



**PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**  
**DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI**  
**SERVIZIO GESTIONE STRADE**  
**UFFICIO GESTIONE PER LA ZONA CENTRO**

**PROGETTO :**

*LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 46  
DEL MONTE PASUBIO AL KM 60,680 CIRCA, NEL COMUNE DI VALLARSA*

**FASE PROGETTO :**

**PERIZIA ESECUTIVA**

**CATEGORIA :**

**324 - STRUTTURE - OPERE PROVVISORIALI E DI DIFESA**

**TITOLO TAVOLA :**

**RELAZIONE DI CALCOLO**

**SCALA :**

—

**FASE PROGETTO :**

**E**

**TIPO ELAB. :**

**R**

**CATEGORIA :**

**10**

**PARTE D'OPERA :**

**N° PROGR.**

**20**

**REVISIONE :**

**NOME FILE :**

**NUMERO PAT:**

**DATA REDAZIONE : LUGLIO 2025**

**PROGETTAZIONE GENERALE**

**Ing. Italo Artico**

**REFERENTI P.A.T. PER LA PROGETTAZIONE:**

geom. Romeo Carpentari  
geom. Michele Mazzucchi

**Visto ! IL DIRETTORE DELL'UFFICIO :**

**Ing. Italo Artico**

**Visto ! IL DIRIGENTE:**

**Ing. Sergio Deromedis**

**GEOLOGO:**

**Dott. Geol. Lorenzo Gislimberti**

**CALCOLI STATICI:**

**Ing. Stefano Filippi**





**PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**  
DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
SERVIZIO GESTIONE STRADE  
UFFICIO GESTIONE PER LA ZONA CENTRO

PERIZIA ESECUTIVA

LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 46  
DEL MONTE PASUBIO AL KM 60,680 CIRCA, NEL COMUNE DI VALLARSA

**RELAZIONE DI CALCOLO**



STUDIO TECNICO ing. Stefano Filippi  
INGEGNERIA CIVILE ED AMBIENTALE  
Via Fornaci, 6 - 38068 Rovereto (TN)  
Tel./Fax 0464-438535  
P.IVA 02068150222

ing. Stefano Filippi



Rovereto, marzo 2025

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	<b>5</b>
<b>3. BARRIERE PARAMASSI</b> .....	<b>5</b>
• Ancoraggi preliminari .....	5
VITA NOMINALE .....	6
DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI BARRIERE PARAMASSI .....	7
• Descrizione delle soluzioni progettuali .....	7
• Materiali e criteri di verifica .....	7
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE .....	7
• Inquadramento geologico geotecnico generale .....	7
• Sisma .....	7
CARICHI AGENTI SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE .....	8
• Carichi agenti sulle fondazioni .....	8
• Verifiche della sicurezza degli elementi strutturali nei confronti degli stati limite ultimi .....	8
VERIFICHE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI .....	9
• Strutture di verifica .....	9
• Verifiche degli elementi strutturali .....	10
RIEPILOGO ELEMENTI DI FONDAZIONE .....	12
PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI .....	12
APPENDICE A - CALCOLI FONDAZIONI BARRIERE CON PARAMETRI DA LETTERATURA .....	13
APPENDICE B - CALCOLI FONDAZIONI BARRIERE CON PARAMETRI DA PROVE SU ANCORAGGI .....	14
<b>4. DIMENSIONAMENTO CHIUSURA VARCHI</b> .....	<b>15</b>
<b>5. RILEVATI PARAMASSI</b> .....	<b>17</b>
<b>A) VERIFICA DEL RILEVATO A SEGUITO DELL'IMPATTO</b> .....	<b>18</b>



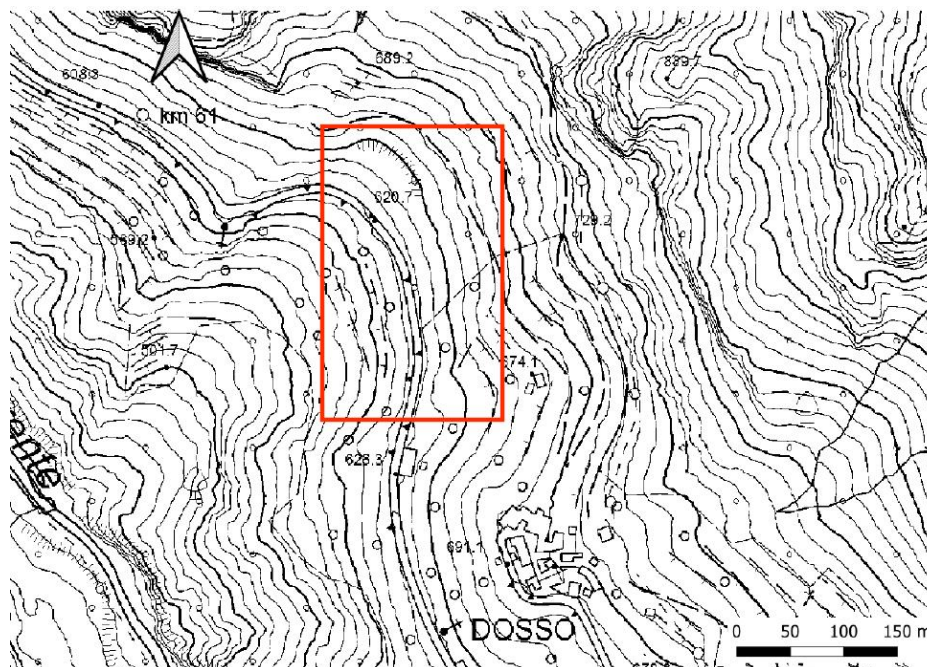
<b>B)</b>	<b>VERIFICA CON SOFTWARE MACCAFERRI SPA – CONDIZIONI STATICHE.</b>	<b>23</b>
<b>C)</b>	<b>VERIFICA CON SOFTWARE MACCAFERRI SPA – CONDIZIONI SISMICHE .</b>	<b>29</b>
<b>D)</b>	<b>VERIFICA CON SOFTWARE STAP 16.0 – VERSANTE STATO ATTUALE.....</b>	<b>36</b>
<b>E)</b>	<b>VERIFICA CON SOFTWARE STAP 16.0 – VERSANTE STATO DI PROGETTO</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO ANCORAGGIO IN BARRA AUTOPERFORANTE PER CONSOLIDATORI .....</b>	<b>73</b>
<b>7.</b>	<b>RIEPILOGO ELEMENTI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>75</b>
<b>8.</b>	<b>PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI.....</b>	<b>78</b>

## 1. PREMESSA

Su richiesta della ditta Rigon Costruzioni S.r.l., incaricata dal Servizio Gestione Strade della P.A.T di realizzare i "LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 46 DEL MONTE PASUBIO AL KM 60,680 CIRCA, NEL COMUNE DI VALLARSA", si redige la presente relazione di calcolo per dimensionare le opere necessarie per la mitigazione del rischio caduta massi nella zona interessata da un crollo avvenuto nel mese di novembre 2024.

Le opere sono state previste nel progetto esecutivo a firma dell'ing. Italo Artico del Servizio Gestione Strade con energia e sviluppo indicati dal Servizio Geologico della PAT nella persona del dott. Lorenzo Gislimberti.

I parametri geotecnici sono stati assunti in base alle risultanze delle prove di trazione eseguite nell'ambito dei lavori di allargamento stradale, ultimati da poco, che prevedevano delle opere paramassi.



Corografia area intervento

Dalle simulazioni di caduta massi eseguite dalle Servizio Geologico della PAT, per la mitigazione del rischio a brevissimo termine, considerando blocchi con volumetria di circa 1 1mc, sono necessarie opere con energia di progetto di circa 2000 kJ.

Di seguito si riporta il dettaglio delle opere di progetto:

- Barriera 1: classe 5 energia >2000 kJ – L=40 metri, H=4metri;
- Barriera 2: classe 5 energia >2000 kJ – L=50 metri, H=4metri;
- Barriera 3: classe 5 energia >2000 kJ – L=50 metri, H=4metri;
- Barriera 4: classe 5 energia >2000 kJ – L=60 metri, H=4metri;

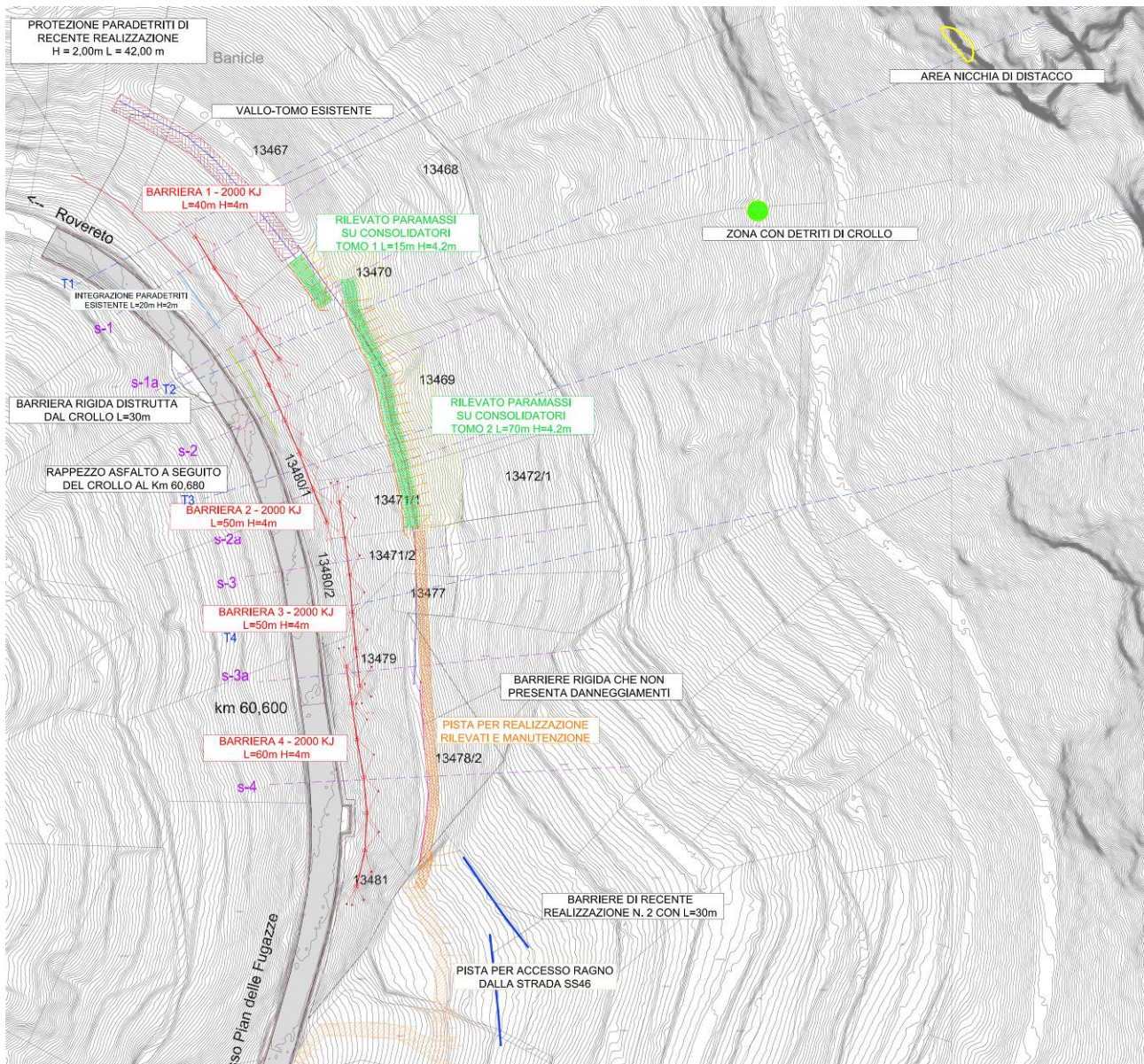
Per una mitigazione del rischio a breve – medio termine sono poi state effettuate delle simulazioni di caduta massi con volumetrie di circa 12 mc che hanno condotto ad energie di progetto nell'ordine di 8'000 kJ.

Considerate le energie in gioco il progetto prevede la realizzazione di un rilevato paramassi con lunghezza dettata dalla frequenza dei passaggi; è stata determinata una lunghezza di circa 85 metri

Di seguito si riporta il dettaglio delle opere di progetto:

- Tomo 1: con energia di 8'500 kJ – L=15 metri, H=4,2 metri;
- Tomo 2: con energia di 8'500 kJ – L=70 metri, H=4,2 metri;

Di seguito si riporta un estratto della planimetria con le opere di progetto:



Nelle pagine seguenti si riportano le verifiche ed il dimensionamento delle singole opere paramassi previste in progetto.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- **L.P. 10 settembre 1993**, n° 26 e s.m.
- **Regolamento di attuazione della L.P. 10 settembre 1993, n° 26** approvato con D.P.G.P. n° 12 – 10/LEG., dd. 30 settembre 1994.
- **Decreto ministeriale (infrastrutture e trasporti) 17 gennaio 2018** “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni (G.U. n. 42 - Suppl. Ord. n. 8 del 20 febbraio 2018)
- **Linea guida ETAG 027 “Falling Rock Protection Kits”**, certificazione barriere paramassi
- **Norma UNI 11211-1:2018**: “Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 1: Termini e definizioni”
- **Norma UNI 11211-2:2007**: “Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 2: Programma preliminare di intervento”
- **Norma UNI 11211-3:2018**: “Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 3: Progetto preliminare”
- **Norma UNI 11211-4:2018**: “Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo”
- **Norma UNI EN 1537:2013**: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio”
- **Raccomandazioni AICAP**: Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.

## 3. BARRIERE PARAMASSI

Le barriere paramassi previste in progetto sono le seguenti:

- Barriera 1: classe 5 energia >2000 kJ – L=40 metri, H=4metri;
- Barriera 2: classe 5 energia >2000 kJ – L=50 metri, H=4metri;
- Barriera 3: classe 5 energia >2000 kJ – L=50 metri, H=4metri;
- Barriera 4: classe 5 energia >2000 kJ – L=60 metri, H=4metri;

### • Ancoraggi preliminari

Il dimensionamento è stato effettuato utilizzando i dati di letteratura desunti a seguito di specifici sopralluoghi per definire la natura dei terreni in sito.

Sono inoltre stati elaborati i dati delle prove su ancoraggi fuori opera contenuti del documento “*PROVA GEOTECNICA INTEGRATIVA 30.06.2022*” relativo al progetto “*S - 695 - Allargamento e messa in sicurezza della S.S. 46 del Pasubio in loc. Norde a Vallarsa dal km. 60,300 al km. 61,150*” messo a disposizione dalla committenza.

Di seguito si riportano i risultati:

Numero progress. prova	Numero ancoraggio	Tipologia ancoraggio di prova	Tipologia terreno zona bulbo	Diametro foro [mm]	Lunghezza foro [m]	Lunghezza bulbo [m]	Coeff. sbulb.	Superficie di contatto bulbo [mmq]	Diametro ancoraggi [mm]	Superficie di contatto acciaio [mmq]	Pressione martinetto a rottura [bar]	SFILAM. si / no	carico massimo [kN]	Coefficiente aderenza bulbo [Mpa - N/mmq]
P1	S3	Doppia fune spiroidale	TIPO 1	110	4,0	4,0	1,3	1796991,0	20,0	376991		no	393,3	0,219
P2	S1	Barra	TIPO 1	110	4,0	4,0	1,3	1796991,0	32,0	402124		no	261,3	0,145
P3	S2	Barra	TIPO 1	110	4,0	4,0	1,3	1796991,0	32,0	402124		no	253,1	0,141

CALCOLO PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

$$R_{ak} = \min \left\{ \frac{(R_{a,m})_{medio}}{\xi_{a1}}, \frac{(R_{a,m})_{min}}{\xi_{a2}} \right\} \quad (6.2.12)$$

Sciolto	Min= 0,141 Mpa Min/1,2 = 0,117 Mpa	Media = 0,168 Mpa Media / 1,3 = 0,130 Mpa
<b>Valore adottato per terreno sciolto <math>\tau = 0,117</math> Mpa</b>		
N° PROVE PRELIMINARI = 3 Fattore di correlazione $\xi_{a3} = 1,30$ (tabelle 6.6.II)		
<b>Coefficientato per utilizzo nel dimensionamento = 0,152584 Mpa</b>		

Sciolto	Min= 0,141 Mpa Min/1,2 = 0,117 Mpa	Media = 0,168 Mpa Media / 1,3 = 0,130 Mpa
<b>Valore adottato per terreno sciolto <math>\tau = 0,117</math> Mpa</b>		
N° PROVE PRELIMINARI = 3 Fattore di correlazione $\xi_{a3} = 1,30$ (tabelle 6.6.II)		
<b>Coefficientato per utilizzo nel dimensionamento = 0,152584 Mpa</b>		

I parametri sopra riportati sono stati utilizzati nel dimensionamento delle fondazioni, considerando il coefficiente di sicurezza relativo a 3 prove su ancoraggi.

È stato inoltre elaborato il dimensionamento con i parametri contenuti nella relazione geologico-geotecnica del progetto "S - 695 - Allargamento e messa in sicurezza della S.S. 46 del Pasubio in loc. Norde a Vallarsa dal km. 60,300 al km. 61,150" applicando il coefficiente relativo a nessuna prova preliminare.

I risultati conducono a fondazioni analoghe,

## VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale della barriera paramassi in oggetto è riportata nella tabella seguente:

TIPO DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Barriera Paramassi art. 1.2.2 EAD 340059-00-0106 (ex art. 1.3 - ETAG027)	$\geq 25$

## DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI BARRIERE PARAMASSI

- Descrizione delle soluzioni progettuali

Le barriere paramassi lavorano assorbendo l'energia dell'impatto del masso per mezzo della deformazione dei propri elementi. La valutazione teorica dell'entità di energia che il sistema è in grado di assorbire è un'operazione estremamente complessa poiché il fenomeno dinamico da studiare è correlato ad alte energie, si esaurisce in tempi brevissimi e sollecita diversi elementi componenti il sistema che hanno differenti caratteristiche fisiche e geometriche (rete, funi e dissipatori).

Con riferimento alla Guida per il Benestare Tecnico Europeo di Sistemi di Protezione Paramassi (ETAG 027), l'utilizzo previsto del "kit barriera paramassi" è da considerarsi quello:

*"... per l'arresto di blocchi rocciosi su di un pendio con un livello minimo di energia di servizio [...] Inoltre, non sono contemplati dalla presente guida: barriere progettate per prevenire staccamenti o valanghe; barriere fissate alla superficie del pendio per prevenire il distacco di rocce e pietre".*

Pertanto le azioni caratteristiche considerate per il calcolo delle fondazioni dell'opera sono quelle misurate durante i test in vera grandezza mentre si escludono ulteriori azioni agenti sulla struttura quali: azione del vento, azione sismica e azione della neve in quanto trascurabili e/o con probabilità di contemporaneità molto bassa.

- Materiali e criteri di verifica

Le verifiche delle fondazioni delle barriere paramassi in oggetto sono state eseguite con il metodo degli stati limite secondo i dettami delle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018)" e relative circolari. La scelta dei materiali risulta conforme a quanto contenuto nelle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018)" e relative circolari.

Nello sviluppo dei calcoli verranno riportate le caratteristiche dei singoli materiali utilizzati.

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

- Inquadramento geologico geotecnico generale

La caratterizzazione geotecnica, geologica e geomeccanica dei terreni e delle rocce affioranti e su affioranti nel sito dell'intervento fa riferimento alla relazione geologica.

La tipologia di terreno su cui insiste ciascun elemento di connessione della barriera è riportata nel foglio di calcolo allegato alla presente relazione nella tabella relativa alla stratigrafia del terreno; per ogni strato viene definito il coefficiente di sbulbamento e la tensione limite dell'interfaccia terreno-bulbo cementizio.

- Sisma

Poiché le opere in oggetto hanno massa/inerzia limitata e poiché risulta improbabile il verificarsi contemporaneo di sisma e di impatto sulla struttura, si omette la verifica sismica delle opere stesse.

## CARICHI AGENTI SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

- Carichi agenti sulle fondazioni

Il dimensionamento si effettua sulla base dei risultati di prove effettuate su campioni in scala reale (crash test).

In base alla specifica barriera si provvederà ad assegnare ad ogni elemento da dimensionare la relativa azione. In fase progettuale si inseriranno dei valori indicativi per ogni elemento; in fase esecutiva si dovrà verificare la corrispondenza delle azioni adottate nella presente relazione di calcolo con le azioni della specifica barriera adottata.

Per il dettaglio delle azioni si rimanda allo sviluppo dei calcoli con foglio elettronico.

- Verifiche della sicurezza degli elementi strutturali nei confronti degli stati limite ultimi

Per ogni stato limite ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$E_d < R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto dell'azione:

$$E_d = \gamma_E E [ F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d ]$$

e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = 1 / \gamma_R R [ \gamma_F F_k ; X_k \gamma_M ; a_d ]$$

L'effetto delle azioni e della resistenza è espresso in funzione delle azioni di progetto  $F_d = F_k / \gamma_F$ , dei parametri di progetto  $X_k / \gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ .

Le verifiche della suddetta condizione è stata effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 ed R3).

Nel caso in esame si è adottato l'approccio 1, per cui sono previste due diverse combinazioni di cui la prima, definita STR, generalmente più gravosa per le verifiche strutturali, mentre la seconda, definita GEO, generalmente più gravosa per le verifiche di tipo geotecnico.

Per l'opera in oggetto si andranno ad eseguire le seguenti verifiche agli SLU:

- SLU di tipo strutturale (STR):
  - Raggiungimento della resistenza degli ancoraggi di fondazione;
- SLU di tipo geo tecnico (GEO):
  - Sfilamento degli ancoraggi di fondazione;

accertando che la condizione  $E_d \leq R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

Tutte le verifiche precedentemente elencate sono state condotte facendo riferimento a quanto di seguito specificato.

- **SLU di tipo strutturale (STR): Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi.**

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento strutturale (STR) l'analisi è stata condotta con riferimento alla **Combinazione 1 (A1+M1+R1)**, nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1.

- **SLU di tipo Geotecnico (GEO): Sfilamento di uno o più ancoraggi.**

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per la verifica dello sfilamento degli ancoraggi l'analisi è stata condotta con riferimento alla **Combinazione A1+M1+R3**, come prescritto al paragrafo 6.6.2 delle NTC del 2018.

In questo caso i coefficienti parziali per le azioni (A1) e sui parametri di resistenza del terreno (M1) si desumono rispettivamente dalle tabelle 6.2.1 e 6.2.II [I]. I coefficienti parziali sui materiali (R3) si ricavano invece dalla tabella 6.6.I per il caso di ancoraggi permanenti.

Il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio è stato determinato con metodi di calcolo analitici. Il valore della resistenza caratteristica  $R_{ak}$  è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione  $\xi_{a3}$  e  $\xi_{a4}$  (tab.6.6.III D.M 2018).

Di seguito si riportano la tabella con i carichi agenti sulle fondazioni della barriera con classe analoga a quelle previste in progetto; tali azioni sono state utilizzate per elaborare il dimensionamento:

<b>FONDAZIONI RMC 200/A</b>	
<b>CARICHI DI PROGETTO</b>	
<b>(RISULTANTI DALLE FORZE REGistrate DALLE CELLE DI CARICO DURANTE IL TEST MEL)</b>	
Carico di trazione sugli ancoraggi laterali (valore max)	237.20 kN
Carico di trazione sugli ancoraggi di monte (valore max)	150.05 kN
Carico di compressione alla base dei montanti (valore max)	195.95 kN
Carico di taglio alla base dei montanti (valore max)	166.85 kN

## VERIFICHE DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

- Strutture di verifica

Le strutture da verificare sono di seguito riassunte:

- Ancoraggi di monte
- Ancoraggi laterali
- Eventuali ancoraggi di valle
- Tirafondi sotto il montante
- Eventuale micropalo centrale integrativo

- Verifiche degli elementi strutturali

- *Barre sotto il montante*

### Verifica dell'armatura delle barre

Le verifiche strutturali sono condotte agli Stati Limite Ultimi (SLU).

Con riferimento alla **Combinazione A1+M1+R1** si sono amplificate le azioni agenti sulla struttura e sono state determinate le sollecitazioni di progetto sulle singole barre di armatura.

Le verifiche sono soddisfatte quando non viene superato il valore di tensione resistente di progetto  $f_{yd}$  dalla tensione ideale ( $\sigma_{id}$ ) per la sezione più sollecitata, calcolata con il criterio di Von Mises. Il valore della tensione ideale per la sezione in esame assume la forma:

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

dove:

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0,5}$$

$$\sigma = N_d/A_{res} \quad e \quad \tau_d = 4T_d/3A_{res}$$

La verifica è soddisfatta se risulta  $\sigma_{id} \leq f_{yd}$ .

In allegato è riportata la verifica all'azione complessa di taglio-compressione delle barre sottostanti il montante. La tensione ideale  $\sigma_{id}$  risulta inferiore alla tensione di progetto  $f_{yd}$ : la verifica è superata.

### Verifica del bulbo di ancoraggio

La verifica è stata eseguita agli Stati Limite Ultimi (SLU).

Con riferimento alla **Combinazione A1+M1+R3** si sono amplificate le azioni agenti sulla struttura e sono state determinate le sollecitazioni di progetto.

La resistenza di progetto  $R_{ad}$  è stata determinata applicando alla resistenza caratteristica  $R_{ak}$  i fattori parziali  $\gamma_R$  di Tabella 6.6.1 [I]. La resistenza caratteristica  $R_{ak}$  è stata valutata mediante la relazione di Bustamante & Doix, a cui si applicano i coefficienti di correlazione  $\xi_{a3}$ .

Si verifica che:

$$P_d \leq R_{ad}$$

$$R_{ak} = \pi d_f l_b \tau_{lim} / \xi_{a3}$$

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$$

$\tau_{lim}$  = aderenza limite bulbo-terreno;

$d_f = \alpha d$ ;

$\alpha$  = coefficiente di sbulbatura, funzione del tipo di terreno e modalità di iniezione;

$d$  = diametro della perforazione;

$\tau_{lim}$  = aderenza limite bulbo-terreno;

$l_b$  = lunghezza bulbo di ancoraggio;

$\gamma_R$  = coefficiente per tipologia di ancoraggio (per ancoraggi permanenti  $\gamma_R = 1,20$ )

In allegato sono riportati i calcoli di verifica della resistenza dell'interfaccia terreno-bulbo ed è indicata la lunghezza minima richiesta affinché l'ancoraggio superi la verifica.

- *Ancoraggi di monte e laterali*

Per quanto concerne le verifiche degli ancoraggi in fune, il tiro massimo di calcolo proveniente dalle prove in vera grandezza è stato confrontato con quello limite per i trefoli (verifica dell'armatura dei tiranti) e con quello limite della fondazione (verifica del bulbo d'ancoraggio).

**Verifica dell'armatura degli ancoraggi**

La verifica è stata eseguita agli Stati Limite Ultimi (SLU):

$$P_d \leq R_{ad}$$

Con riferimento alla **Combinazione A1+M1+R1** sono state amplificate le azioni agenti sulla struttura e sono state determinate le sollecitazioni di progetto  $P_d$  sui singoli ancoraggi.

Gli ancoraggi impiegati saranno del tipo a doppia fune spiroidale le cui caratteristiche di progetto sono di seguito indicate:

- $R_{ad}$  = resistenza di calcolo nell'elemento di ancoraggio pari a:

$$R_{ad} = \beta A f_{yk} = A f_{p(1)k} / \gamma_M$$

- $\beta$  = fattore di deformazione della redancia
- $A$  = area della sezione resistente dell'elemento di ancoraggio
- $f_{yk}$  = resistenza caratteristica di snervamento
- $\gamma_M$  = coefficiente di sicurezza sul materiale (allo SLU = 1.15)
- $P_d$  = sollecitazione assiale di calcolo nell'elemento di ancoraggio

In allegato sono riportati i risultati delle verifiche condotte sulla resistenza a trazione della sezione resistente delle funi di ancoraggio.

La verifica di resistenza risulta soddisfatta per ciascun elemento di fondazione, essendo  $P_d < R_{ad}$ .

**Verifica del bulbo d'ancoraggio**

La verifica è stata eseguita agli Stati Limite Ultimi (SLU).

Con riferimento alla **Combinazione A1+M1+R3** si sono amplificate le azioni agenti sulla struttura e sono state determinate le sollecitazioni di progetto  $P_d$  sui singoli ancoraggi.

La resistenza di progetto  $R_{ad}$  è stata determinata applicando alla resistenza caratteristica  $R_{ak}$  i fattori parziali  $\gamma_R$  di Tabella 6.6.I [I]. La resistenza caratteristica  $R_k$  è stata valutata mediante la relazione di Bustamante & Doix, a cui si applicano i coefficienti di correlazione  $\xi_{a3}$

Si verifica che:

$$P_d \leq R_{ad}$$

$$R_{ak} = \pi d_f l_b \tau_{lim} / \xi_{a3}$$

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$$

$\tau_{lim}$  = aderenza limite bulbo-terreno;

$d_f = \alpha d$ ;

$\alpha$  = coefficiente di sbulbatura, funzione del tipo di terreno e modalità di iniezione;

$d$  = diametro della perforazione;

$\tau_{lim}$  = aderenza limite bulbo-terreno;

$l_b$  = lunghezza bulbo di ancoraggio;

$\gamma_R$  = coefficiente per tipologia di ancoraggio (per ancoraggi permanenti  $\gamma_R = 1,20$ )

In allegato sono riportati i calcoli di verifica della resistenza dell'interfaccia terreno-bulbo ed è indicata la lunghezza minima richiesta affinché l'ancoraggio superi la verifica.

