



LE OPERE DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA

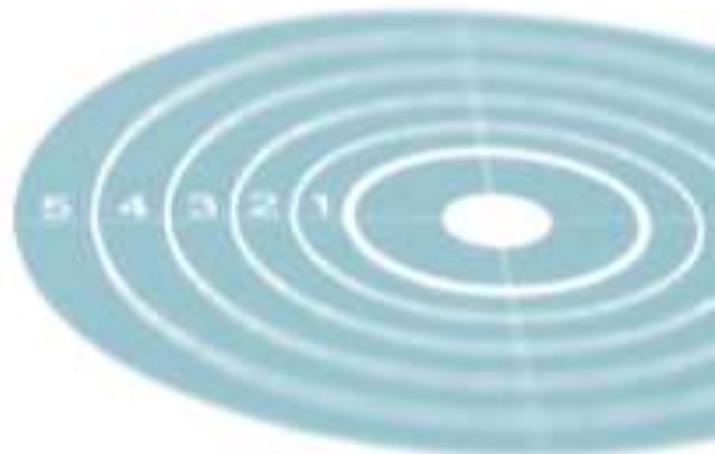
CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO
E ACCORGIMENTI IN FASE DI POSA

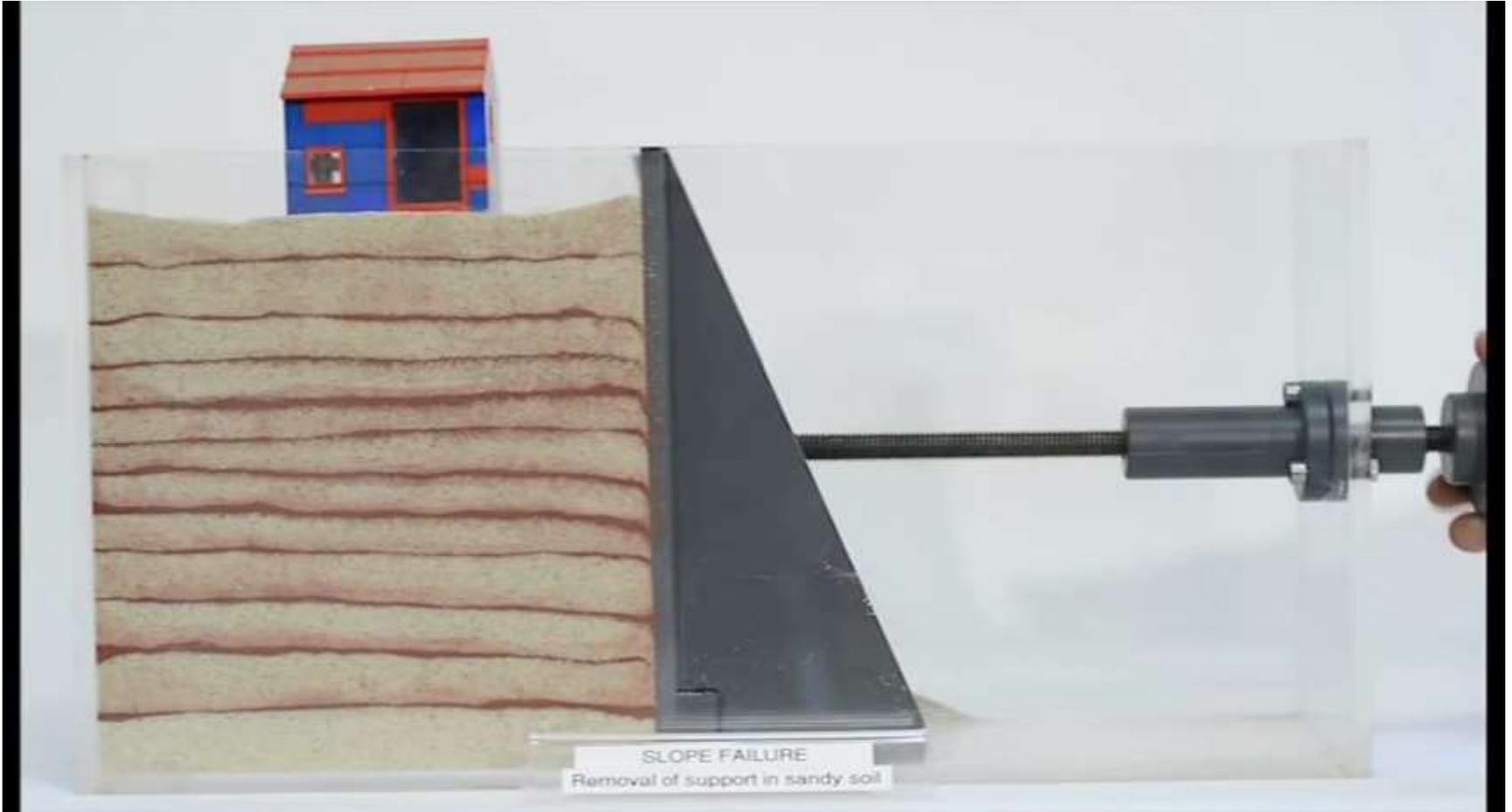


OBIETTIVI DELL'INCONTRO ODIERNO:

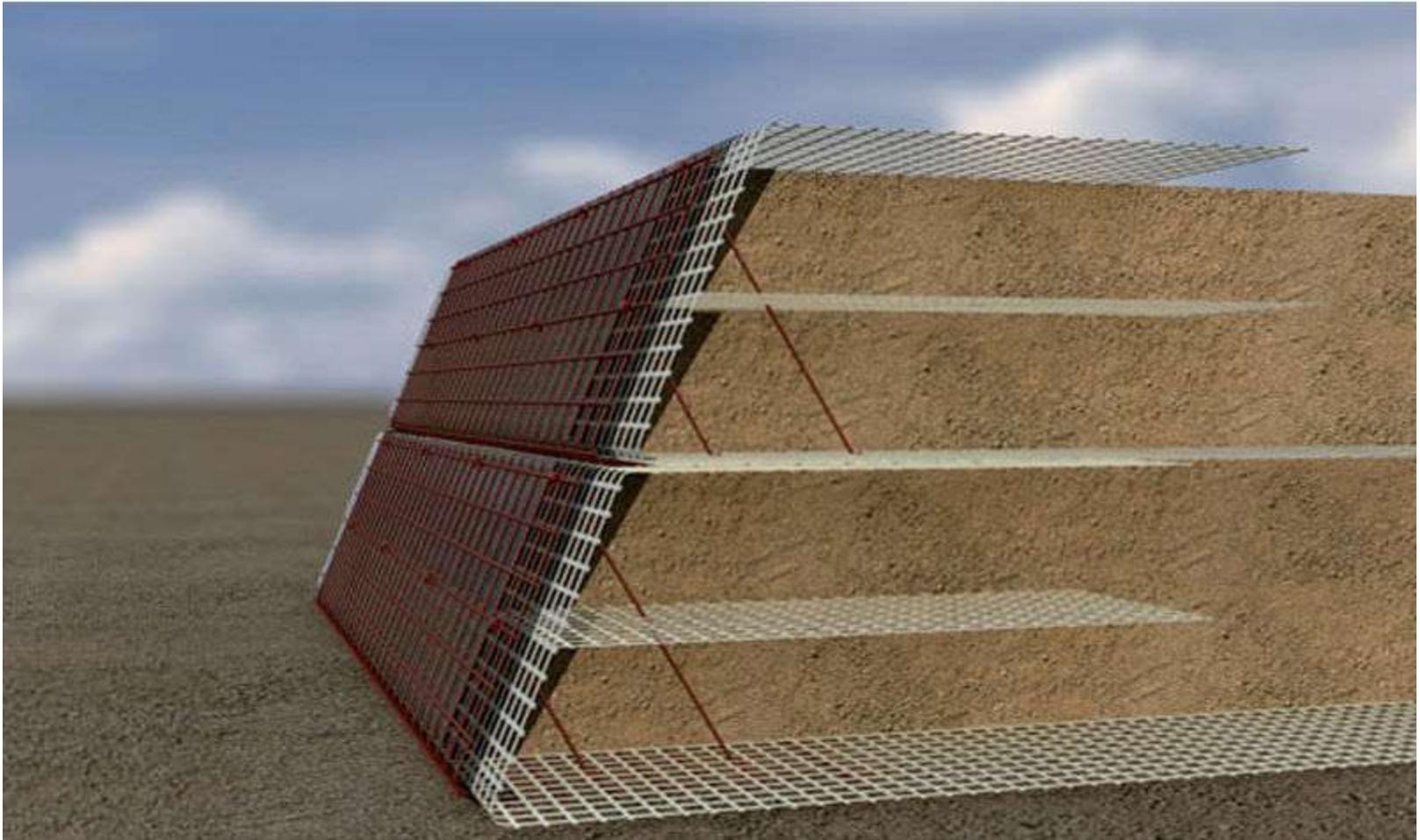
- DEFINIRE COSA E' UNA TERRA RINFORZATA, COME DIMENSIONARLA E COME VERIFICARLA SECONDO LE NORME TECNICHE
- DEFINIRE LE FASI DI POSA E I PRINCIPALI ACCORGIMENTI ESECUTIVI

