

9.13 Esempi con l'inserimento di geogriglie

Sono stati presi in considerazione tre casi di studio:

- Caso 1, esempio base con terreno uniforme
- Caso 2, con discontinuità di terreno intersecante le geogriglie
- Caso 3, con pendio rinforzato con 3 balze.

Per tutti i casi vengono utilizzate geogriglie con resistenza di progetto a trazione pari a $T_{allow}=18.692$ kN/m. Per il calcolo della resistenza allo sfilamento vengono utilizzati parametri di default ($\alpha=0.8$, $\beta=2/3$).

9.13.1 Caso 1

Si prenda a riferimento l'esempio in Figura 9-35. Si studia un pendio di altezza 5 metri con inclinazione a 45° . Il terreno è uniforme e sabbioso ($\gamma=20$ kN/m³ e $\Phi'=34^\circ$, $c'=0$ kPa). La falda, posta a -10 m, non influenza l'analisi.

Lungo il pendio vengono posti strati di geogriglie continue di lunghezza 5 m a passo 0.5 m. La prima geogriglia presenta uno strato di ricoprimento di terreno di altezza 35cm. Vengono utilizzate geogriglie con resistenza di progetto a trazione pari a $T_{allow}=18.692$ kN/m. Per il calcolo della resistenza allo sfilamento vengono utilizzati parametri di default ($\alpha=0.8$, $\beta=2/3$).

Ai fini della validazione, è stata imposta la superficie di scorrimento, utilizzando il metodo di Bishop su una superficie critica di raggio 5.595 m e centro di coordinate $X_c=1.405$ m e $Z_c=5.045$ m.

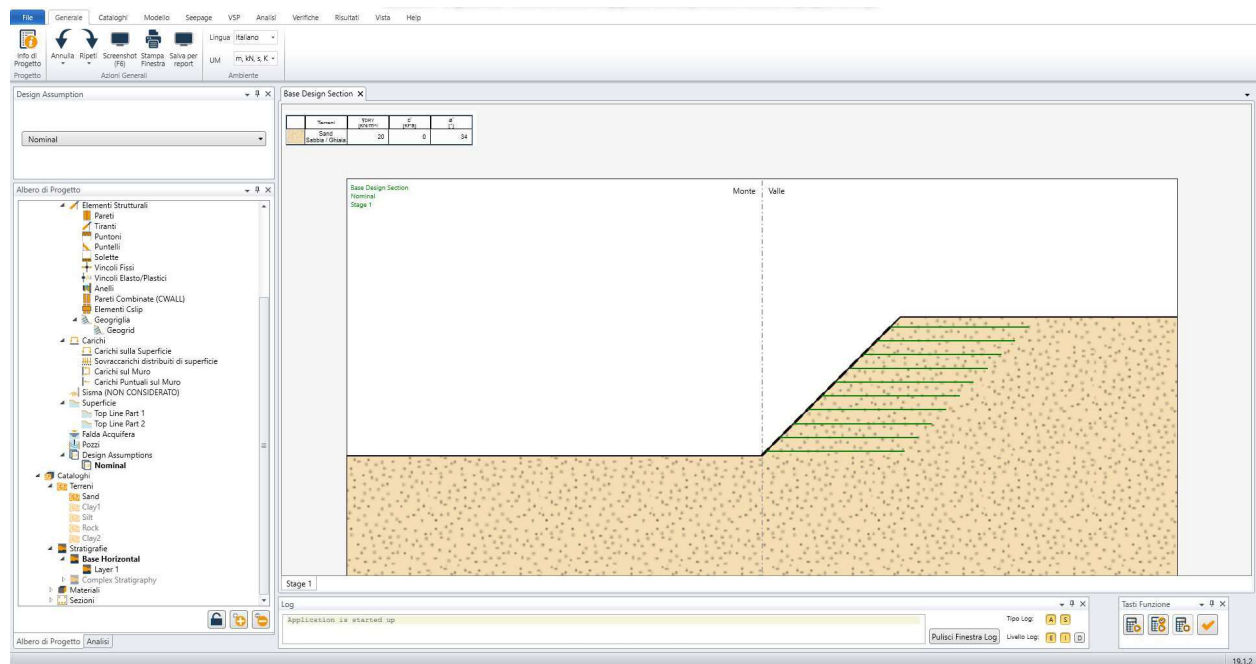


Figura 9-35: Stabilità pendio con geogriglia, caso 1

Proprietà Geosintetico / Soil Nailing

Nome: Geogrid D.S.: Base Design Section

Data: Dati dipendenti dallo stage

Posizione
 X: 0 m
 X2: 4.8 m

Dati Geosintetico / Soil Nailing
 Tipo: GEOGRID
 Lunghezza: 5 m Angolo: 0°
 Passo: 0.5 m
 percentuale copertura (0-1): 1 Resistenza a trazione geosint: 18.692 kN/m
☒ Trascura il contributo allo sforzo normale alla superficie di scivolamento
☐ Considera solo la resistenza della geogriglia al di fuori della sup. di scivolamento
 % Resistenza a trazione ricoprimento (0-1): 0
 Coefficiente contributo attrito (coef "tane"): 0.667 Coefficiente contributo coesione (coef "c"): 0
 Fattore di correzioni per effetti di scala: 0.8