## RIEPILOGO ELEMENTI DI FONDAZIONE

**MONTE n.** ANCORAGGI IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 16 Lungh. 4,5 m  
Diametro perforazione = 110 mm

**LATERALI n.** ANCORAGGI IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 18 Lungh. 6 m  
Diametro perforazione = 110 mm

**MONTANTI n.** PLINTI IN CLS classe C20/25 lato 1= 0,5 m lato 2= 0,6 m spessore= 0,2 m  
PLINTO NON STRUTTURALE

VERTICALI BARRE in acciaio B450C diam. 32 mm Lungh. 5 m  
Diametro perforazione = 110 mm

INCLINATE BARRE in acciaio B450C diam. 32 mm Lungh. 5 m  
Diametro perforazione = 110 mm

## PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI

Le fondazioni delle barriere paramassi sono strutture particolarmente delicate ed importanti per l'efficienza della struttura stessa nel tempo.

Particolare cura ed attenzione dovrà essere posta nelle operazioni di verifica ordinaria e straordinaria delle fondazioni della barriera che ne possano garantire la funzionalità nel tempo.

In fase esecutiva si dovrà verificare che le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione siano compatibili con le ipotesi assunte nella presente progettazione ed eventualmente intervenire modificando le caratteristiche delle fondazioni.

Nelle appendici A e b vengono riportati nel dettaglio i calcoli sviluppati per mezzo di foglio elettronico.



## APPENDICE A - CALCOLI FONDAZIONI BARRIERE CON PARAMETRI DA LETTERATURA

# DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI BARRIERA PARAMASSI

## A) DATI BARRIERA PARAMASSI

CLASSE BARRIERA = 5 ALTEZZA BARRIERA= 4,0 m  
Emergia Mel  $\geq$  2000 KJ

## B) AZIONI SUGLI ELEMENTI DI FONDAZIONE (da crash test )

ELEMENTI	AZIONE	CARICO
RAGGI DI MONTE e LAT "B"	TRAZIONE	$P_k = 150,05$ kN
ICORAGGI LATERALI "A"	TRAZIONE	$P_k = 237,20$ kN
PLINTI	TAGLIO	$T_k = 166,85$ kN
	COMPRESIONE	$N_k = 195,95$ kN
CONTROV. DI VALLE	TRAZIONE	$P_k = 75,03$ kN

## C) STRATIGRAFIA TERRENI DI FONDAZIONE E PARAMETRI GEOTECNICI

STRATO 1 :

SPESSORE = 0,5 m  $\gamma = 19$  kN/mc  
 Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>  $\phi = 37$  °  
 Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$   $c = 2,5$  kN/mq  
 Carico limite terreno di fondazione = 0,10 N/mm<sup>2</sup>

STRATO 2 :

Coeff. Attrito plinto-terreno = 0,46  
 SPESSORE = 10,0 m  $\gamma = 0$  kN/mc  
 Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,210$  N/mm<sup>2</sup>  $\phi = 0$  °  
 Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$   $c = 0$  kN/mq

STRATO 3 :

SPESSORE = 10,0 m  $\gamma = 0$  kN/mc  
 Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>  $\phi = 0$  °  
 Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 0,00$   $c = 10$  kN/mq

## D) CARATTERISTICHE FONDAZIONI

N° PROVE PRELIMINARI = 0  
 N° PROFILI INDAGATI = 0  
 Fattore di correlazione  $\xi_{a3} = 1,80$  (tabelle 6.6.II e 6,6.III)

TIPO DI FONDAZIONI = PERMANENTI

Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  (tabella 6.6.I)

## E) TIPO INIEZIONI CEMENTIZIE

Tipo = C20/25  
 Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>  
 Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )  
 Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30 200,49$  N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = 15,00

## RIASSUNTO ELEMENTI BARRIERA PARAMASSI

### DATI GEOMETRICI

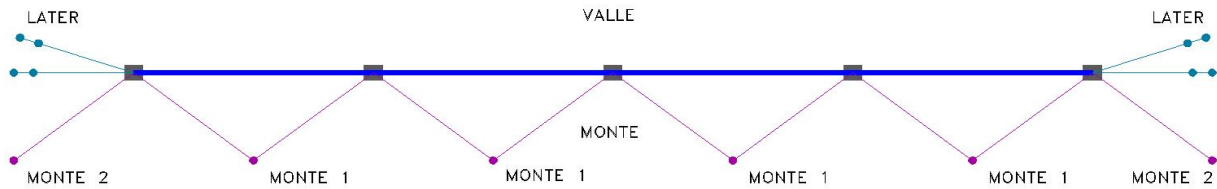
TRATTA 1

n° Campate :	5,0	Lunghezza Barriera:	50,0 m
Interasse montanti:	10,0 m	<b>Superficie Barriera:</b>	<b>200,0 mq</b>
Altezza Intercett.:	4,0 m		

### DATI TECNICI

Modello Barriera: RMC 200/A		Energia MeI ≥	<b>2000</b>	<b>KJ</b>
<b>CLASSE</b>	<b>5</b>	Deformata massima =	5,25	m

### SCHEMA INDICATIVO ANCORAGGI



### COMPUTO ELEMENTI DI FONDAZIONE

<b>MONTE n.</b>	<b>7</b>	ANCORAGGI IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 16 Lungh. 4,5 m Diametro perforazione = 110 mm
<b>LATERALI n.</b>	<b>4</b>	ANCORAGGI IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 18 Lungh. 6 m Diametro perforazione = 110 mm
<b>MONTANTI n.</b>	<b>6</b>	PLINTI IN CLS classe C20/25 lato 1= 0,5 m lato 2= 0,6 m spessore= 0,2 m PLINTO NON STRUTTURALE
VERTICALI	<b>6</b>	BARRE in acciaio B450C diam. 32 mm Lungh. 5 m Diametro perforazione = 110 mm
INCLINATE	<b>6</b>	BARRE in acciaio B450C diam. 32 mm Lungh. 5 m Diametro perforazione = 110 mm
<b>VALLE n.</b>	<b>0</b>	- -

## BARRIERA PARAMASSI

CLASSE

5

Emergia Mel  $\geq$

2000

### ANCORAGGI DI MONTE

#### 1) AZIONI da crash test

##### 1.1 ANCORAGGI DI MONTE

Trazione sul singolo ancoraggio  $P_k = 150,05$  kN

#### 2) MATERIALI

##### 2.1 CALCESTRUZZO

Tipo = C20/25

Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )

Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30\,200,49$  N/mm<sup>2</sup>

$E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = 15,00

$E_s/E_c$  per calcolo ampiezza fessure = 7,00

coefficiente riduttivo lunga durata  $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza di calcolo per S.L.U.  $f_{cd} = 11,76$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,5$ )

Resistenza di calcolo per S.L.E.  $f_{cd} = 17,64$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,0$ )

Resistenza caratteristica a trazione  $f_{ctk} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.U.  $f_{ctd} = 1,06$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.E.  $f_{ctd} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a flessione S.L.E.  $f_{ctfd} = 1,90$  N/mm<sup>2</sup>

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,60 \leq f_{ck}$

per comb. Rara

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,45 \leq f_{ck}$

per comb. Quasi perm.

##### 2.2 ANCORAGGI DOPPIA FUNE

Tipo = SPIROID.

Classe di resistenza (secondo UNI 7690:1977) 1570,00 N/mm<sup>2</sup>

Secondo UNI 7690:1977

#### 3) VERIFICHE

##### 3.1 ANCORAGGI DI MONTE

###### 3.1.1 VERIFICA RESISTENZA ANGORAGGI (S.L.U.)

Trazione caratteristica  $P_k = 150,05$  kN

coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale

Trazione di progetto  $P_d = 150,05$  kN

###### CARATTERISTICHE ANCORAGGI

Diametro ancoraggi = 16,00 mm

Tensione di snervamento  $f_{yk} = 1570,00$  N/mm<sup>2</sup>

###### VERIFICA

Resistenza di progetto  $R_d = 399,60$  kN

Ok!

### 3.1.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 150,05$  kN

#### CARATTERISTICHE PERFORAZIONE

Diametro perforazione  $D = 110,00$  mm  
Fattore di correlazione  $\xi_{a3} = 1,80$  (tabelle 6.6.II e 6.6.III)  
Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  (tabella 6.6.I)

#### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 : Lunghezza = 0,5 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 2 : Lunghezza = 3,6 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,21$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 3 : Lunghezza = 0,0 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,00$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 0,00$

$N = 157,23$  Ok!  
Lunghezza minima bulbo-terreno = 4,10 m

### 3.1.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 150,05$  kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = SPIROIDALE  
Diametro ancoraggi = 16,00 mm  
Circonferenza fune singola = 50,24 mm  
Circonferenza utile ancoraggio in doppi fune = 75,36 mm  
Coefficiente  $\eta = 1,00$   
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk} = 2,50$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd} = 1,67$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  in zona tesa = 1,11 N/mm<sup>2</sup>

LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA  
Lunghezza minima ancoraggio-cls = 1,79 m

#### 4) RIASSUNTO ELEMENTI DI FONDAZIONE

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare = 4,10 m  
Spessore terreno alterato = 0,00 m  
Lungh. minima ancoraggio = 4,10 m  
Lunghezza adottata = 4,50 m

Ok!

**1 ANCORAGGIO IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 16 Lungh. 4,5 m**

## BARRIERA PARAMASSI

CLASSE

5

Emergia Mel  $\geq$

2000

### ANCORAGGI LATERALI

#### 1) AZIONI da crash test

##### 1.1 ANCORAGGI LATERALI

Trazione sul singolo ancoraggio  $P_k = 237,20$  kN

#### 2) MATERIALI

##### 2.1 CALCESTRUZZO

Tipo = C20/25

Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )

Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30\,200,49$  N/mm<sup>2</sup>

$E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = 15,00

$E_s/E_c$  per calcolo ampiezza fessure = 7,00

coefficiente riduttivo lunga durata  $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza di calcolo per S.L.U.  $f_{cd} = 11,76$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,5$ )

Resistenza di calcolo per S.L.E.  $f_{cd} = 17,64$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,0$ )

Resistenza caratteristica a trazione  $f_{ctk} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.U.  $f_{ctd} = 1,06$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.E.  $f_{ctd} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a flessione S.L.E.  $f_{ctfd} = 1,90$  N/mm<sup>2</sup>

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,60 \leq f_{ck}$

per comb. Rara

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,45 \leq f_{ck}$

per comb. Quasi perm.

##### 2.2 ANCORAGGI DOPPIA FUNE

Tipo = SPIROID.

Classe di resistenza (secondo UNI 7690:1977) 1570,00 N/mm<sup>2</sup>

Secondo UNI 7690:1977

#### 3) VERIFICHE

##### 3.1 ANCORAGGI LATERALI

###### 3.1.1 VERIFICA RESISTENZA ANCORAGGI (S.L.U.)

Trazione caratteristica  $P_k = 237,20$  kN

coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale

Trazione di progetto  $P_d = 237,20$  kN

###### CARATTERISTICHE ANCORAGGI

Diametro ancoraggi = 18,00 mm

Tensione di snervamento  $f_{yk} = 1570,00$  N/mm<sup>2</sup>

###### VERIFICA

Resistenza di progetto  $R_d = 437,00$  kN

Ok!

### 3.1.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 237,20$  kN

#### CARATTERISTICHE PERFORAZIONE

Diametro perforazione  $D = 110,00$  mm  
Fattore di correlazione  $\xi_{a3} = 1,80$  (tabelle 6.6.II e 6.6.III)  
Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  (tabella 6.6.I)

#### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 : Lunghezza = 0,5 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 2 : Lunghezza = 5,5 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,21$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 3 : Lunghezza = 0,0 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,00$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 0,00$   
 $N = 240,22$  Ok!  
Lunghezza minima bulbo-terreno = 6,00 m

### 3.1.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 237,20$  kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = SPIROIDALE  
Diametro ancoraggi = 18,00 mm  
Circonferenza fune singola = 56,52 mm  
Circonferenza utile ancoraggio in doppi fune = 84,78 mm  
Coefficiente  $\eta = 1,00$   
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk} = 2,50$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd} = 1,67$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  in zona tesa = 1,11 N/mm<sup>2</sup>

LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA  
Lunghezza minima ancoraggio-cls = 2,52 m

#### 4) RIASSUNTO ELEMENTI DI FONDAZIONE

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare = 6,00 m  
Spessore terreno alterato = 0,00 m  
Lungh. minima ancoraggio = 6,00 m  
Lunghezza adottata = 6,00 m

Ok!

**1 ANCORAGGIO IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 18 Lungh. 6 m**

## BARRIERA PARAMASSI

CLASSE 5

Energia  $M_{el} \geq$

2000

### FONDAZIONI MONTANTI

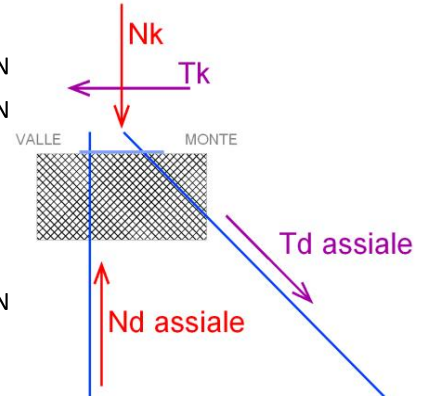
#### 1) AZIONI da crash test

##### 3.1 MONTANTI

Taglio sulla fondazione  $T_k = 166,85$  kN  
Sforzo Normale  $N_k = 195,95$  kN

##### 3.2 AZIONI SUL PLINTO DI FONDAZIONE

n. barre fondaz. verticali = 1,00  
Azione sulla singola barra verticale  $N_k = 156,97$  kN  
n. barre fondaz. inclinate = 1,00  
angolo inclinazione barre dall'orizzontale =  $45^\circ$   
Azione sulla singola barra inclinata  $N_k = 235,96$  kN  
coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale



#### 2) MATERIALI

##### 2.1 CALCESTRUZZO

Tipo = C20/25  
Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )  
Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30\,200,49$  N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = 15,00  
 $E_s/E_c$  per calcolo ampiezza fessure = 7,00  
coefficiente riduttivo lunga durata  $\alpha_{cc} = 0,85$   
Resistenza di calcolo per S.L.U.  $f_{cd} = 11,76$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,5$ )  
Resistenza di calcolo per S.L.E.  $f_{cd} = 17,64$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,0$ )  
Resistenza caratteristica a trazione  $f_{ctk} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza di calcolo a trazione S.L.U.  $f_{ctd} = 1,06$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza di calcolo a trazione S.L.E.  $f_{ctd} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza di calcolo a flessione S.L.E.  $f_{ctfd} = 1,90$  N/mm<sup>2</sup>

#### 3) VERIFICHE

##### 3.1 BARRE A COMPRESIONE e TAGLIO

Taglio sulla fondazione  $T_k = 166,85$  kN  
n. barre fondazione sulla piastra = 2,00  
Taglio sulla singola barra  $T_k = 83,43$  kN  
coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale  
**Taglio di progetto  $T_d = 83,43$  kN**

### 3.1.1 CARATTERISTICHE BARRE

Tipo =	B450C
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ =	540,00 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ =	450,00 N/mm <sup>2</sup>
Diametro barre =	32 mm
Area =	804,25 mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento $f_{yk}$ =	450,00 N/mm <sup>2</sup>

### 3.1.2 VERIFICA

coefficiente sicurezza SLU $\gamma_M$ =	1,15	
Resistenza di calcolo acciaio $f_{yd}$ =	<b>391,30</b> N/mm <sup>2</sup>	
Tensione ideale $\sigma_{id}$ =	<b>301,29</b> N/mm <sup>2</sup>	Ok!

## 3.2 PLINTO

### 3.2.1 CALCOLO CARICO ASSORBITO DAL TERRENO SOTTO IL PLINTO

Lato 1 plinto =	0,50 m	
Lato 2 Plinto =	0,60 m	
Spessore plinto =	0,20 m	
Superficie resistente =	0,30 m <sup>2</sup>	
Carico limite terreno di fondazione =	0,10 N/mm <sup>2</sup>	
Carico assorbito dal plinto =	28,50 kN	Servono dei tirafondi

## 3.3 VERIFICA TIRAFONDI VERTICALI

### 3.3.1 VERIFICA RESISTENZA BARRE DI ANCORAGGIO (S.L.U.)

Compressione di progetto $N_d$ =	146,96 kN	
Resistenza assiale di progetto delle barre =	314,71 kN	Ok!

### 3.3.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Compressione di progetto =	146,96 kN
CARATTERISTICHE PERFORAZIONE	
Diametro perforazione $D$ =	110,00 mm
Fattore di correlazione $\xi_{a3}$ =	1,80 (tabella 6.6.III)
Coeff.parz. Resis. Caratteristica $\gamma_{Ra,p}$ =	1,20 (tabella 6.6.I)

### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 :	Lunghezza =	0,5 m	
	Aderenza malta-terreno $\tau_{im}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>	
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	1,30	
STRATO 2 :	Lunghezza =	4,0 m	
	Aderenza malta-terreno $\tau_{im}$ =	0,21 N/mm <sup>2</sup>	
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	1,30	
STRATO 3 :	Lunghezza =	0 m	
	Aderenza malta-terreno $\tau_{im}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>	
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	0,00	
	$N$ =	174,71 kN	Ok!
	Lunghezza minima bulbo-terreno =	4,50 m	

### 3.3.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Compressione di progetto = 146,96 kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = ADER. MIGL.

Diametro ancoraggi = 32,00 mm

Circonferenza singola barra = 100,53 mm

Coefficiente  $\eta$  = 1,00

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk}$  = 3,57 N/mm<sup>2</sup>

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  = 2,38 N/mm<sup>2</sup>

#### LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA

Lunghezza minima ancoraggio-cls = 0,61 m

### 3.3.4 CALCOLO LUNGHEZZA TIRAFONDI

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare = 4,50 m

Spessore plinto = 0,20 m

Lungh. minima ancoraggio = 4,70 m

Lunghezza adottata = 5,00 m

Ok!

## 3.4 VERIFICA TIRAFONDI INCLINATI

### 3.4.1 VERIFICA RESISTENZA BARRE DI ANCORAGGIO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d$  = 166,68 kN

Resistenza assiale di progetto delle barre = 314,71 kN

Ok!

### 3.4.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d$  = 166,68 kN

#### CARATTERISTICHE PERFORAZIONE

Diametro perforazione  $D$  = 110,00 mm

Fattore di correlazione  $\xi_{a3}$  = 1,80 (tabella 6.6.III)

Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p}$  = 1,20 (tabella 6.6.I)

#### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 : Lunghezza = 0,5 m

Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim}$  = 0,00 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente sbulbamento  $\alpha$  = 1,30

STRATO 2 : Lunghezza = 4,0 m

Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim}$  = 0,21 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente sbulbamento  $\alpha$  = 1,30

STRATO 3 : Lunghezza = 0 m

Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim}$  = 0,00 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	0,00	
N=	174,71 kN	Ok!
Lunghezza minima bulbo-terreno =	4,50 m	

#### 3.4.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Compressione di progetto = 166,68 kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = ADER. MIGL.

Diametro ancoraggi = 32,00 mm

Circonferenza singola barra = 100,53 mm

Coefficiente  $\eta$  = 1,00

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk}$  = 3,57 N/mm<sup>2</sup>

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  = 2,38 N/mm<sup>2</sup>

#### LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA

Lunghezza minima ancoraggio-cls = 0,70 m

#### 3.4.4 CALCOLO LUNGHEZZA TIRAFONDI

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare =	4,50 m	
Spessore plinto =	0,20 m	
Lungh. minima ancoraggio =	4,70 m	
Lunghezza adottata =	5,00 m	Ok!



## APPENDICE B - CALCOLI FONDAZIONI BARRIERE CON PARAMETRI DA PROVE SU ANCORAGGI

# DIMENSIONAMENTO FONDAZIONI BARRIERA PARAMASSI

## A) DATI BARRIERA PARAMASSI

CLASSE BARRIERA = **5**                      ALTEZZA BARRIERA= **4,0** m  
 Emergia Mel  $\geq$  **2000** KJ

## B) AZIONI SUGLI ELEMENTI DI FONDAZIONE (da crash test )

ELEMENTI	AZIONE	CARICO
RAGGI DI MONTE e LAT "B"	TRAZIONE	$P_k = 150,05$ kN
ICORAGGI LATERALI "A"	TRAZIONE	$P_k = 237,20$ kN
PLINTI	TAGLIO	$T_k = 166,85$ kN
	COMPRESIONE	$N_k = 195,95$ kN
CONTROV. DI VALLE	TRAZIONE	$P_k = 75,03$ kN

## C) STRATIGRAFIA TERRENI DI FONDAZIONE E PARAMETRI GEOTECNICI

STRATO 1 :

SPESSORE = **0,5** m                       $\gamma = 19$  kN/mc  
 Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>                       $\phi = 37$  °  
 Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$                        $c = 2,5$  kN/mq  
 Carico limite terreno di fondazione = **0,10** N/mm<sup>2</sup>

STRATO 2 :

Coeff. Attrito plinto-terreno = **0,46**  
 SPESSORE = **10,0** m                       $\gamma = 0$  kN/mc  
 Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,152$  N/mm<sup>2</sup>                       $\phi = 0$  °  
 Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$                        $c = 0$  kN/mq

STRATO 3 :

SPESSORE = **10,0** m                       $\gamma = 0$  kN/mc  
 Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>                       $\phi = 0$  °  
 Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 0,00$                        $c = 10$  kN/mq

## D) CARATTERISTICHE FONDAZIONI

N° PROVE PRELIMINARI = **3**  
 N° PROFILI INDAGATI = **0**  
 Fattore di correlazione  $\xi_{a3} = 1,30$  (tabelle 6.6.II e 6,6.III)

TIPO DI FONDAZIONI = **PERMANENTI**

Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  (tabella 6.6.I)

## E) TIPO INIEZIONI CEMENTIZIE

Tipo = **C20/25**  
 Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>  
 Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )  
 Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30\ 200,49$  N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = **15,00**

## RIASSUNTO ELEMENTI BARRIERA PARAMASSI

### DATI GEOMETRICI

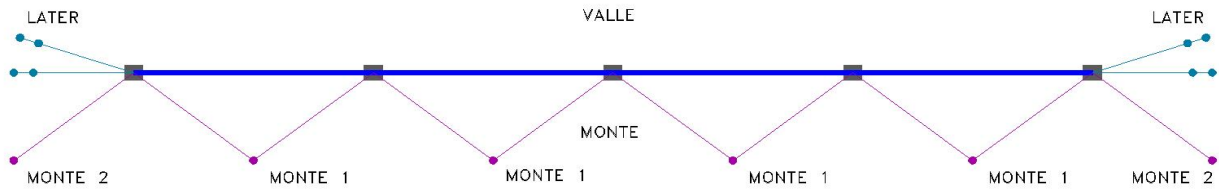
TRATTA 1

n° Campate :	5,0	Lunghezza Barriera:	50,0 m
Interasse montanti:	10,0 m	<b>Superficie Barriera:</b>	<b>200,0 mq</b>
Altezza Intercett.:	4,0 m		

### DATI TECNICI

Modello Barriera:	RMC 200/A	<b>Energia Mel <math>\geq</math></b>	<b>2000</b>	<b>KJ</b>
<b>CLASSE</b>	<b>5</b>	Deformata massima =	5,25	m

### SCHEMA INDICATIVO ANCORAGGI



### COMPUTO ELEMENTI DI FONDAZIONE

<b>MONTE n.</b>	7	ANCORAGGI IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 16 Lungh. 4,5 m Diametro perforazione = 110 mm
<b>LATERALI n.</b>	4	ANCORAGGI IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 18 Lungh. 6 m Diametro perforazione = 110 mm
<b>MONTANTI n.</b>	6	PLINTI IN CLS classe C20/25 lato 1= 0,5 m lato 2= 0,6 m spessore= 0,2 m PLINTO NON STRUTTURALE
VERTICALI	6	BARRE in acciaio B450C diam. 32 mm Lungh. 5 m Diametro perforazione = 110 mm
INCLINATE	6	BARRE in acciaio B450C diam. 32 mm Lungh. 5 m Diametro perforazione = 110 mm
<b>VALLE n.</b>	<b>0</b>	- -

## BARRIERA PARAMASSI

CLASSE

5

Emergia Mel  $\geq$

2000

### ANCORAGGI DI MONTE

#### 1) AZIONI da crash test

##### 1.1 ANCORAGGI DI MONTE

Trazione sul singolo ancoraggio  $P_k = 150,05$  kN

#### 2) MATERIALI

##### 2.1 CALCESTRUZZO

Tipo = C20/25

Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )

Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30\,200,49$  N/mm<sup>2</sup>

$E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = 15,00

$E_s/E_c$  per calcolo ampiezza fessure = 7,00

coefficiente riduttivo lunga durata  $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza di calcolo per S.L.U.  $f_{cd} = 11,76$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,5$ )

Resistenza di calcolo per S.L.E.  $f_{cd} = 17,64$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,0$ )

Resistenza caratteristica a trazione  $f_{ctk} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.U.  $f_{ctd} = 1,06$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.E.  $f_{ctd} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a flessione S.L.E.  $f_{ctfd} = 1,90$  N/mm<sup>2</sup>

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,60 \leq f_{ck}$

per comb. Rara

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,45 \leq f_{ck}$

per comb. Quasi perm.

##### 2.2 ANCORAGGI DOPPIA FUNE

Tipo = SPIROID.

Classe di resistenza (secondo UNI 7690:1977) 1570,00 N/mm<sup>2</sup>

Secondo UNI 7690:1977

#### 3) VERIFICHE

##### 3.1 ANCORAGGI DI MONTE

###### 3.1.1 VERIFICA RESISTENZA ANGORAGGI (S.L.U.)

Trazione caratteristica  $P_k = 150,05$  kN

coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale

Trazione di progetto  $P_d = 150,05$  kN

###### CARATTERISTICHE ANCORAGGI

Diametro ancoraggi = 16,00 mm

Tensione di snervamento  $f_{yk} = 1570,00$  N/mm<sup>2</sup>

###### VERIFICA

Resistenza di progetto  $R_d = 399,60$  kN

Ok!

### 3.1.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 150,05$  kN

#### CARATTERISTICHE PERFORAZIONE

Diametro perforazione  $D = 110,00$  mm  
Fattore di correlazione  $\xi_{a3} = 1,30$  (tabelle 6.6.II e 6.6.III)  
Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  (tabella 6.6.I)

#### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 : Lunghezza = 0,5 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 2 : Lunghezza = 3,6 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,15$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 3 : Lunghezza = 0,0 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,00$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 0,00$   
 $N = 157,68$  Ok!  
Lunghezza minima bulbo-terreno = 4,10 m

### 3.1.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 150,05$  kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = SPIROIDALE  
Diametro ancoraggi = 16,00 mm  
Circonferenza fune singola = 50,24 mm  
Circonferenza utile ancoraggio in doppi fune = 75,36 mm  
Coefficiente  $\eta = 1,00$   
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk} = 2,50$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd} = 1,67$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  in zona tesa = 1,11 N/mm<sup>2</sup>

LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA  
Lunghezza minima ancoraggio-cls = 1,79 m

#### 4) RIASSUNTO ELEMENTI DI FONDAZIONE

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare = 4,10 m  
Spessore terreno alterato = 0,00 m  
Lungh. minima ancoraggio = 4,10 m  
Lunghezza adottata = 4,50 m

Ok!

**1 ANCORAGGIO IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 16 Lungh. 4,5 m**

## BARRIERA PARAMASSI

CLASSE

5

Emergia Mel  $\geq$

2000

### ANCORAGGI LATERALI

#### 1) AZIONI da crash test

##### 1.1 ANCORAGGI LATERALI

Trazione sul singolo ancoraggio  $P_k = 237,20$  kN

#### 2) MATERIALI

##### 2.1 CALCESTRUZZO

Tipo = C20/25

Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )

Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30\,200,49$  N/mm<sup>2</sup>

$E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = 15,00

$E_s/E_c$  per calcolo ampiezza fessure = 7,00

coefficiente riduttivo lunga durata  $\alpha_{cc} = 0,85$

Resistenza di calcolo per S.L.U.  $f_{cd} = 11,76$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,5$ )

Resistenza di calcolo per S.L.E.  $f_{cd} = 17,64$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,0$ )

Resistenza caratteristica a trazione  $f_{ctk} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.U.  $f_{ctd} = 1,06$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a trazione S.L.E.  $f_{ctd} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a flessione S.L.E.  $f_{ctfd} = 1,90$  N/mm<sup>2</sup>

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,60 \leq f_{ck}$

per comb. Rara

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,45 \leq f_{ck}$

per comb. Quasi perm.

##### 2.2 ANCORAGGI DOPPIA FUNE

Tipo = SPIROID.

Classe di resistenza (secondo UNI 7690:1977) 1570,00 N/mm<sup>2</sup>

Secondo UNI 7690:1977

#### 3) VERIFICHE

##### 3.1 ANCORAGGI LATERALI

###### 3.1.1 VERIFICA RESISTENZA ANGORAGGI (S.L.U.)

Trazione caratteristica  $P_k = 237,20$  kN

coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale

Trazione di progetto  $P_d = 237,20$  kN

###### CARATTERISTICHE ANCORAGGI

Diametro ancoraggi = 18,00 mm

Tensione di snervamento  $f_{yk} = 1570,00$  N/mm<sup>2</sup>

###### VERIFICA

Resistenza di progetto  $R_d = 437,00$  kN

Ok!