10 9 8 7 6

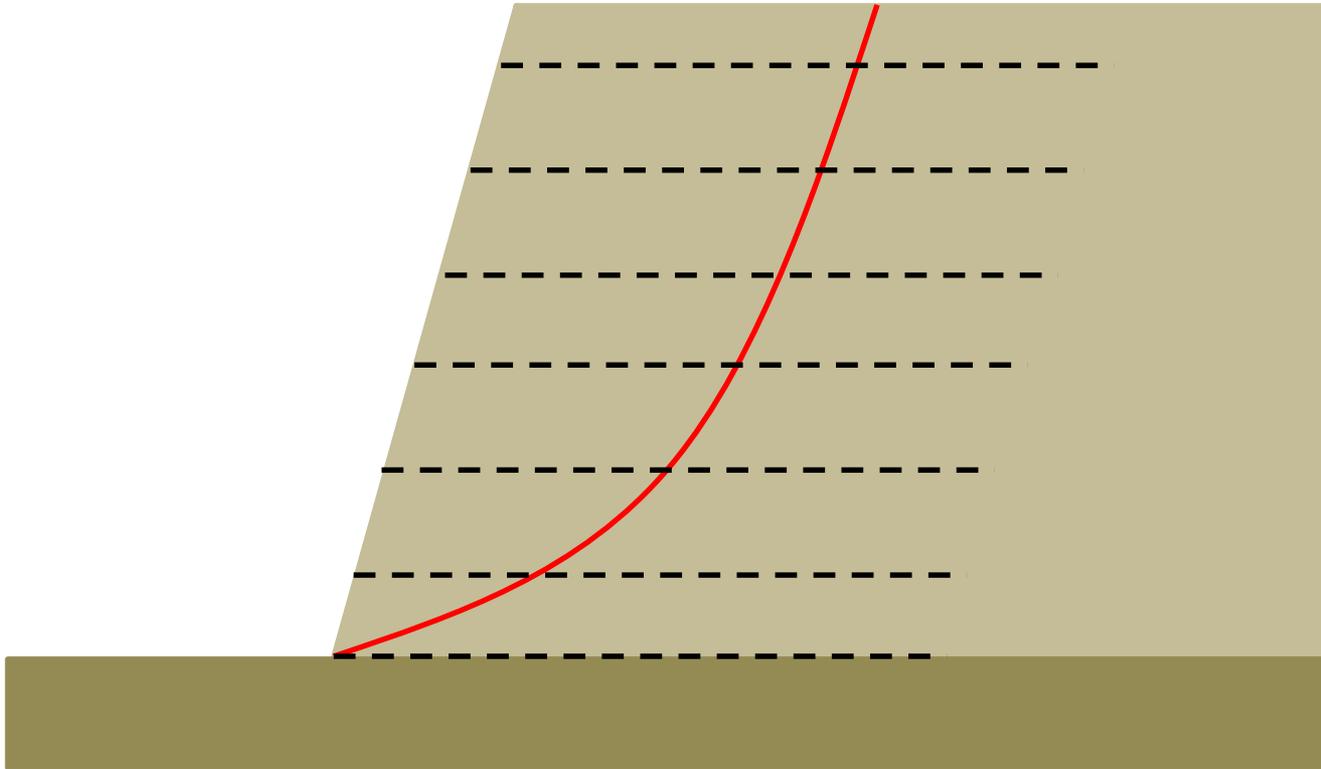




COME SI MUOVE UN TERRENO NON SOSTENUTO?



TERRA RINFORZATA



TERRA RINFORZATA



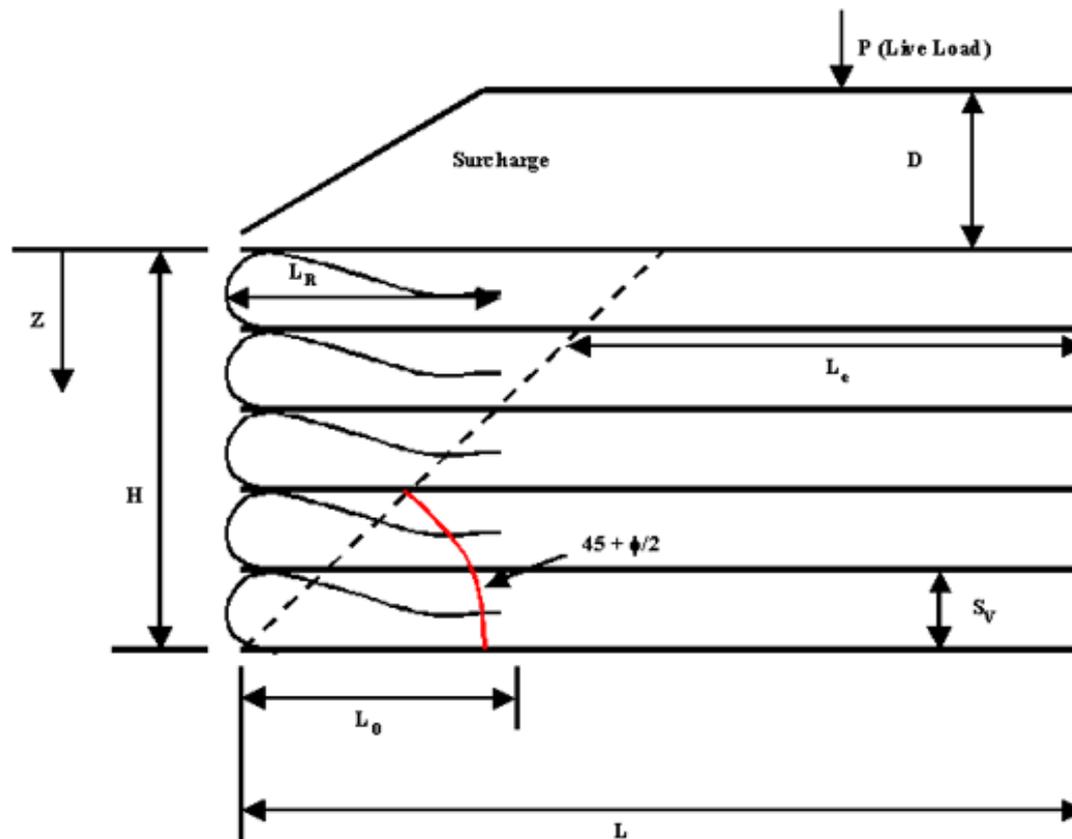
GRANDE MURAGLIA CINESE (200 A.C)



ZIGGURAT DI AQAR QUF (XIV SECOLO A.C.)

TERRA RINFORZATA — NELLA STORIA

Using Rankine Failure Plane For Geotextile Walls



TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



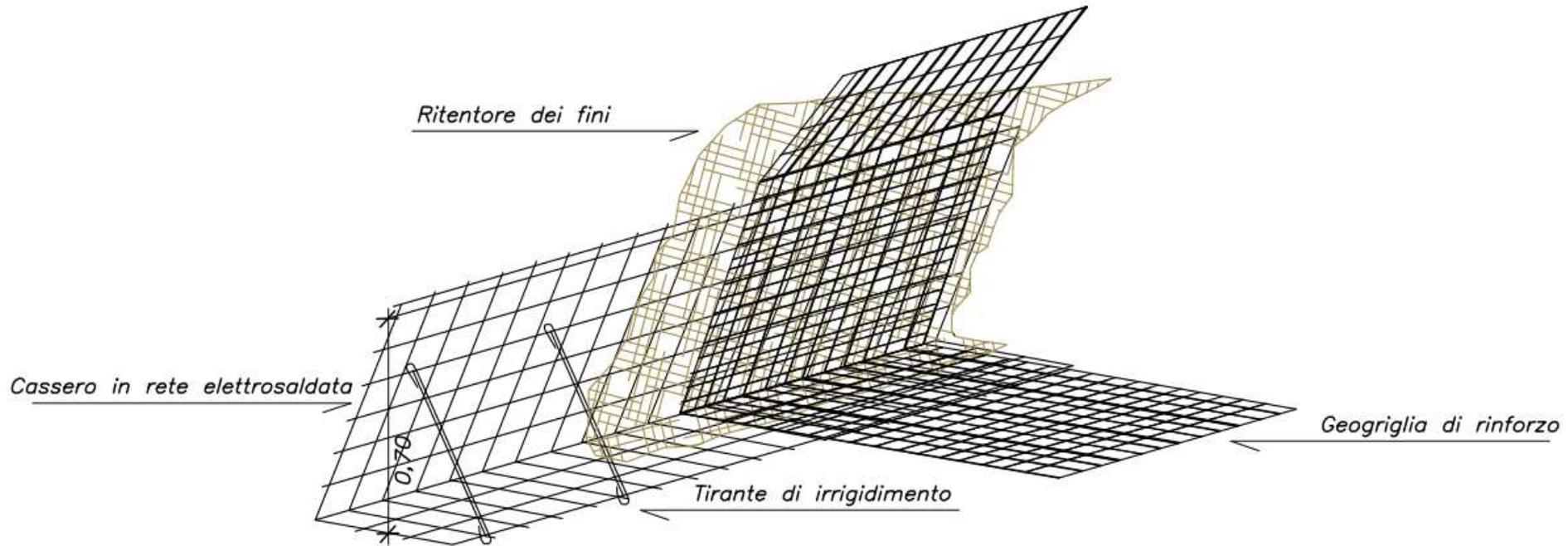
TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



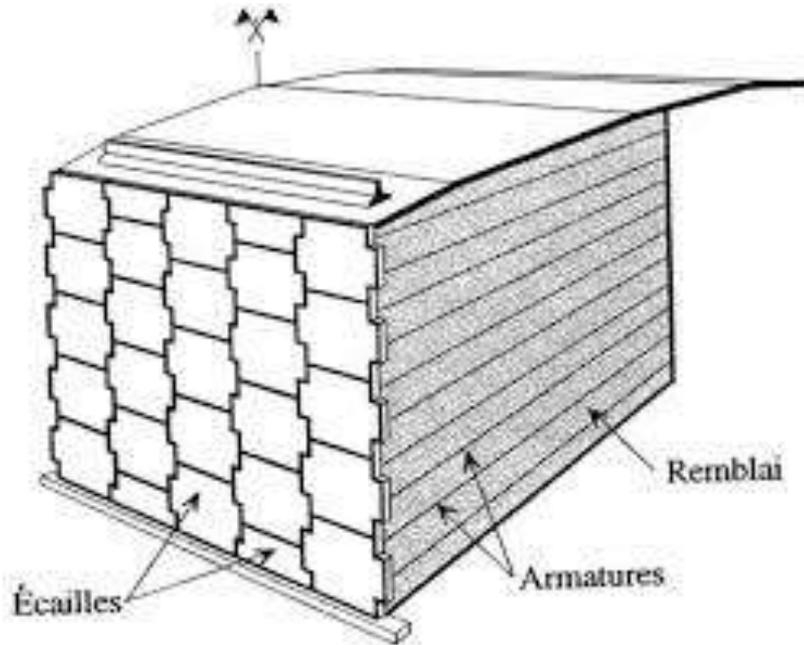
TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