Resistenza a trazione geosintetici
 LTDS (kN/m)
 $T_{allow} = \frac{FS_{damage} \times FS_{chemical} \times FS_{biological}}{1.07 \times 1 \times 1} = 18.692 \text{ kN/m}$
 Tipologia: Geogriglie
 Produttore: ALPE ADRIA TEXTIL

Nome prodotto	LTDS (kN/m)
ARTER GTS 20-20-25	20
ARTER GTS 35-20-30	35
ARTER GTS 35-35-25	35
ARTER GTS 50-50-25	50
ARTER GTS 55-20-30	55
ARTER GTS 55-30-25	55
ARTER GTS 80-20-30	80
ARTER GTS 80-80-25	80

Applica OK Annulla

Proprietà analisi di stabilità dei pendii

D.S.: Base Design Section Fase: Stage 1

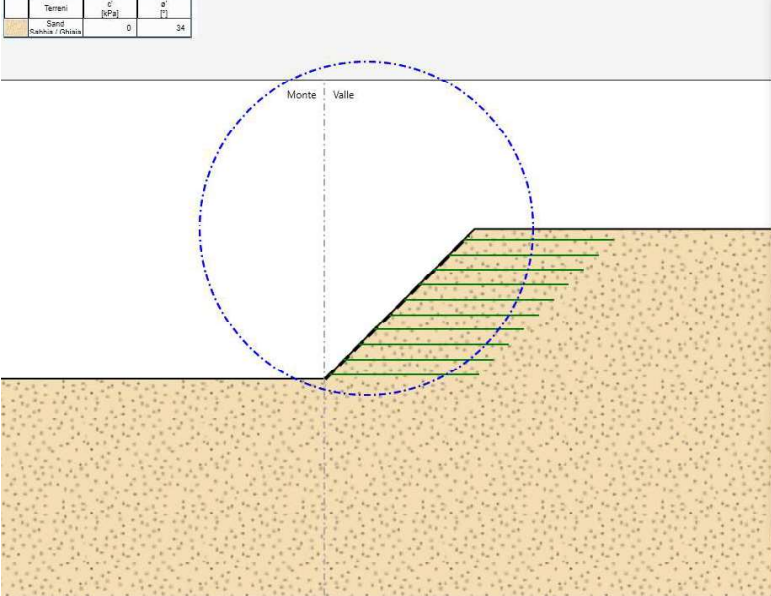
Attivo: ☒
 Metodo di stabilità del pendio: Bishop
 Definizione Superficie Critica: 
 Massimo numero di iterazioni: 100
 Passo Conci: 0.12 m
 Tolleranza FS: 0.0001
 Contributo del muro all'analisi di stabilità: Ignora muro
 Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo: ☐
 Golden Section Search: ☐
 Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop): ☐

Superficie Critica Semplice
 Xc: 1.405 m Raggio Minimo: 5.595 m
 Zc: 5.045 m Raggio Massimo: 5.595 m
 Numero Raggi: 1

Applica OK Annulla

Terreno: Sand
 c (kPa): 0
 phi (°): 34

Monte Valle



Di seguito si riportano i calcoli manuali applicando le equazioni descritte per il calcolo della resistenza a trazione delle geogriglie, considerando le prime 2 superiori. Come si può vedere, per la prima geogriglia la resistenza a trazione è governata dalla resistenza allo sfilamento del tratto di geogriglia interno alla superficie di scivolamento, mentre per la seconda geogriglia è determinata dalla sua resistenza strutturale a trazione.