### 3.1.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 237,20$  kN

#### CARATTERISTICHE PERFORAZIONE

Diametro perforazione  $D = 110,00$  mm  
Fattore di correlazione  $\xi_{a3} = 1,30$  (tabelle 6.6.II e 6.6.III)  
Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  (tabella 6.6.I)

#### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 : Lunghezza = 0,5 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,000$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 2 : Lunghezza = 5,5 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,15$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 1,30$

STRATO 3 : Lunghezza = 0,0 m  
Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim} = 0,00$  N/mm<sup>2</sup>  
Coefficiente sbulbamento  $\alpha = 0,00$   
 $N = 240,90$  Ok!  
Lunghezza minima bulbo-terreno = 6,00 m

### 3.1.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 237,20$  kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = SPIROIDALE  
Diametro ancoraggi = 18,00 mm  
Circonferenza fune singola = 56,52 mm  
Circonferenza utile ancoraggio in doppi fune = 84,78 mm  
Coefficiente  $\eta = 1,00$   
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk} = 2,50$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd} = 1,67$  N/mm<sup>2</sup>  
Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  in zona tesa = 1,11 N/mm<sup>2</sup>

LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA  
Lunghezza minima ancoraggio-cls = 2,52 m

#### 4) RIASSUNTO ELEMENTI DI FONDAZIONE

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare = 6,00 m  
Spessore terreno alterato = 0,00 m  
Lungh. minima ancoraggio = 6,00 m  
Lunghezza adottata = 6,00 m

Ok!

**1 ANCORAGGIO IN DOPPIA FUNE SPIROID. diam. 18 Lungh. 6 m**

## BARRIERA PARAMASSI

CLASSE 5

Energia  $M_{el} \geq$

2000

### FONDAZIONI MONTANTI

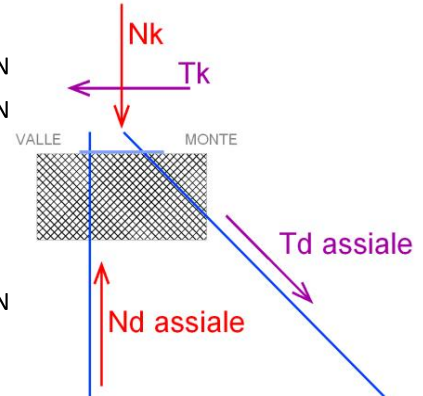
#### 1) AZIONI da crash test

##### 3.1 MONTANTI

Taglio sulla fondazione  $T_k = 166,85$  kN  
Sforzo Normale  $N_k = 195,95$  kN

##### 3.2 AZIONI SUL PLINTO DI FONDAZIONE

n. barre fondaz. verticali = 1,00  
Azione sulla singola barra verticale  $N_k = 156,97$  kN  
n. barre fondaz. inclinate = 1,00  
angolo inclinazione barre dall'orizzontale =  $45^\circ$   
Azione sulla singola barra inclinata  $N_k = 235,96$  kN  
coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale



#### 2) MATERIALI

##### 2.1 CALCESTRUZZO

Tipo = C20/25  
Resistenza caratteristica  $R_{ck} = 25$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza caratteristica cilindrica 28gg  $f_{ck} = 20,75$  N/mm<sup>2</sup> ( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )  
Modulo di elasticità  $E_{ck} = 30\,200,49$  N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  per calcolo tensione esercizio = 15,00  
 $E_s/E_c$  per calcolo ampiezza fessure = 7,00  
coefficiente riduttivo lunga durata  $\alpha_{cc} = 0,85$   
Resistenza di calcolo per S.L.U.  $f_{cd} = 11,76$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,5$ )  
Resistenza di calcolo per S.L.E.  $f_{cd} = 17,64$  N/mm<sup>2</sup> ( $\gamma_c = 1,0$ )  
Resistenza caratteristica a trazione  $f_{ctk} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza di calcolo a trazione S.L.U.  $f_{ctd} = 1,06$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza di calcolo a trazione S.L.E.  $f_{ctd} = 1,59$  N/mm<sup>2</sup>  
Resistenza di calcolo a flessione S.L.E.  $f_{ctfd} = 1,90$  N/mm<sup>2</sup>

#### 3) VERIFICHE

##### 3.1 BARRE A COMPRESSIONE e TAGLIO

Taglio sulla fondazione  $T_k = 166,85$  kN  
n. barre fondazione sulla piastra = 2,00  
Taglio sulla singola barra  $T_k = 83,43$  kN  
coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1$  azione eccezionale  
**Taglio di progetto  $T_d = 83,43$  kN**

### 3.1.1 CARATTERISTICHE BARRE

Tipo =	B450C
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ =	540,00 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ =	450,00 N/mm <sup>2</sup>
Diametro barre =	32 mm
Area =	804,25 mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento $f_{yk}$ =	450,00 N/mm <sup>2</sup>

### 3.1.2 VERIFICA

coefficiente sicurezza SLU $\gamma_M$ =	1,15	
Resistenza di calcolo acciaio $f_{yd}$ =	<b>391,30</b> N/mm <sup>2</sup>	
Tensione ideale $\sigma_{id}$ =	<b>301,29</b> N/mm <sup>2</sup>	Ok!

## 3.2 PLINTO

### 3.2.1 CALCOLO CARICO ASSORBITO DAL TERRENO SOTTO IL PLINTO

Lato 1 plinto =	0,50 m	
Lato 2 Plinto =	0,60 m	
Spessore plinto =	0,20 m	
Superficie resistente =	0,30 m <sup>2</sup>	
Carico limite terreno di fondazione =	0,10 N/mm <sup>2</sup>	
Carico assorbito dal plinto =	28,50 kN	Servono dei tirafondi

## 3.3 VERIFICA TIRAFONDI VERTICALI

### 3.3.1 VERIFICA RESISTENZA BARRE DI ANCORAGGIO (S.L.U.)

Compressione di progetto $N_d$ =	146,96 kN	
Resistenza assiale di progetto delle barre =	314,71 kN	Ok!

### 3.3.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Compressione di progetto =	146,96 kN
CARATTERISTICHE PERFORAZIONE	
Diametro perforazione $D$ =	110,00 mm
Fattore di correlazione $\xi_{a3}$ =	1,30 (tabella 6.6.III)
Coeff.parz. Resis. Caratteristica $\gamma_{Ra,p}$ =	1,20 (tabella 6.6.I)

### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 :	Lunghezza =	0,5 m	
	Aderenza malta-terreno $\tau_{im}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>	
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	1,30	
STRATO 2 :	Lunghezza =	4,0 m	
	Aderenza malta-terreno $\tau_{im}$ =	0,15 N/mm <sup>2</sup>	
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	1,30	
STRATO 3 :	Lunghezza =	0 m	
	Aderenza malta-terreno $\tau_{im}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>	
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	0,00	
	$N$ =	175,21 kN	Ok!
	Lunghezza minima bulbo-terreno =	4,50 m	

### 3.3.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Compressione di progetto = 146,96 kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = ADER. MIGL.

Diametro ancoraggi = 32,00 mm

Circonferenza singola barra = 100,53 mm

Coefficiente  $\eta$  = 1,00

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk}$  = 3,57 N/mm<sup>2</sup>

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  = 2,38 N/mm<sup>2</sup>

#### LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA

Lunghezza minima ancoraggio-cls = 0,61 m

### 3.3.4 CALCOLO LUNGHEZZA TIRAFONDI

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare = 4,50 m

Spessore plinto = 0,20 m

Lungh. minima ancoraggio = 4,70 m

Lunghezza adottata = 5,00 m

Ok!

## 3.4 VERIFICA TIRAFONDI INCLINATI

### 3.4.1 VERIFICA RESISTENZA BARRE DI ANCORAGGIO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d$  = 166,68 kN

Resistenza assiale di progetto delle barre = 314,71 kN

Ok!

### 3.4.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d$  = 166,68 kN

#### CARATTERISTICHE PERFORAZIONE

Diametro perforazione  $D$  = 110,00 mm

Fattore di correlazione  $\xi_{a3}$  = 1,30 (tabella 6.6.III)

Coeff.parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p}$  = 1,20 (tabella 6.6.I)

#### CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 : Lunghezza = 0,5 m

Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim}$  = 0,00 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente sbulbamento  $\alpha$  = 1,30

STRATO 2 : Lunghezza = 4,0 m

Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim}$  = 0,15 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente sbulbamento  $\alpha$  = 1,30

STRATO 3 : Lunghezza = 0 m

Aderenza malta-terreno  $\tau_{lim}$  = 0,00 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	0,00	
N=	175,21 kN	Ok!
Lunghezza minima bulbo-terreno =	4,50 m	

#### 3.4.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

Compressione di progetto = 166,68 kN

#### CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS

Tipologia di ancoraggio = ADER. MIGL.

Diametro ancoraggi = 32,00 mm

Circonferenza singola barra = 100,53 mm

Coefficiente  $\eta$  = 1,00

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bk}$  = 3,57 N/mm<sup>2</sup>

Aderenza malta-ancoraggio  $f_{bd}$  = 2,38 N/mm<sup>2</sup>

#### LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA

Lunghezza minima ancoraggio-cls = 0,70 m

#### 3.4.4 CALCOLO LUNGHEZZA TIRAFONDI

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare =	4,50 m	
Spessore plinto =	<u>0,20 m</u>	
Lungh. minima ancoraggio =	4,70 m	
Lunghezza adottata =	5,00 m	Ok!

#### 4. DIMENSIONAMENTO CHIUSURA VARCHI

Tenuto conto delle dimensioni dei varchi al di sotto di alcune campate delle barriere di progetto, si è determinata la forza alla quale il pannello è sottoposto per determinare gli elementi di vincolo a terra.

È stato effettuato un calcolo partendo dall'energia di progetto della singola barriera e valutando l'energia del blocco compatibile con l'altezza massima del varco.

Per il teorema dell'impulso si ha poi che:

$$F \Delta t = m v \text{ da cui risolvendo in funzione di } F \text{ si ha } F = m v / \Delta t$$

$$\Delta t = 0,28 \text{ sec (dato sperimentale da prove in vera grandezza)}$$

Nella seguente tabella sono stati riassunti i varchi per i quali si prevede la chiusura:

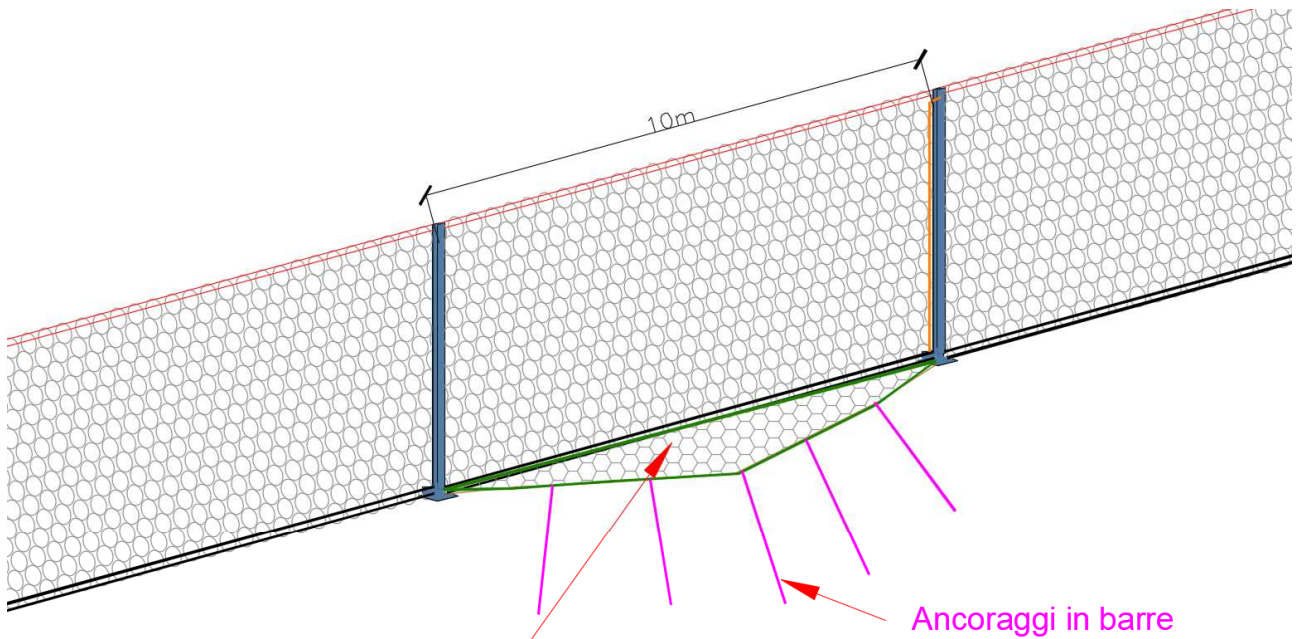
E	Diametro blocco	H varco	Volume blocco varco	Peso spec.	Md	Vd	Ed barr	Ed varco	$\Delta t$	F	N. ancor	Carico unit.	Ancor. Tot.	$\Phi$ ancor	L
kJ	m	m	mc	kg/mc	kg	m/s	kJ	kJ	sec	kN		kN		mm	m
2000	1,65	1,50	1,77	2600	4595	25	1911	1436	0,28	410,2	6	68,37	7	28	3
2000	1,65	1,00	0,52	2600	1361	25	1911	425	0,28	121,5	2	60,77	3	28	3
2000	1,65	0,90	0,38	2600	992	25	1911	310	0,28	88,6	2	44,30	3	28	3

Il valore della forza è stato ovviamente determinato mediante ipotesi semplificative; tuttavia, si accorda con i risultati sperimentali desumibili dalla letteratura tecnica e dalle prove di crash test finora sviluppate.

Si evidenzia che la rete ad anelli in acciaio integrativa (analoga a quella della specifica barriera) dovrà essere collegata ai normali pannelli di intercettazione di rete ad anelli in acciaio della barriera mediante grilli in modo tale da risultare un'unica superficie di intercettazione ma garantire lo scorrimento delle funi.

Si precisa che, essendo i pannelli integrativi in rete d'acciaio adeguatamente collegati alla struttura di intercettazione, in realtà il carico F viene assorbito in quota parte da tutti gli elementi costituenti la barriera, mentre gli ancoraggi del pannello integrativo possono non lavorare tutti contemporaneamente, pertanto, a favore di sicurezza, si incrementa di 1 il numero di ancoraggi calcolati.

Nella pagina seguente si riporta uno schema tipo di chiusura varco:



Pannello analogo a quello della barriera munito di rete a doppia torsione a monte; il pannello sarà vincolato con una fune perimetrale  $\varnothing 20$  mm passante alla base montanti e fissata a terra da ancoraggi in fune singola a trefoli in numero e diametro come da tabella riassuntiva.

Ancoraggi in barre auto perforanti  $\varnothing 28$  L=3m

La chiusura dei varchi andrà fatta utilizzando pannelli analoghi a quelli della barriera muniti di rete a doppia torsione a monte; i pannelli saranno vincolati con una fune perimetrale  $\varnothing 20$  mm passante alla base montanti e fissata a terra da ancoraggi in fune singola a trefoli in numero e diametro come da tabella riassuntiva di pagina precedente.

## **5. RILEVATI PARAMASSI**

Dalle analisi di caduta massi e dalla valutazione che possono verificarsi sciame di caduta massi, nel progetto è stato scelto di adottare un'opera di difesa passiva di tipologia vallo-tomo.

Il dimensionamento dell'opera deve essere fatto secondo una verifica della stabilità del rilevato paramassi in modo che possa resistere ad una sollecitazione dinamica rappresentata dall'impatto, localizzato nel terzo inferiore del paramento di monte, di elementi lapidei in caduta lungo il pendio.

Il dimensionamento e le verifiche del rilevato paramassi sono stati eseguiti utilizzando le caratteristiche tecniche di una geogriglia denominata Paragriod; in fase esecutiva l'impresa potrà mettere in opera anche altre geogriglie che abbiano almeno le caratteristiche prestazionali di quella utilizzata nel dimensionamento.

Di seguito si riportano le verifiche del rilevato paramassi in terra rinforzata suddivise in capitoli

- A. VERIFICA DEL RILEVATO A SEGUITO DELL'IMPATTO
- B. VERIFICA CON SOFTWARE MACCAFERRI SPA – CONDIZIONI STATICHE
- C. VERIFICA CON SOFTWARE MACCAFERRI SPA – CONDIZIONI SISMICHE
- D. VERIFICA CON SOFTWARE STAP 11 – CON IMPATTO

## A) VERIFICA DEL RILEVATO A SEGUITO DELL'IMPATTO

Le sperimentazioni in vera grandezza e i reali casi di impatto sviluppati su terre rinforzate evidenziano come i fenomeni dell'impatto siano di difficile schematizzazione teorica e richiedano, per essere analizzati in modo completo, modellazioni numeriche in campo dinamico.

Lo sviluppo di un gran numero di analisi numeriche ha consentito in collaborazione con il Politecnico di Torino di mettere a punto una procedura analitica semplificata, affidabile e realistica, documentata in dettaglio nelle pubblicazioni scientifiche indicate in bibliografia.

Le simulazioni sono state condotte mediante un modello FEM (ABACUS/Explicit).

Basandosi sulle osservazioni sperimentali e su modelli numerici specificamente sviluppati nei quali si è simulata l'azione stabilizzante di reti metalliche, è assodato che i principali meccanismi di dissipazione dell'energia posseduta dal blocco al momento dell'impatto sono i seguenti:

- scorrimento dei corsi di terreno rinforzato impattati;
- plasticizzazione del terreno sul paramento di monte con la creazione dell'impronta;
- energia accumulata in deformazioni elastiche del rilevato, restituita al blocco ad impatto terminato.

Percentualmente, l'energia cinetica posseduta dal blocco al momento dell'impatto viene dissipata secondo le seguenti percentuali:

- per attrito per scorrimento dei corsi impattati dal blocco pari a 10-15%;
- per creazione dell'impronta sul paramento di monte pari a 80-85%;
- per deformazioni elastiche del rilevato, restituita al blocco ad impatto terminato, pari a 3-5%.

Sulla base di questi dati, ipotizzando uno scorrimento rigido dei corsi sottoposti all'impatto del blocco, si deve verificare che l'energia di impatto non induca il collasso geometrico della struttura (verifica SLU), cioè il rilevato nella condizione deformata dopo l'urto, schematizzato nella figura seguente, sia ancora staticamente stabile e non sia collassato lasciando passare il blocco. La verifica richiede che:

- si determini il valore  $\xi$  (Figura 9) eguagliando il 10-15% dell'energia di impatto al lavoro plastico compiuto dalle forze di attrito sulle due interfacce terreno-rinforzo (superiore ed inferiore) che scorrono. Il calcolo deve essere sviluppato conoscendo l'angolo di attrito tra il terreno e tipologia di rinforzi ( $\phi_{tg}$ ) e può essere sviluppata applicando la formula seguente:

$$(0.10-0.15) * E_{imp} = N_{a_{sup}} * \tan(\phi_{tg}) * \xi + N_{a_{inf}} * \tan(\phi_{tg}) * \xi$$

da cui

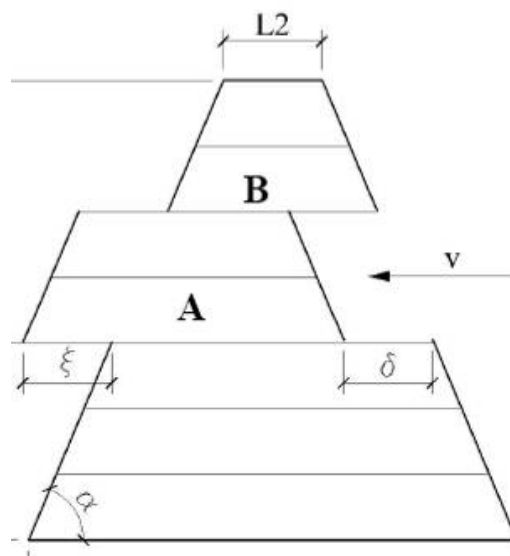
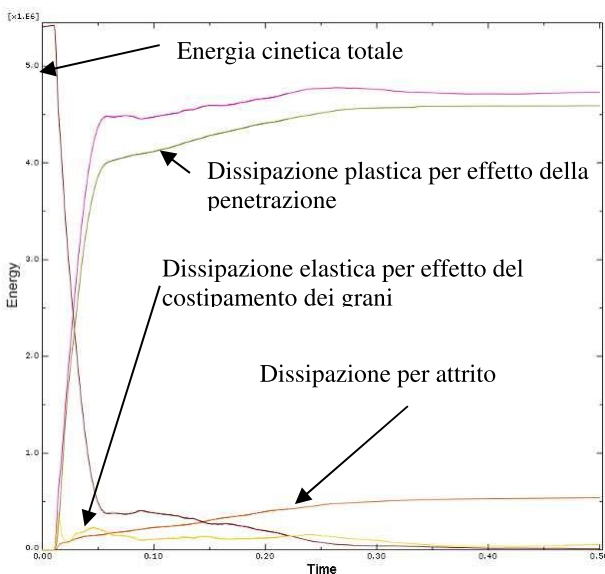
$$\xi = [(0.10-0.15) * E_{imp}] / [N_{sup} * \tan(\phi_{tg}) + N_{inf} * \tan(\phi_{tg})]$$

dove N è il valore della forza di normale al contatto terreno-rinforzo sulle superfici di scorrimento.

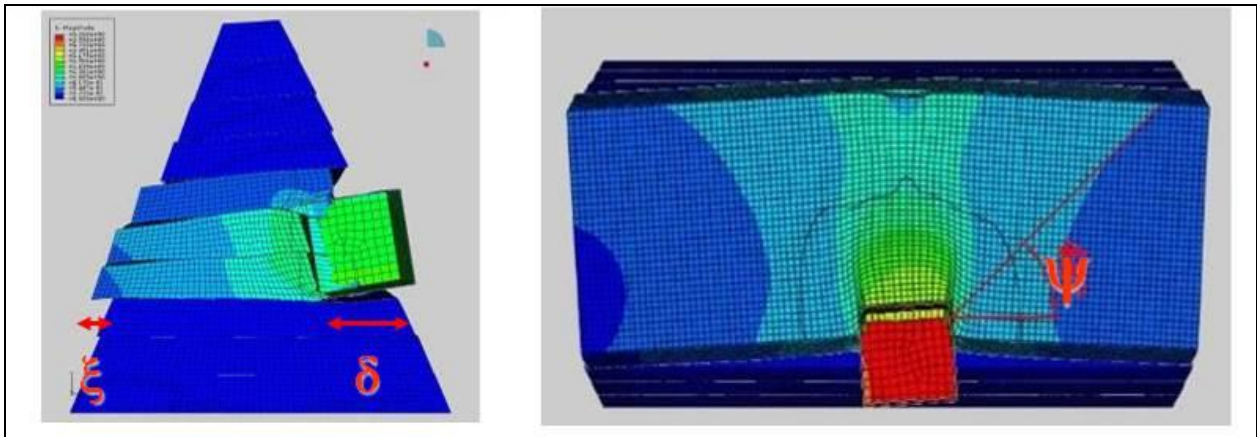
- si determini il valore dell'approfondimento massimo dell'orma sul paramento di monte ( $\delta_p$ ) considerando la quota parte pari all' 80-85% dell'energia cinetica impattante ed applicando le formulazioni analitiche proposte in letteratura per lo studio dello strato di sabbia al di sopra delle gallerie paramassi (metodo di prima approssimazione) o mediante l'interpretazione di modellazioni numeriche specificamente realizzate. Nel seguito sarà adottato questo secondo metodo. Grazie a queste modellazioni è pertanto possibile determinare il valore di  $\delta_p$  in modo preciso e tenendo conto delle specifiche proprietà meccaniche (tensio-deformative) dei rinforzi, e delle caratteristiche geomeccaniche del terreno, seguendo la seguente formulazione:

$$\delta_p = K_{terr-rinf} * (0.8-0.85) * E_{imp}$$

dove  $K_{terr-rinf}$  è un coefficiente di proporzionalità che dipende dal tipo di rinforzo (che dipende dalla forma del blocco, dalla resistenza a trazione, dalla deformabilità a trazione del rinforzo e dall'attrito rinforzo-terreno e che è stato determinato, nel caso di geogriglie, mediante una serie di modellazioni numeriche ad elementi finiti in campo dinamico). È importante sottolineare che blocchi sferici hanno una capacità penetrante maggiore di blocchi di forma prismatica o cubica.



*Geometria deformata del rilevato a seguito dell'impatto*



*Evidenze sperimentali e di modelli numerici  
usati per la taratura del modello analitico di calcolo*

Per quel che riguarda la ripartizione dell'energia impattante tra la componente di scorrimento, di plasticizzazione ed elastica, è ragionevole assumere i seguenti valori percentuali:

- percentuale di energia di plasticizzazione: 85%
- percentuale di energia di scorrimento: 12%
- percentuale di energia elastica: 3%.

Questi valori sono stati adottati nei calcoli di stabilità del rilevato oggetto di analisi.

Conoscendo gli spostamenti dei corsi dopo l'urto, sulla base della ripartizione energetica presentata, è possibile definire in modo completo la geometria del rilevato e, conseguentemente, verificare la stabilità dei due macro-elementi (A, B) che costituiscono la struttura deformata del rilevato.

In questo modo si può definire se il rilevato ha raggiunto condizioni di SLU.

La risposta del rilevato all'impatto del blocco di progetto è stata analizzata attraverso un software (CoREAR) sviluppato dal Politecnico di Torino in collaborazione con Officine Maccaferri.

L'analisi del rilevato in questione è stata condotta allo STATO LIMITE ULTIMO.

Partendo dai dati di progetto sono stati individuati 2 parametri fondamentali al fine di poter validare la stabilità del rilevato all'impatto di progetto:

1. massimo spostamento verso valle ( $\xi$ )
2. massima penetrazione accettabile sul paramento di monte ( $\delta$ )

Una volta noti tali parametri limite si è proceduto con l'analisi geometrica del rilevato, che viene di seguito riepilogata:

Una volta definiti i parametri di input relativi all'impatto (energia e altezza di impatto), al blocco (dimensione e forma) e alla geometria del rilevato (altezza, larghezza del coronamento, interasse dei rinforzi e inclinazione del paramento), è possibile determinare:

- lo scorrimento massimo verso valle della porzione del rilevato interessata dall'impatto
- la massima penetrazione del blocco sul paramento di monte del rilevato

## ANALISI GEOMETRICA DEL RILEVATO

### 1. DATI DI INPUT

Input data			
Trajectory parameters	Height of trajectory ( $h_i$ )	1,5	[m]
	Block size (av.) ( $d$ )	2,84	[m]
	type of block	s	[-]
	Impact energy ( $E_i$ )	8500	[kJ]
Embankment data	upper width ( $L_u$ )	2,5	[m]
	embankment height ( $H$ )	4,2	[m]
	angle of the valley side ( $\alpha_1$ )	80	[°]
	angle of the mountain side ( $\alpha_2$ )	80	[°]
	thickness of the layer ( $t$ )	0,6	[m]
	ground density ( $\gamma$ )	19	[ kN/m <sup>3</sup> ]
	friction soil-reinforcement ( $\phi$ )	33	[°]
Energy parametrs	sliding coefficient ( $S_c$ )	0,12	[-]
	elastic coefficient ( $E_c$ )	0,03	[-]
	penetration coefficient ( $P_c$ )	0,85	[-]

### 2. SCORRIMENTO MASSIMO VERSO VALLE

Computation of sliding		
H	4,2	[ m ]
$h_i$	1,5	[ m ]
$L_u$	2,5	[ m ]
$\alpha_1$	1,40	[ rad ]
$\alpha_2$	1,40	[ rad ]
upper thickness ( $sp_1$ )	2,95	[ m ]
lower thickness ( $sp_2$ )	3,96	[ m ]
upper area ( $A_1$ )	21,14	[ m <sup>2</sup> ]
lower area ( $A_2$ )	30,32	[ m <sup>2</sup> ]
$\phi$	0,58	[ rad ]
upper friction force	255,41	[ kN ]
lower friction force	1151,93	[ kN ]
E sliding ( $E_s$ )	1020	[ kJ ]
valley side sliding ( $\xi$ )	0,72	[ m ]

Dall'analisi si evince che il massimo scorrimento verso valle è quantificabile in 72 cm.