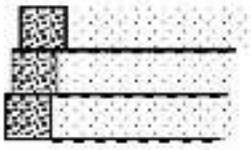
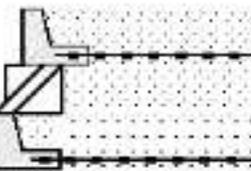
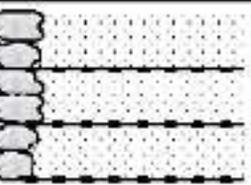
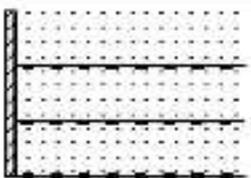
TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



TERRA RINFORZATA – COME È FATTA



TERRA ARMATA VS. TERRA RINFORZATA

	Gabions	
	Crib wall facing, possible to be planted	
	Individual natural stone facing	
	Full height-panels method	

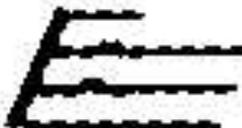
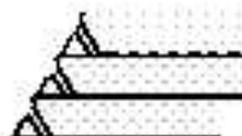
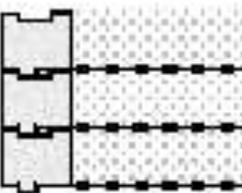
	Slopes up to 45°	
	Wrap around method	
	Steel mesh facing system, with vegetation	
	Modular concrete block facing units	

Figure 1: Different facing systems with geogrids

DIVERSE FINITURE DEL PARAMENTO ESTERNO



DIVERSE FINITURE DEL PARAMENTO ESTERNO



TERRA RINFORZATA – I VANTAGGI

- BASSO IMPATTO AMBIENTALE → RINVERDISCONO
- RIUTILIZZO TERRENI DI SCAVO (QUASI SEMPRE)
- RECUPERO DI SPAZIO
- COSTI CONTENUTI RISPETTO A MURO IN C.A.

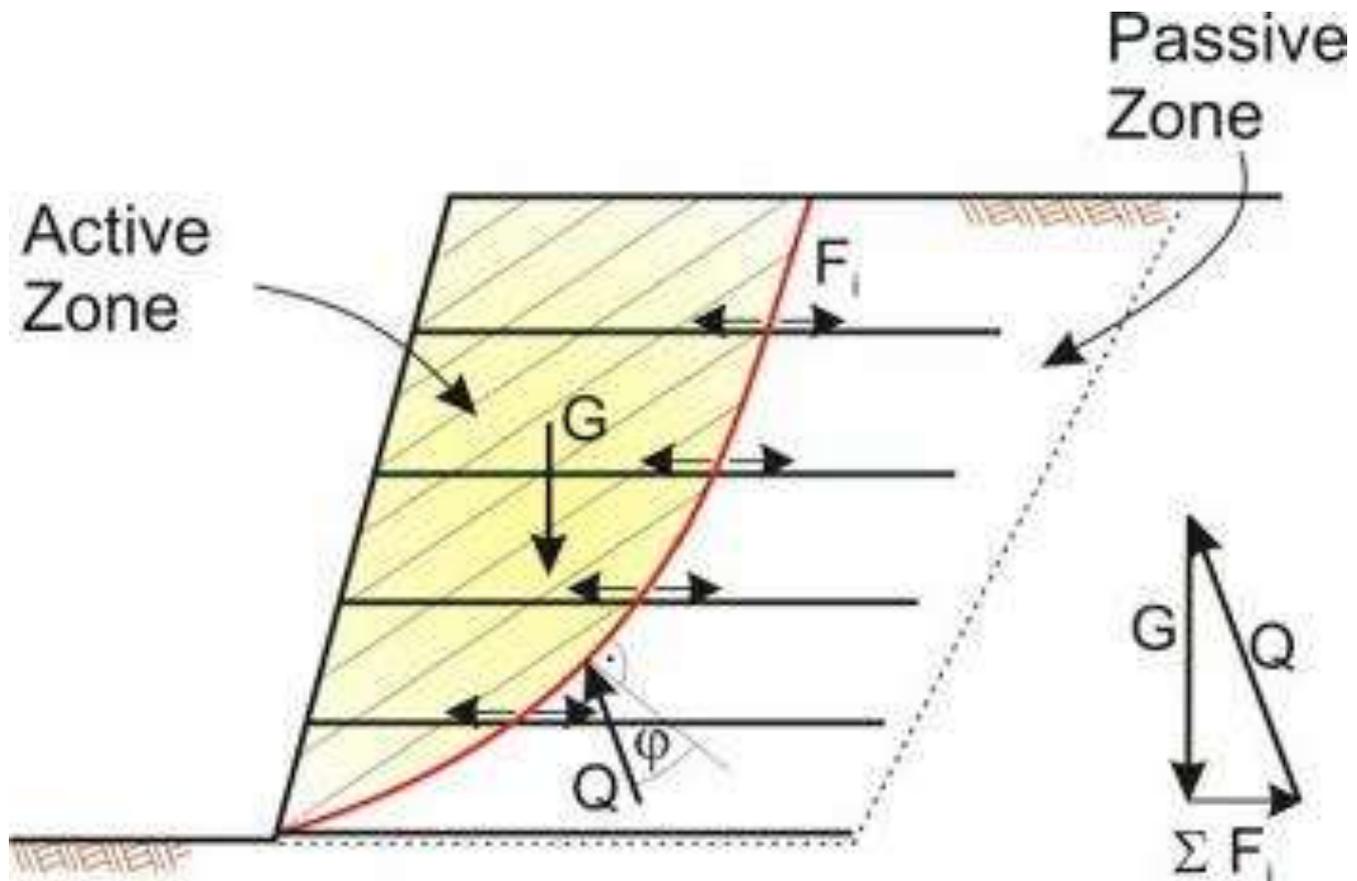
TERRA RINFORZATA – I VANTAGGI



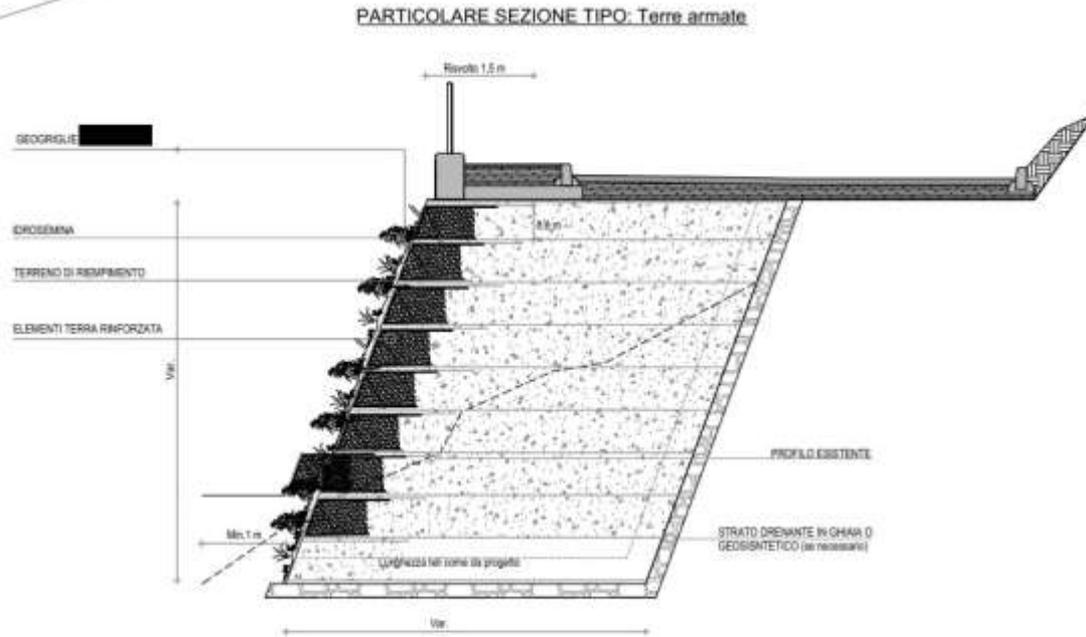
TERRA RINFORZATA – DOVE POSSIAMO UTILIZZARLA?

- SISTEMAZIONE DI VERSANTI
- RILEVATI STRADALI E FERROVIARI
- ALLARGAMENTO PIAZZALI
- OPERE DI SOSTEGNO DI CONTRORIPA E SOTTOSCARPA
- ARGINI FLUVIALI O DI DISCARICHE
- VALLI PARAMASSI O ANTIRUMORE
- SPALLE DI PONTE E MASCHERAMENTO PORTALI GALLERIE

TERRA RINFORZATA – DOVE POSSIAMO UTILIZZARLA?