$$P_{R,Re} = \int_0^{L_e} 2F^* \alpha \sigma'_v(x) dx$$

$$P_{R,Fe} = \int_0^{L_e} 2F^* \alpha \sigma'_v(x) dx + T_{Fe}$$

$$T_{allow} = 18.692 \text{ kN/m}$$

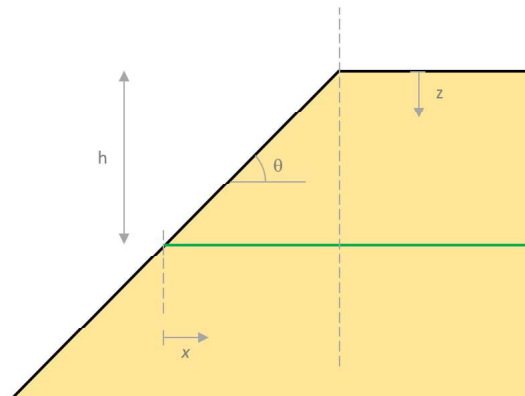
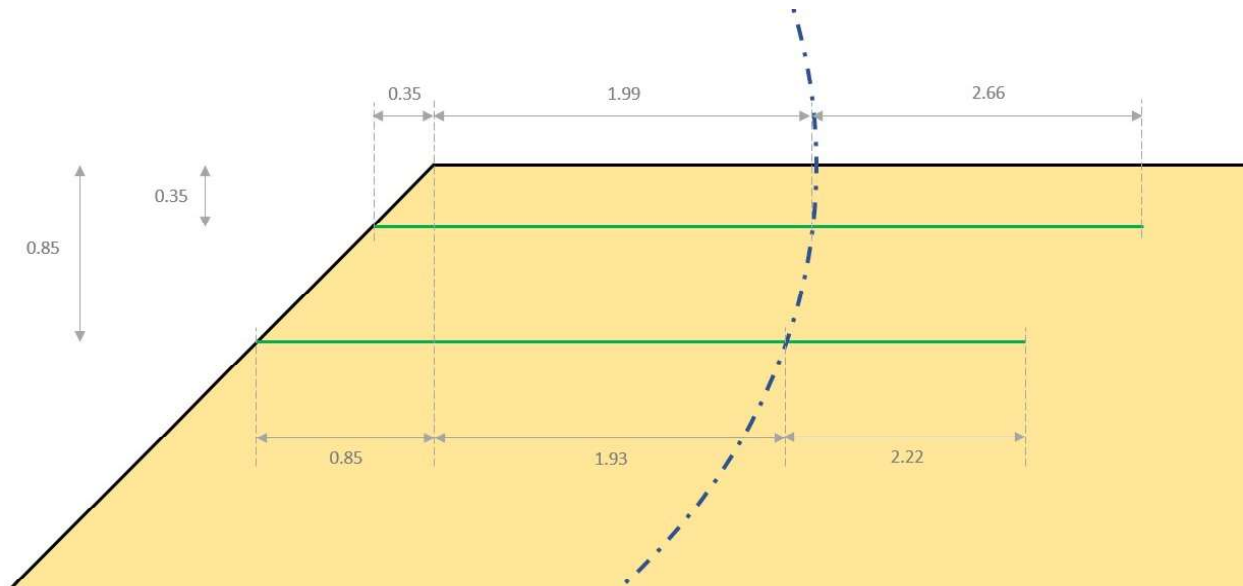
Dove:

$$F^* = \beta \tan \phi + \kappa c' = \frac{2}{3} \tan \phi$$

$$\alpha = 0.8$$

$$T_{Fe} = 0 \text{ kN/m}$$

$$\sigma'_v(x) = \gamma \cdot z(x) = \begin{cases} \gamma \cdot h, & x \geq h \\ \gamma \cdot \tan \vartheta \cdot x, & x < h \end{cases}$$



GEOGRIGLIA 1

$$\bullet \quad P_{R,Fe} = \int_0^{0.35} 2 \frac{2}{3} \tan \phi \alpha (\gamma \cdot \tan \vartheta \cdot x) dx + \int_{0.35}^{0.35+1.99} 2 \frac{2}{3} \tan \phi \alpha (\gamma \cdot 0.35) dx =$$

$$2 \frac{2}{3} \tan \phi \alpha \gamma \left(\tan \vartheta \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^{0.35} + 0.35 [x]_{0.35}^{0.35+1.99} \right)$$

Se:

$$\phi = 34^\circ$$

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\vartheta = 45^\circ$$

Allora $P_{R,Fe} = 0.881 + 10.022 = 10.903 \text{ kN/m}$

- $P_{R,Re} = \int_0^{2.66} 2 \frac{2}{3} \tan \phi \alpha (\gamma \cdot 0.35) dx = 2 \frac{2}{3} \tan \phi \alpha \gamma (0.35 [x]_0^{2.66}) = 13.412 \text{ kN/m}$

Quindi:

$$T_{pullout} = \min\{P_{R,Fe}; P_{R,Re}; T_{allow}\} \cdot R_C = \min\{10.903; 13.412; 18.692\} \cdot 1 = 10.903 \text{ kN/m}$$