### 3. MASSIMA PENETRAZIONE DEL BLOCCO SUL PARAMENTO DI MONTE

Computation of penetration		
E penetration ( $E_p$ )	7225	[ kJ ]
volume of mountain side penetration ( $\delta v$ )	2,17	[ m <sup>3</sup> ]
plastic penetration ( $\delta$ )	0,27	[ m ]
corrected plastic penetration (cube-sfere)	0,32	
total mountain side displacement ( $\delta + \xi$ )	1,05	[ m ]

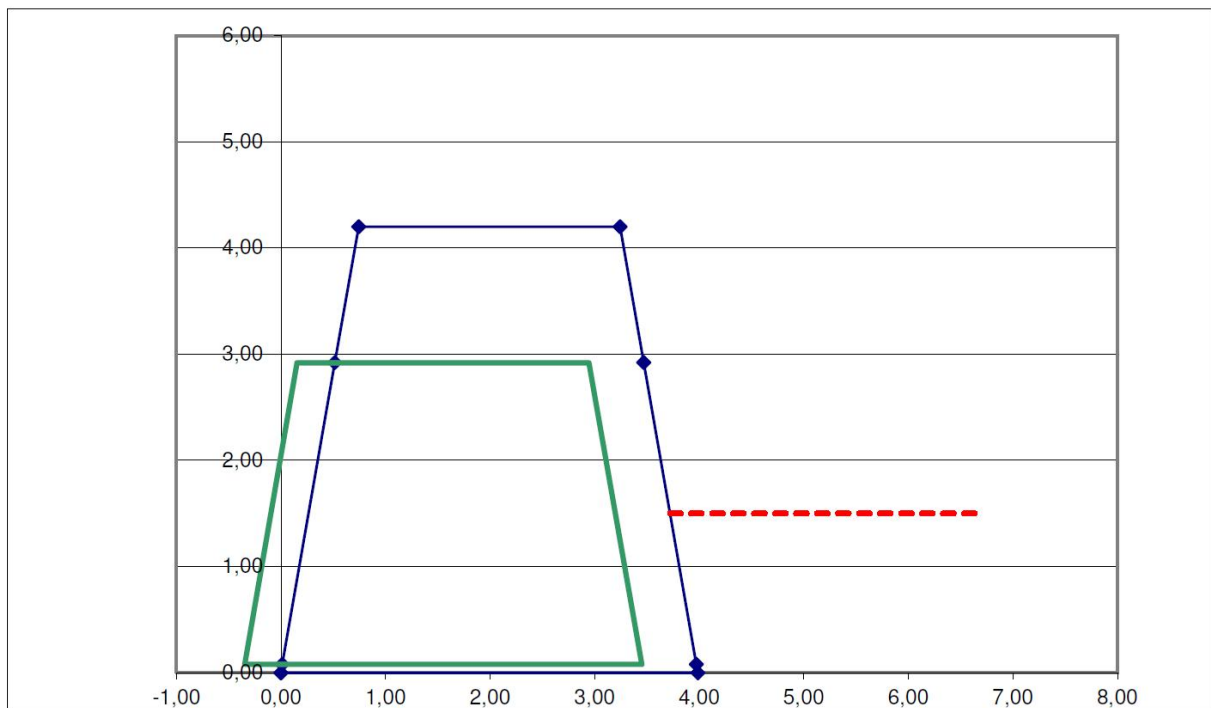
Anche questa condizione risulta essere verificata, in quanto la massima penetrazione plastica calcolata è pari a 32 cm, mentre la massima deformazione sul lato di monte del rilevato risulta pari a 61.05 cm.

Le verifiche allo STATO LIMITE ULTIMO (cioè di collasso) risultano quindi positive:

**SLU verifications**

Lower check OK

Upper check OK





### BLOCCHI RINFORZATI

#### Blocco : BL1

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 0.60  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 19.68 Ordinata..... = 32.49  
 Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
 Rilevato strutturale.....: RIL  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

#### Rinforzi :

Maccaferri - ParaGrid W - 0550

Lunghezza.....[m]..... = 3.00  
 Interasse.....[m]..... = 0.60  
 Risvolto.....[m]..... = 1.50

#### Blocco : BL2

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 0.50 Altezza..... = 0.60  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 23.66 Ordinata..... = 32.49  
 Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
 Rilevato strutturale.....: RIL  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

#### Rinforzi :

Maccaferri - ParaGrid W - 0550

Lunghezza.....[m]..... = 0.50  
 Interasse.....[m]..... = 0.60  
 Risvolto.....[m]..... = 0.50

#### Blocco : BL3

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 3.76 Altezza..... = 3.60  
 Arretramento.....[m]..... = 0.00 da BL1  
 Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
 Rilevato strutturale.....: RIL  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - ParaGrid W - 0550

Lunghezza.....[m]..... = 3.00

Interasse.....[m]..... = 0.60

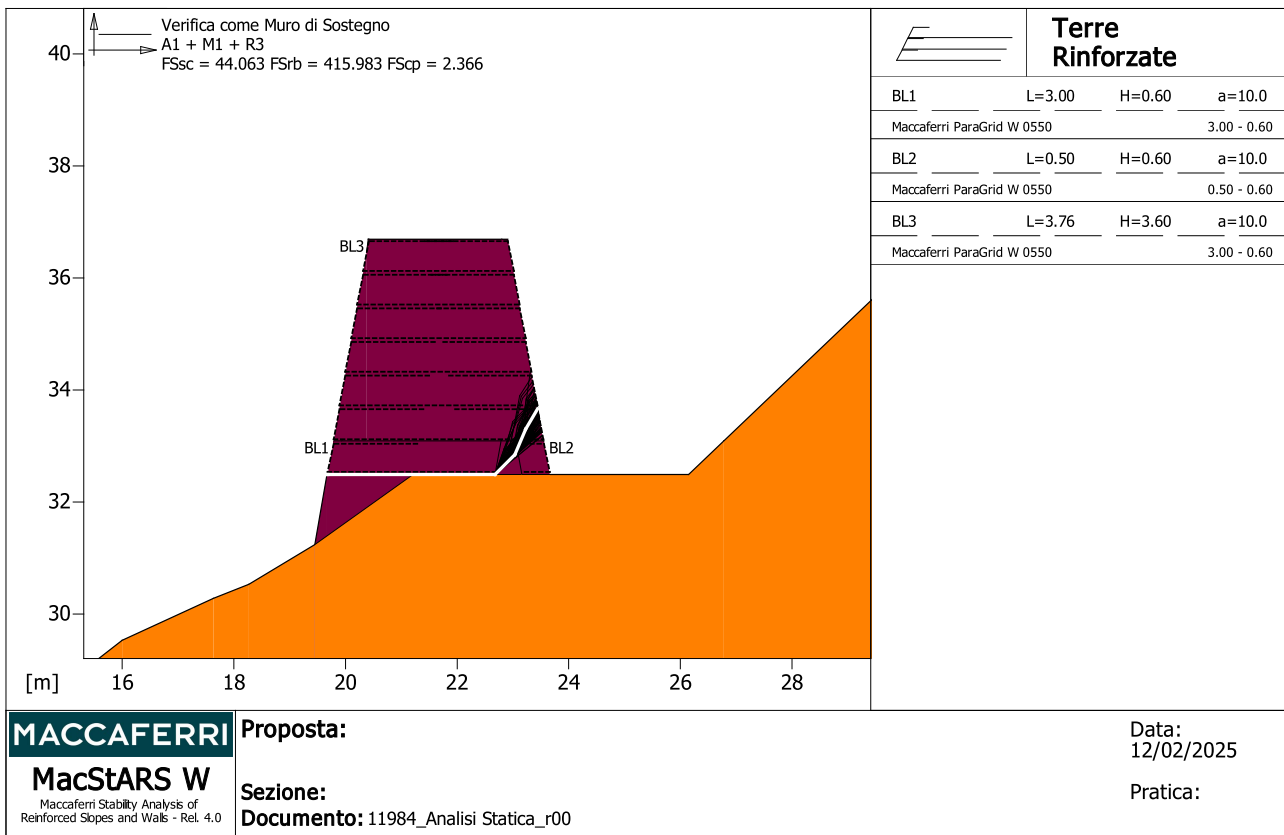
Risolto.....[m]..... = 1.50

**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

Maccaferri - ParaGrid W - 0550

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	50.00
Lunghezza minima di ancoraggio .....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.42
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.42
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.42
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.42
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo .....		0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.40

**VERIFICHE**



**Verifica come muro di sostegno :**

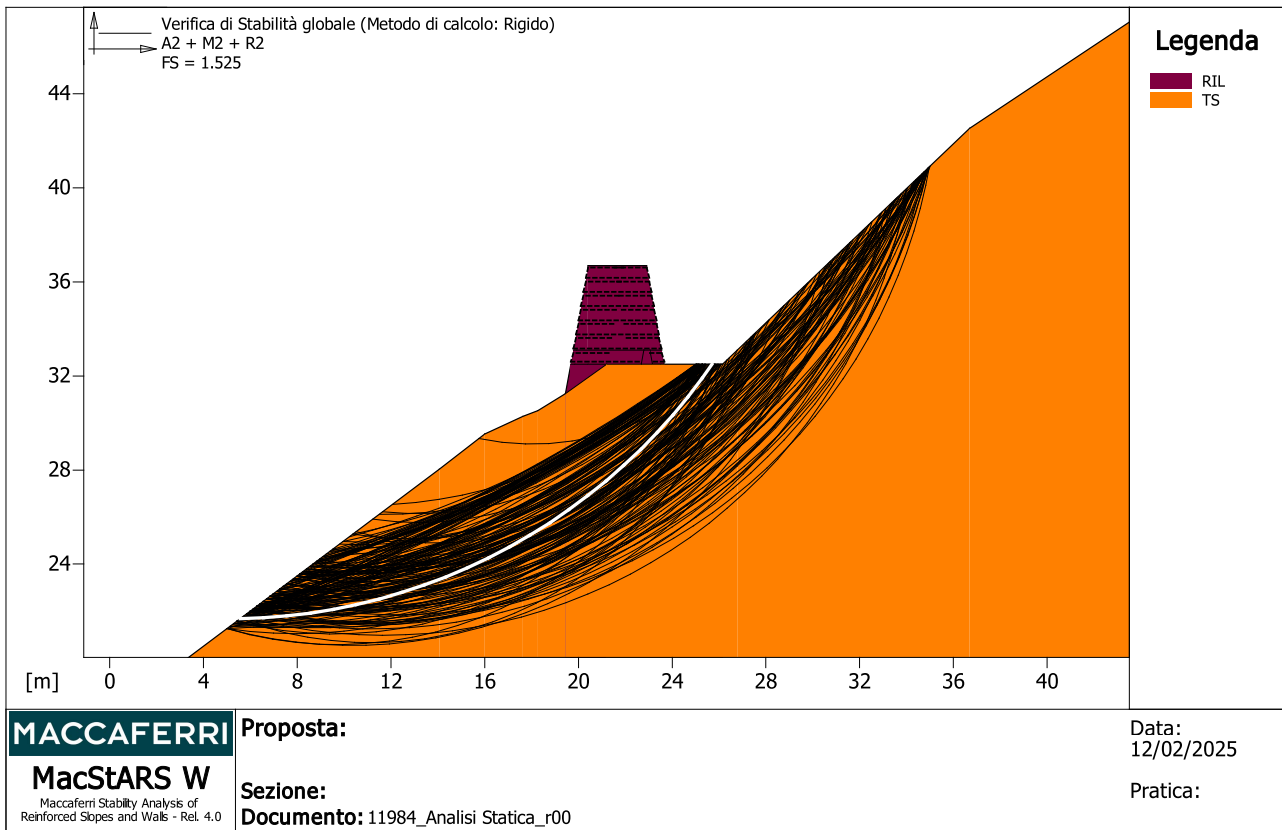
Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : BL1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 190.47  
 Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 3.93  
 Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento  
 Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 44.063  
 Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 477.82  
 Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 1.00  
 Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento  
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 415.983  
 Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 273.85  
 Pressione media agente.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 82.67  
 Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante  
 Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 2.366  
 Fondazione equivalente.....[m].....: 3.00  
 Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.42  
 Braccio momento.....[m].....: 0.25  
 Forza normale.....[kN].....: 247.99  
 Pressione estremo di valle.....[kN/m<sup>2</sup>].....: -20.43  
 Pressione estremo di monte.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 250.64

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.525

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
5.00	19.00	25.00	35.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	100
Numero totale superfici di prova.....:	1000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Blocco : BL1  
Maccaferri - ParaGrid W - 0550

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00

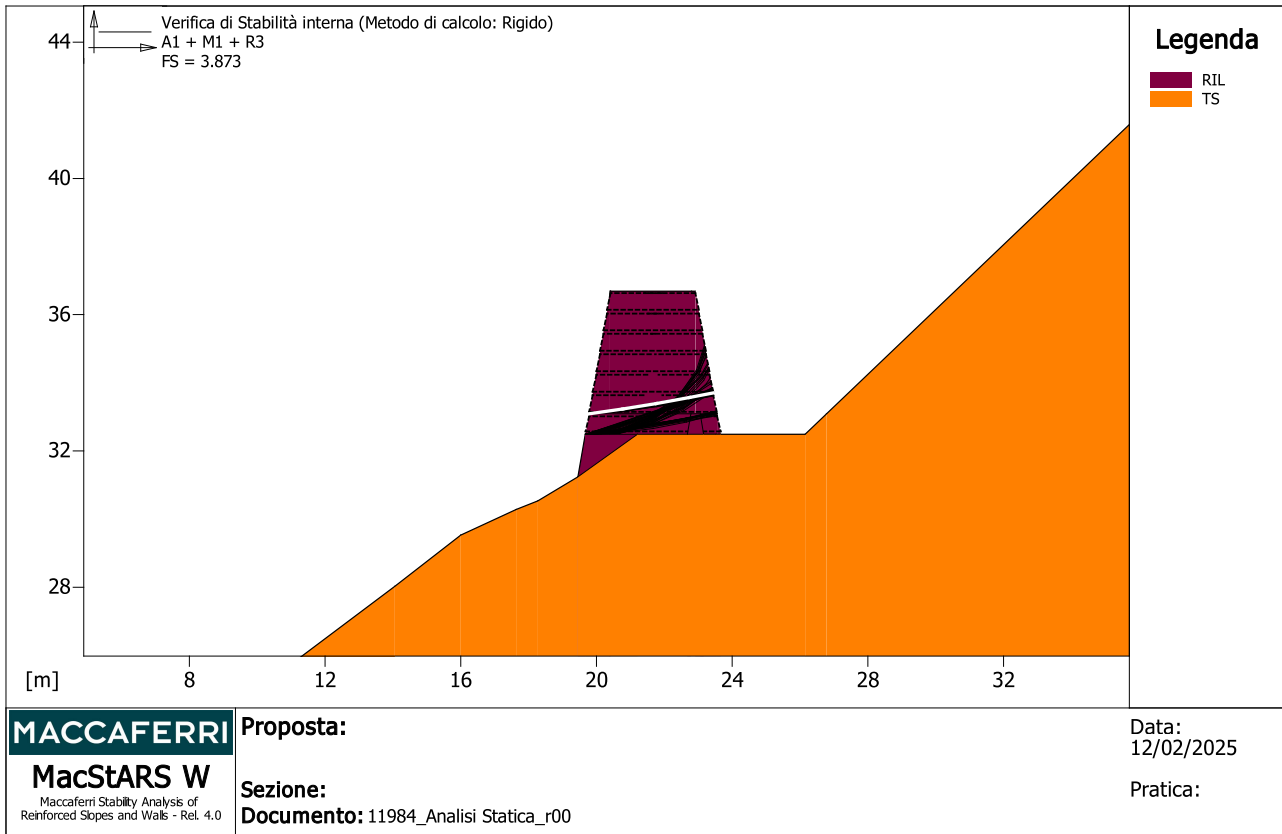
Blocco : BL2  
Maccaferri - ParaGrid W - 0550

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00

Blocco : BL3  
Maccaferri - ParaGrid W - 0550

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
0.600	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
1.200	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
1.800	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
2.400	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
3.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00

Fattore	Classe
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 3.873

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
	Primo punto	Secondo punto
BL1	21.00	27.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:	1
Numero totale superfici di prova.....:	1000
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:	1.00
Angolo limite orario..... [°].....:	0.00
Angolo limite antiorario..... [°].....:	0.00

Fattore	Classe
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.30	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Stabilità

**C) VERIFICA CON SOFTWARE MACCAFERRI SPA – CONDIZIONI SISMICHE**

**MacStARS W – Rel. 4.0**

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

**CONDIZIONI SISMICHE**

Verifiche condotte in accordo alla normativa: NTC 2018      Verifiche di sicurezza (SLU)

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

**Terreno : RIL**      Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 33.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 21.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : TS**      Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 20.00

Angolo d'attrito.....[°].....: 33.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 21.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**PROFILI STRATIGRAFICI**

**Strato: RIL**      Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
19.45	31.24	19.67	32.49	19.86	32.49	20.41	36.69
22.80	36.69	23.65	32.49				

**Strato: TS**      Descrizione:

Terreno : TS

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	17.51	14.06	28.03	16.00	29.53	17.63	30.28
18.27	30.53	19.45	31.24	21.21	32.49	23.65	32.49
26.15	32.49	36.70	42.52	49.05	50.72		

### BLOCCHI RINFORZATI

#### Blocco : BL1

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 3.00 Altezza..... = 0.60  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 19.68 Ordinata..... = 32.49  
 Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
 Rilevato strutturale.....: RIL  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

#### Rinforzi :

Maccaferri - ParaGrid W - 0550\_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 3.00  
 Interasse.....[m]..... = 0.60  
 Risvolto.....[m]..... = 1.50

#### Blocco : BL2

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 0.50 Altezza..... = 0.60  
 Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa..... = 23.66 Ordinata..... = 32.49  
 Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
 Rilevato strutturale.....: RIL  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

#### Rinforzi :

Maccaferri - ParaGrid W - 0550\_Seismic

Lunghezza.....[m]..... = 0.50  
 Interasse.....[m]..... = 0.60  
 Risvolto.....[m]..... = 0.50

#### Blocco : BL3

Dati principali.....[m].....: Larghezza..... = 3.76 Altezza..... = 3.60  
 Arretramento.....[m]..... = 0.00 da BL1  
 Inclinazione paramento...[°].....: 10.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia  
 Rilevato strutturale.....: RIL  
 Terreno di riempimento a tergo.....: RIL  
 Terreno di copertura.....: RIL  
 Terreno di fondazione.....: RIL

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00

Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Maccaferri - ParaGrid W - 0550\_Seismic

Lunghezza.....[m].....= 3.00

Interasse.....[m].....= 0.60

Risolto.....[m].....= 1.50

**CARICHI**

**Sisma :**

Classe : Sisma

Accelerazione...[m/s<sup>2</sup>]...: Orizzontale.....= 1.19 Verticale.....= 0.60

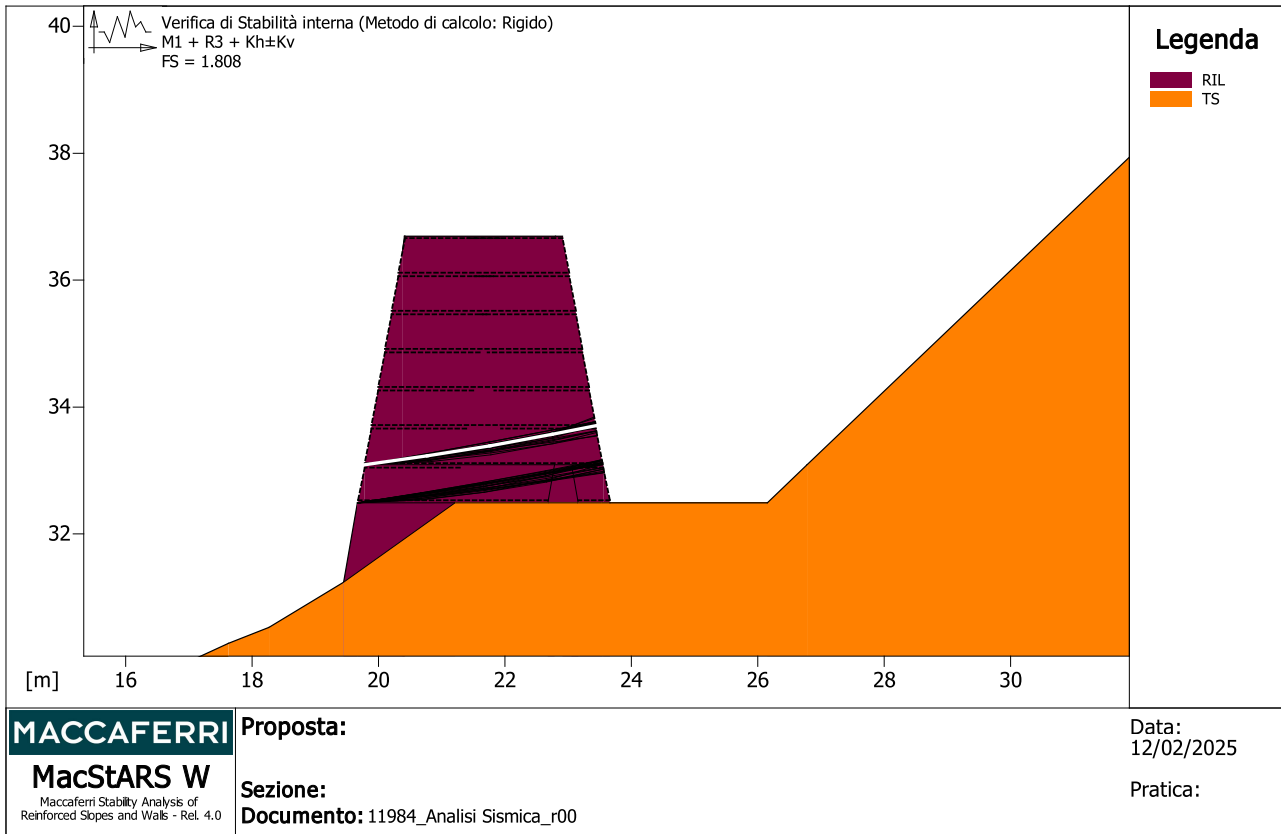
**PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI**

Maccaferri - ParaGrid W - 0550\_Seismic

Carico di rottura Nominale Tr .....	[kN/m].....	50.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....	[m].....	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....		1.20
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....		1.20
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....		1.20
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....		1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....		1.20
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....		1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo		0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....		0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....		0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....		0.40



**VERIFICHE**



**Verifica di stabilità interna :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

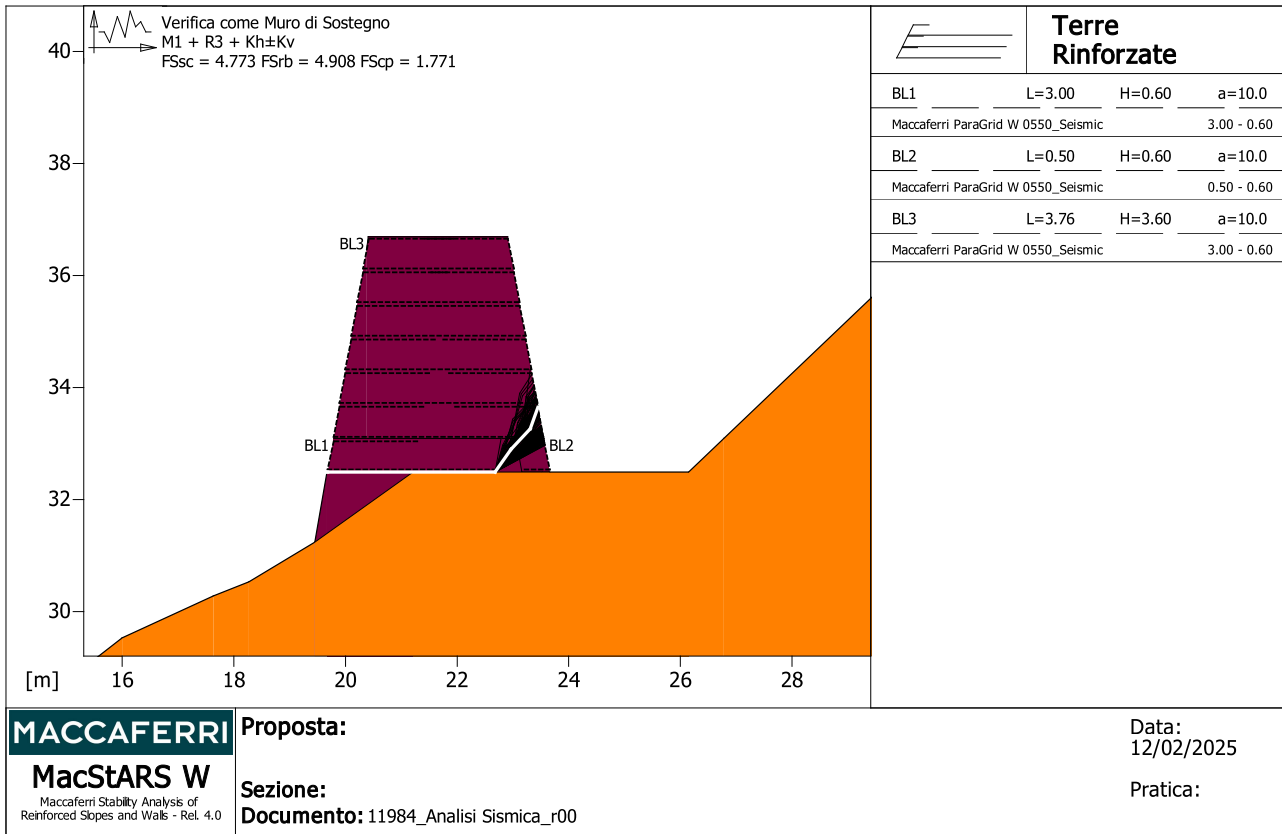
Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.808

Intervallo di ricerca delle superfici

Blocco	Segmento di arrivo, ascisse [m]	
BL1	Primo punto	Secondo punto
	21.00	27.00

Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....: 1  
 Numero totale superfici di prova.....: 1000  
 Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....: 1.00  
 Angolo limite orario..... [°].....: 0.00  
 Angolo limite antiorario..... [°].....: 0.00

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità



**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : BL1

Forza Stabilizzante.....[kN/m].....: 180.65

Forza Instabilizzante.....[kN/m].....: 37.85

Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 4.773

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m].....: 477.82

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m].....: 97.36

Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 4.908

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²].....: 167.11

Pressione media agente.....[kN/m²].....: 78.64

Classe pressione.....: Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....: 1.771

Fondazione equivalente.....[m].....: 3.00

Eccentricità forza normale.....[m].....: -0.13

Braccio momento.....[m].....: 2.57

Forza normale.....[kN].....: 232.86

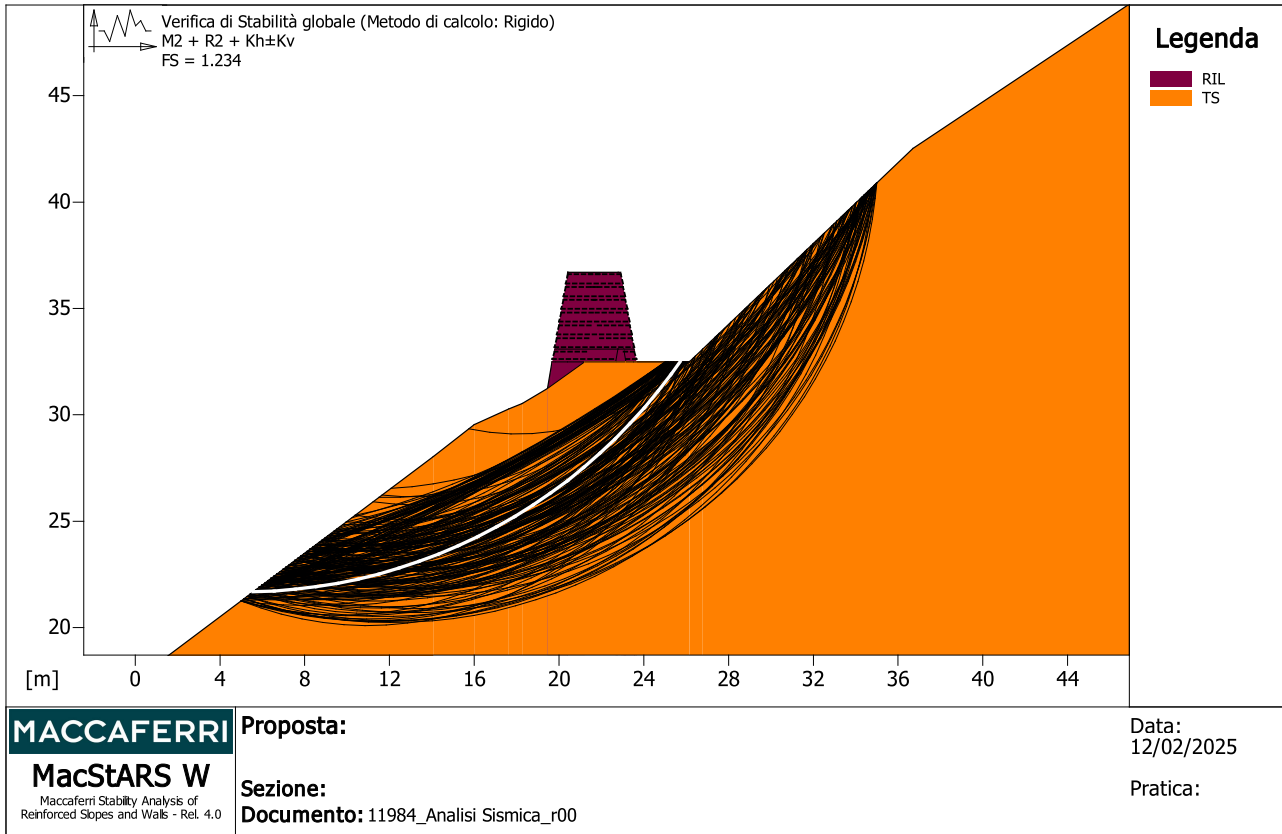
Pressione estremo di valle.....[kN/m²].....: 60.17

Pressione estremo di monte.....[kN/m²].....: 110.28

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi



- 1.00 Fs Sfilamento Rinforzi
- 1.00 Coeff. parziale R - Scorrimento
- 1.20 Coeff. parziale R - Capacità portante
- 1.00 Coeff. parziale R - Ribaltamento



**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.234

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
5.00	19.00	25.00	35.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		100	
Numero totale superfici di prova.....:		1000	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		1.00	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Blocco : BL1

Maccaferri - ParaGrid W - 0550\_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura	sfilamento	agente	1/Fmax	
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
0.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00



Blocco : BL2  
Maccaferri - ParaGrid W - 0550\_Seismic

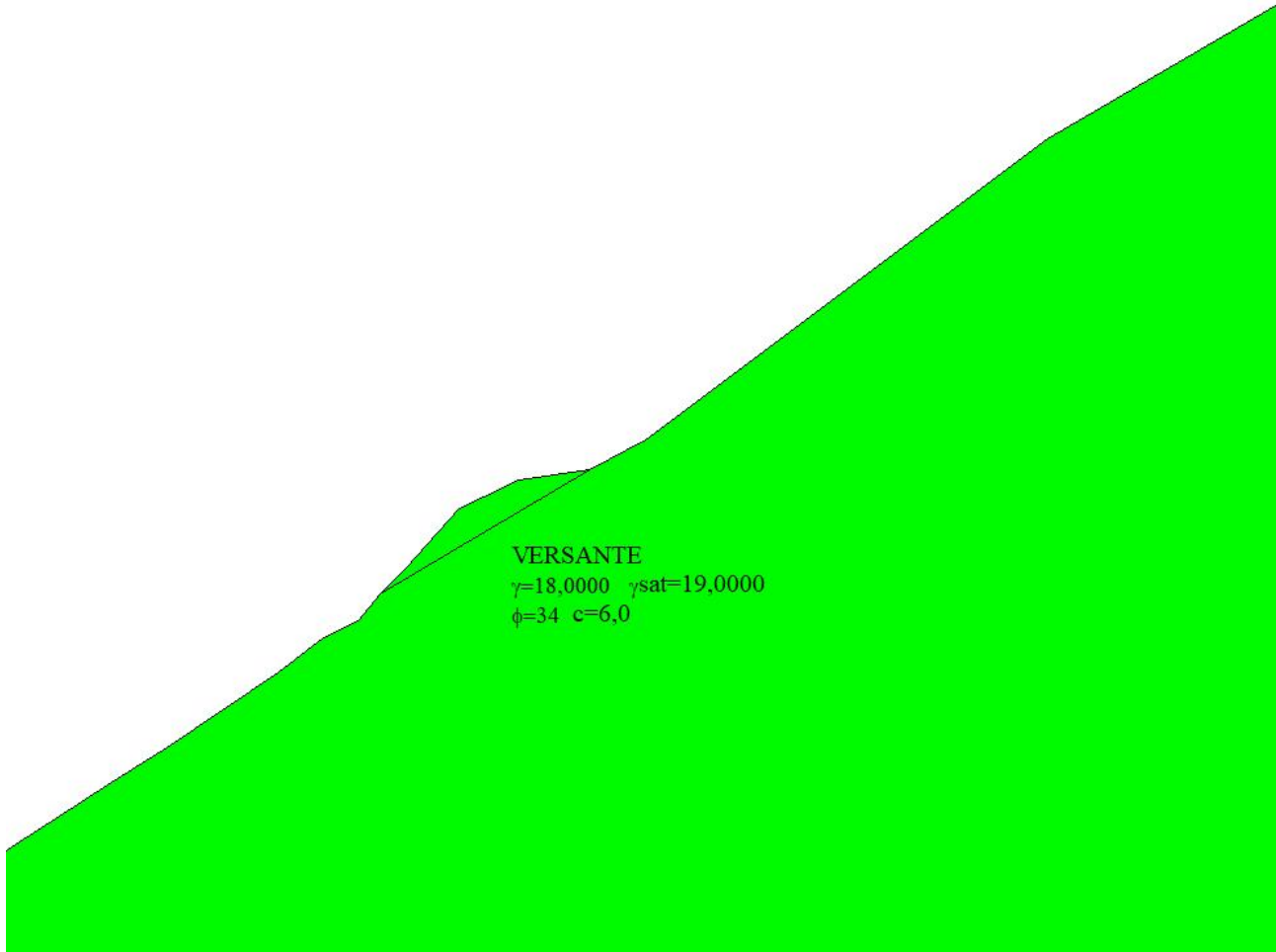
Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00

Blocco : BL3  
Maccaferri - ParaGrid W - 0550\_Seismic

Y	Tb	Tp	Td	Tb/Td	Tp/Td
[m]	rottura [kN/m]	sfilamento [kN/m]	agente [kN/m]	1/Fmax	
0.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
0.600	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
1.200	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
1.800	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
2.400	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00
3.000	50.0	-1.0	-1.0	-50.00	1.00

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - sfavorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.20	Coeff. Parziale R - Stabilità

## D) VERIFICA CON SOFTWARE STAP 16.0 – VERSANTE STATO ATTUALE



### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare nr. 7 del 21/01/2019  
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.



## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
<b>ΔX</b>	variazione delle forze tangenziali sulla striscia <b>ΔX = X<sub>d</sub> - X<sub>s</sub></b>
<b>ΔE</b>	variazione delle forze normali sulla striscia <b>ΔE = E<sub>d</sub> - E<sub>s</sub></b>

### Metodo di Fellenius (metodo svedese)

Il coefficiente di sicurezza fornito da **Fellenius** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**-esima rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**-esima e **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre **u<sub>i</sub>** ed **l<sub>i</sub>** rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia (**l<sub>i</sub> = b<sub>i</sub> / cos α<sub>i</sub>**).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in **n** strisce e dalla formula precedente si ricava **F**. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza del pendio il minimo dei coefficienti così determinati.



## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	VERSANTE	18,00	19,00	34,00	6,0

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	4,39
2	3,39	7,14
3	4,96	8,39
4	6,99	9,64
5	9,31	11,14
6	10,50	11,89
7	12,71	13,39
8	13,61	14,08
9	14,30	14,42
10	14,75	14,95
11	15,25	15,45
12	16,31	16,64
13	16,78	16,88
14	17,49	17,20
15	18,90	17,41
16	20,00	18,00
17	28,00	24,00
18	41,15	31,70
19	44,84	34,14
20	48,70	36,64
21	56,92	42,14
22	60,69	44,41

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (VERSANTE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	14,75	14,95
2	14,30	14,42
3	13,61	14,08
4	12,71	13,39
5	10,50	11,89
6	9,31	11,14
7	6,99	9,64
8	4,96	8,39
9	3,39	7,14
10	0,00	4,39
11	0,00	0,00
12	60,69	0,00
13	60,69	44,41
14	56,92	42,14
15	48,70	36,64
16	44,84	34,14
17	41,15	31,70
18	28,00	24,00
19	20,00	18,00
20	18,90	17,41

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (VERSANTE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	18,90	17,41
2	17,49	17,20
3	16,78	16,88
4	16,31	16,64
5	15,25	15,45
6	14,75	14,95

## Dati zona sismica

### Identificazione del sito

Latitudine 46.160026  
 Longitudine 10.765421  
 Comune Pinzolo  
 Provincia Trento  
 Regione Trentino-Alto Adige

Punti di interpolazione del reticolo 9397 - 9398 - 9176 - 9175

### Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni elevati  
 Vita nominale 100 anni  
 Classe d'uso IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose  
 Vita di riferimento 200 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.788	0.438
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.080	0.045
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.863	2.599
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.359	0.283
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T3	1.200	1.200
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.200	0.200
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	2.31	1.29
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	1.16	0.64

## Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -15,60$	$Y_0 = 21,61$
Passo maglia	[m]	$dX = 1,00$	$dY = 1,00$
Numero passi		$Nx = 34$	$Ny = 32$
Raggio	[m]	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 30

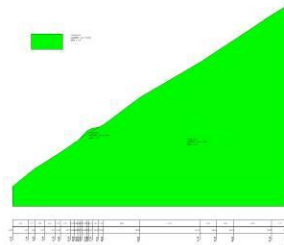


Fig. 1 - Profilo

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a

1,00 m

- freccia inferiore a

0,50 m

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	5015
Coefficiente di sicurezza minimo	1.338
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	5015	1.338	1	6.024	5015

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

X<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

X<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	-1,60	27,61	23,00	0,38	19,06	52,86	1,338 (F)	[PC]	--
2	C	-0,60	25,61	21,00	0,29	18,72	55,43	1,339 (F)	[PC]	--
3	C	-0,60	26,61	22,00	0,29	19,54	60,66	1,339 (F)	[PC]	--
4	C	-1,60	28,61	24,00	0,37	19,90	57,93	1,339 (F)	[PC]	--
5	C	-0,60	27,61	23,00	0,29	20,45	66,07	1,342 (F)	[PC]	--
6	C	-0,60	28,61	24,00	0,29	21,42	71,75	1,344 (F)	[PC]	--
7	C	0,40	24,61	20,00	0,27	19,10	62,91	1,345 (F)	[PC]	--
8	C	-1,60	26,61	22,00	0,38	18,35	47,85	1,346 (F)	[PC]	--
9	C	0,40	28,61	24,00	0,27	22,86	86,65	1,346 (F)	[PC]	--
10	C	0,40	25,61	21,00	0,27	19,97	68,45	1,347 (F)	[PC]	--

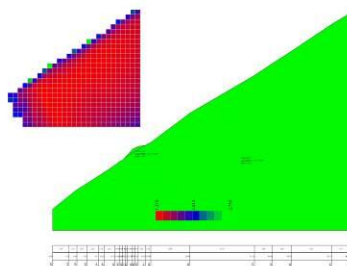


Fig. 2 - Mappa fattori di sicurezza - FELLENIUS

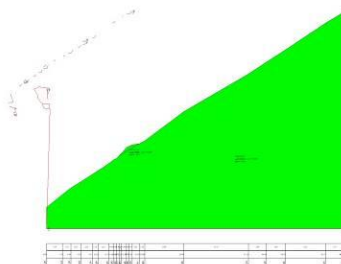


Fig. 3 - Curve di livello - FELLENIUS

**Analisi della superficie critica**

**Simbologia adottata**

- Le ascisse X sono considerate positive verso destra
- Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
- Le strisce sono numerate da valle verso monte
- N° numero d'ordine della striscia
- X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
- Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
- X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m
- Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m
- α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
- φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
- L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
- W peso della striscia espresso in kN
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kN
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
- X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

**Superficie n° 1**

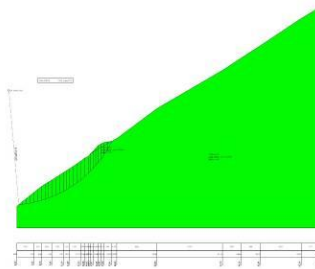


Fig. 4 - Superficie di rottura (Superficie n° 1)

**Analisi della superficie 1 - valori caratteristici**

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= -1,60	Y[m]= 27,61
Raggio del cerchio	R[m]= 23,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,38	Y <sub>v</sub> [m]= 4,70
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 19,06	Y <sub>m</sub> [m]= 17,49

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,38	4,70	4,70	1,13	5,31	4,77	0,88	4,92	0,76	5,87	34,00	6,0
2	1,13	5,31	4,77	1,88	5,92	4,88	1,55	5,24	0,76	7,76	34,00	6,0
3	1,88	5,92	4,88	2,64	6,53	5,00	2,28	5,59	0,76	9,66	34,00	6,0
4	2,64	6,53	5,00	3,39	7,14	5,16	3,03	5,97	0,77	11,57	34,00	6,0
5	3,39	7,14	5,16	4,18	7,77	5,35	3,80	6,36	0,81	13,54	34,00	6,0
6	4,18	7,77	5,35	4,96	8,39	5,57	4,58	6,77	0,81	15,56	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,57	5,64	8,81	5,78	5,30	7,14	0,71	17,46	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,78	6,31	9,22	6,01	5,98	7,46	0,72	19,23	34,00	6,0
9	6,31	9,22	6,01	6,99	9,64	6,27	6,65	7,79	0,72	21,03	34,00	6,0
10	6,99	9,64	6,27	7,76	10,14	6,60	7,38	8,17	0,84	22,98	34,00	6,0
11	7,76	10,14	6,60	8,54	10,64	6,96	8,15	8,59	0,85	25,09	34,00	6,0
12	8,54	10,64	6,96	9,31	11,14	7,36	8,93	9,03	0,87	27,23	34,00	6,0
13	9,31	11,14	7,36	9,91	11,52	7,69	9,61	9,43	0,68	29,17	34,00	6,0
14	9,91	11,52	7,69	10,50	11,89	8,05	10,20	9,79	0,69	30,88	34,00	6,0
15	10,50	11,89	8,05	11,24	12,39	8,53	10,87	10,21	0,88	32,83	34,00	6,0
16	11,24	12,39	8,53	11,97	12,89	9,04	11,60	10,71	0,90	35,05	34,00	6,0
17	11,97	12,89	9,04	12,71	13,39	9,60	12,34	11,23	0,93	37,32	34,00	6,0
18	12,71	13,39	9,60	13,61	14,08	10,36	13,16	11,86	1,17	39,94	34,00	6,0
19	13,61	14,08	10,36	14,30	14,42	10,99	13,95	12,46	0,94	42,57	34,00	6,0
20	14,30	14,42	10,99	14,75	14,95	11,43	14,53	12,95	0,63	44,52	34,00	6,0
21	14,75	14,95	11,43	15,25	15,45	11,96	15,00	13,45	0,72	46,21	34,00	6,0

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
22	15,25	15,45	11,96	15,78	16,05	12,55	15,52	14,00	0,79	48,09	34,00	6,0
23	15,78	16,05	12,55	16,31	16,64	13,18	16,04	14,60	0,83	50,11	34,00	6,0
24	16,31	16,64	13,18	16,78	16,88	13,78	16,54	15,12	0,77	52,09	34,00	6,0
25	16,78	16,88	13,78	17,49	17,20	14,78	17,12	15,65	1,22	54,57	34,00	6,0
26	17,49	17,20	14,78	18,20	17,31	15,90	17,81	16,27	1,32	57,74	34,00	6,0
27	18,20	17,31	15,90	18,90	17,41	17,18	18,46	16,87	1,46	61,21	34,00	6,0
28	18,90	17,41	17,18	19,06	17,49	17,49	18,95	17,36	0,35	63,47	34,00	6,0

Metodo di **FELLENIUS**

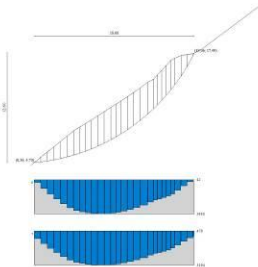


Fig. 5 - Forze di interstriscia (Superficie n° 1)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.338$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	Es [kN]	Ed [kN]	Xs [kN]	Xd [kN]	ID
1	3,62	0,00	3,60	5,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	10,69	0,00	10,59	8,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	17,41	0,00	17,16	12,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	23,79	0,00	23,30	15,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	31,09	0,00	30,22	18,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	37,04	0,00	35,68	21,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	35,65	0,00	34,00	20,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	37,99	0,00	35,87	21,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	40,04	0,00	37,37	22,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	48,05	0,00	44,24	26,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	50,21	0,00	45,47	26,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	51,88	0,00	46,13	27,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	40,69	0,00	35,53	20,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	41,02	0,00	35,21	20,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	51,08	0,00	42,92	25,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	51,13	0,00	41,86	25,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	50,61	0,00	40,25	24,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	60,82	0,00	46,64	28,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	44,41	0,00	32,71	20,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	28,13	0,00	20,06	12,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	31,55	0,00	21,84	14,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	33,36	0,00	22,28	14,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	33,20	0,00	21,29	14,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	27,74	0,00	17,04	12,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	35,24	0,00	20,43	15,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	24,27	0,00	12,95	12,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	10,37	0,00	4,99	9,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	0,32	0,00	0,14	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 2

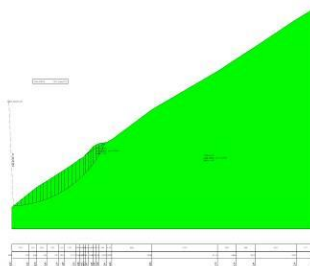


Fig. 6 - Superficie di rottura (Superficie n° 2)

**Analisi della superficie 2 - valori caratteristici**

Numero di strisce 27  
 Coordinate del centro X[m]= -0,60 Y[m]= 25,61  
 Raggio del cerchio R[m]= 21,00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 0,29 Y<sub>v</sub>[m]= 4,63  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 18,72 Y<sub>m</sub>[m]= 17,38

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>c</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,29	4,63	4,63	1,07	5,26	4,68	0,81	4,85	0,78	3,50	34,00	6,0
2	1,07	5,26	4,68	1,84	5,88	4,75	1,50	5,16	0,78	5,62	34,00	6,0
3	1,84	5,88	4,75	2,62	6,51	4,86	2,25	5,51	0,78	7,74	34,00	6,0
4	2,62	6,51	4,86	3,39	7,14	4,99	3,02	5,88	0,79	9,88	34,00	6,0
5	3,39	7,14	4,99	4,18	7,77	5,16	3,80	6,27	0,80	12,05	34,00	6,0
6	4,18	7,77	5,16	4,96	8,39	5,36	4,58	6,67	0,81	14,25	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,36	5,64	8,81	5,56	5,30	7,03	0,71	16,31	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,56	6,31	9,22	5,78	5,98	7,34	0,71	18,25	34,00	6,0
9	6,31	9,22	5,78	6,99	9,64	6,03	6,65	7,67	0,72	20,20	34,00	6,0
10	6,99	9,64	6,03	7,76	10,14	6,35	7,38	8,04	0,84	22,33	34,00	6,0
11	7,76	10,14	6,35	8,54	10,64	6,70	8,15	8,46	0,85	24,63	34,00	6,0
12	8,54	10,64	6,70	9,31	11,14	7,10	8,93	8,90	0,87	26,97	34,00	6,0
13	9,31	11,14	7,10	9,91	11,52	7,43	9,61	9,29	0,68	29,09	34,00	6,0
14	9,91	11,52	7,43	10,50	11,89	7,78	10,20	9,65	0,69	30,96	34,00	6,0
15	10,50	11,89	7,78	11,24	12,39	8,26	10,87	10,08	0,88	33,11	34,00	6,0
16	11,24	12,39	8,26	11,97	12,89	8,79	11,60	10,58	0,91	35,54	34,00	6,0
17	11,97	12,89	8,79	12,71	13,39	9,37	12,34	11,11	0,94	38,06	34,00	6,0
18	12,71	13,39	9,37	13,61	14,08	10,15	13,16	11,74	1,19	40,96	34,00	6,0
19	13,61	14,08	10,15	14,30	14,42	10,81	13,95	12,36	0,96	43,89	34,00	6,0
20	14,30	14,42	10,81	14,75	14,95	11,28	14,53	12,87	0,65	46,08	34,00	6,0
21	14,75	14,95	11,28	15,25	15,45	11,83	15,00	13,38	0,75	47,99	34,00	6,0
22	15,25	15,45	11,83	15,78	16,05	12,47	15,51	13,95	0,83	50,13	34,00	6,0
23	15,78	16,05	12,47	16,31	16,64	13,16	16,04	14,58	0,87	52,45	34,00	6,0
24	16,31	16,64	13,16	16,78	16,88	13,82	16,54	15,12	0,81	54,74	34,00	6,0
25	16,78	16,88	13,82	17,49	17,20	14,94	17,12	15,69	1,33	57,67	34,00	6,0
26	17,49	17,20	14,94	18,11	17,29	16,07	17,77	16,35	1,28	61,22	34,00	6,0
27	18,11	17,29	16,07	18,72	17,38	17,38	18,31	16,91	1,45	64,95	34,00	6,0

Metodo di **FELLENIUS**

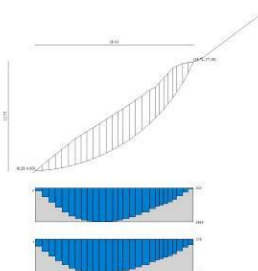


Fig. 7 - Forze di interstriscia (Superficie n° 2)

Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.339

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	4,04	0,00	4,03	5,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	11,93	0,00	11,87	9,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	19,41	0,00	19,23	13,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	26,48	0,00	26,09	16,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	33,58	0,00	32,84	20,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	39,81	0,00	38,59	23,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	38,24	0,00	36,70	21,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	40,75	0,00	38,70	22,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	42,95	0,00	40,31	23,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	51,53	0,00	47,66	27,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	53,81	0,00	48,91	28,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	55,56	0,00	49,52	28,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	43,55	0,00	38,06	22,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	43,89	0,00	37,63	22,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	54,58	0,00	45,72	26,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	54,54	0,00	44,38	26,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	53,86	0,00	42,41	25,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	64,44	0,00	48,66	29,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	46,83	0,00	33,75	21,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	29,48	0,00	20,45	13,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	32,79	0,00	21,95	14,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	34,31	0,00	21,99	14,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	33,67	0,00	20,52	14,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	27,66	0,00	15,97	11,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
25	33,95	0,00	18,16	15,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	19,29	0,00	9,29	10,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	6,79	0,00	2,88	7,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 3

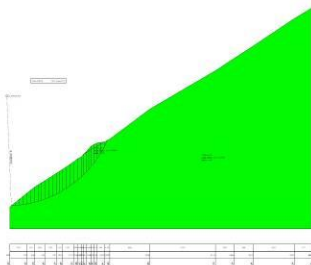


Fig. 8 - Superficie di rottura (Superficie n° 3)

**Analisi della superficie 3 - valori caratteristici**

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= -0,60	Y[m]= 26,61
Raggio del cerchio	R[m]= 22,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,29	Y <sub>v</sub> [m]= 4,63
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 19,54	Y <sub>m</sub> [m]= 17,75

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,29	4,63	4,63	1,07	5,26	4,67	0,81	4,85	0,78	3,34	34,00	6,0
2	1,07	5,26	4,67	1,84	5,88	4,75	1,50	5,16	0,78	5,36	34,00	6,0
3	1,84	5,88	4,75	2,62	6,51	4,85	2,25	5,51	0,78	7,39	34,00	6,0
4	2,62	6,51	4,85	3,39	7,14	4,97	3,02	5,88	0,78	9,43	34,00	6,0
5	3,39	7,14	4,97	4,18	7,77	5,13	3,80	6,26	0,80	11,49	34,00	6,0
6	4,18	7,77	5,13	4,96	8,39	5,32	4,58	6,66	0,81	13,59	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,32	5,64	8,81	5,51	5,30	7,01	0,70	15,55	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,51	6,31	9,22	5,72	5,98	7,32	0,71	17,39	34,00	6,0
9	6,31	9,22	5,72	6,99	9,64	5,96	6,65	7,64	0,72	19,25	34,00	6,0
10	6,99	9,64	5,96	7,76	10,14	6,26	7,38	8,00	0,83	21,26	34,00	6,0
11	7,76	10,14	6,26	8,54	10,64	6,60	8,15	8,41	0,84	23,44	34,00	6,0
12	8,54	10,64	6,60	9,31	11,14	6,97	8,93	8,84	0,86	25,66	34,00	6,0
13	9,31	11,14	6,97	9,91	11,52	7,28	9,61	9,23	0,67	27,65	34,00	6,0
14	9,91	11,52	7,28	10,50	11,89	7,62	10,20	9,58	0,68	29,41	34,00	6,0
15	10,50	11,89	7,62	11,24	12,39	8,07	10,87	9,99	0,86	31,43	34,00	6,0
16	11,24	12,39	8,07	11,97	12,89	8,56	11,61	10,48	0,89	33,70	34,00	6,0
17	11,97	12,89	8,56	12,71	13,39	9,09	12,34	10,98	0,91	36,04	34,00	6,0
18	12,71	13,39	9,09	13,61	14,08	9,81	13,16	11,59	1,15	38,73	34,00	6,0
19	13,61	14,08	9,81	14,30	14,42	10,42	13,95	12,18	0,92	41,43	34,00	6,0
20	14,30	14,42	10,42	14,75	14,95	10,85	14,53	12,66	0,62	43,44	34,00	6,0
21	14,75	14,95	10,85	15,25	15,45	11,35	15,00	13,15	0,71	45,17	34,00	6,0
22	15,25	15,45	11,35	15,78	16,05	11,92	15,52	13,69	0,78	47,11	34,00	6,0
23	15,78	16,05	11,92	16,31	16,64	12,54	16,04	14,29	0,81	49,18	34,00	6,0
24	16,31	16,64	12,54	16,78	16,88	13,12	16,54	14,79	0,75	51,21	34,00	6,0
25	16,78	16,88	13,12	17,49	17,20	14,09	17,12	15,31	1,20	53,75	34,00	6,0
26	17,49	17,20	14,09	18,20	17,31	15,18	17,82	15,92	1,29	57,00	34,00	6,0
27	18,20	17,31	15,18	18,90	17,41	16,42	18,50	16,54	1,43	60,55	34,00	6,0
28	18,90	17,41	16,42	19,54	17,75	17,75	19,11	17,20	1,47	64,34	34,00	6,0

Metodo di **FELLIENUS**

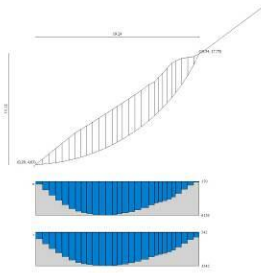


Fig. 9 - Forze di interstriscia (Superficie n° 3)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.339$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	4,06	0,00	4,05	5,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	11,99	0,00	11,94	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	19,53	0,00	19,37	13,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	26,69	0,00	26,33	16,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	33,88	0,00	33,20	20,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	40,24	0,00	39,12	23,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	38,73	0,00	37,31	21,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	41,37	0,00	39,48	23,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	43,71	0,00	41,27	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	52,60	0,00	49,02	28,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	55,13	0,00	50,58	29,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	57,17	0,00	51,54	29,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	45,02	0,00	39,88	23,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	45,57	0,00	39,69	23,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	57,01	0,00	48,65	28,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	57,40	0,00	47,75	28,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	57,22	0,00	46,26	27,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	69,35	0,00	54,10	32,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	51,30	0,00	38,46	23,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	32,79	0,00	23,81	14,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	36,89	0,00	26,01	16,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	39,20	0,00	26,68	16,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	39,23	0,00	25,65	16,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	33,25	0,00	20,83	13,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	43,89	0,00	25,95	18,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	33,25	0,00	18,11	14,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	19,77	0,00	9,72	11,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	5,66	0,00	2,45	7,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 4

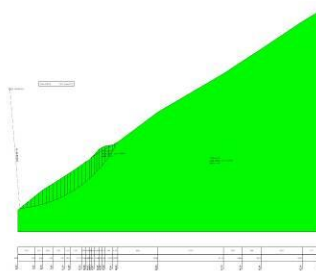


Fig. 10 - Superficie di rottura (Superficie n° 4)

**Analisi della superficie 4 - valori caratteristici**

Numero di strisce	29	
Coordinate del centro	X[m]= -1,60	Y[m]= 28,61
Raggio del cerchio	R[m]= 24,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,37	Y <sub>v</sub> [m]= 4,69
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 19,90	Y <sub>m</sub> [m]= 17,95

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,37	4,69	4,69	1,13	5,30	4,77	0,87	4,92	0,76	5,62	34,00	6,0

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
2	1,13	5,30	4,77	1,88	5,92	4,86	1,54	5,23	0,76	7,43	34,00	6,0
3	1,88	5,92	4,86	2,64	6,53	4,99	2,28	5,58	0,76	9,25	34,00	6,0
4	2,64	6,53	4,99	3,39	7,14	5,13	3,03	5,96	0,77	11,08	34,00	6,0
5	3,39	7,14	5,13	4,18	7,77	5,32	3,80	6,35	0,81	12,96	34,00	6,0
6	4,18	7,77	5,32	4,96	8,39	5,52	4,58	6,75	0,81	14,89	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,52	5,64	8,81	5,73	5,30	7,11	0,71	16,71	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,73	6,31	9,22	5,95	5,98	7,43	0,71	18,40	34,00	6,0
9	6,31	9,22	5,95	6,99	9,64	6,20	6,65	7,76	0,72	20,11	34,00	6,0
10	6,99	9,64	6,20	7,76	10,14	6,51	7,38	8,12	0,83	21,97	34,00	6,0
11	7,76	10,14	6,51	8,54	10,64	6,86	8,15	8,54	0,85	23,97	34,00	6,0
12	8,54	10,64	6,86	9,31	11,14	7,23	8,93	8,97	0,86	26,01	34,00	6,0
13	9,31	11,14	7,23	9,91	11,52	7,55	9,61	9,36	0,67	27,84	34,00	6,0
14	9,91	11,52	7,55	10,50	11,89	7,88	10,20	9,71	0,68	29,46	34,00	6,0
15	10,50	11,89	7,88	11,24	12,39	8,33	10,87	10,12	0,86	31,31	34,00	6,0
16	11,24	12,39	8,33	11,97	12,89	8,82	11,61	10,61	0,88	33,39	34,00	6,0
17	11,97	12,89	8,82	12,71	13,39	9,34	12,34	11,11	0,91	35,52	34,00	6,0
18	12,71	13,39	9,34	13,61	14,08	10,05	13,16	11,71	1,14	37,96	34,00	6,0
19	13,61	14,08	10,05	14,30	14,42	10,63	13,95	12,29	0,91	40,41	34,00	6,0
20	14,30	14,42	10,63	14,75	14,95	11,04	14,53	12,76	0,61	42,22	34,00	6,0
21	14,75	14,95	11,04	15,25	15,45	11,52	15,00	13,24	0,69	43,77	34,00	6,0
22	15,25	15,45	11,52	15,78	16,05	12,06	15,52	13,77	0,76	45,50	34,00	6,0
23	15,78	16,05	12,06	16,31	16,64	12,63	16,05	14,34	0,78	47,33	34,00	6,0
24	16,31	16,64	12,63	16,78	16,88	13,18	16,54	14,83	0,72	49,12	34,00	6,0
25	16,78	16,88	13,18	17,49	17,20	14,06	17,13	15,32	1,14	51,34	34,00	6,0
26	17,49	17,20	14,06	18,20	17,31	15,04	17,82	15,89	1,20	54,13	34,00	6,0
27	18,20	17,31	15,04	18,90	17,41	16,13	18,51	16,44	1,30	57,12	34,00	6,0
28	18,90	17,41	16,13	19,40	17,68	16,99	19,13	17,02	1,00	59,86	34,00	6,0
29	19,40	17,68	16,99	19,90	17,95	17,95	19,57	17,54	1,08	62,33	34,00	6,0

