9.55861	-5.28366	0	-5.28366

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.38024**

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.17684	0.525955	Calcere alterato	12	24.8	10.0558	13.8794	4.06748	0	4.06748
2	0.17684	1.56227	Calcere alterato	12	24.8	11.9533	16.4984	9.73545	0	9.73545
3	0.17684	2.5675	Calcere alterato	12	24.8	13.7339	18.9561	15.0544	0	15.0544
4	0.17684	3.54179	Calcere alterato	12	24.8	15.4024	21.259	20.0384	0	20.0384
5	0.17684	4.48509	Calcere alterato	12	24.8	16.9622	23.4119	24.6976	0	24.6976
6	0.17684	5.39715	Calcere alterato	12	24.8	18.4156	25.4179	29.0389	0	29.0389
7	0.17684	6.27755	Calcere alterato	12	24.8	19.7638	27.2788	33.0663	0	33.0663
8	0.17684	7.12562	Calcere alterato	12	24.8	21.0071	28.9949	36.7804	0	36.7804
9	0.17684	7.94049	Calcere alterato	12	24.8	22.1451	30.5655	40.1794	0	40.1794
10	0.17684	8.72101	Calcere alterato	12	24.8	23.1757	31.988	43.2581	0	43.2581
11	0.17684	9.46572	Calcere alterato	12	24.8	24.0963	33.2587	46.008	0	46.008
12	0.17684	10.1728	Calcere alterato	12	24.8	24.9028	34.3718	48.417	0	48.417
13	0.17684	10.84	Calcere alterato	12	24.8	25.5895	35.3196	50.4684	0	50.4684
14	0.17684	11.4645	Calcere alterato	12	24.8	26.1491	36.092	52.14	0	52.14


	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			26/02/2018, 16:53:24		File Name Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev 0 slim

15	0.17684	12.0427	Calcere alterato	12	24.8	26.5719	36.6756	53.4026	0	53.4026
16	0.17684	12.5701	Calcere alterato	12	24.8	26.845	37.0526	54.2187	0	54.2187
17	0.17684	13.041	Calcere alterato	12	24.8	26.9517	37.1998	54.5373	0	54.5373
18	0.17684	13.4478	Calcere alterato	12	24.8	26.8689	37.0855	54.29	0	54.29
19	0.17684	13.78	Calcere alterato	12	24.8	2.68259	3.70262	-17.9572	0	-17.9572
20	0.17684	13.7131	Calcere alterato	12	24.8	25.5583	35.2766	50.3752	0	50.3752
21	0.17684	12.8823	Calcere alterato	12	24.8	23.3712	32.2578	43.842	0	43.842
22	0.17684	11.8844	Calcere alterato	12	24.8	20.8463	28.7729	36.3	0	36.3
23	0.17684	10.6755	Calcere alterato	12	24.8	17.862	24.6539	27.3855	0	27.3855
24	0.17684	9.104	Calcere alterato	12	24.8	14.0531	19.3967	16.0079	0	16.0079
25	0.17684	5.92988	Calcere alterato	12	24.8	6.30564	8.70329	-7.13474	0	-7.13474

### Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.48579

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.88	1585.13	0	0	0
2	2906.18	1585.15	2.75543	0	0
3	2906.49	1585.17	5.95344	0	0
4	2906.79	1585.2	9.37998	0	0
5	2907.1	1585.25	12.8316	0	0
6	2907.41	1585.3	16.1141	0	0
7	2907.71	1585.37	19.0411	0	0
8	2908.02	1585.45	21.4327	0	0
9	2908.32	1585.54	23.1148	0	0
10	2908.63	1585.64	23.9178	0	0
11	2908.94	1585.76	23.6754	0	0
12	2909.24	1585.89	22.2245	0	0
13	2909.55	1586.03	19.5997	0	0
14	2909.85	1586.19	31.0283	0	0
15	2910.16	1586.36	26.8736	0	0
16	2910.47	1586.55	22.1036	0	0
17	2910.77	1586.75	16.838	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev 0 slim