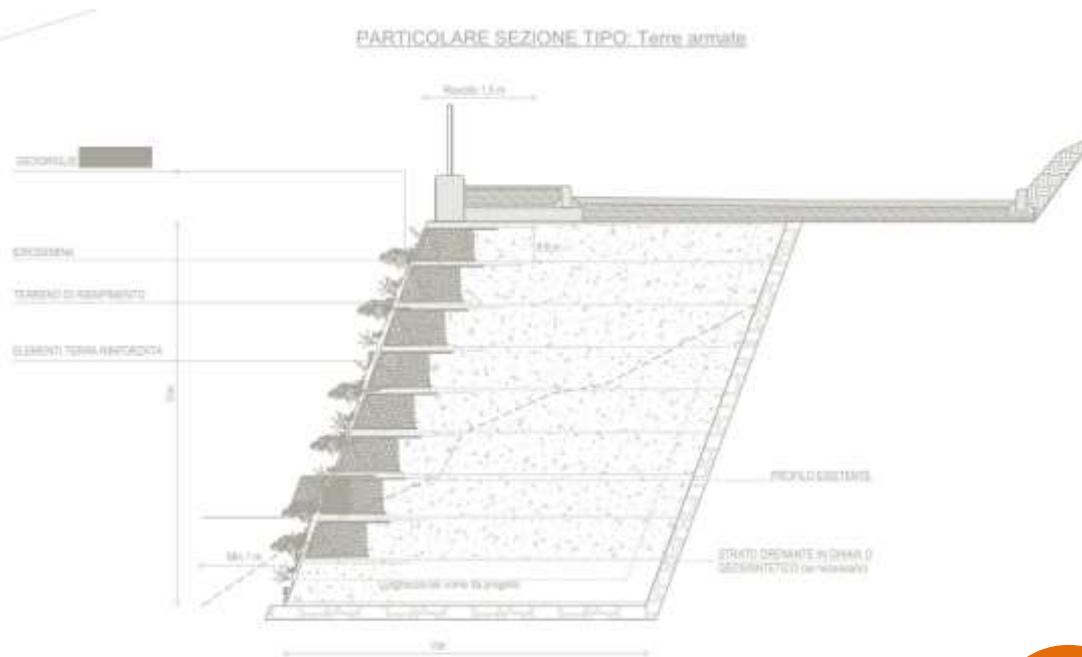
TERRA RINFORZATA - VERIFICHE



* Disegni costruttivi e calcoli delle terre armate sono a cura dell'impresa

COMUNE DI [REDACTED]	DATA LUGLIO 2015								
OGGETTO FORMAZIONE MARCIAPIEDE MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA [REDACTED]									
TAVOLA S29	OGGETTO PROGETTO ESECUTIVO TITOLO STRUTTURE: TERRE ARMATE SEZ. 17-21								
CODIFICA ELABORATO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">E</td> <td style="width: 10%;">T</td> <td style="width: 10%;">322</td> <td style="width: 10%;">-</td> <td style="width: 10%;">29</td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%;">1:100</td> </tr> </table>	E	T	322	-	29	1	1:100	
E	T	322	-	29	1	1:100			
REVISIONI									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">n.</th> <th style="width: 10%;">Rev.</th> <th style="width: 80%;">Descrizione</th> <th style="width: 5%;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>DC</td> <td>Aggiornamento progetto</td> <td>24.07.2015</td> </tr> </tbody> </table>		n.	Rev.	Descrizione	Data	1	DC	Aggiornamento progetto	24.07.2015
n.	Rev.	Descrizione	Data						
1	DC	Aggiornamento progetto	24.07.2015						
PROGETTISTA [REDACTED]	TIMBRO								

TERRA RINFORZATA - VERIFICHE



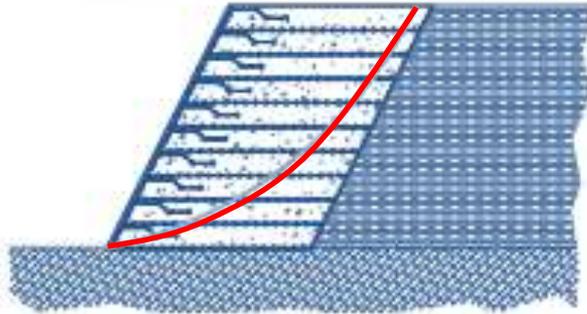
* Disegni costruttivi e calcoli delle terre armate sono a cura dell'impresa



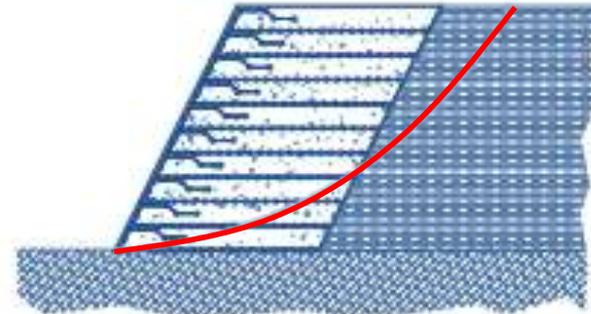
COMUNE DI [REDACTED]		DATA LUGLIO 2015	
OGGETTO FORMAZIONE MARCIAPIEDE MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA [REDACTED]			
TAVOLA S29	OGGETTO PROGETTO ESECUTIVO		
	TITOLO STRUTTURE: TERRE ARMATE SEZ. 17-21		
CODIFICA ELABORATO	Str	Str	Str
	E	T	322
			29
			1
			1.100
REVISIONI			
n.	Rev.	Descrizione	Rev.
1	DC	Aggiornamento progetto	24.07.2015
PROGETTISTA [REDACTED]			TIMBRO

TERRA RINFORZATA - VERIFICHE

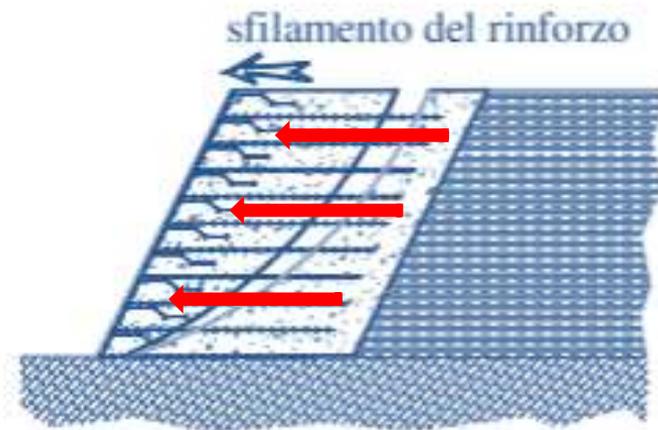
Verifica interna (Tieback)



Verifica composta (Compound)

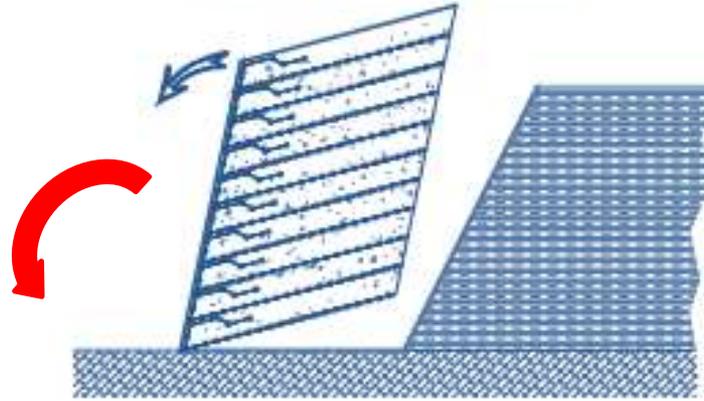


TERRA RINFORZATA – VERIFICHE INTERNE

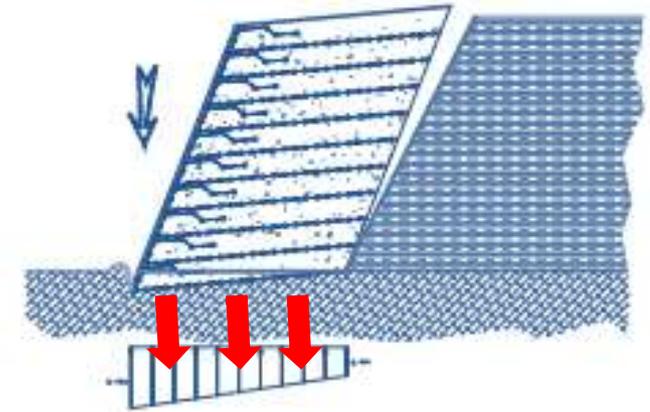


TERRA RINFORZATA – VERIFICHE INTERNE

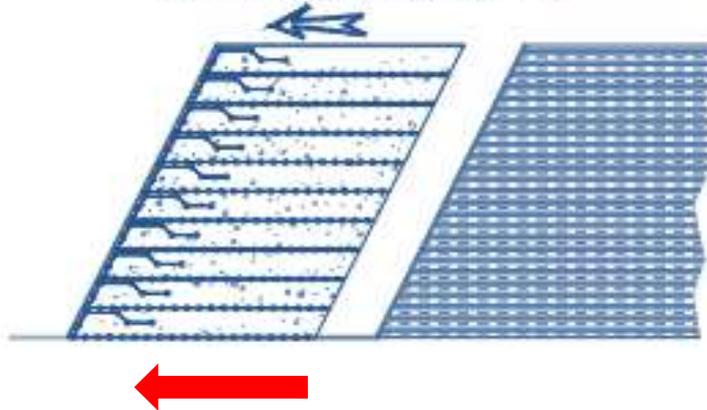
verifica al ribaltamento



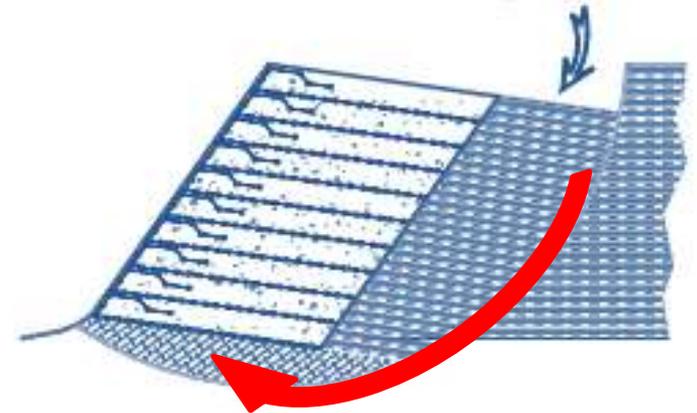
verifica fondazionale



verifica alla traslazione



verifica di stabilita globale



TERRA RINFORZATA – VERIFICHE ESTERNE

STABILITÀ DEI PENDII NATURALI

TUTTE LE VERIFICHE
Approccio 1-Comb.2
(A2+M2+R2)
A2=M2=1

OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO
--

TUTTE LE VERIFICHE
Approccio 1-Comb.2
(A2+M2+R2)

FONDAZIONI SUPERFICIALI	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (Azioni assiali e trasversali)
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R3)

FONDAZIONI SU PALI	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (Azioni assiali e trasversali)
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R3)

MURI DI SOSTEGNO	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R3)

PARATIE	STABILITA' GLOBALE	VERIFICHE (STR)	VERIFICHE (GEO)
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 1-Comb.1	Approccio 1-Comb.2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R1)	(A2+M2+R1)

TIRANTI DI ANCORAGGIO

TUTTE LE VERIFICHE
Approccio 2
(A1+M1+R3)