GEOGRIGLIA 2

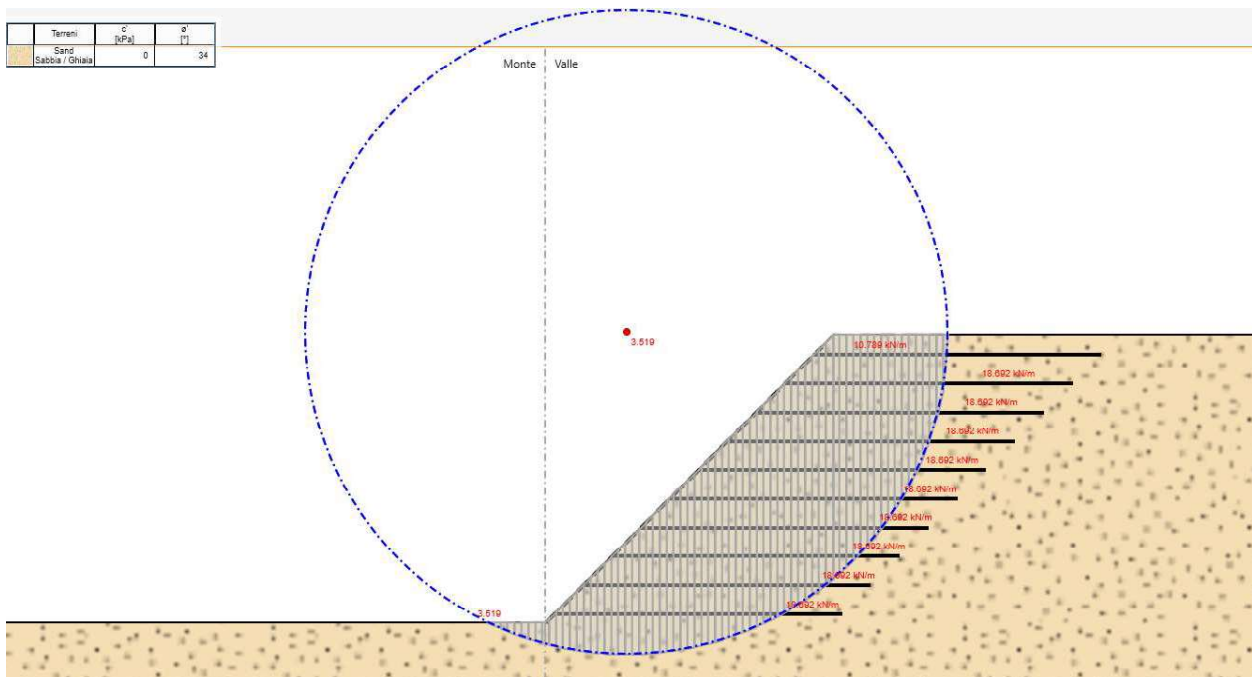
- $P_{R,Fe} = \int_0^{0.85} 2 \frac{2}{3} \tan \Phi \alpha (\gamma \cdot \tan \vartheta \cdot x) dx + \int_{0.35}^{0.85+1.93} 2 \frac{2}{3} \tan \Phi \alpha (\gamma \cdot 0.85) dx =$
 $2 \frac{2}{3} \tan \Phi \alpha \gamma \left(\tan \vartheta \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^{0.85} + 0.35 [x]_{0.85}^{0.85+1.93} \right) = 5.198 + 23.606 = 28.804 \text{ kN/m}$
- $P_{R,Re} = \int_0^{2.22} 2 \frac{2}{3} \tan \Phi \alpha (\gamma \cdot 0.85) dx = 2 \frac{2}{3} \tan \Phi \alpha \gamma (0.85 [x]_0^{2.22}) = 27.153 \text{ kN/m}$

- $P_{R,Re} = \int_0^{2.22} 2 \frac{2}{3} \tan \phi \alpha (\gamma \cdot 0.85) dx = 2 \frac{2}{3} \tan \phi \alpha \gamma (0.85 [x]_0^{2.22}) = 27.153 \text{ kN/m}$

Quindi:

$$T_{pullout} = \min\{P_{R,Fe}; P_{R,Re}; T_{allow}\} \cdot R_C = 18.692 \text{ kN/m}$$

Dall' immagine sotto riportata si può vedere come il software ottenga risultati analoghi. Le discrepanze sono dovute a imprecisioni numeriche per arrotondamento dei calcoli manuali.



Per verificare la qualità dei risultati di PARATIE PLUS, possiamo riprodurre il medesimo esempio con un altro codice di calcolo. Utilizzeremo, in questo caso, ReSSA 3.0 (Reinforced Slope Stability Analysis), sviluppato da ADAMA Engineering Inc. Di seguito si riportano i risultati ottenuti con i 2 software, considerando la stessa superficie di scorrimento. In particolare, si ottiene:

$$FS_{ReSSA} = 3.519$$

$$FS_{PARATIEPLUS} = 3.519$$

ReSSA - ReSSA1.MSE

File View Setting Help Options

Geosynthetic Reinforcement -- Single Type

% of Tavailable at front-end: 0

How many:

☐ Number of equally spaced reinforcement layers, n

☒ Fixed spacing between layers [m]: 0.5

Elevation of first geosynthetic layer at or above Toe (measured relative to Toe) [i.e., D] [m]: 0.15

Layers below Toe elevation (max. 10): ☐ No ☐ Yes

How long:

☒ Uniform length of reinforcement [m]: 5

☐ User specified length of each layer

Optional data retrieval from:

Geosynthetic Designated Name	Geosynthetic Ultimate Strength, T _{ult} [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, R _{fid}	Reduction Factor for Durability, R _{fd}	Reduction Factor for Creep, R _{fc}	Additional Reduction Factor, R _{fa}	Coverage Ratio, R _c
1 Geosynthetic type #1	20.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00

Reinforcement Quantities

Interaction Parameters

Reinforcement Quantities

Interaction Parameters

OK Cancel

Single Input -- Simplified Geometry

Slope and Reinforcement configuration

H = 5.00 m

X = 0, Y = 0

Change Reinforcement Color

$T_{available} = \frac{T_{ult} \cdot R_c}{R_{fid} \cdot R_{fa} \cdot R_{fc} \cdot R_{fd}}$