Metodo di **FELLENIUS**

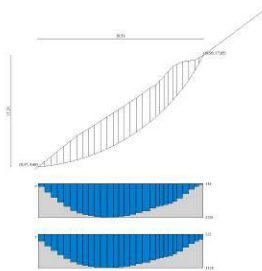


Fig. 11 - Forze di interstriscia (Superficie n° 4)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.339$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	Es [kN]	Ed [kN]	Xs [kN]	Xd [kN]	ID
1	3,65	0,00	3,64	5,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	10,80	0,00	10,71	8,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	17,61	0,00	17,38	12,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	24,09	0,00	23,64	15,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	31,48	0,00	30,68	19,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	37,56	0,00	36,30	21,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	36,21	0,00	34,68	20,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	38,68	0,00	36,70	21,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	40,87	0,00	38,38	22,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	49,19	0,00	45,62	26,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	51,59	0,00	47,14	27,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	53,53	0,00	48,11	28,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	42,17	0,00	37,29	21,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	42,70	0,00	37,18	21,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	53,47	0,00	45,69	26,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	53,91	0,00	45,02	26,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	53,84	0,00	43,82	26,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	65,46	0,00	51,61	31,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	48,58	0,00	36,99	22,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	31,17	0,00	23,09	14,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	35,28	0,00	25,48	15,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	37,76	0,00	26,47	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	38,12	0,00	25,84	16,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	32,61	0,00	21,34	13,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	43,70	0,00	27,30	18,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	34,27	0,00	20,08	15,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	22,50	0,00	12,21	11,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	8,86	0,00	4,45	6,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	3,09	0,00	1,44	5,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 5

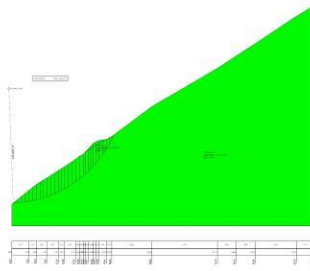


Fig. 12 - Superficie di rottura (Superficie n° 5)

**Analisi della superficie 5 - valori caratteristici**

Numero di strisce	30	
Coordinate del centro	X[m]= -0,60	Y[m]= 27,61
Raggio del cerchio	R[m]= 23,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,29	Y <sub>v</sub> [m]= 4,63
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 20,45	Y <sub>m</sub> [m]= 18,34

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,29	4,63	4,63	1,07	5,26	4,67	0,81	4,85	0,78	3,19	34,00	6,0
2	1,07	5,26	4,67	1,84	5,88	4,74	1,50	5,16	0,78	5,12	34,00	6,0
3	1,84	5,88	4,74	2,62	6,51	4,84	2,25	5,50	0,78	7,06	34,00	6,0
4	2,62	6,51	4,84	3,39	7,14	4,96	3,02	5,87	0,78	9,01	34,00	6,0
5	3,39	7,14	4,96	4,18	7,77	5,11	3,80	6,25	0,80	10,99	34,00	6,0
6	4,18	7,77	5,11	4,96	8,39	5,29	4,58	6,64	0,81	12,99	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,29	5,64	8,81	5,47	5,30	6,99	0,70	14,86	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,47	6,31	9,22	5,67	5,98	7,30	0,71	16,61	34,00	6,0
9	6,31	9,22	5,67	6,99	9,64	5,90	6,65	7,61	0,71	18,38	34,00	6,0
10	6,99	9,64	5,90	7,76	10,14	6,18	7,38	7,97	0,82	20,30	34,00	6,0
11	7,76	10,14	6,18	8,54	10,64	6,50	8,15	8,37	0,84	22,36	34,00	6,0
12	8,54	10,64	6,50	9,31	11,14	6,85	8,93	8,79	0,85	24,46	34,00	6,0
13	9,31	11,14	6,85	9,91	11,52	7,15	9,61	9,17	0,66	26,35	34,00	6,0
14	9,91	11,52	7,15	10,50	11,89	7,47	10,20	9,51	0,67	28,02	34,00	6,0
15	10,50	11,89	7,47	11,24	12,39	7,89	10,87	9,91	0,85	29,91	34,00	6,0
16	11,24	12,39	7,89	11,97	12,89	8,35	11,61	10,38	0,87	32,06	34,00	6,0
17	11,97	12,89	8,35	12,71	13,39	8,85	12,34	10,87	0,89	34,25	34,00	6,0
18	12,71	13,39	8,85	13,61	14,08	9,52	13,16	11,46	1,12	36,76	34,00	6,0
19	13,61	14,08	9,52	14,30	14,42	10,09	13,95	12,03	0,89	39,27	34,00	6,0
20	14,30	14,42	10,09	14,75	14,95	10,48	14,53	12,49	0,60	41,12	34,00	6,0
21	14,75	14,95	10,48	15,25	15,45	10,94	15,00	12,96	0,68	42,71	34,00	6,0
22	15,25	15,45	10,94	15,78	16,05	11,46	15,52	13,48	0,74	44,49	34,00	6,0
23	15,78	16,05	11,46	16,31	16,64	12,02	16,05	14,04	0,77	46,37	34,00	6,0
24	16,31	16,64	12,02	16,78	16,88	12,55	16,54	14,52	0,71	48,20	34,00	6,0
25	16,78	16,88	12,55	17,49	17,20	13,41	17,13	15,00	1,12	50,47	34,00	6,0
26	17,49	17,20	13,41	18,20	17,31	14,35	17,83	15,56	1,18	53,33	34,00	6,0
27	18,20	17,31	14,35	18,90	17,41	15,41	18,52	16,10	1,27	56,39	34,00	6,0
28	18,90	17,41	15,41	19,45	17,70	16,34	19,16	16,70	1,08	59,32	34,00	6,0
29	19,45	17,70	16,34	20,00	18,00	17,38	19,69	17,31	1,18	62,13	34,00	6,0
30	20,00	18,00	17,38	20,45	18,34	18,34	20,15	17,91	1,05	64,91	34,00	6,0

**Metodo di FELLENIUS**

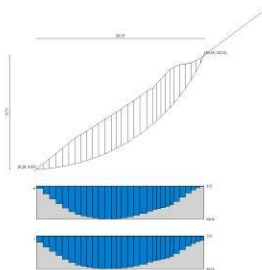


Fig. 13 - Forze di interstriscia (Superficie n° 5)

Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.342

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W	Q	N	T	U	E <sub>s</sub>	E <sub>d</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>d</sub>	ID
----	---	---	---	---	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----

	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
1	4,08	0,00	4,07	5,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	12,05	0,00	12,00	9,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	19,65	0,00	19,50	13,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	26,88	0,00	26,55	16,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	34,16	0,00	33,53	20,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	40,64	0,00	39,60	23,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	39,18	0,00	37,87	22,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	41,93	0,00	40,18	23,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	44,40	0,00	42,14	24,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	53,57	0,00	50,25	28,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	56,33	0,00	52,09	29,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	58,62	0,00	53,36	30,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	46,33	0,00	41,51	23,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	47,07	0,00	41,55	23,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	59,17	0,00	51,29	29,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	59,93	0,00	50,79	29,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	60,18	0,00	49,74	28,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	73,65	0,00	59,01	34,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	55,18	0,00	42,72	25,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	35,64	0,00	26,85	16,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	40,39	0,00	29,67	17,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	43,35	0,00	30,93	18,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	43,89	0,00	30,28	18,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	37,88	0,00	25,24	15,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	51,94	0,00	33,06	21,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	42,80	0,00	25,56	18,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	31,40	0,00	17,38	14,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	16,64	0,00	8,49	9,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	9,82	0,00	4,59	7,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
30	2,49	0,00	1,06	5,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 6

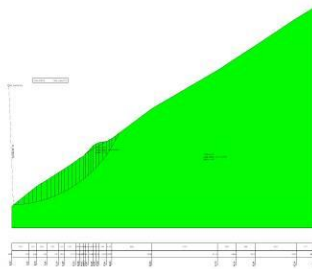


Fig. 14 - Superficie di rottura (Superficie n° 6)

### Analisi della superficie 6 - valori caratteristici

Numero di strisce	29	
Coordinate del centro	X[m]= -0,60	Y[m]= 28,61
Raggio del cerchio	R[m]= 24,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,29	Y <sub>v</sub> [m]= 4,63
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 21,42	Y <sub>m</sub> [m]= 19,07

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,29	4,63	4,63	1,32	5,46	4,69	0,98	4,93	1,03	3,36	34,00	6,0
2	1,32	5,46	4,69	2,36	6,30	4,79	1,90	5,34	1,04	5,84	34,00	6,0
3	2,36	6,30	4,79	3,39	7,14	4,94	2,91	5,81	1,04	8,32	34,00	6,0
4	3,39	7,14	4,94	4,18	7,77	5,09	3,80	6,24	0,80	10,52	34,00	6,0
5	4,18	7,77	5,09	4,96	8,39	5,26	4,58	6,63	0,80	12,44	34,00	6,0
6	4,96	8,39	5,26	5,98	9,02	5,53	5,48	7,05	1,05	14,65	34,00	6,0
7	5,98	9,02	5,53	6,99	9,64	5,84	6,49	7,51	1,06	17,17	34,00	6,0
8	6,99	9,64	5,84	7,76	10,14	6,11	7,38	7,94	0,82	19,42	34,00	6,0
9	7,76	10,14	6,11	8,54	10,64	6,42	8,15	8,33	0,83	21,39	34,00	6,0
10	8,54	10,64	6,42	9,31	11,14	6,75	8,93	8,74	0,84	23,38	34,00	6,0
11	9,31	11,14	6,75	9,91	11,52	7,03	9,61	9,11	0,66	25,17	34,00	6,0
12	9,91	11,52	7,03	10,50	11,89	7,33	10,20	9,44	0,67	26,75	34,00	6,0
13	10,50	11,89	7,33	11,24	12,39	7,73	10,87	9,84	0,84	28,55	34,00	6,0
14	11,24	12,39	7,73	11,97	12,89	8,17	11,61	10,30	0,86	30,57	34,00	6,0
15	11,97	12,89	8,17	12,71	13,39	8,64	12,34	10,77	0,87	32,64	34,00	6,0
16	12,71	13,39	8,64	13,61	14,08	9,27	13,16	11,35	1,10	34,99	34,00	6,0
17	13,61	14,08	9,27	14,30	14,42	9,80	13,95	11,89	0,87	37,34	34,00	6,0
18	14,30	14,42	9,80	14,75	14,95	10,16	14,53	12,33	0,58	39,07	34,00	6,0
19	14,75	14,95	10,16	15,25	15,45	10,59	15,00	12,79	0,66	40,55	34,00	6,0
20	15,25	15,45	10,59	15,78	16,05	11,07	15,52	13,29	0,72	42,19	34,00	6,0
21	15,78	16,05	11,07	16,31	16,64	11,58	16,05	13,83	0,74	43,92	34,00	6,0
22	16,31	16,64	11,58	16,78	16,88	12,06	16,54	14,29	0,67	45,60	34,00	6,0

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
23	16,78	16,88	12,06	17,49	17,20	12,84	17,13	14,74	1,05	47,66	34,00	6,0
24	17,49	17,20	12,84	18,20	17,31	13,69	17,83	15,25	1,10	50,23	34,00	6,0
25	18,20	17,31	13,69	18,90	17,41	14,62	18,53	15,74	1,17	52,94	34,00	6,0
26	18,90	17,41	14,62	19,45	17,70	15,42	19,17	16,28	0,97	55,50	34,00	6,0
27	19,45	17,70	15,42	20,00	18,00	16,30	19,71	16,84	1,03	57,89	34,00	6,0
28	20,00	18,00	16,30	20,71	18,53	17,57	20,32	17,56	1,46	60,87	34,00	6,0
29	20,71	18,53	17,57	21,42	19,07	19,07	20,95	18,39	1,66	64,59	34,00	6,0

Metodo di **FELLENIUS**

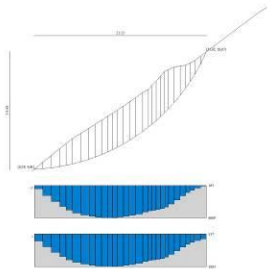


Fig. 15 - Forze di interstriscia (Superficie n° 6)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.344$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	7,22	0,00	7,21	8,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	21,25	0,00	21,14	15,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	34,44	0,00	34,08	21,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	34,42	0,00	33,84	20,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	40,99	0,00	40,03	23,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	60,42	0,00	58,45	34,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	66,55	0,00	63,58	36,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	54,45	0,00	51,36	29,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	57,41	0,00	53,46	30,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	59,93	0,00	55,01	31,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	47,51	0,00	43,00	24,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	48,42	0,00	43,24	24,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	61,11	0,00	53,68	30,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	62,20	0,00	53,55	30,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	62,81	0,00	52,89	30,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	77,45	0,00	63,45	36,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	58,60	0,00	46,59	27,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	38,13	0,00	29,60	17,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	43,43	0,00	33,00	19,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	46,93	0,00	34,77	20,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	47,88	0,00	34,49	20,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	41,80	0,00	29,25	17,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	58,68	0,00	39,52	24,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	50,64	0,00	32,40	21,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	40,68	0,00	24,51	17,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	25,13	0,00	14,23	11,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	19,75	0,00	10,50	9,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	17,04	0,00	8,30	10,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	6,15	0,00	2,64	8,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 7

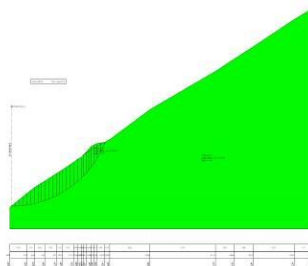


Fig. 16 - Superficie di rottura (Superficie n° 7)

**Analisi della superficie 7 - valori caratteristici**

Numero di strisce 28  
 Coordinate del centro X[m]= 0,40 Y[m]= 24,61  
 Raggio del cerchio R[m]= 20,00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 0,27 Y<sub>v</sub>[m]= 4,61  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 19,10 Y<sub>m</sub>[m]= 17,52

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,27	4,61	4,61	1,05	5,24	4,62	0,79	4,82	0,78	0,75	34,00	6,0
2	1,05	5,24	4,62	1,83	5,88	4,66	1,48	5,12	0,78	2,98	34,00	6,0
3	1,83	5,88	4,66	2,61	6,51	4,73	2,25	5,46	0,78	5,22	34,00	6,0
4	2,61	6,51	4,73	3,39	7,14	4,83	3,02	5,81	0,79	7,47	34,00	6,0
5	3,39	7,14	4,83	4,18	7,77	4,97	3,80	6,18	0,80	9,74	34,00	6,0
6	4,18	7,77	4,97	4,96	8,39	5,14	4,58	6,57	0,80	12,03	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,14	5,64	8,81	5,31	5,30	6,91	0,70	14,18	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,31	6,31	9,22	5,50	5,98	7,21	0,70	16,19	34,00	6,0
9	6,31	9,22	5,50	6,99	9,64	5,73	6,65	7,52	0,71	18,22	34,00	6,0
10	6,99	9,64	5,73	7,76	10,14	6,01	7,38	7,88	0,83	20,42	34,00	6,0
11	7,76	10,14	6,01	8,54	10,64	6,34	8,15	8,29	0,84	22,80	34,00	6,0
12	8,54	10,64	6,34	9,31	11,14	6,70	8,93	8,71	0,85	25,23	34,00	6,0
13	9,31	11,14	6,70	9,91	11,52	7,01	9,61	9,09	0,67	27,42	34,00	6,0
14	9,91	11,52	7,01	10,50	11,89	7,35	10,20	9,44	0,68	29,35	34,00	6,0
15	10,50	11,89	7,35	11,24	12,39	7,80	10,87	9,86	0,86	31,57	34,00	6,0
16	11,24	12,39	7,80	11,97	12,89	8,30	11,61	10,34	0,89	34,08	34,00	6,0
17	11,97	12,89	8,30	12,71	13,39	8,85	12,34	10,86	0,92	36,67	34,00	6,0
18	12,71	13,39	8,85	13,61	14,08	9,59	13,16	11,48	1,17	39,66	34,00	6,0
19	13,61	14,08	9,59	14,30	14,42	10,23	13,95	12,08	0,94	42,68	34,00	6,0
20	14,30	14,42	10,23	14,75	14,95	10,68	14,53	12,57	0,64	44,94	34,00	6,0
21	14,75	14,95	10,68	15,25	15,45	11,21	15,00	13,07	0,73	46,90	34,00	6,0
22	15,25	15,45	11,21	15,78	16,05	11,83	15,51	13,63	0,81	49,10	34,00	6,0
23	15,78	16,05	11,83	16,31	16,64	12,49	16,04	14,25	0,85	51,48	34,00	6,0
24	16,31	16,64	12,49	16,78	16,88	13,13	16,54	14,78	0,80	53,84	34,00	6,0
25	16,78	16,88	13,13	17,49	17,20	14,22	17,12	15,35	1,30	56,84	34,00	6,0
26	17,49	17,20	14,22	18,20	17,31	15,48	17,81	16,02	1,44	60,77	34,00	6,0
27	18,20	17,31	15,48	18,90	17,41	17,01	18,47	16,71	1,68	65,26	34,00	6,0
28	18,90	17,41	17,01	19,10	17,52	17,52	18,97	17,31	0,54	68,45	34,00	6,0

**Metodo di FELLENIUS**

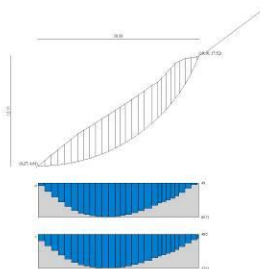


Fig. 17 - Forze di interstriscia (Superficie n° 7)

Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.345

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	4,37	0,00	4,37	5,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	12,88	0,00	12,87	9,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	20,97	0,00	20,88	13,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	28,63	0,00	28,39	17,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	36,04	0,00	35,52	21,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	42,73	0,00	41,80	24,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	41,12	0,00	39,87	23,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	43,96	0,00	42,22	24,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	46,48	0,00	44,15	25,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	55,95	0,00	52,43	29,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	58,64	0,00	54,06	30,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	60,80	0,00	55,00	31,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	47,86	0,00	42,49	24,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	48,43	0,00	42,21	24,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	60,55	0,00	51,59	29,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	60,87	0,00	50,41	29,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	60,56	0,00	48,57	28,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	73,14	0,00	56,30	33,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	53,88	0,00	39,61	24,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	34,27	0,00	24,26	15,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	38,29	0,00	26,16	16,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	40,34	0,00	26,41	16,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
23	39,92	0,00	24,86	16,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	33,40	0,00	19,70	13,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	42,97	0,00	23,50	17,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	30,47	0,00	14,88	13,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	14,11	0,00	5,90	10,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	0,72	0,00	0,26	2,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 8

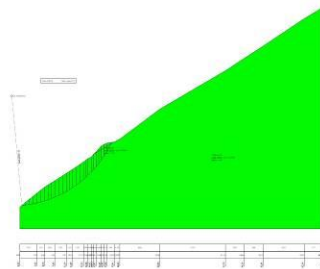


Fig. 18 - Superficie di rottura (Superficie n° 8)

**Analisi della superficie 8 - valori caratteristici**

Numero di strisce	27	
Coordinate del centro	X[m]= -1,60	Y[m]= 26,61
Raggio del cerchio	R[m]= 22,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,38	Y <sub>v</sub> [m]= 4,70
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 18,35	Y <sub>m</sub> [m]= 17,33

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,38	4,70	4,70	1,13	5,31	4,78	0,88	4,93	0,76	6,15	34,00	6,0
2	1,13	5,31	4,78	1,89	5,92	4,89	1,55	5,24	0,76	8,13	34,00	6,0
3	1,89	5,92	4,89	2,64	6,53	5,02	2,29	5,60	0,76	10,11	34,00	6,0
4	2,64	6,53	5,02	3,39	7,14	5,18	3,03	5,98	0,77	12,11	34,00	6,0
5	3,39	7,14	5,18	4,18	7,77	5,38	3,80	6,37	0,81	14,16	34,00	6,0
6	4,18	7,77	5,38	4,96	8,39	5,61	4,58	6,79	0,82	16,28	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,61	5,64	8,81	5,83	5,30	7,16	0,71	18,28	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,83	6,31	9,22	6,08	5,98	7,49	0,72	20,14	34,00	6,0
9	6,31	9,22	6,08	6,99	9,64	6,36	6,65	7,83	0,73	22,03	34,00	6,0
10	6,99	9,64	6,36	7,76	10,14	6,70	7,38	8,21	0,85	24,09	34,00	6,0
11	7,76	10,14	6,70	8,54	10,64	7,08	8,15	8,64	0,86	26,31	34,00	6,0
12	8,54	10,64	7,08	9,31	11,14	7,51	8,92	9,09	0,88	28,58	34,00	6,0
13	9,31	11,14	7,51	9,91	11,52	7,86	9,61	9,50	0,69	30,63	34,00	6,0
14	9,91	11,52	7,86	10,50	11,89	8,24	10,20	9,87	0,71	32,45	34,00	6,0
15	10,50	11,89	8,24	11,24	12,39	8,74	10,87	10,31	0,89	34,53	34,00	6,0
16	11,24	12,39	8,74	11,97	12,89	9,30	11,60	10,83	0,92	36,90	34,00	6,0
17	11,97	12,89	9,30	12,71	13,39	9,90	12,34	11,37	0,95	39,34	34,00	6,0
18	12,71	13,39	9,90	13,16	13,74	10,30	12,93	11,83	0,60	41,36	34,00	6,0
19	13,16	13,74	10,30	13,61	14,08	10,71	13,38	12,21	0,61	42,94	34,00	6,0
20	13,61	14,08	10,71	14,30	14,42	11,41	13,95	12,65	0,98	45,01	34,00	6,0
21	14,30	14,42	11,41	14,75	14,95	11,89	14,53	13,17	0,66	47,14	34,00	6,0
22	14,75	14,95	11,89	15,25	15,45	12,47	15,00	13,69	0,76	49,00	34,00	6,0
23	15,25	15,45	12,47	15,78	16,05	13,12	15,51	14,27	0,84	51,09	34,00	6,0
24	15,78	16,05	13,12	16,31	16,64	13,83	16,04	14,91	0,89	53,34	34,00	6,0
25	16,31	16,64	13,83	16,78	16,88	14,52	16,54	15,46	0,83	55,58	34,00	6,0
26	16,78	16,88	14,52	17,49	17,20	15,68	17,11	16,04	1,36	58,43	34,00	6,0
27	17,49	17,20	15,68	18,35	17,33	17,33	17,78	16,73	1,86	62,62	34,00	6,0

Metodo di **FELLENIUS**

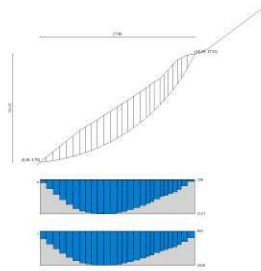


Fig. 19 - Forze di interstriscia (Superficie n° 8)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.346$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	3,58	0,00	3,56	5,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	10,57	0,00	10,46	8,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	17,19	0,00	16,92	11,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	23,45	0,00	22,93	14,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	30,66	0,00	29,73	18,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	36,47	0,00	35,01	21,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	35,03	0,00	33,26	19,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	37,23	0,00	34,95	20,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	39,13	0,00	36,27	21,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	46,78	0,00	42,71	25,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	48,68	0,00	43,63	25,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	50,04	0,00	43,94	25,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	39,04	0,00	33,60	19,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	39,15	0,00	33,04	19,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	48,40	0,00	39,87	23,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	48,00	0,00	38,39	23,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	46,96	0,00	36,32	22,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	28,06	0,00	21,06	13,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	27,56	0,00	20,17	12,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	39,62	0,00	28,01	18,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	24,60	0,00	16,73	11,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	27,20	0,00	17,85	12,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	28,18	0,00	17,70	12,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	27,33	0,00	16,32	12,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	21,85	0,00	12,35	9,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	24,83	0,00	13,00	12,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	11,74	0,00	5,40	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 9

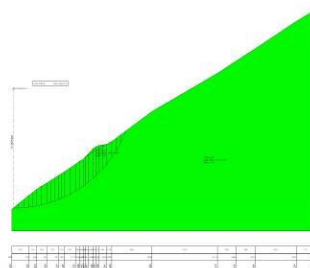


Fig. 20 - Superficie di rottura (Superficie n° 9)

**Analisi della superficie 9 - valori caratteristici**

Numero di strisce	27	
Coordinate del centro	X[m]= 0,40	Y[m]= 28,61
Raggio del cerchio	R[m]= 24,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,27	Y <sub>v</sub> [m]= 4,61
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 22,86	Y <sub>m</sub> [m]= 20,14

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,27	4,61	4,61	1,31	5,45	4,63	0,96	4,90	1,04	0,93	34,00	6,0
2	1,31	5,45	4,63	2,35	6,30	4,69	1,89	5,29	1,04	3,42	34,00	6,0

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
3	2,35	6,30	4,69	3,39	7,14	4,80	2,90	5,75	1,05	5,91	34,00	6,0
4	3,39	7,14	4,80	4,18	7,77	4,91	3,80	6,16	0,79	8,10	34,00	6,0
5	4,18	7,77	4,91	4,96	8,39	5,05	4,58	6,53	0,80	10,00	34,00	6,0
6	4,96	8,39	5,05	5,98	9,02	5,27	5,48	6,93	1,04	12,19	34,00	6,0
7	5,98	9,02	5,27	6,99	9,64	5,53	6,49	7,37	1,05	14,68	34,00	6,0
8	6,99	9,64	5,53	7,76	10,14	5,77	7,38	7,77	0,81	16,90	34,00	6,0
9	7,76	10,14	5,77	8,54	10,64	6,03	8,15	8,15	0,82	18,84	34,00	6,0
10	8,54	10,64	6,03	9,31	11,14	6,33	8,93	8,54	0,83	20,81	34,00	6,0
11	9,31	11,14	6,33	9,91	11,52	6,57	9,61	8,89	0,64	22,56	34,00	6,0
12	9,91	11,52	6,57	10,50	11,89	6,84	10,20	9,20	0,65	24,11	34,00	6,0
13	10,50	11,89	6,84	11,61	12,64	7,39	11,06	9,69	1,23	26,36	34,00	6,0
14	11,61	12,64	7,39	12,71	13,39	8,01	12,16	10,36	1,27	29,34	34,00	6,0
15	12,71	13,39	8,01	13,61	14,08	8,57	13,16	11,01	1,06	32,13	34,00	6,0
16	13,61	14,08	8,57	14,30	14,42	9,04	13,95	11,53	0,84	34,39	34,00	6,0
17	14,30	14,42	9,04	14,75	14,95	9,37	14,53	11,95	0,56	36,06	34,00	6,0
18	14,75	14,95	9,37	15,25	15,45	9,76	15,00	12,38	0,63	37,47	34,00	6,0
19	15,25	15,45	9,76	16,31	16,64	10,64	15,78	13,13	1,38	39,87	34,00	6,0
20	16,31	16,64	10,64	16,78	16,88	11,07	16,54	13,81	0,64	42,28	34,00	6,0
21	16,78	16,88	11,07	17,49	17,20	11,76	17,13	14,22	0,99	44,22	34,00	6,0
22	17,49	17,20	11,76	18,20	17,31	12,51	17,84	14,69	1,03	46,63	34,00	6,0
23	18,20	17,31	12,51	18,90	17,41	13,32	18,54	15,13	1,08	49,14	34,00	6,0
24	18,90	17,41	13,32	20,00	18,00	14,76	19,43	15,85	1,81	52,59	34,00	6,0
25	20,00	18,00	14,76	20,95	18,71	16,22	20,46	16,90	1,74	56,83	34,00	6,0
26	20,95	18,71	16,22	21,90	19,43	17,95	21,39	18,03	1,98	61,27	34,00	6,0
27	21,90	19,43	17,95	22,86	20,14	20,14	22,22	19,17	2,39	66,49	34,00	6,0

Metodo di FELLENIUS

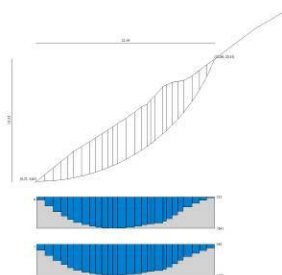


Fig. 21 - Forze di interstriscia (Superficie n° 9)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.346$

Forze applicate sulle strisce

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	Es [kN]	Ed [kN]	Xs [kN]	Xd [kN]	ID
1	7,73	0,00	7,73	8,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	22,77	0,00	22,73	16,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	36,96	0,00	36,76	23,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	36,73	0,00	36,37	21,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	43,80	0,00	43,13	25,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	64,78	0,00	63,32	36,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	71,76	0,00	69,42	39,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	59,02	0,00	56,47	31,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	62,51	0,00	59,16	33,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	65,59	0,00	61,31	34,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	52,25	0,00	48,25	27,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	53,52	0,00	48,85	27,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	102,48	0,00	91,83	51,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	105,78	0,00	92,20	51,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	88,21	0,00	74,70	42,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	67,58	0,00	55,76	31,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	44,36	0,00	35,86	20,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	50,72	0,00	40,25	22,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	111,55	0,00	85,61	49,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	49,96	0,00	36,96	21,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	71,90	0,00	51,52	30,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	64,97	0,00	44,61	26,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	56,39	0,00	36,89	23,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	72,56	0,00	44,08	30,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	49,18	0,00	26,91	21,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	34,05	0,00	16,36	17,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	12,64	0,00	5,04	13,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 10