18	2911.08	1586.98	11.2189	0	0
19	2911.38	1587.23	5.41743	0	0
20	2911.69	1587.5	-0.357351	0	0
21	2912	1587.8	-5.845	0	0
22	2912.3	1588.13	-10.7133	0	0
23	2912.61	1588.5	-14.51	0	0
24	2912.91	1588.91	-16.518	0	0
25	2913.22	1589.38	-15.8225	0	0
26	2913.53	1589.92	0	0	0

**Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.38024**

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	2905.9	1585.16	0	0	0
2	2906.07	1585.15	1.82101	0	0
3	2906.25	1585.14	3.94432	0	0
4	2906.43	1585.13	6.26036	0	0
5	2906.6	1585.14	8.66859	0	0
6	2906.78	1585.15	11.0759	0	0
7	2906.96	1585.18	13.3952	0	0
8	2907.14	1585.21	15.5446	0	0
9	2907.31	1585.25	17.4459	0	0
10	2907.49	1585.29	19.0244	0	0
11	2907.67	1585.35	20.2078	0	0
12	2907.84	1585.41	20.9254	0	0
13	2908.02	1585.49	21.1078	0	0
14	2908.2	1585.58	20.6864	0	0
15	2908.37	1585.67	19.5922	0	0
16	2908.55	1585.78	17.756	0	0
17	2908.73	1585.91	15.1072	0	0
18	2908.9	1586.05	11.5738	0	0
19	2909.08	1586.2	7.08187	0	0
20	2909.26	1586.38	23.3874	0	0
21	2909.43	1586.58	16.9552	0	0
22	2909.61	1586.82	10.1069	0	0
23	2909.79	1587.1	3.06576	0	0
24	2909.96	1587.44	-3.74615	0	0
25	2910.14	1587.9	-9.18604	0	0
26	2910.32	1589.07	0	0	0

**List Of Coordinates**

**External Boundary**

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	26/02/2018, 16:53:24		File Name Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev 0 slim

X	Y
2929.98	1582.85
2929.98	1592
2916	1590.01
2913.39	1589.92
2912.46	1590.01
2909.29	1590.01
2905.83	1585.07
2904.18	1585.07
2904.18	1582.85



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			26/02/2018, 16:53:24		<i>File Name</i> Sez. 64_Verifica pseudostatica_con chiodature_rev 0 slim

Affidamento a Contraente Generale dei “Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121”.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

---

OS71 – Rinforzo corticale dal KM 0+447.13 al KM 0+525.88

## **11 ALLEGATO 2 – REPORT PROVE DI SFILAMENTO CHIODI**


---

<b><u>Bolognetta s.c.p.a.</u></b>	<b>VERBALE DI COSTATAZIONE</b>	
<b>COMMITTENTE : ANAS S.p.a.</b>		<b>Verbale N°.....</b>
<b>Contratto: "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo Lercara-Friddi, lotto funzionale dal km 14.400 al km 48.000 (Svincolo Manganaro incluso), compresi i raccordi con le attuali SS n. 189 e SS 121"</b>		

LUOGO WBS OS71

DATA 12/07/2018

PRESENTI V. SEROFANI (DL)

FIRME 

R. AMATO (DL)



D. PACE (DL)



F. TESTA (CG)



F. NOTO (CG)



**OGGETTO : Prova a trazione della chiodatura per rinforzo corticale del versate a monte della paratia OS71**

In data odierna i convenuti hanno assistito alle prove di trazione su n° 2 chiodi (barre di lunghezza 3,50 m Ø32 ), posati in opera presso la suddetta paratia. Il carico di prova previsto dalla NOTA TECNICA N°514 (20 KN) per il primo chiodo è stato raggiunto in un unico step (25 bar) e mantenuto in trazione per 15 min, successivamente è stato eseguita la lettura da parte dei topografi TECNO SURVAY. Dopo di che sono stati raggiunti i 50 bar, per cercare di ottenere lo sfilamento anche con un carico che va al di sopra di quanto previsto dalla NOTA TECNICA ed anche in questo caso è stato eseguita la lettura dai topografi a cui si rimanda in allegato. Per il secondo chiodo il carico di prova è stato raggiunto in 2 step, il primo al 90% del