X = N/A
Y = N/A

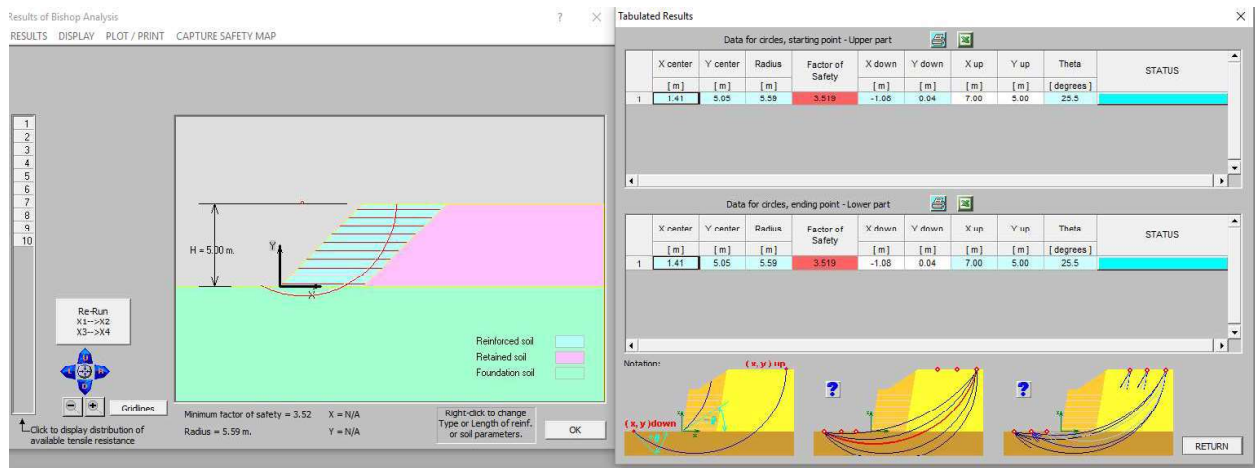
10 layers of reinforcement at/above the Toe.
Spacing between layers = 0.50 m.
Height of bottom layer from toe = 0.15 m.

Click to view Soil data

RETURN

Tavailable = 18.69 [kN/m]

Gridlines



9.13.2 Caso 2

Si prenda a riferimento l'esempio in Figura 9-36. Si studia un pendio di altezza 10 metri in cui i primi 5m hanno pendenza pari a 1h:1v, i restanti 5 con inclinazione 3h:5v.

Per quanto riguarda la stratigrafia, è presente un substrato addensato con a -2m dal piano campagna ($\gamma=27$ kN/m³, $\Phi'=34^\circ$, $c'=0$ kPa) e sul pendio sono presenti 2 terreni sabbiosi con differenti angoli di attrito (per il terreno1 $\gamma=20$ kN/m³, $\Phi'=20^\circ$, $c'=0$ kPa, per il terreno 2 $\gamma=20$ kN/m³, $\Phi'=20^\circ$, $c'=0$ kPa). La falda è posta a -10m e non influenza i risultati delle analisi.

Lungo il pendio vengono posti strati di geogriglie continue di lunghezza 10 m a passo 0.5 m. La prima geogriglia presenta uno strato di ricoprimento di terreno di altezza 35cm. Vengono utilizzate geogriglie con resistenza di progetto a trazione pari a $T_{allow}=18.692$ kN/m. Per il calcolo della resistenza allo sfilamento vengono utilizzati parametri di default ($\alpha=0.8$, $\beta=2/3$).

Ai fini della validazione, è stata imposta la superficie di scorrimento, utilizzando il metodo di Bishop su una superficie critica di raggio 13.014 m e centro di coordinate $X_c= 2.256$ m e $Z_c=12.586$ m.