OPERE IN SOTTERRANEO	VERIFICHE (STR)	VERIFICHE (GEO)
	Approccio 1-Comb.1	Approccio 1-Comb.2
	(A1+M1+R1)	(A2+M2+R2)
γ_R dei gruppi R1 e R2 pari all'unità		

TERRA RINFORZATA – APPROCCI PER LE VERIFICHE

STABILITÀ DEI PENDII NATURALI

TUTTE LE VERIFICHE
Approccio 1-Comb.2
(A2+M2+R2)
A2=M2=1

OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO
--

TUTTE LE VERIFICHE
Approccio 1-Comb.2
(A2+M2+R2)

FONDAZIONI SUPERFICIALI	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (Azioni assiali e trasversali)
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R3)

FONDAZIONI SU PALI	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE (Azioni assiali e trasversali)
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R3)

MURI DI SOSTEGNO	STABILITA' GLOBALE	ALTRE VERIFICHE
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R3)

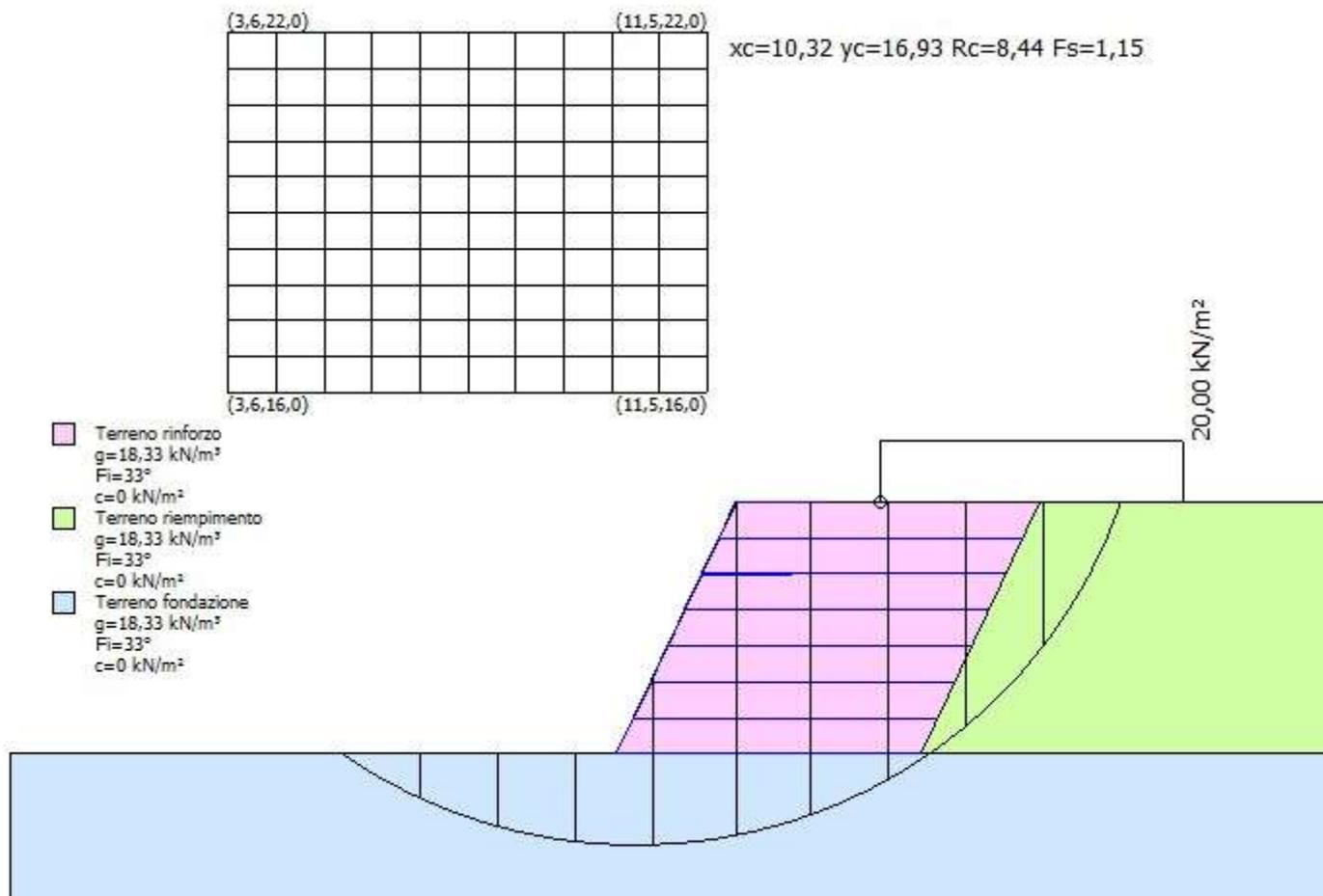
PARATIE	STABILITA' GLOBALE	VERIFICHE (STR)	VERIFICHE (GEO)
	Approccio 1-Comb.2	Approccio 1-Comb.1	Approccio 1-Comb.2
	(A2+M2+R2)	(A1+M1+R1)	(A2+M2+R1)

TIRANTI DI ANCORAGGIO

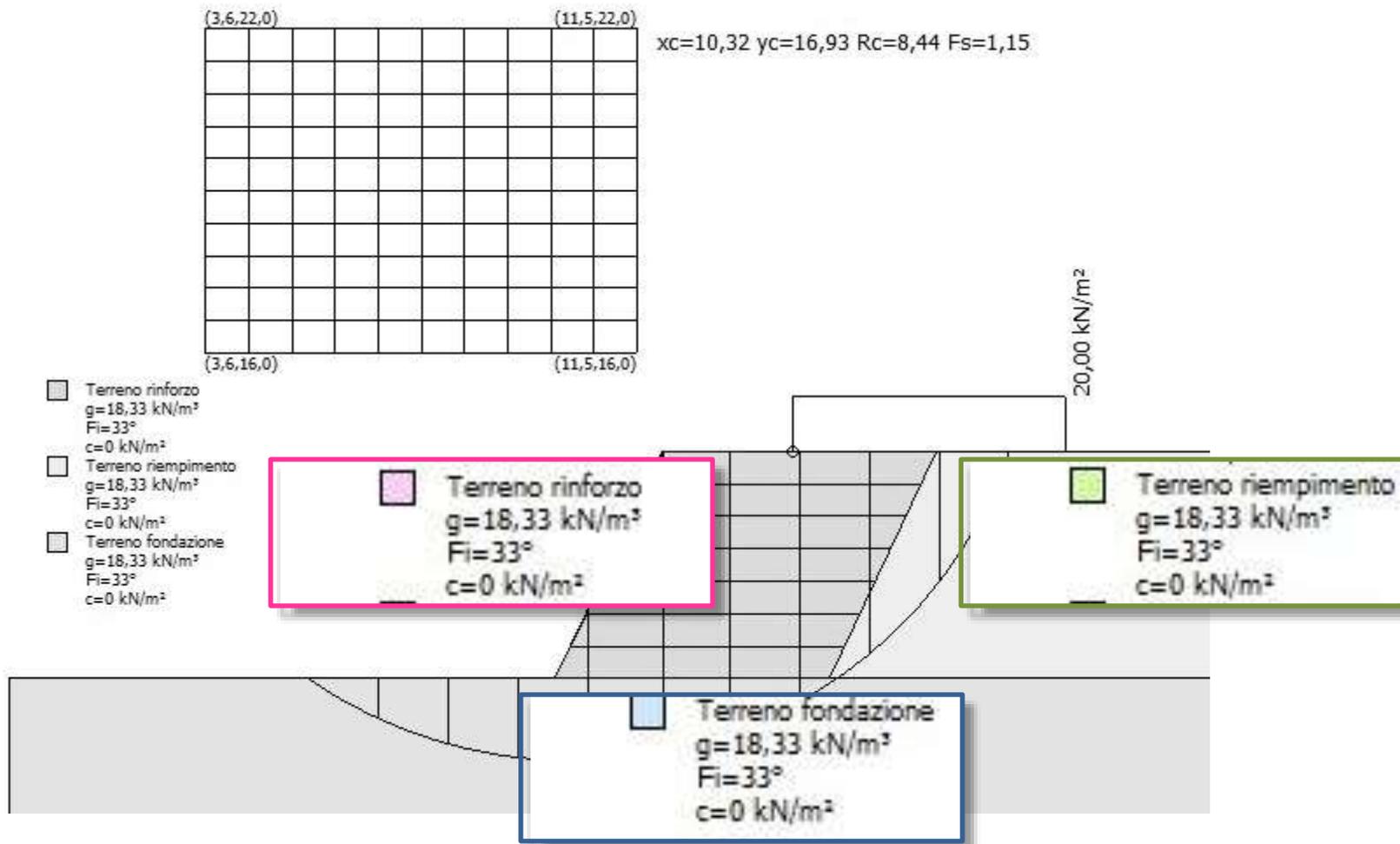
TUTTE LE VERIFICHE
Approccio 2
(A1+M1+R3)

OPERE IN SOTTERRANEO	VERIFICHE (STR)	VERIFICHE (GEO)
	Approccio 1-Comb.1	Approccio 1-Comb.2
	(A1+M1+R1)	(A2+M2+R2)
γ_R dei gruppi R1 e R2 pari all'unità		