<b><u>Bolognetta s.c.p.a.</u></b>	<b>VERBALE DI COSTATAZIONE</b>	
<b>COMMITTENTE : ANAS S.p.a.</b>		<b>Verbale N°.....</b>
<b>Contratto: "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo Lercara-Friddi, lotto funzionale dal km 14.400 al km 48.000 (Svincolo Manganaro incluso), compresi i raccordi con le attuali SS n. 189 e SS 121"</b>		

carico (22 bar) ed il secondo al 100% del carico (25 bar) e anche in questo caso, sono state eseguite le dovute letture topografiche.

Secondo la convenzione dovuta al Ø del martinetto utilizzato RCH-603, ossia S 82.3 cm<sup>2</sup>, dove 20 KN applicati alla superficie della piastra in cui poggia il martinetto equivalgono a 25 bar.

Le risultanze delle prove sono riportate nelle tabelle allegate, prodotte dalla Techno Survey che ha eseguito le letture topografiche su piastra e chiodo durante la fase di carico.

---



---



---

**NOTE:** \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---



---



---

**Report topografico spostamenti, prova di carico tiranti rete paramassi,  
versante a monte dell'OS 71. Eseguito frontalmente. Letture su puntone (PROVA 1 COLLAUDO)**

STEP	CARICO (bar)	SPOSTAMENTO	SPOSTAMENTO	SPOSTAMENTO	SPOSTAMENTO	SPOSTAMENTO	SPOSTAMENTO
		A (mm.)	B (mm.)	C (Agrigento) mm.	D (Palermo) mm.	E (mm.)	F (mm.)
	<b>SCARICO</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>STEP 1</b>	<b>25 bar</b>	4.2	_____	_____	0.3	0.9	_____
<b>STEP 2</b>	<b>25 bar</b>	4.2	_____	_____	_____	0.8	_____
<b>STEP 3</b>	<b>50 bar</b>	9.4	_____	_____	_____	2.1	_____

**N.B. ORA INIZIO PROVA 14:00 - FINE PROVA 15:00**

**Report topografico spostamenti, prova di carico tiranti rete paramassi,  
versante a monte dell'OS 71. Eseguito frontalmente. Letture su piastra (PROVA 2 COLLAUDO)**

STEP	CARICO (bar)	SPOSTAMENTO A (mm.)	SPOSTAMENTO B (mm.)	SPOSTAMENTO C (Agrigento) mm.	SPOSTAMENTO D (Palermo) mm.	SPOSTAMENTO E (mm.)	SPOSTAMENTO F (mm.)
		<b>SCARICO</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>STEP 1</b>	<b>22 bar</b>	—	—	1.1	—	—	1.4
<b>STEP 2</b>	<b>22 bar</b>	0.8	—	—	—	—	4.4
<b>STEP 3</b>	<b>25 bar</b>	0.8	—	1.0	—	—	4.4
<b>STEP 4</b>	<b>25 bar</b>	1.3	—	1.0	—	—	4.4

**N.B. ORA INIZIO PROVA 15:15 - FINE PROVA 16:00**

**Report topografico spostamenti, prova di carico tiranti rete paramassi,  
versante a monte dell'OS 71. Eseguito frontalmente. Letture su puntone (PROVA 2 COLLAUDO)**