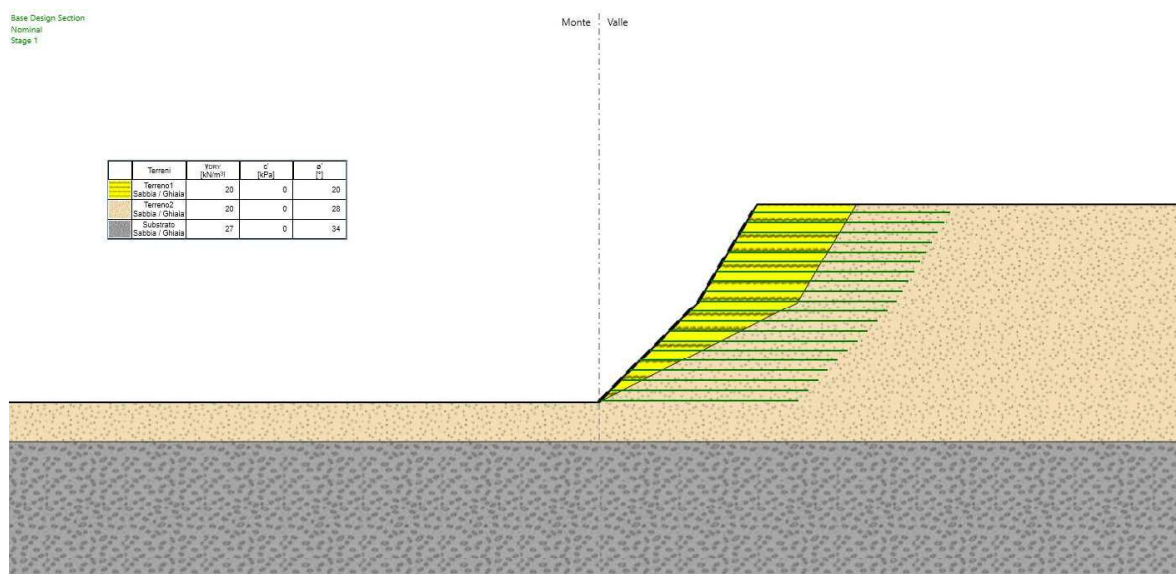


Figura 9-36: Stabilità pendio con geogriglia, caso 2

Proprietà Geosintetico / Soil Nailing

Nome: Geogrid D.S.: Base Design Section

Data: Dati dipendenti dallo stage

Posizione

X: 0 m

X2: 7.8 m

Dati Geosintetico / Soil Nailing

Tipo: GEOGRID

Lunghezza: 10 m Angolo: 0°

Passo: 0.5 m

percentuale copertura (0-1): 1

Resistenza a trazione geosint: 18.692 kN/m

☒ Trascura il contributo allo sforzo normale alla superficie di scivolamento

☐ Considera solo la resistenza della geogriglia al di fuori della sup. di scivolamento

% Resistenza a trazione ricoprimento (0-1): 0

Coefficiente contributo attrito (coef* $\tan\alpha$): 0.667

Coefficiente contributo coesione (coef*c'): 0

Fattore di correzioni per effetti di scala: 0.8

Applica OK Annulla

Proprietà analisi di stabilità dei pendii

D.S.: Base Design Section Fase: Stage 1

Attivo: ☒

Metodo di stabilità del pendio: Bishop

Definizione Superficie Critica:

Massimo numero di iterazioni: 100

Passo Conci: 0.2 m

Tolleranza FS: 0.0001

Contributo del muro all'analisi di stabilità: Ignora muro

Controlla inclinazione base conci vs. cuneo attivo / cuneo passivo: ☐

Golden Section Search: ☐

Aggiusta forze E tra i conci (solo Bishop): ☐

Superficie Critica Semplice

Xc: 2.256 m Raggio Minimo: 13.014 m

Zc: 12.586 m Raggio Massimo: 13.014 m

Numero Raggi: 1

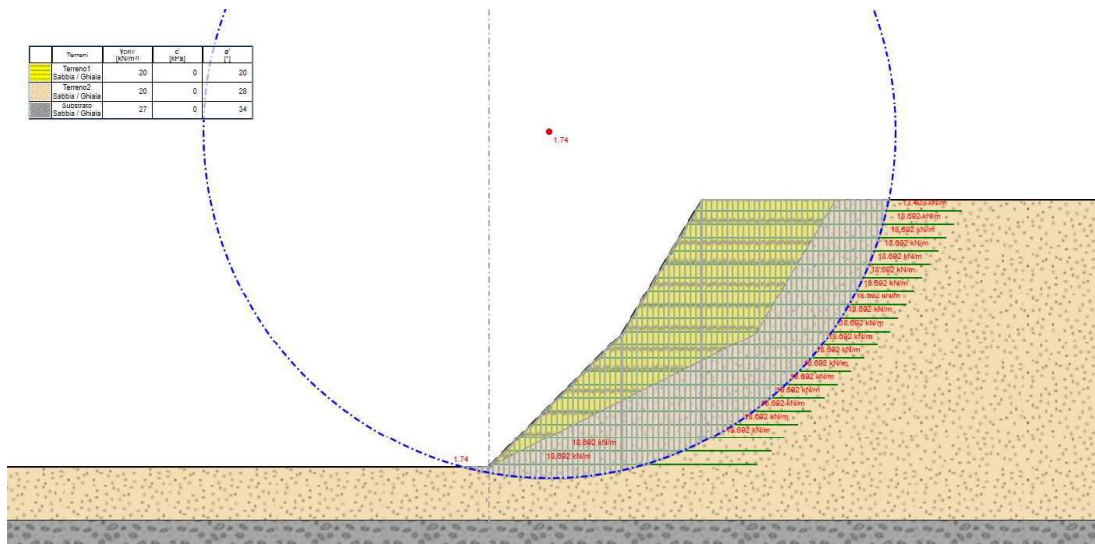
Applica OK Annulla

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con PARATIE PLUS e con ReSSA, considerando la stessa superficie di scorrimento. In particolare, si ottiene:

$$FS_{ReSSA} = 1.731$$

$$FS_{PARATIEPLUS} = 1.740$$

Le discrepanze risultano essere trascurabili e dovute a una diversa discretizzazione in conci della regione di terreno mobilitata e da differenti approssimazioni numeriche.