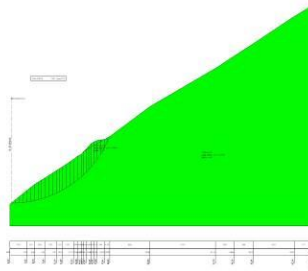


Fig. 22 - Superficie di rottura (Superficie n° 10)

**Analisi della superficie 10 - valori caratteristici**

Numero di strisce	29	
Coordinate del centro	X[m]= 0,40	Y[m]= 25,61
Raggio del cerchio	R[m]= 21,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,27	Y <sub>v</sub> [m]= 4,61
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 19,97	Y <sub>m</sub> [m]= 17,98

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,27	4,61	4,61	1,05	5,24	4,62	0,79	4,82	0,78	0,71	34,00	6,0
2	1,05	5,24	4,62	1,83	5,88	4,66	1,48	5,12	0,78	2,84	34,00	6,0
3	1,83	5,88	4,66	2,61	6,51	4,73	2,25	5,45	0,78	4,97	34,00	6,0
4	2,61	6,51	4,73	3,39	7,14	4,82	3,02	5,81	0,79	7,11	34,00	6,0
5	3,39	7,14	4,82	4,18	7,77	4,95	3,80	6,18	0,80	9,27	34,00	6,0
6	4,18	7,77	4,95	4,96	8,39	5,11	4,58	6,56	0,80	11,45	34,00	6,0
7	4,96	8,39	5,11	5,64	8,81	5,27	5,30	6,90	0,70	13,49	34,00	6,0
8	5,64	8,81	5,27	6,31	9,22	5,46	5,98	7,19	0,70	15,40	34,00	6,0
9	6,31	9,22	5,46	6,99	9,64	5,67	6,65	7,50	0,71	17,32	34,00	6,0
10	6,99	9,64	5,67	7,76	10,14	5,94	7,38	7,85	0,82	19,41	34,00	6,0
11	7,76	10,14	5,94	8,54	10,64	6,25	8,15	8,24	0,83	21,66	34,00	6,0
12	8,54	10,64	6,25	9,31	11,14	6,59	8,93	8,66	0,85	23,95	34,00	6,0
13	9,31	11,14	6,59	9,91	11,52	6,88	9,61	9,03	0,66	26,01	34,00	6,0
14	9,91	11,52	6,88	10,50	11,89	7,20	10,20	9,37	0,67	27,83	34,00	6,0
15	10,50	11,89	7,20	11,24	12,39	7,62	10,87	9,78	0,85	29,91	34,00	6,0
16	11,24	12,39	7,62	11,97	12,89	8,09	11,61	10,25	0,87	32,25	34,00	6,0
17	11,97	12,89	8,09	12,71	13,39	8,60	12,34	10,74	0,90	34,67	34,00	6,0
18	12,71	13,39	8,60	13,61	14,08	9,29	13,16	11,34	1,13	37,43	34,00	6,0
19	13,61	14,08	9,29	14,30	14,42	9,87	13,95	11,91	0,90	40,21	34,00	6,0
20	14,30	14,42	9,87	14,75	14,95	10,28	14,53	12,38	0,61	42,27	34,00	6,0
21	14,75	14,95	10,28	15,25	15,45	10,76	15,00	12,86	0,70	44,05	34,00	6,0
22	15,25	15,45	10,76	15,78	16,05	11,31	15,52	13,39	0,76	46,04	34,00	6,0
23	15,78	16,05	11,31	16,31	16,64	11,90	16,05	13,97	0,79	48,17	34,00	6,0
24	16,31	16,64	11,90	16,78	16,88	12,47	16,54	14,47	0,74	50,26	34,00	6,0
25	16,78	16,88	12,47	17,49	17,20	13,41	17,13	14,98	1,18	52,87	34,00	6,0
26	17,49	17,20	13,41	18,20	17,31	14,46	17,83	15,58	1,27	56,20	34,00	6,0
27	18,20	17,31	14,46	18,90	17,41	15,67	18,52	16,19	1,40	59,84	34,00	6,0
28	18,90	17,41	15,67	19,43	17,70	16,74	19,14	16,85	1,19	63,38	34,00	6,0
29	19,43	17,70	16,74	19,97	17,98	17,98	19,61	17,47	1,36	66,85	34,00	6,0

**Metodo di FELLENIUS**

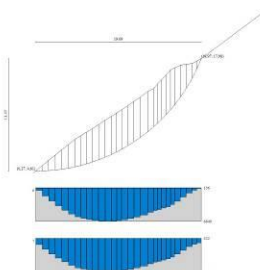


Fig. 23 - Forze di interstriscia (Superficie n° 10)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.347$

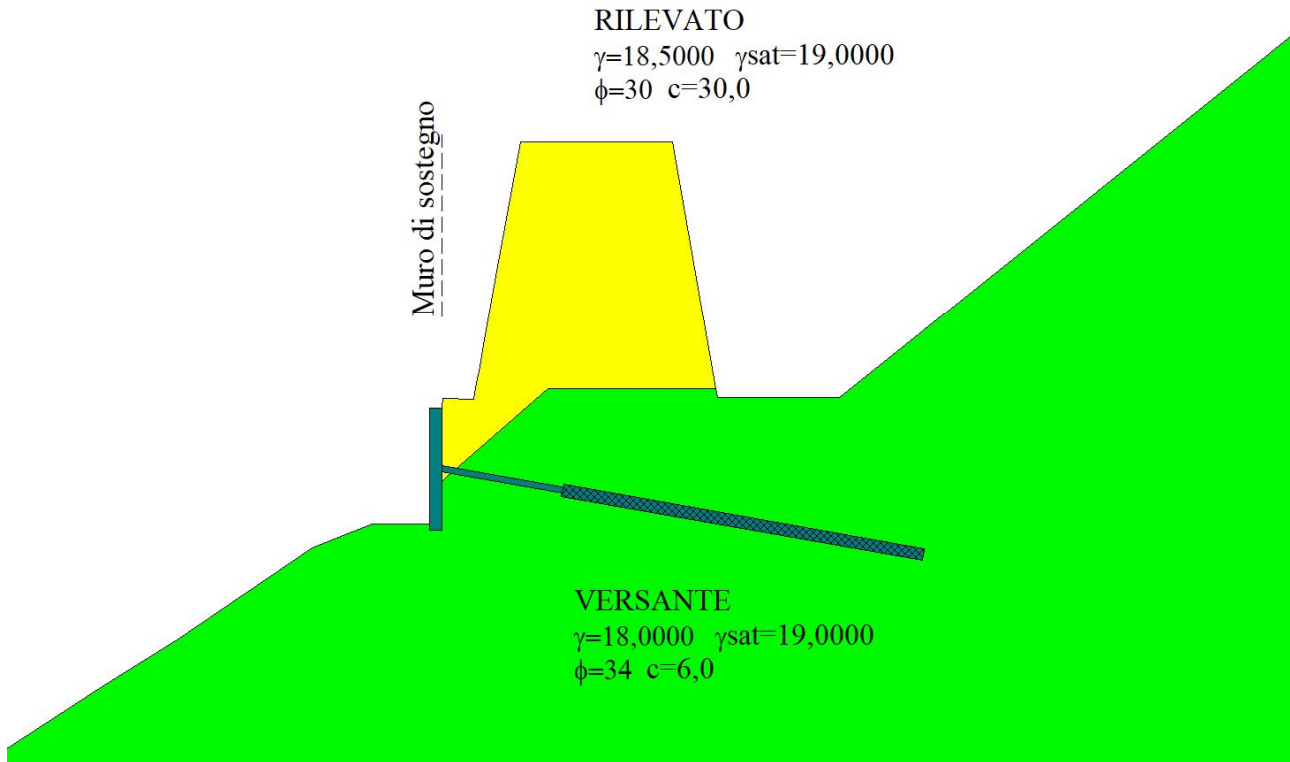
**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	----



N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	4,37	0,00	4,37	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	12,90	0,00	12,89	9,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	21,03	0,00	20,95	13,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	28,75	0,00	28,52	17,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	36,24	0,00	35,76	21,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	43,04	0,00	42,18	24,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	41,49	0,00	40,34	23,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	44,44	0,00	42,84	24,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	47,09	0,00	44,96	25,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	56,84	0,00	53,61	30,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	59,76	0,00	55,54	31,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	62,19	0,00	56,84	32,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	49,14	0,00	44,17	25,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	49,92	0,00	44,15	25,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	62,72	0,00	54,37	31,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	63,46	0,00	53,66	30,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	63,63	0,00	52,33	30,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	77,67	0,00	61,67	35,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	58,04	0,00	44,32	26,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	37,36	0,00	27,64	16,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	42,12	0,00	30,27	18,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	44,94	0,00	31,20	19,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	45,17	0,00	30,13	18,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	38,70	0,00	24,74	15,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	52,43	0,00	31,65	21,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	42,13	0,00	23,44	17,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	29,08	0,00	14,61	13,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	12,93	0,00	5,79	8,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	4,60	0,00	1,81	6,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

## E) VERIFICA CON SOFTWARE STAP 16.0 – VERSANTE STATO DI PROGETTO



### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare nr. 7 del 21/01/2019  
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.



## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
<b>ΔX</b>	variazione delle forze tangenziali sulla striscia <b>ΔX = X<sub>d</sub> - X<sub>s</sub></b>
<b>ΔE</b>	variazione delle forze normali sulla striscia <b>ΔE = E<sub>d</sub> - E<sub>s</sub></b>

### Metodo di Fellenius (metodo svedese)

Il coefficiente di sicurezza fornito da **Fellenius** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e **α<sub>i</sub>** sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i**-esima rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**-esima e **c<sub>i</sub>** e **φ<sub>i</sub>** sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre **u<sub>i</sub>** ed **l<sub>i</sub>** rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia (**l<sub>i</sub> = b<sub>i</sub> / cos α<sub>i</sub>**).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in **n** strisce e dalla formula precedente si ricava **F**. Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza del pendio il minimo dei coefficienti così determinati.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]
1	VERSANTE	18,00	19,00	34,00	6,0
2	RILEVATO	18,50	19,00	30,00	30,0

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	4,39
2	3,39	7,14
3	4,96	8,39
4	6,99	9,64
5	9,31	11,14
6	10,50	11,89
7	12,71	13,39
8	13,99	13,89
9	14,63	13,95
10	14,68	14,34
11	14,86	15,84
12	15,36	15,82
13	15,41	16,08
14	15,46	16,35
15	15,55	16,88
16	15,74	17,94
17	16,12	20,05
18	18,62	20,05
19	19,33	16,00
20	19,36	15,85
21	21,36	15,85
22	41,15	31,70
23	44,84	34,14
24	48,70	36,64
25	56,92	42,14
26	60,69	44,41

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (VERSANTE)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	14,68	14,34
2	14,63	13,95
3	13,99	13,89
4	12,71	13,39
5	10,50	11,89
6	9,31	11,14
7	6,99	9,64
8	4,96	8,39
9	3,39	7,14
10	0,00	4,39
11	0,00	0,00
12	60,69	0,00
13	60,69	44,41
14	56,92	42,14
15	48,70	36,64
16	44,84	34,14

n°	X [m]	Y [m]
17	41,15	31,70
18	21,36	15,85
19	19,36	15,85
20	19,33	16,00
21	18,00	16,00
22	16,57	16,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (RILEVATO)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	19,33	16,00
2	18,62	20,05
3	16,12	20,05
4	15,74	17,94
5	15,55	16,88
6	15,46	16,35
7	15,41	16,08
8	15,36	15,82
9	14,86	15,84
10	14,68	14,34
11	16,57	16,00
12	18,00	16,00

### Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

#### *Muro con 1 file di tiranti e 1 file di pali - Muro di sostegno*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1,30	
Ascissa sul profilo (quota testa muro)	14,84	m
Altezza paramento	1,90	m
Spessore in testa	0,20	m
Inclinazione esterna	0,000	
Inclinazione interna	0,000	
Spessore alla base	0,20	m
Lunghezza mensola fondazione valle	0,00	m
Lunghezza mensola fondazione monte	0,00	m
Lunghezza fondazione totale	0,20	m
Spessore fondazione	0,10	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	24517	kPa
Percentuale di armatura zona tesa	0,30	%
Percentuale di armatura zona compressa	0,15	%
Altezza di scavo	1,90	m

#### Pali del muro

##### *Fila di pali n° 1 - Micropali*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso destra)	-0,10	m
Lunghezza pali	3,00	m
Diametro pali	0,10	m
Interasse pali	2,50	m
Ascissa rispetto allo spigolo di monte della fondazione	14,74	m
Diametro tubolare	32,00	mm
Spessore tubolare	7,00	mm
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	24517	kPa

#### Tiranti del muro

##### *Fila di tiranti n° 1 - Tiranti passivi*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso il basso)	0,95	m
Lunghezza totale tiranti	8,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	6,00	m
Inclinazione tiranti	10,00	
Interasse tiranti	2,50	m
Diametro tiranti	10,00	cm
Resistenza trazione (per tirante)	250,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	150,00	kN

### Dati zona sismica

### Identificazione del sito

Latitudine 46.160026  
 Longitudine 10.765421  
 Comune Pinzolo  
 Provincia Trento  
 Regione Trentino-Alto Adige

Punti di interpolazione del reticolo 9397 - 9398 - 9176 - 9175

### Tipo di opera

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni elevati  
 Vita nominale 100 anni  
 Classe d'uso IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose  
 Vita di riferimento 200 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.788	0.438
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.080	0.045
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.863	2.599
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.359	0.283
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T3	1.200
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.200	0.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

### Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	2.31	1.29
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	1.16	0.64

### Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	4.39	3.02
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	2.20	1.51

### Dati normativa

#### Normativa :

#### Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{sfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_t$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20



## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -15,60$	$Y_0 = 21,61$
Passo maglia	[m]	$dX = 1,00$	$dY = 1,00$
Numero passi		$Nx = 34$	$Ny = 32$
Raggio	[m]	$R = 10,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 30

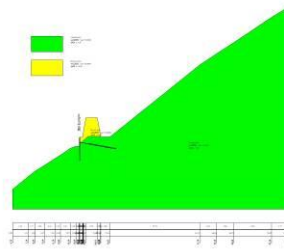


Fig. 1 - Profilo

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- FELLENIUS

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a

1,00 m

- freccia inferiore a

0,50 m

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	40765
Coefficiente di sicurezza minimo	1.141
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
FELLENIUS	40765	1.141	1	105.290	40765

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)

C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]

C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)

Caso caso di calcolo

Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)

La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	1,40	24,61	20,00	0,31	19,38	83,74	1,141 (F)	[A2M2]	--
2	C	0,40	25,61	21,00	0,27	19,27	76,72	1,144 (F)	[A2M2]	--
3	C	-0,60	27,61	23,00	0,29	19,32	73,82	1,147 (F)	[A2M2]	--
4	C	2,40	22,61	18,00	0,41	19,27	85,79	1,148 (F)	[A2M2]	--
5	C	0,40	26,61	22,00	0,27	19,59	81,01	1,152 (F)	[A2M2]	--

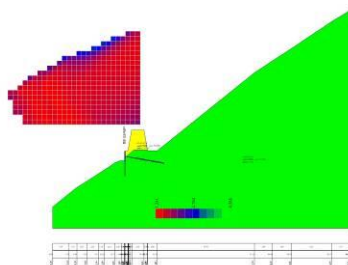


Fig. 2 - Mappa fattori di sicurezza - FELLENIUS

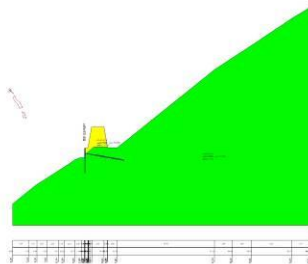


Fig. 3 - Curve di livello - FELLENIUS

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W	peso della striscia espresso in kN
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kN
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kN
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kN
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

### Superficie n° 1

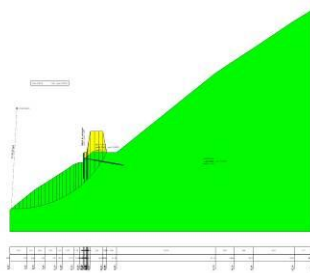


Fig. 4 - Superficie di rottura (Superficie n° 1)

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	34	
Coordinate del centro	X[m]= 1,40	Y[m]= 24,61
Raggio del cerchio	R[m]= 20,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,31	Y <sub>v</sub> [m]= 4,64
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 19,38	Y <sub>m</sub> [m]= 15,85

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,31	4,64	4,64	1,08	5,26	4,61	0,82	4,84	0,77	-2,03	28,35	4,8
2	1,08	5,26	4,61	1,85	5,89	4,62	1,51	5,11	0,77	0,18	28,35	4,8
3	1,85	5,89	4,62	2,62	6,51	4,65	2,26	5,43	0,77	2,39	28,35	4,8
4	2,62	6,51	4,65	3,39	7,14	4,71	3,02	5,76	0,77	4,60	28,35	4,8
5	3,39	7,14	4,71	4,18	7,77	4,80	3,80	6,11	0,79	6,84	28,35	4,8
6	4,18	7,77	4,80	4,96	8,39	4,93	4,58	6,48	0,80	9,11	28,35	4,8
7	4,96	8,39	4,93	5,64	8,81	5,06	5,30	6,80	0,69	11,24	28,35	4,8
8	5,64	8,81	5,06	6,31	9,22	5,22	5,98	7,08	0,70	13,23	28,35	4,8
9	6,31	9,22	5,22	6,99	9,64	5,41	6,65	7,37	0,70	15,23	28,35	4,8
10	6,99	9,64	5,41	7,76	10,14	5,65	7,38	7,71	0,81	17,39	28,35	4,8
11	7,76	10,14	5,65	8,54	10,64	5,93	8,15	8,09	0,82	19,73	28,35	4,8
12	8,54	10,64	5,93	9,31	11,14	6,24	8,93	8,49	0,83	22,10	28,35	4,8
13	9,31	11,14	6,24	9,91	11,52	6,51	9,61	8,85	0,65	24,23	28,35	4,8
14	9,91	11,52	6,51	10,50	11,89	6,80	10,20	9,18	0,66	26,12	28,35	4,8
15	10,50	11,89	6,80	11,24	12,39	7,20	10,87	9,57	0,84	28,26	28,35	4,8
16	11,24	12,39	7,20	11,97	12,89	7,63	11,61	10,03	0,86	30,69	28,35	4,8
17	11,97	12,89	7,63	12,71	13,39	8,12	12,34	10,51	0,88	33,18	28,35	4,8
18	12,71	13,39	8,12	13,20	13,58	8,46	12,96	10,89	0,60	35,30	28,35	4,8
19	13,20	13,58	8,46	13,70	13,78	8,84	13,45	11,16	0,62	37,06	28,35	4,8
20	13,70	13,78	8,84	14,27	13,78	9,30	13,98	11,42	0,74	39,00	28,35	4,8
21	14,27	13,78	9,30	14,84	13,78	9,80	14,55	11,66	0,76	41,13	28,35	4,8
22	14,84	15,68	9,80	14,86	15,84	9,82	14,85	12,78	0,03	42,26	28,35	4,8
23	14,86	15,84	9,82	15,36	15,82	10,29	15,11	12,94	0,69	43,28	28,35	4,8
24	15,36	15,82	10,29	15,41	16,08	10,33	15,38	13,13	0,07	44,36	28,35	4,8
25	15,41	16,08	10,33	15,46	16,35	10,38	15,43	13,29	0,07	44,55	28,35	4,8

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
26	15,46	16,35	10,38	15,55	16,88	10,48	15,50	13,52	0,13	44,84	28,35	4,8
27	15,55	16,88	10,48	15,74	17,94	10,67	15,65	14,00	0,27	45,42	28,35	4,8
28	15,74	17,94	10,67	16,12	20,05	11,07	15,94	14,95	0,55	46,60	28,35	4,8
29	16,12	20,05	11,07	16,95	20,05	12,04	16,53	15,80	1,28	49,22	28,35	4,8
30	16,95	20,05	12,04	17,79	20,05	13,14	17,36	16,31	1,39	53,03	28,35	4,8
31	17,79	20,05	13,14	18,62	20,05	14,44	18,19	16,91	1,54	57,22	28,35	4,8
32	18,62	20,05	14,44	19,33	16,00	15,76	18,87	16,77	1,50	61,58	28,35	4,8
33	19,33	16,00	15,76	19,36	15,85	15,81	19,34	15,86	0,06	63,81	28,35	4,8
34	19,36	15,85	15,81	19,38	15,85	15,85	19,37	15,84	0,04	63,96	28,35	4,8

Metodo di **FELLENIUS**

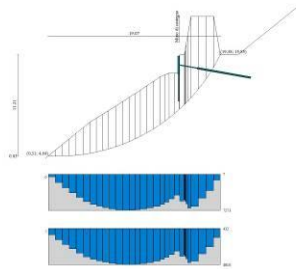


Fig. 5 - Forze di interstriscia (Superficie n° 1)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.141$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>s</sub> [kN]	E <sub>d</sub> [kN]	X <sub>s</sub> [kN]	X <sub>d</sub> [kN]	ID
1	4,52	0,00	4,52	5,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	13,36	0,00	13,36	9,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	21,79	0,00	21,77	13,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	29,81	0,00	29,71	17,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	38,10	0,00	37,83	21,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	45,37	0,00	44,80	24,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	43,87	0,00	43,03	23,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	47,16	0,00	45,91	24,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	50,14	0,00	48,38	25,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	60,72	0,00	57,94	30,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	64,06	0,00	60,30	31,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	66,90	0,00	61,99	32,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	53,05	0,00	48,37	25,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	54,07	0,00	48,55	25,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	68,18	0,00	60,05	31,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	69,29	0,00	59,58	31,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	69,82	0,00	58,44	31,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	46,17	0,00	37,68	20,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	44,68	0,00	35,66	19,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	48,41	0,00	37,62	20,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	43,46	0,00	32,74	18,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	2,15	0,00	1,59	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	52,27	0,00	38,05	20,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	4,85	0,00	3,46	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	5,04	0,00	3,59	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	10,65	0,00	7,55	4,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	23,58	0,00	16,55	8,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	56,24	0,00	38,64	20,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	129,18	0,00	84,38	45,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
30	113,59	0,00	68,31	38,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
31	95,58	0,00	51,74	30,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
32	38,33	0,00	18,24	14,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
33	0,07	0,00	0,03	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
34	0,01	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 2

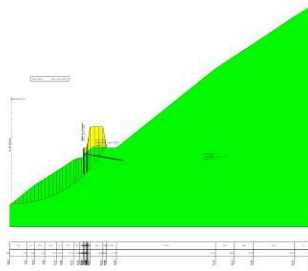


Fig. 6 - Superficie di rottura (Superficie n° 2)

**Analisi della superficie 2 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	32	
Coordinate del centro	X[m]= 0,40	Y[m]= 25,61
Raggio del cerchio	R[m]= 21,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,27	Y <sub>v</sub> [m]= 4,61
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 19,27	Y <sub>m</sub> [m]= 16,39

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,27	4,61	4,61	1,05	5,24	4,62	0,79	4,82	0,78	0,71	28,35	4,8
2	1,05	5,24	4,62	1,83	5,88	4,66	1,48	5,12	0,78	2,84	28,35	4,8
3	1,83	5,88	4,66	2,61	6,51	4,73	2,25	5,45	0,78	4,97	28,35	4,8
4	2,61	6,51	4,73	3,39	7,14	4,82	3,02	5,81	0,79	7,11	28,35	4,8
5	3,39	7,14	4,82	4,18	7,77	4,95	3,80	6,18	0,80	9,27	28,35	4,8
6	4,18	7,77	4,95	4,96	8,39	5,11	4,58	6,56	0,80	11,45	28,35	4,8
7	4,96	8,39	5,11	5,64	8,81	5,27	5,30	6,90	0,70	13,49	28,35	4,8
8	5,64	8,81	5,27	6,31	9,22	5,46	5,98	7,19	0,70	15,40	28,35	4,8
9	6,31	9,22	5,46	6,99	9,64	5,67	6,65	7,50	0,71	17,32	28,35	4,8
10	6,99	9,64	5,67	7,76	10,14	5,94	7,38	7,85	0,82	19,41	28,35	4,8
11	7,76	10,14	5,94	8,54	10,64	6,25	8,15	8,24	0,83	21,66	28,35	4,8
12	8,54	10,64	6,25	9,31	11,14	6,59	8,93	8,66	0,85	23,95	28,35	4,8
13	9,31	11,14	6,59	9,91	11,52	6,88	9,61	9,03	0,66	26,01	28,35	4,8
14	9,91	11,52	6,88	10,50	11,89	7,20	10,20	9,37	0,67	27,83	28,35	4,8
15	10,50	11,89	7,20	11,24	12,39	7,62	10,87	9,78	0,85	29,91	28,35	4,8
16	11,24	12,39	7,62	11,97	12,89	8,09	11,61	10,25	0,87	32,25	28,35	4,8
17	11,97	12,89	8,09	12,71	13,39	8,60	12,34	10,74	0,90	34,67	28,35	4,8
18	12,71	13,39	8,60	13,20	13,58	8,96	12,96	11,13	0,62	36,73	28,35	4,8
19	13,20	13,58	8,96	13,70	13,78	9,36	13,45	11,42	0,63	38,43	28,35	4,8
20	13,70	13,78	9,36	14,27	13,78	9,84	13,98	11,68	0,75	40,31	28,35	4,8
21	14,27	13,78	9,84	14,84	13,78	10,36	14,55	11,94	0,77	42,39	28,35	4,8
22	14,84	15,68	10,36	14,86	15,84	10,38	14,85	13,07	0,03	43,48	28,35	4,8
23	14,86	15,84	10,38	15,36	15,82	10,87	15,11	13,23	0,70	44,47	28,35	4,8
24	15,36	15,82	10,87	15,41	16,08	10,92	15,38	13,42	0,07	45,52	28,35	4,8
25	15,41	16,08	10,92	15,46	16,35	10,97	15,43	13,58	0,07	45,71	28,35	4,8
26	15,46	16,35	10,97	15,55	16,88	11,07	15,50	13,82	0,14	45,99	28,35	4,8
27	15,55	16,88	11,07	15,74	17,94	11,27	15,65	14,29	0,28	46,55	28,35	4,8
28	15,74	17,94	11,27	16,12	20,05	11,69	15,94	15,26	0,56	47,70	28,35	4,8
29	16,12	20,05	11,69	16,95	20,05	12,69	16,53	16,11	1,30	50,24	28,35	4,8
30	16,95	20,05	12,69	17,79	20,05	13,83	17,36	16,65	1,42	53,95	28,35	4,8
31	17,79	20,05	13,83	18,62	20,05	15,17	18,19	17,26	1,57	58,04	28,35	4,8
32	18,62	20,05	15,17	19,27	16,39	16,39	18,84	17,20	1,38	62,06	27,22	10,9

**Metodo di FELLENIUS**

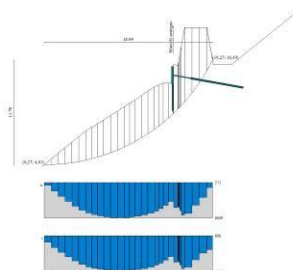


Fig. 7 - Forze di interstriscia (Superficie n° 2)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.144$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	Es [kN]	Ed [kN]	Xs [kN]	Xd [kN]	ID
1	4,37	0,00	4,37	5,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	12,90	0,00	12,89	9,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	21,03	0,00	20,95	13,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	28,75	0,00	28,52	16,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	36,24	0,00	35,76	20,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	43,04	0,00	42,18	23,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	41,49	0,00	40,34	21,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	44,44	0,00	42,84	23,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	47,09	0,00	44,96	24,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	56,84	0,00	53,61	28,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	59,76	0,00	55,54	29,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	62,19	0,00	56,84	30,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	49,14	0,00	44,17	23,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	49,92	0,00	44,15	23,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	62,72	0,00	54,37	29,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	63,46	0,00	53,66	28,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	63,63	0,00	52,33	28,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	41,81	0,00	33,51	18,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	40,15	0,00	31,45	17,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	42,96	0,00	32,76	18,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	37,78	0,00	27,91	16,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	1,95	0,00	1,42	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	47,11	0,00	33,61	18,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	4,35	0,00	3,05	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	4,54	0,00	3,17	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	9,64	0,00	6,70	3,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	21,55	0,00	14,82	8,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	52,08	0,00	35,05	18,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	119,68	0,00	76,54	41,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
30	103,53	0,00	60,92	34,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
31	84,93	0,00	44,96	27,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
32	29,06	0,00	13,62	19,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 3

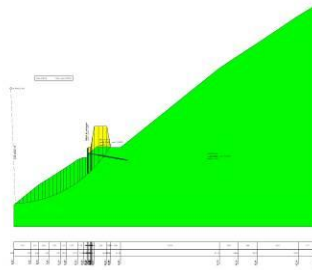


Fig. 8 - Superficie di rottura (Superficie n° 3)

**Analisi della superficie 3 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	32	
Coordinate del centro	X[m]= -0,60	Y[m]= 27,61
Raggio del cerchio	R[m]= 23,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	Xv[m]= 0,29	Yv[m]= 4,63
Intersezione a monte con il profilo topografico	Xm[m]= 19,32	Ym[m]= 16,10