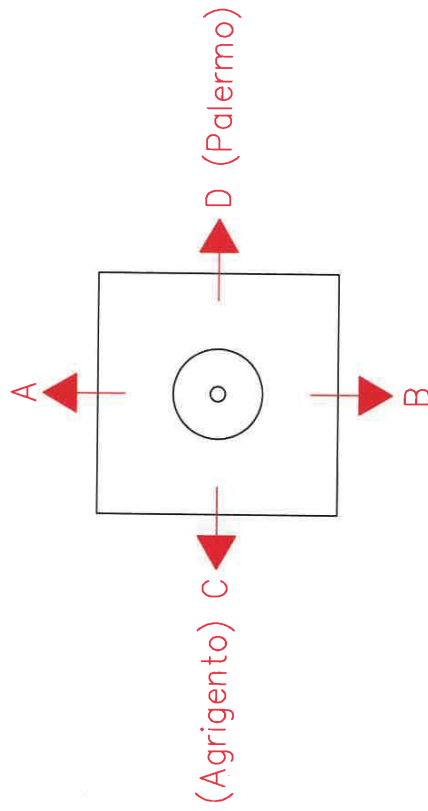
STEP	CARICO (bar)	SPOSTAMENTO A (mm.)	SPOSTAMENTO B (mm.)	SPOSTAMENTO C (Agrigento) mm.	SPOSTAMENTO D (Palermo) mm.	SPOSTAMENTO E (mm.)	SPOSTAMENTO F (mm.)
		<b>SCARICO</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>STEP 1</b>	<b>22 bar</b>	8.7	—	2.8	—	4.8	—
<b>STEP 2</b>	<b>22 bar</b>	10.0	—	2.8	—	4.8	—
<b>STEP 3</b>	<b>25 bar</b>	10.3	—	3.7	—	6.0	—