Geosynthetic Reinforcement -- Single Type

Single Reinforcement -- General Geometry

How many? 0

Fixed spacing between layers [m] 0.5

Total number of reinforcement layers at or above Toe, n 20

Elevation of first geosynthetic layer at or above Toe, (measured relative to Toe) [m] 0.15

Layers below Toe elevation (max. 10): No

How long? Uniform length of reinforcement [m] 10

Optional data retrieval from:

Geosynthetic Designated Name	Geosynthetic Ultimate Strength, T _{ult} [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RF _{id}	Reduction Factor for Durability, RF _d	Reduction Factor for Creep, RF _c	Additional Reduction Factor, RF _a	Coverage Ratio, R _c
Geosynthetic type #1	20.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00

T_{available} = $\frac{T_{ult} \cdot R_c}{RF_{id} \cdot RF_d \cdot RF_c \cdot RF_a}$ T_{allowable} ≤ T_{available}

Reinforcement Quantities

Interaction Parameters

Change Reinforcement Color

T_{available} = $\frac{T_{ult} \cdot R_c}{RF_{id} \cdot RF_d \cdot RF_c \cdot RF_a}$

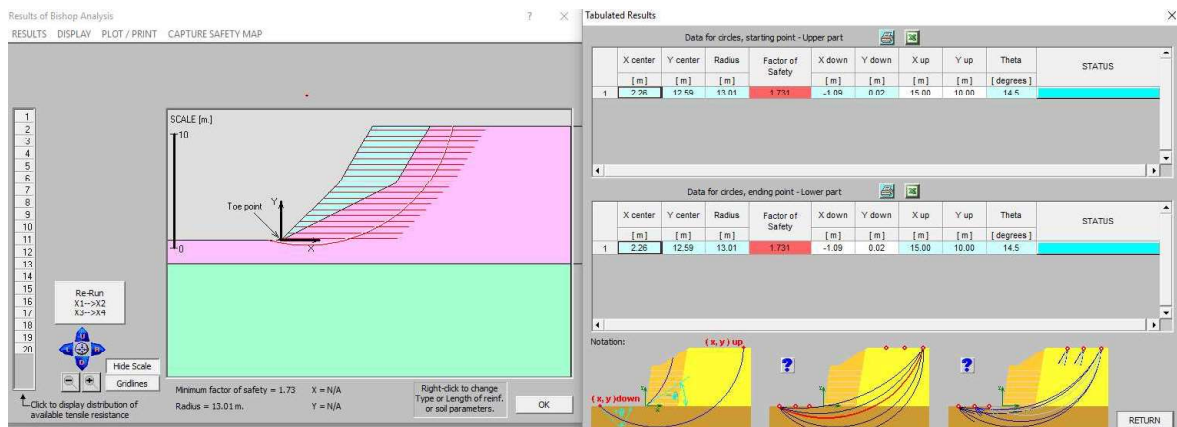
T_{available} = 15.69 [kN/m]

20 layers of reinforcement at/above the Toe

Click to view Soil data

Gridlines

RETURN





since 1990

HARPACEAS

Your digital partner

9.13.3 Caso 3

Si prenda a riferimento l'esempio in Figura 9-37. Si studia un pendio di altezza 15 metri con pendenza 1h:2v con 2 banche intermedie di larghezza 2m.

Per quanto riguarda la stratigrafia, è stato considerato un terreno sabbioso uniforme ($\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $\Phi'=28^\circ$, $c'=0 \text{ kPa}$). La falda è posta a -10m e non influenza i risultati delle analisi.

Lungo il pendio vengono posti strati di geogriglie continue di lunghezza 10 m a passo 0.5 m. La prima geogriglia presenta uno strato di ricoprimento di terreno di altezza 35cm. Vengono utilizzate geogriglie con resistenza di progetto a trazione pari a $T_{\text{allow}}=18.692 \text{ kN/m}$. Per il calcolo della resistenza allo sfilamento vengono utilizzati parametri di default ($\alpha=0.8$, $\beta=2/3$).

La superficie di scorrimento critica viene ricercata in un intervallo di entrata e di uscita,