TERRA RINFORZATA – APPROCCI PER LE VERIFICHE



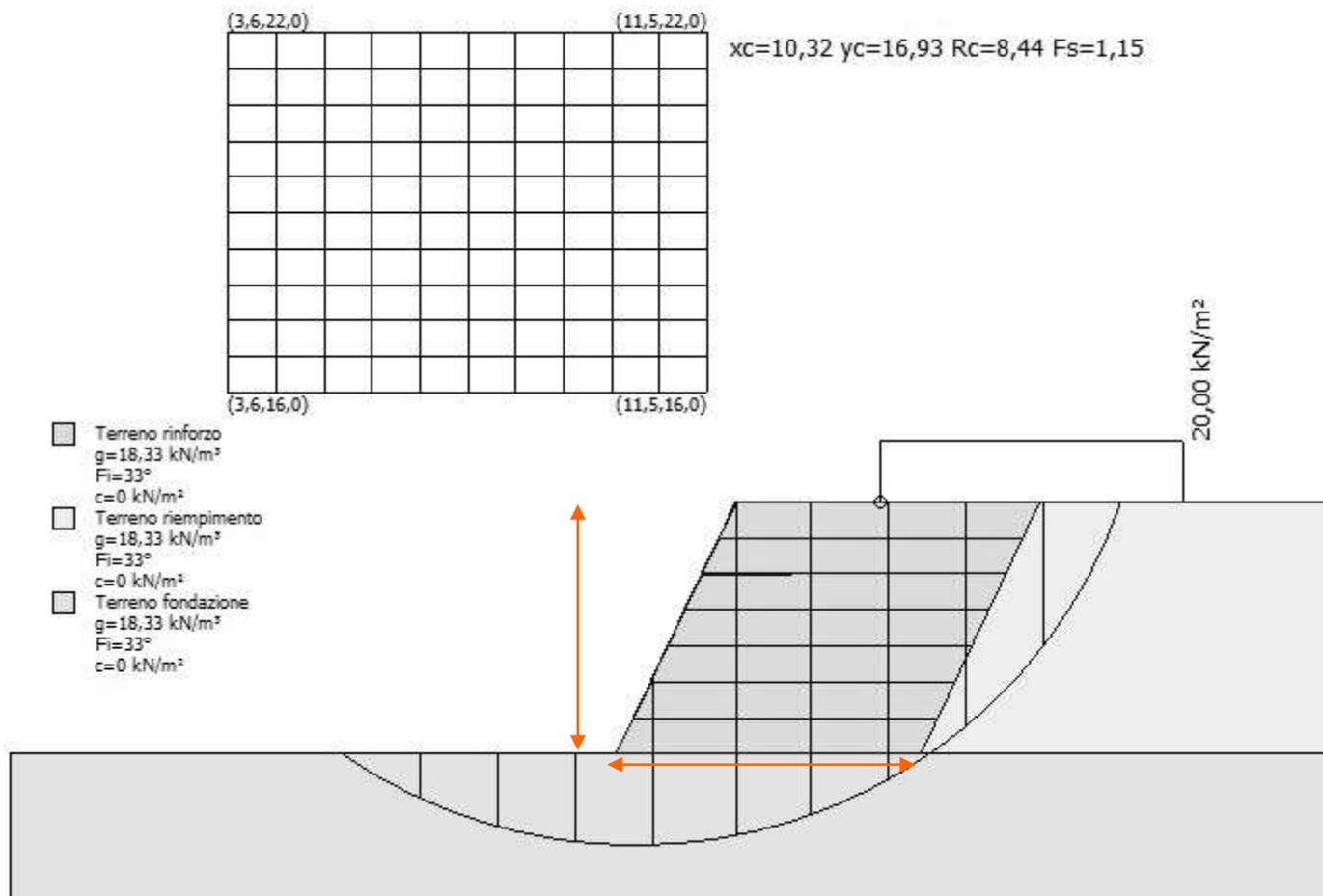
ESEMPI DI CALCOLO - CRITERI DI DIMENSIONAMENTO



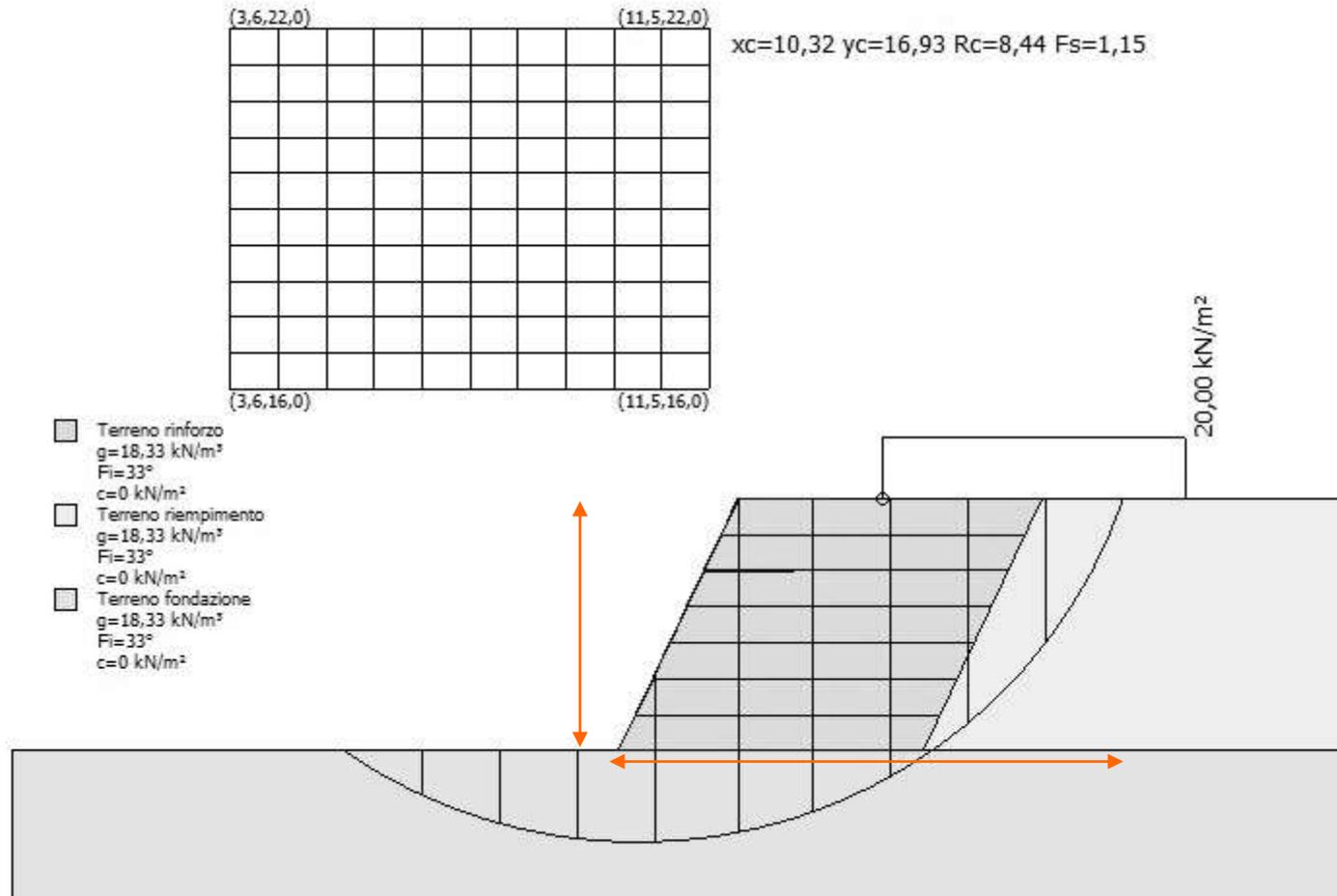
ESEMPI DI CALCOLO - CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 \leq 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%					
Gruppo	A1		A3	A				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤ 80												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥ 80										
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	$\leq 10_{max}$	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (IP $>$ LL30)	> 10 (IP $>$ LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone					Da mediocre a scadente						Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media			media	elevata	Media	elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nulla			Nulla o lieve			Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla			Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

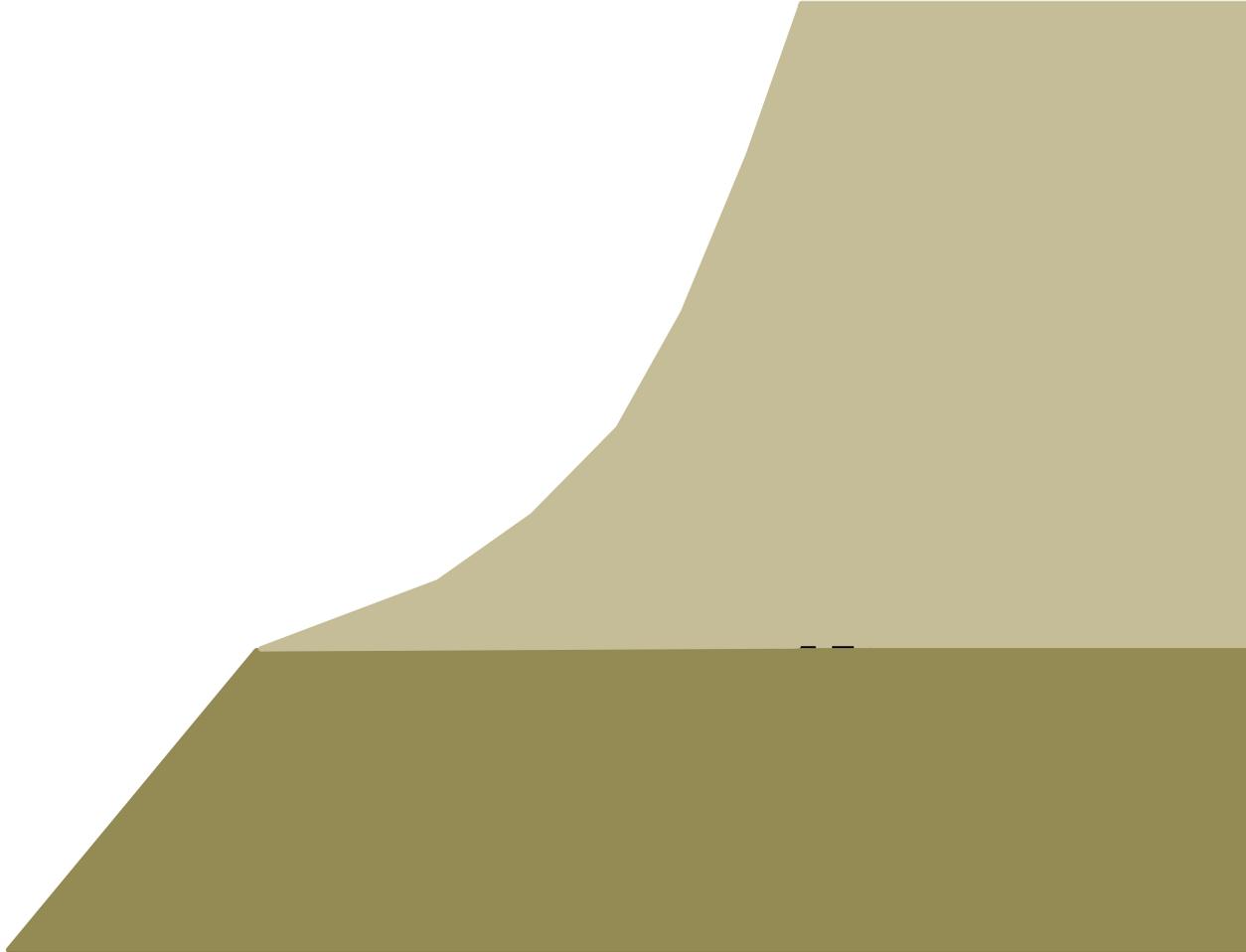
ESEMPI DI CALCOLO - CRITERI DI DIMENSIONAMENTO