STEP 4	25 bar	10.3	_____	3.7	_____	6.0	_____
N.B. ORA INIZIO PROVA 15:15 - FINE PROVA 16:00							

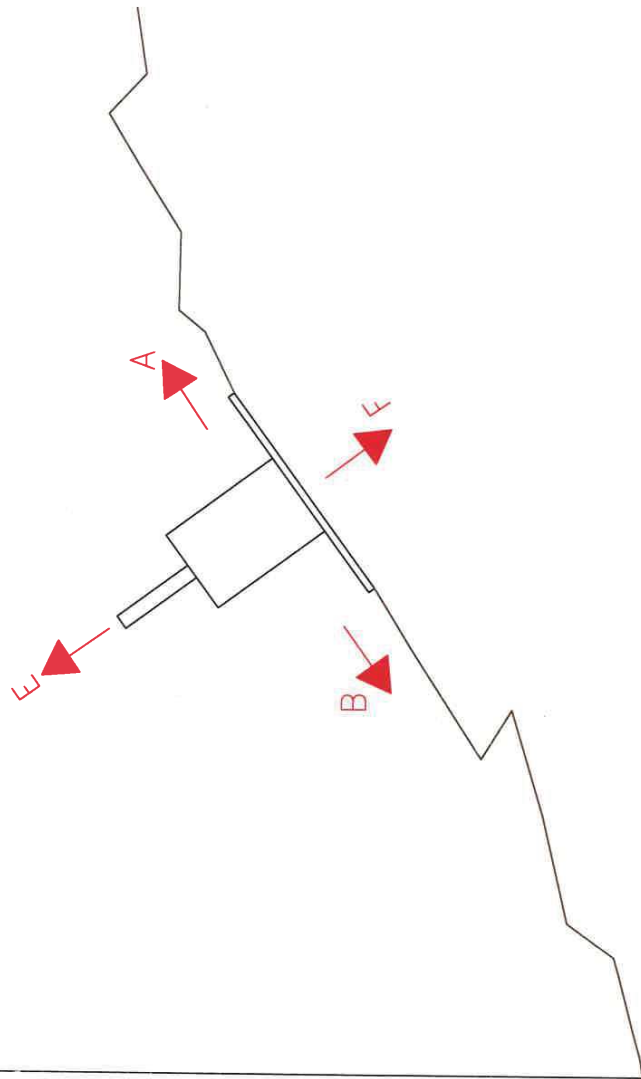
PARTICOLARI PROJE

COLLAUDO RETE PARAMASSI 0577

VISTA FRONTALE



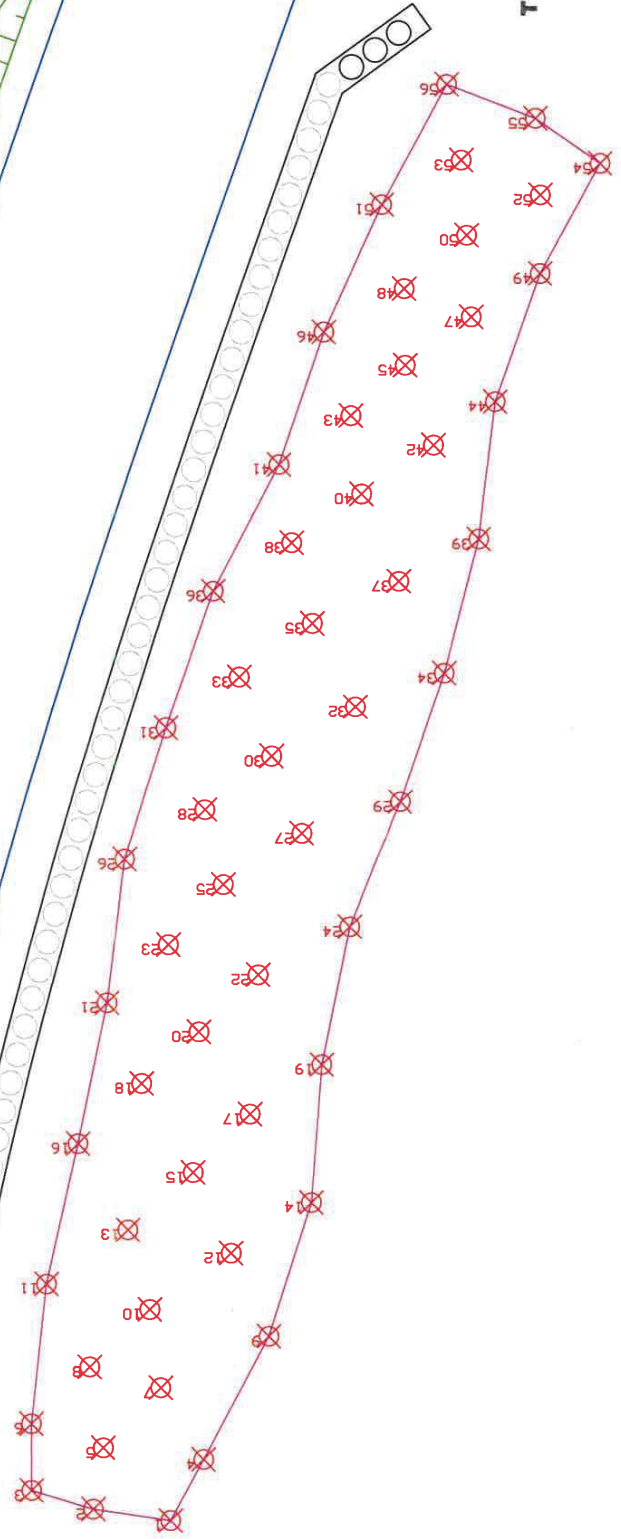
VISTA IN SEZIONE



-RILIEVO CHIODI RETE  
PARAMASSI 0571



SEC. 51



UBICAZIONE PROVE DI  
COLLAUDO RETE PARAMASSI  
0571

PALERMO

LERCARA FRIODI

SEC. 51

PROVA 1 COLLAUDO  
PROVA 2 COLLAUDO

504.585  
PROVA 1

505.270  
PROVA 2