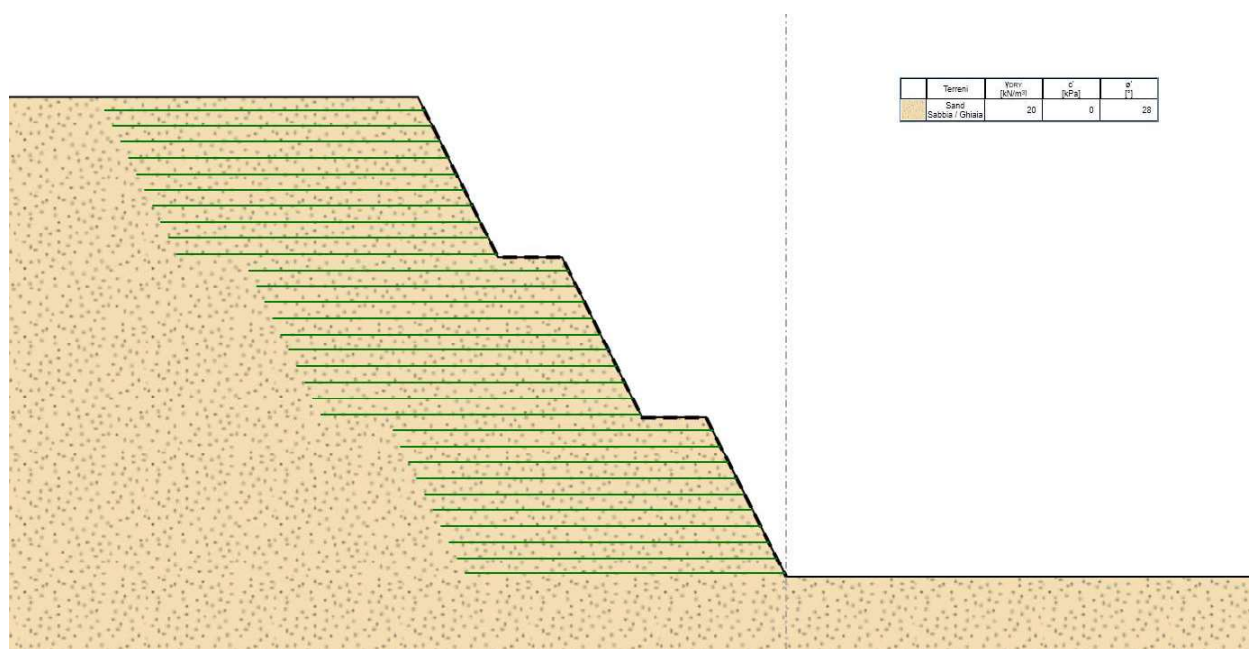
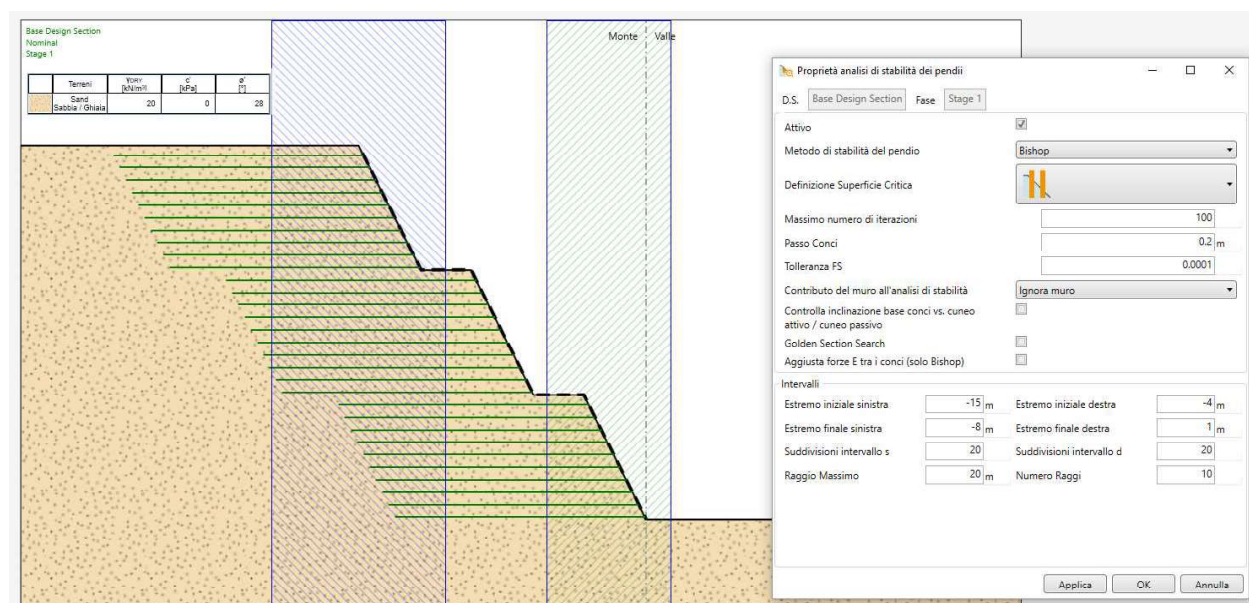


Figura 9-37: Stabilità pendio con geogriglia, caso 3



$$FS_{ReSSA} = 1.302$$

[illegible]

Geosynthetic Reinforcement -- Single Type

Single Reinforcement -- General Geometry

% of T_{available} at front-end: 0

How many?

Number of equally spaced reinforcement layers, n: 0.5

Fixed spacing between layers: [m] 0.5

Total number of reinforcement layers at or above Toe, n: 30

Elevation of first geosynthetic layer at or above Toe, (measured relative to Toe) [i.e., D]: [m] 0.05

Layers below Toe elevation (max. 10): ☐ No ☐ Yes

How long?

Uniform length of reinforcement: [m] 10

User specified length of each layer: Modify

Optional data retrieval from:

Geosynthetic Ultimate Strength, T _{ult} [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, R _{fid}	Reduction Factor for Durability, R _{fd}	Reduction Factor for Creep, R _{fc}	Additional Reduction Factor, R _{fa}	Coverage Ratio, R _c
20.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00

T_{available} = $\frac{T_{ult} \cdot R_c}{R_{fid} \cdot R_{fa} \cdot R_{fc} \cdot R_{fd}}$ T_{allowable} ≤ T_{available}

Reinforcement Quantities

Interaction Parameters

OK Cancel

Change Reinforcement Color

T_{available} = $\frac{T_{ult} \cdot R_c}{R_{fid} \cdot R_{fa} \cdot R_{fc} \cdot R_{fd}}$

X = N/A
Y = N/A

T_{available} = 18.69 [kN/m]

30 layers of reinforcement at/above the Toe.

Click to view Soil data

Gridlines

RETURN