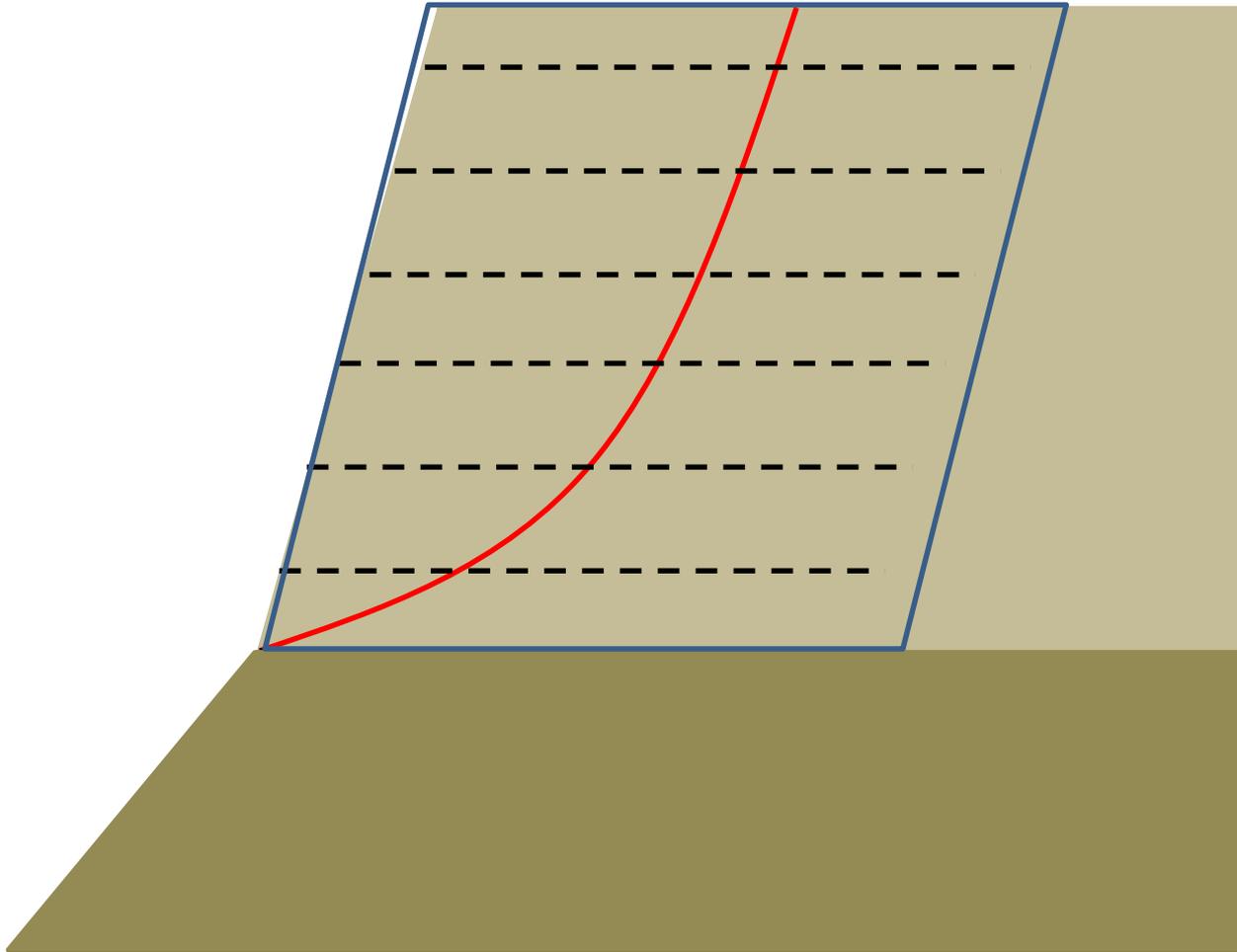
ESEMPI DI CALCOLO - CRITERI DI DIMENSIONAMENTO



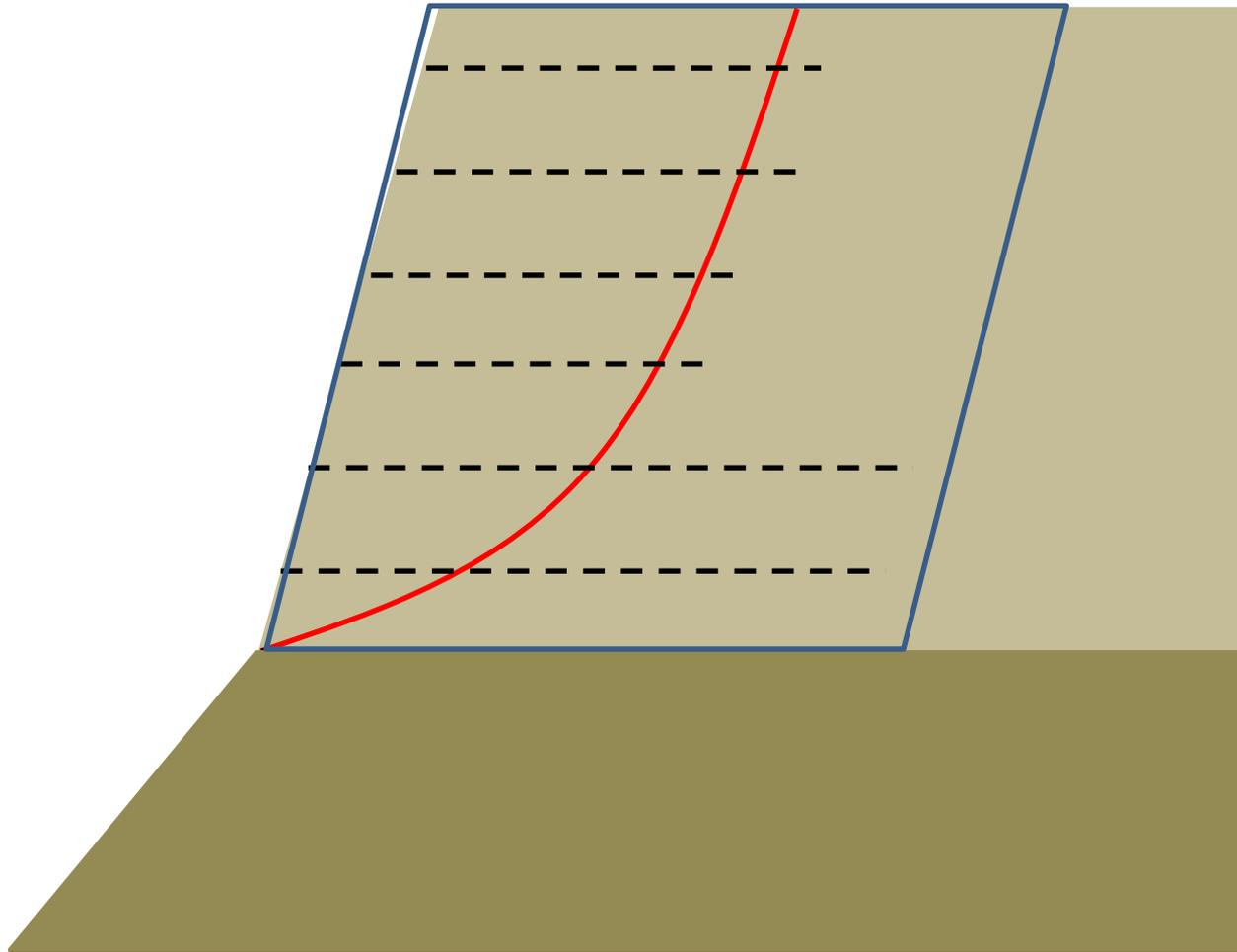
ESEMPI DI CALCOLO - CRITERI DI DIMENSIONAMENTO