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,29	4,63	4,63	1,07	5,26	4,67	0,81	4,85	0,78	3,19	28,35	4,8
2	1,07	5,26	4,67	1,84	5,88	4,74	1,50	5,16	0,78	5,12	28,35	4,8
3	1,84	5,88	4,74	2,62	6,51	4,84	2,25	5,50	0,78	7,06	28,35	4,8
4	2,62	6,51	4,84	3,39	7,14	4,96	3,02	5,87	0,78	9,01	28,35	4,8
5	3,39	7,14	4,96	4,18	7,77	5,11	3,80	6,25	0,80	10,99	28,35	4,8
6	4,18	7,77	5,11	4,96	8,39	5,29	4,58	6,64	0,81	12,99	28,35	4,8
7	4,96	8,39	5,29	5,64	8,81	5,47	5,30	6,99	0,70	14,86	28,35	4,8
8	5,64	8,81	5,47	6,31	9,22	5,67	5,98	7,30	0,71	16,61	28,35	4,8
9	6,31	9,22	5,67	6,99	9,64	5,90	6,65	7,61	0,71	18,38	28,35	4,8
10	6,99	9,64	5,90	7,76	10,14	6,18	7,38	7,97	0,82	20,30	28,35	4,8
11	7,76	10,14	6,18	8,54	10,64	6,50	8,15	8,37	0,84	22,36	28,35	4,8
12	8,54	10,64	6,50	9,31	11,14	6,85	8,93	8,79	0,85	24,46	28,35	4,8
13	9,31	11,14	6,85	9,91	11,52	7,15	9,61	9,17	0,66	26,35	28,35	4,8
14	9,91	11,52	7,15	10,50	11,89	7,47	10,20	9,51	0,67	28,02	28,35	4,8
15	10,50	11,89	7,47	11,24	12,39	7,89	10,87	9,91	0,85	29,91	28,35	4,8
16	11,24	12,39	7,89	11,97	12,89	8,35	11,61	10,38	0,87	32,06	28,35	4,8
17	11,97	12,89	8,35	12,71	13,39	8,85	12,34	10,87	0,89	34,25	28,35	4,8
18	12,71	13,39	8,85	13,20	13,58	9,21	12,96	11,26	0,61	36,12	28,35	4,8

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]
19	13,20	13,58	9,21	13,70	13,78	9,59	13,45	11,54	0,62	37,66	28,35	4,8
20	13,70	13,78	9,59	14,27	13,78	10,06	13,98	11,80	0,74	39,35	28,35	4,8
21	14,27	13,78	10,06	14,84	13,78	10,56	14,55	12,04	0,76	41,22	28,35	4,8
22	14,84	15,68	10,56	14,86	15,84	10,58	14,85	13,17	0,03	42,20	28,35	4,8
23	14,86	15,84	10,58	15,36	15,82	11,05	15,11	13,32	0,68	43,09	28,35	4,8
24	15,36	15,82	11,05	15,41	16,08	11,09	15,38	13,51	0,07	44,02	28,35	4,8
25	15,41	16,08	11,09	15,46	16,35	11,14	15,43	13,67	0,07	44,19	28,35	4,8
26	15,46	16,35	11,14	15,55	16,88	11,23	15,50	13,90	0,13	44,44	28,35	4,8
27	15,55	16,88	11,23	15,74	17,94	11,42	15,65	14,37	0,27	44,94	28,35	4,8
28	15,74	17,94	11,42	16,12	20,05	11,82	15,94	15,33	0,55	45,95	28,35	4,8
29	16,12	20,05	11,82	16,95	20,05	12,75	16,53	16,16	1,25	48,19	28,35	4,8
30	16,95	20,05	12,75	17,79	20,05	13,79	17,36	16,65	1,34	51,41	28,35	4,8
31	17,79	20,05	13,79	18,62	20,05	14,98	18,19	17,21	1,45	54,88	28,35	4,8
32	18,62	20,05	14,98	19,32	16,10	16,10	18,85	17,04	1,32	58,33	28,02	6,6

Metodo di **FELLIENIUS**

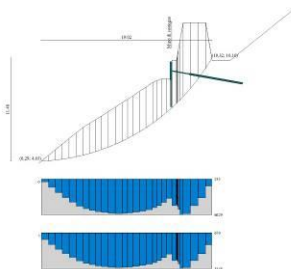


Fig. 9 - Forze di interstriscia (Superficie n° 3)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.146$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	Es [kN]	Ed [kN]	Xs [kN]	Xd [kN]	ID
1	4,08	0,00	4,07	5,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	12,05	0,00	12,00	8,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	19,65	0,00	19,50	12,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	26,88	0,00	26,55	15,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	34,16	0,00	33,53	19,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	40,64	0,00	39,60	22,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	39,18	0,00	37,87	20,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	41,93	0,00	40,18	21,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	44,40	0,00	42,14	22,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	53,57	0,00	50,25	27,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	56,33	0,00	52,09	28,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	58,62	0,00	53,36	28,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	46,33	0,00	41,51	22,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	47,07	0,00	41,55	22,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	59,17	0,00	51,29	27,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	59,93	0,00	50,79	27,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	60,18	0,00	49,74	27,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	39,57	0,00	31,97	17,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	37,99	0,00	30,08	16,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	40,60	0,00	31,39	17,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	35,62	0,00	26,79	15,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	1,88	0,00	1,39	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	45,41	0,00	33,17	18,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	4,20	0,00	3,02	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	4,39	0,00	3,15	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	9,35	0,00	6,68	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	21,00	0,00	14,86	8,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	51,10	0,00	35,53	19,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	118,25	0,00	78,83	42,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
30	103,39	0,00	64,49	35,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
31	86,67	0,00	49,86	29,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
32	32,46	0,00	17,04	15,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 4

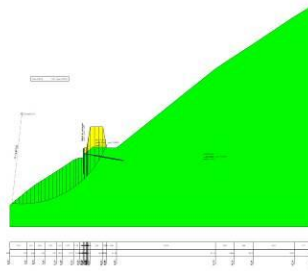


Fig. 10 - Superficie di rottura (Superficie n° 4)

**Analisi della superficie 4 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	32	
Coordinate del centro	X[m]= 2,40	Y[m]= 22,61
Raggio del cerchio	R[m]= 18,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,41	Y <sub>v</sub> [m]= 4,72
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 19,27	Y <sub>m</sub> [m]= 16,34

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,41	4,72	4,72	1,15	5,33	4,65	0,90	4,90	0,75	-5,16	28,35	4,8
2	1,15	5,33	4,65	1,90	5,93	4,62	1,57	5,15	0,75	-2,78	28,35	4,8
3	1,90	5,93	4,62	2,64	6,54	4,61	2,30	5,43	0,75	-0,41	28,35	4,8
4	2,64	6,54	4,61	3,39	7,14	4,64	3,03	5,74	0,75	1,97	28,35	4,8
5	3,39	7,14	4,64	4,18	7,77	4,70	3,80	6,07	0,79	4,41	28,35	4,8
6	4,18	7,77	4,70	4,96	8,39	4,79	4,58	6,42	0,79	6,92	28,35	4,8
7	4,96	8,39	4,79	5,64	8,81	4,90	5,30	6,73	0,69	9,27	28,35	4,8
8	5,64	8,81	4,90	6,31	9,22	5,04	5,98	7,00	0,69	11,46	28,35	4,8
9	6,31	9,22	5,04	6,99	9,64	5,21	6,65	7,28	0,70	13,67	28,35	4,8
10	6,99	9,64	5,21	7,76	10,14	5,43	7,38	7,60	0,80	16,05	28,35	4,8
11	7,76	10,14	5,43	8,54	10,64	5,69	8,15	7,98	0,82	18,63	28,35	4,8
12	8,54	10,64	5,69	9,31	11,14	5,99	8,93	8,37	0,83	21,25	28,35	4,8
13	9,31	11,14	5,99	9,91	11,52	6,25	9,61	8,72	0,65	23,61	28,35	4,8
14	9,91	11,52	6,25	10,50	11,89	6,54	10,20	9,05	0,66	25,69	28,35	4,8
15	10,50	11,89	6,54	11,24	12,39	6,93	10,87	9,44	0,83	28,07	28,35	4,8
16	11,24	12,39	6,93	11,97	12,89	7,37	11,61	9,89	0,86	30,77	28,35	4,8
17	11,97	12,89	7,37	12,71	13,39	7,86	12,34	10,38	0,88	33,54	28,35	4,8
18	12,71	13,39	7,86	13,20	13,58	8,21	12,96	10,76	0,61	35,91	28,35	4,8
19	13,20	13,58	8,21	13,70	13,78	8,60	13,45	11,04	0,63	37,88	28,35	4,8
20	13,70	13,78	8,60	14,27	13,78	9,08	13,98	11,30	0,75	40,06	28,35	4,8
21	14,27	13,78	9,08	14,84	13,78	9,60	14,55	11,55	0,77	42,48	28,35	4,8
22	14,84	15,68	9,60	14,86	15,84	9,62	14,85	12,68	0,03	43,76	28,35	4,8
23	14,86	15,84	9,62	15,36	15,82	10,12	15,11	12,85	0,71	44,93	28,35	4,8
24	15,36	15,82	10,12	15,41	16,08	10,17	15,38	13,05	0,07	46,16	28,35	4,8
25	15,41	16,08	10,17	15,46	16,35	10,22	15,43	13,21	0,07	46,38	28,35	4,8
26	15,46	16,35	10,22	15,55	16,88	10,32	15,50	13,44	0,14	46,71	28,35	4,8
27	15,55	16,88	10,32	15,74	17,94	10,53	15,65	13,92	0,28	47,38	28,35	4,8
28	15,74	17,94	10,53	16,12	20,05	10,96	15,94	14,89	0,58	48,74	28,35	4,8
29	16,12	20,05	10,96	16,95	20,05	12,02	16,53	15,76	1,35	51,81	28,35	4,8
30	16,95	20,05	12,02	17,79	20,05	13,27	17,36	16,34	1,50	56,35	28,35	4,8
31	17,79	20,05	13,27	18,62	20,05	14,81	18,19	17,03	1,75	61,52	28,35	4,8
32	18,62	20,05	14,81	19,27	16,34	16,34	18,84	17,07	1,67	66,96	27,56	9,1

**Metodo di FELLENIUS**

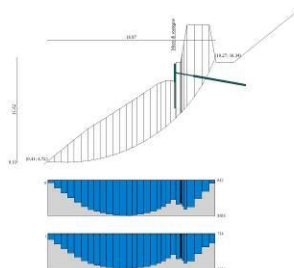


Fig. 11 - Forze di interstriscia (Superficie n° 4)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.147$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	Es [kN]	Ed [kN]	Xs [kN]	Xd [kN]	ID
1	4,51	0,00	4,49	5,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	13,32	0,00	13,31	9,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	21,72	0,00	21,72	13,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	29,70	0,00	29,68	17,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	39,35	0,00	39,24	21,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	47,08	0,00	46,74	25,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	45,68	0,00	45,08	24,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	49,24	0,00	48,26	25,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	52,48	0,00	51,00	26,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	63,67	0,00	61,18	32,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	67,26	0,00	63,74	33,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	70,31	0,00	65,53	34,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	55,78	0,00	51,11	26,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	56,87	0,00	51,25	26,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	71,71	0,00	63,27	33,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	72,83	0,00	62,58	33,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	73,31	0,00	61,11	32,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	48,45	0,00	39,24	21,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	46,87	0,00	36,99	20,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	50,79	0,00	38,87	21,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	45,63	0,00	33,65	19,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	2,23	0,00	1,61	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	53,93	0,00	38,18	20,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	4,99	0,00	3,46	1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	5,18	0,00	3,57	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	10,92	0,00	7,49	4,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	24,10	0,00	16,32	8,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	57,11	0,00	37,66	20,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	130,16	0,00	80,48	43,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
30	112,79	0,00	62,50	35,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
31	91,88	0,00	43,81	27,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
32	31,54	0,00	12,34	18,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

Superficie n° 5

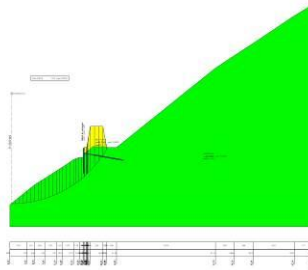


Fig. 12 - Superficie di rottura (Superficie n° 5)

**Analisi della superficie 5 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numero di strisce	34	
Coordinate del centro	X[m]= 0,40	Y[m]= 26,61
Raggio del cerchio	R[m]= 22,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	Xv[m]= 0,27	Yv[m]= 4,61
Intersezione a monte con il profilo topografico	Xm[m]= 19,59	Ym[m]= 15,85

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	0,27	4,61	4,61	1,05	5,24	4,62	0,79	4,82	0,78	0,68	28,35	4,8
2	1,05	5,24	4,62	1,83	5,88	4,66	1,48	5,12	0,78	2,71	28,35	4,8
3	1,83	5,88	4,66	2,61	6,51	4,72	2,25	5,45	0,78	4,75	28,35	4,8
4	2,61	6,51	4,72	3,39	7,14	4,81	3,02	5,80	0,79	6,79	28,35	4,8
5	3,39	7,14	4,81	4,18	7,77	4,94	3,80	6,17	0,79	8,85	28,35	4,8
6	4,18	7,77	4,94	4,96	8,39	5,09	4,58	6,55	0,80	10,92	28,35	4,8
7	4,96	8,39	5,09	5,64	8,81	5,24	5,30	6,88	0,69	12,87	28,35	4,8
8	5,64	8,81	5,24	6,31	9,22	5,42	5,98	7,17	0,70	14,68	28,35	4,8
9	6,31	9,22	5,42	6,99	9,64	5,62	6,65	7,48	0,71	16,51	28,35	4,8
10	6,99	9,64	5,62	7,76	10,14	5,88	7,38	7,82	0,82	18,49	28,35	4,8
11	7,76	10,14	5,88	8,54	10,64	6,17	8,15	8,21	0,83	20,63	28,35	4,8
12	8,54	10,64	6,17	9,31	11,14	6,50	8,93	8,61	0,84	22,80	28,35	4,8
13	9,31	11,14	6,50	9,91	11,52	6,77	9,61	8,98	0,66	24,74	28,35	4,8
14	9,91	11,52	6,77	10,50	11,89	7,07	10,20	9,31	0,66	26,46	28,35	4,8
15	10,50	11,89	7,07	11,24	12,39	7,46	10,87	9,70	0,84	28,42	28,35	4,8
16	11,24	12,39	7,46	11,97	12,89	7,90	11,61	10,16	0,86	30,62	28,35	4,8
17	11,97	12,89	7,90	12,71	13,39	8,38	12,34	10,64	0,88	32,88	28,35	4,8
18	12,71	13,39	8,38	13,20	13,58	8,72	12,96	11,02	0,60	34,81	28,35	4,8

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
19	13,20	13,58	8,72	13,70	13,78	9,08	13,45	11,29	0,61	36,39	28,35	4,8
20	13,70	13,78	9,08	14,27	13,78	9,53	13,98	11,54	0,73	38,13	28,35	4,8
21	14,27	13,78	9,53	14,84	13,78	10,01	14,55	11,77	0,75	40,05	28,35	4,8
22	14,84	15,68	10,01	14,86	15,84	10,03	14,85	12,89	0,03	41,06	28,35	4,8
23	14,86	15,84	10,03	15,36	15,82	10,48	15,11	13,04	0,67	41,97	28,35	4,8
24	15,36	15,82	10,48	15,41	16,08	10,52	15,38	13,23	0,06	42,93	28,35	4,8
25	15,41	16,08	10,52	15,46	16,35	10,57	15,43	13,38	0,07	43,10	28,35	4,8
26	15,46	16,35	10,57	15,55	16,88	10,66	15,50	13,61	0,13	43,35	28,35	4,8
27	15,55	16,88	10,66	15,74	17,94	10,84	15,65	14,08	0,26	43,87	28,35	4,8
28	15,74	17,94	10,84	16,12	20,05	11,22	15,94	15,03	0,54	44,91	28,35	4,8
29	16,12	20,05	11,22	16,95	20,05	12,12	16,53	15,86	1,23	47,20	28,35	4,8
30	16,95	20,05	12,12	17,79	20,05	13,13	17,36	16,33	1,31	50,51	28,35	4,8
31	17,79	20,05	13,13	18,62	20,05	14,28	18,19	16,87	1,42	54,06	28,35	4,8
32	18,62	20,05	14,28	19,33	16,00	15,41	18,88	16,63	1,33	57,65	28,35	4,8
33	19,33	16,00	15,41	19,36	15,85	15,45	19,35	15,68	0,05	59,45	28,35	4,8
34	19,36	15,85	15,45	19,59	15,85	15,85	19,44	15,72	0,46	60,12	28,35	4,8

Metodo di **FELLENIUS**

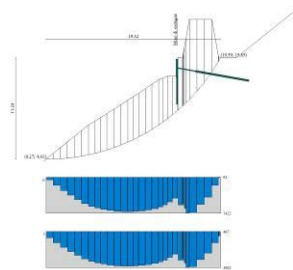


Fig. 13 - Forze di interstriscia (Superficie n° 5)

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.152$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	Es [kN]	Ed [kN]	Xs [kN]	Xd [kN]	ID
1	4,37	0,00	4,37	5,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
2	12,92	0,00	12,91	9,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
3	21,08	0,00	21,01	13,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
4	28,85	0,00	28,65	16,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
5	36,42	0,00	35,98	20,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
6	43,32	0,00	42,53	23,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
7	41,82	0,00	40,77	21,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
8	44,87	0,00	43,41	23,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
9	47,65	0,00	45,68	24,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
10	57,64	0,00	54,66	29,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
11	60,77	0,00	56,87	30,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
12	63,44	0,00	58,48	30,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
13	50,29	0,00	45,67	24,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
14	51,25	0,00	45,88	24,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
15	64,65	0,00	56,86	30,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
16	65,74	0,00	56,57	30,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
17	66,32	0,00	55,70	29,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
18	43,88	0,00	36,03	19,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
19	42,45	0,00	34,17	18,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
20	45,95	0,00	36,14	19,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
21	41,18	0,00	31,52	17,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
22	2,08	0,00	1,57	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
23	50,46	0,00	37,52	20,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
24	4,68	0,00	3,43	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
25	4,88	0,00	3,56	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
26	10,33	0,00	7,51	4,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
27	22,98	0,00	16,57	8,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
28	55,14	0,00	39,05	20,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
29	127,45	0,00	86,59	45,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
30	113,07	0,00	71,91	39,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
31	96,86	0,00	56,85	32,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
32	41,59	0,00	22,26	15,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
33	0,24	0,00	0,12	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--
34	0,82	0,00	0,41	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	--

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche di stabilità sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

I metodi di calcolo implementati sono i classici metodi delle strisce, basati sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

Nel modulo terreni si adotta il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Nel modulo rocce si può adottare il criterio di rottura di Hoek-Brown o di Barton.

Il programma consente di inserire degli interventi di stabilizzazione, che possono intervenire secondo sue modalità diverse: variazione delle forze di interstriscia o resistenza a taglio equivalente.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	STAP - Stabilità Pendii Terreni e Rocce
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Ing. Filippi Stefano
Licenza	AIU5427TR

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

## 6. DIMENSIONAMENTO ANCORAGGIO IN BARRA AUTOPERFORANTE PER CONSOLIDATORI

Riferimenti normativi

- **Decreto ministeriale (infrastrutture e trasporti) 17 gennaio 2018** “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni (G.U. n. 42 - Suppl. Ord. n. 8 del 20 febbraio 2018)
- **Norma UNI EN 1537:2013**: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio”
- **Raccomandazioni AICAP**: Ancoraggi nei terreni e nelle rocce.

### Ancoraggio Consolidatore

- forza di trazione massima considerata nella verifica di stabilità  $F_{AM} = 250 \text{ kN}$

### Caratteristiche generali fondazione

#### *Ancoraggio in barre autoperforanti*

perforazione eseguita con attrezzatura specifica per autoperforanti con iniezione continua di miscela cementizia per ottenere un bulbo con diametro  $\varnothing_{\min} = 110 \text{ mm}$  (143mm considerando il coefficiente di espansione pari a 1.3) , lunghezza  $L = 6000 \text{ mm}$  (+ 2000 mm per la zona di testa per l'innesto nel consolidatore).

Carico minimo di snervamento = 291 kN

#### *Boiacca di iniezione*

miscela cementizia di classe minima  $R_{ck \min} 25 \text{ N/mm}^2$ , cemento tipo R 32,5, rapporto A/C=0,35/0,40, additivo fluidificante e antiritiro, iniezione in continuo.

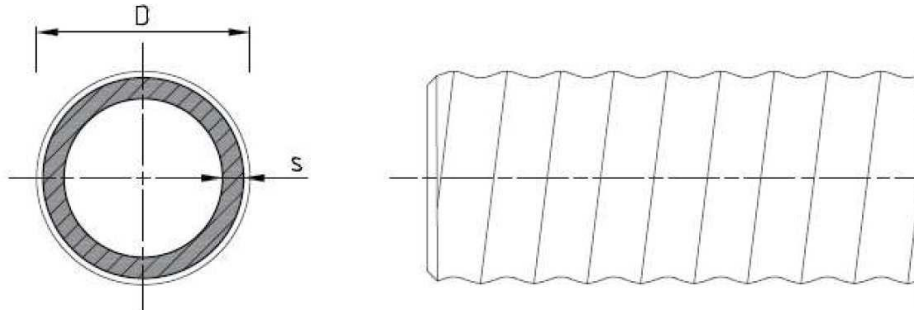
### Calcolo

I calcoli per il dimensionamento degli ancoraggi sono impostati per ricavare la lunghezza minima necessaria per conseguire la verifica  $N_{Rd} > N_{Ed}$  nei casi seguenti:

- a) resistenza dell'ancoraggio in acciaio;
- b) sfilamento dell'iniezione dal substrato;
- c) sfilamento dell'ancoraggio in acciaio dall'iniezione.

• **Calcolo resistenza dell'ancoraggio:**

L'ancoraggio in doppia fune spiroidale previsto è di seguito descritto:



DIAMETRO NOMINALE (mm)	SPESSORE NOMINALE (mm)	VERSO DELLA FILETTATURA	MASSA NOMINALE (kg/m)	SEZIONE NOMINALE (mm <sup>2</sup> )	VALORE NOMINALE DELLA FORZA ALLO 0,2% (kN)	VALORE NOMINALE DELLA FORZA MASSIMA (kN)
32	4	SX	2.83	360	202	241
32	5	SX	3.18	405	227	271
32	6	SX	3.57	455	255	305
32	7	SX	4.08	520	291	348

• **Calcolo della profondità di ancoraggio per sfilamento dell'iniezione dal substrato:**

Il calcolo della profondità di ancoraggi dei tiranti viene fatto sulla base del modello proposto da Bustamante-Doix (1985). Naturalmente le verifiche di resistenza verranno eseguite sia in relazione al possibile sfilamento del bulbo cementizio dal terreno, che per lo sfilamento della barra dal bulbo.

I parametri geomeccanici necessari per la trattazione sono essenzialmente i seguenti:

- l'angolo di attrito interno  $\phi$ ;
- il numero di colpi SPT;

Innanzitutto, si calcola l'adesione unitaria limite tra terreno e cemento "qs"; si calcola poi la lunghezza d'infissione necessaria tra cemento e terreno di fondazione in base alla stratigrafia dello stesso.

• **Calcolo della profondità di ancoraggio per sfilamento della barra dall'iniezione:**

Si calcola la lunghezza d'infissione necessaria tra cemento e ancoraggio in barra. L'aderenza viene calcolata in base alla miscela cementizia prevista mentre l'ancoraggio viene considerato come "barra ad aderenza migliorata".

In fase esecutiva si dovrà verificare che le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione siano compatibili con le ipotesi assunte nella presente progettazione ed eventualmente intervenire modificando le caratteristiche delle fondazioni.

La lunghezza effettiva dell'ancoraggio risulterà dalla maggiore tra quelle calcolate in precedenza.

## **7. RIEPILOGO ELEMENTI DI FONDAZIONE**

**Ancoraggi: in barre autoperforanti diam. 32 mm spessore 7mm L=8 m (6 m bulbo resistente)**

Nelle pagine successive si riporta il dettaglio del dimensionamento degli ancoraggi dei consolidatori.

## CONSOLIDATORE FARFALLA 2,5 x 2 DIMENSIONAMENTO ANCORAGGIO CENTRALE

### 1) AZIONI sull'ancoraggio

#### 1.1 CARICO

Carico massimo considerato nella veridica di stabilità

Trazione sull'ancoraggio  $P_{kM} = 250,00$  kN

### 2) MATERIALI

#### 2.1 BOIACCA CEMENTIZIA

Tipo =	C20/25	
Resistenza caratteristica $R_{ck} =$	25 N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza caratteristica cilindrica 28gg $f_{ck} =$	20,75 N/mm <sup>2</sup>	( $f_{ck} = R_{ck} * 0,83$ )
Modulo di elasticità $E_{ck} =$	31 477,00 N/mm <sup>2</sup>	
$E_s/E_c$ per calcolo tensione esercizio =	15,00	
$E_s/E_c$ per calcolo ampiezza fessure =	7,00	
coefficiente riduttivo lunga durata $\alpha_{cc} =$	0,85	
Resistenza di calcolo per S.L.U. $f_{cd} =$	11,76 N/mm <sup>2</sup>	( $\gamma_c = 1,5$ )
Resistenza di calcolo per S.L.E. $f_{cd} =$	17,64 N/mm <sup>2</sup>	( $\gamma_c = 1,0$ )
Resistenza caratteristica a trazione $f_{ctk} =$	1,59 N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza di calcolo a trazione S.L.U. $f_{ctd} =$	1,06 N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza di calcolo a trazione S.L.E. $f_{ctd} =$	1,59 N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza di calcolo a flessione S.L.E. $f_{ctfd} =$	1,90 N/mm <sup>2</sup>	

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,60 \leq f_{ck}$

per comb. Rara

limite di compressione  $\sigma_c \leq 0,45 \leq f_{ck}$

per comb. Quasi perm.

#### 2.2 TIPOLOGIA DI ANCORAGGIO

Tipo = AUTOPERFORANTI

### 3) VERIFICHE

#### 3.1 ANCORAGGI CENTRALE

##### 3.1.1 VERIFICA RESISTENZA ANCORAGGI (S.L.U.)

Trazione caratteristica  $P_k = 250,00$  kN

coefficiente sicurezza SLU  $\gamma_G = 1,00$

Trazione di progetto  $P_d = 250,00$  kN

##### CARATTERISTICHE ANCORAGGI

Diametro ancoraggi = 32,00 mm

Carico snervamento  $f_{yk} = 291,00$  N/mm<sup>2</sup>

##### VERIFICA

Resistenza di progetto  $R_d = 253,04$  kN

Ok!

##### 3.1.2 VERIFICA SFILAMENTO BULBO-TERRENO (S.L.U.)

Trazione di progetto  $N_d = 250,00$  kN

##### CARATTERISTICHE PERFORAZIONE

Diametro perforazione  $D = 110,00$  mm

Fattore di correlazione  $\xi_{a3} = 1,3$  (tabelle 6.6.II e 6.6.III)

Coeff. parz. Resis. Caratteristica  $\gamma_{Ra,p} = 1,2$  (tabella 6.6.I)

CARATTERISTICHE TERRENO

STRATO 1 :	Lunghezza =	6,0 m
	Aderenza malta-terreno $\tau_{lim}$ =	0,15 N/mm <sup>2</sup>
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	1,30
STRATO 2 :	Lunghezza =	0,0 m
	Aderenza malta-terreno $\tau_{lim}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	0,00
STRATO 3 :	Lunghezza =	0 m
	Aderenza malta-terreno $\tau_{lim}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	Coefficiente sbulbamento $\alpha$ =	0,00
	N=	259,17 <b>Ok!</b>
	Lunghezza minima bulbo-terreno =	6,00 m

3.1.3 VERIFICA SFILAMENTI ANCORAGGIO-CLS (S.L.U.)

	Trazione di progetto Nd =	250,00 kN
CARATTERISTICHE INTERFACCIA ANCORAGGIO-CLS		
	Tipologia di ancoraggio =	LISCIO
	Diametro ancoraggi =	32,00 mm
	Circonferenza ancoraggi =	100,48 mm
	Circonferenza utile ancoraggio spirroidali =	140,67 mm
	Coefficiente $\eta$ =	1,00
	Aderenza malta-ancoraggio $f_{bk}$ =	1,60 N/mm <sup>2</sup>
	Aderenza malta-ancoraggio $f_{bd}$ =	1,07 N/mm <sup>2</sup>
	Aderenza malta-ancoraggio $f_{bd}$ in zona tesa =	0,71 N/mm <sup>2</sup>
LUNGHEZZA MINIMA PER VERIFICA		
	Lunghezza minima alcoraggio-cls =	2,50 m

4) RIASSUNTO ELEMENTI DI FONDAZIONE

Lunghezza minima BULBO RESISTENTE da adottare =	6,00 m	
Spessore terreno alterato =	0,00 m	
Lungh. minima ancoraggio =	6,00 m	
Lunghezza adottata =	6,00 m	<b>Ok!</b>

1 ANCORAGGIO IN AUTOPERFORANTI diam. 32 Lungh. 6 m

## 8. PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI

In fase esecutiva si dovrà verificare che le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione siano compatibili con le ipotesi assunte nella presente progettazione ed eventualmente intervenire modificando le caratteristiche delle fondazioni.

Rovereto, marzo 2025

Il tecnico  
ing. Stefano Filippi