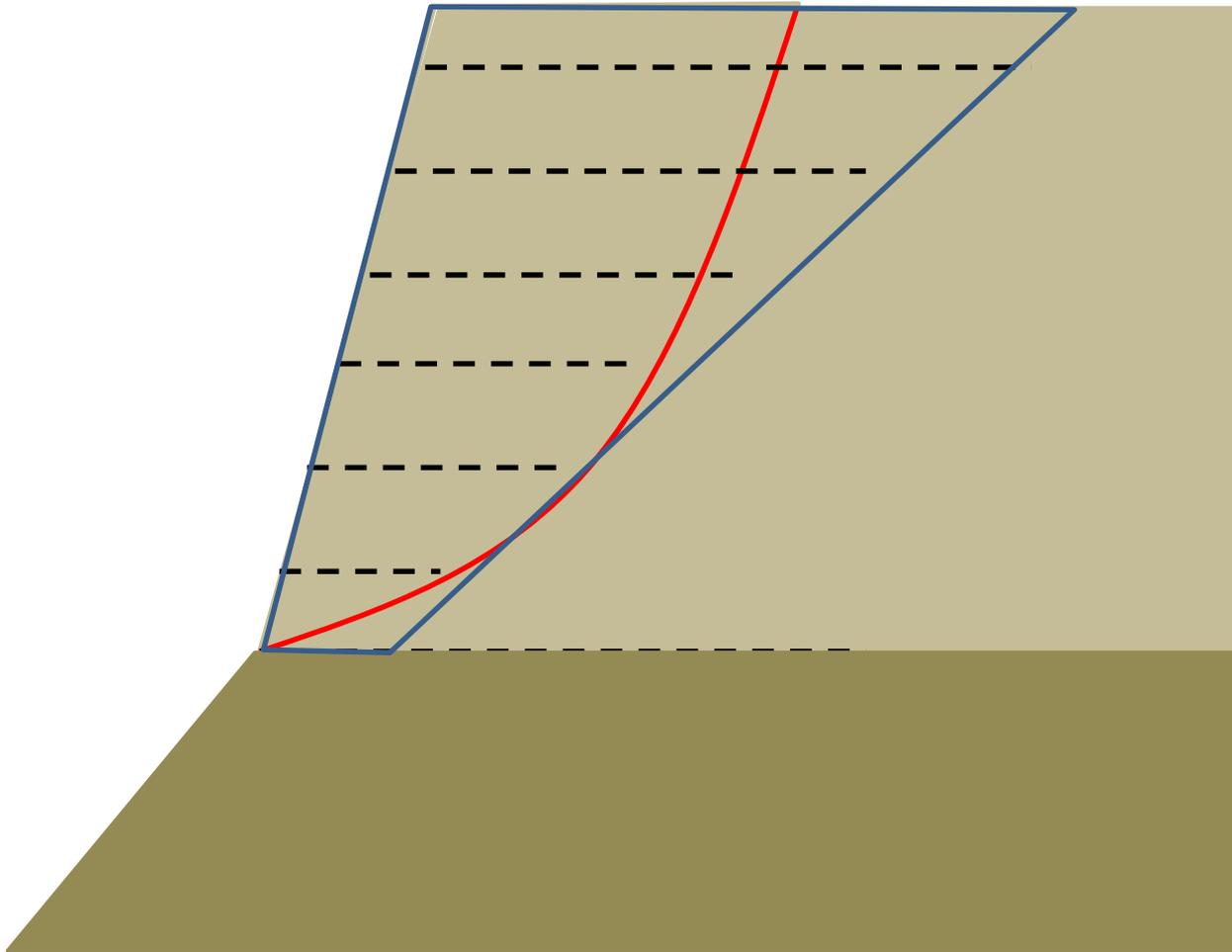
TERRA RINFORZATA



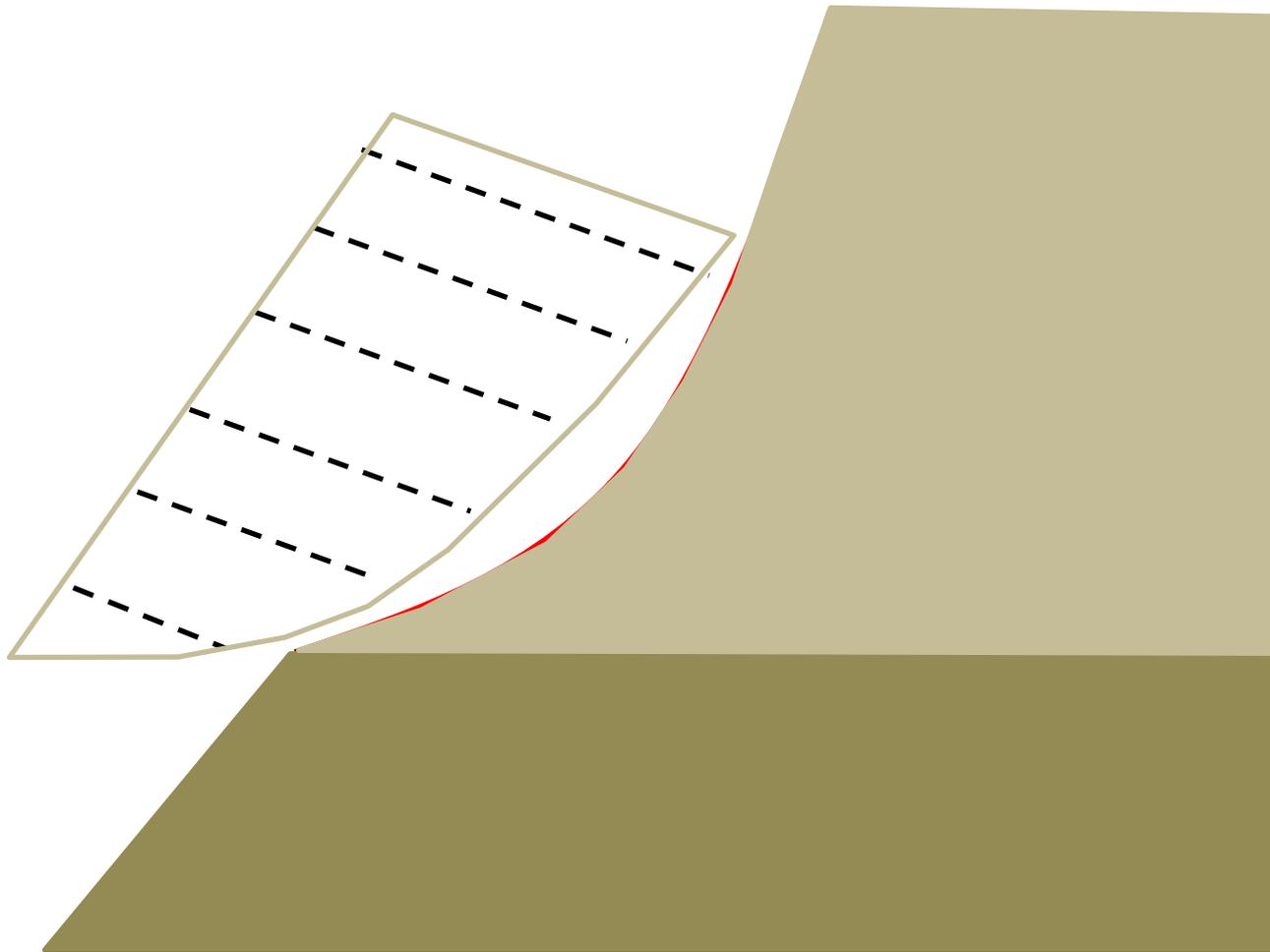
TERRA RINFORZATA



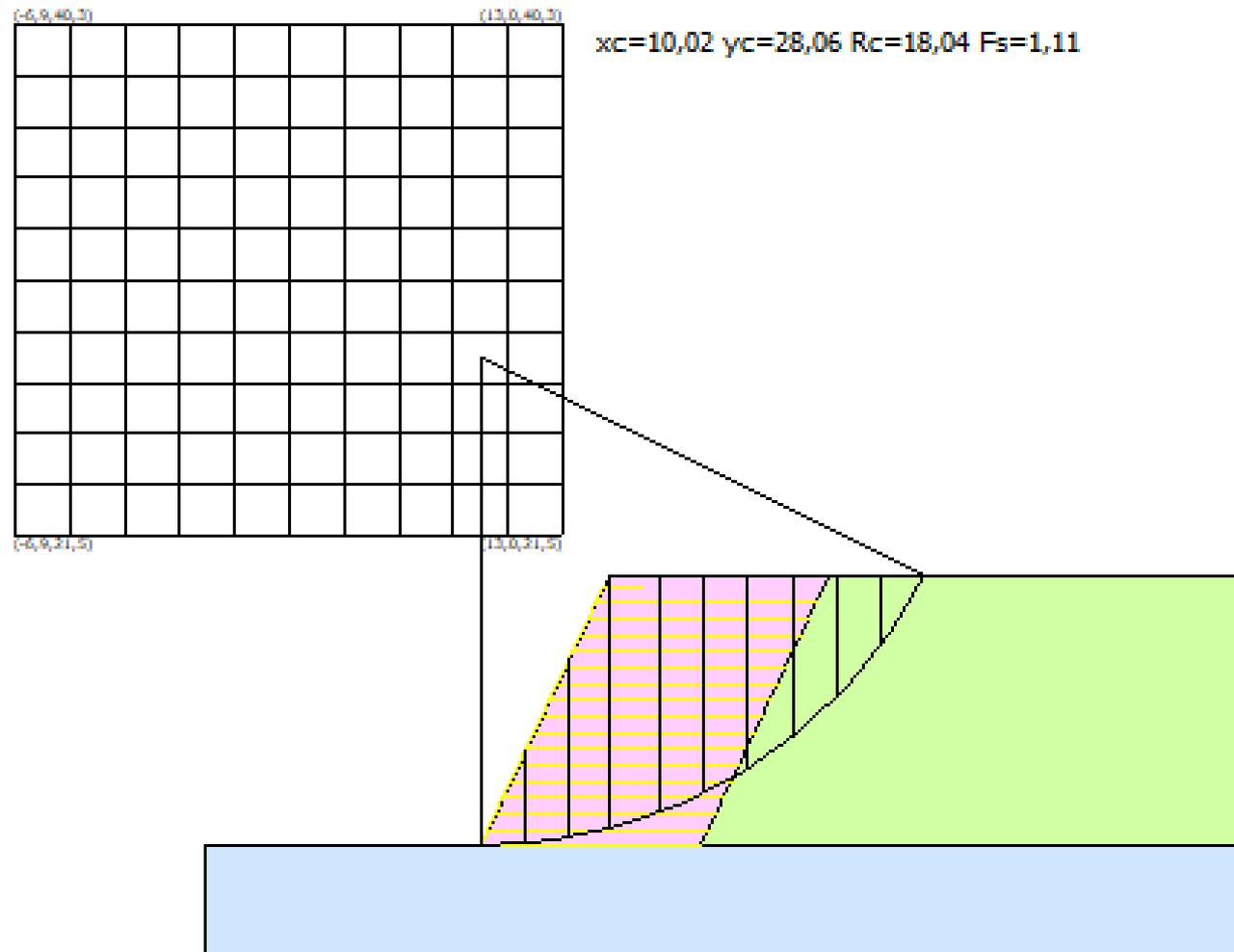
TERRA RINFORZATA



TERRA RINFORZATA



TERRA RINFORZATA



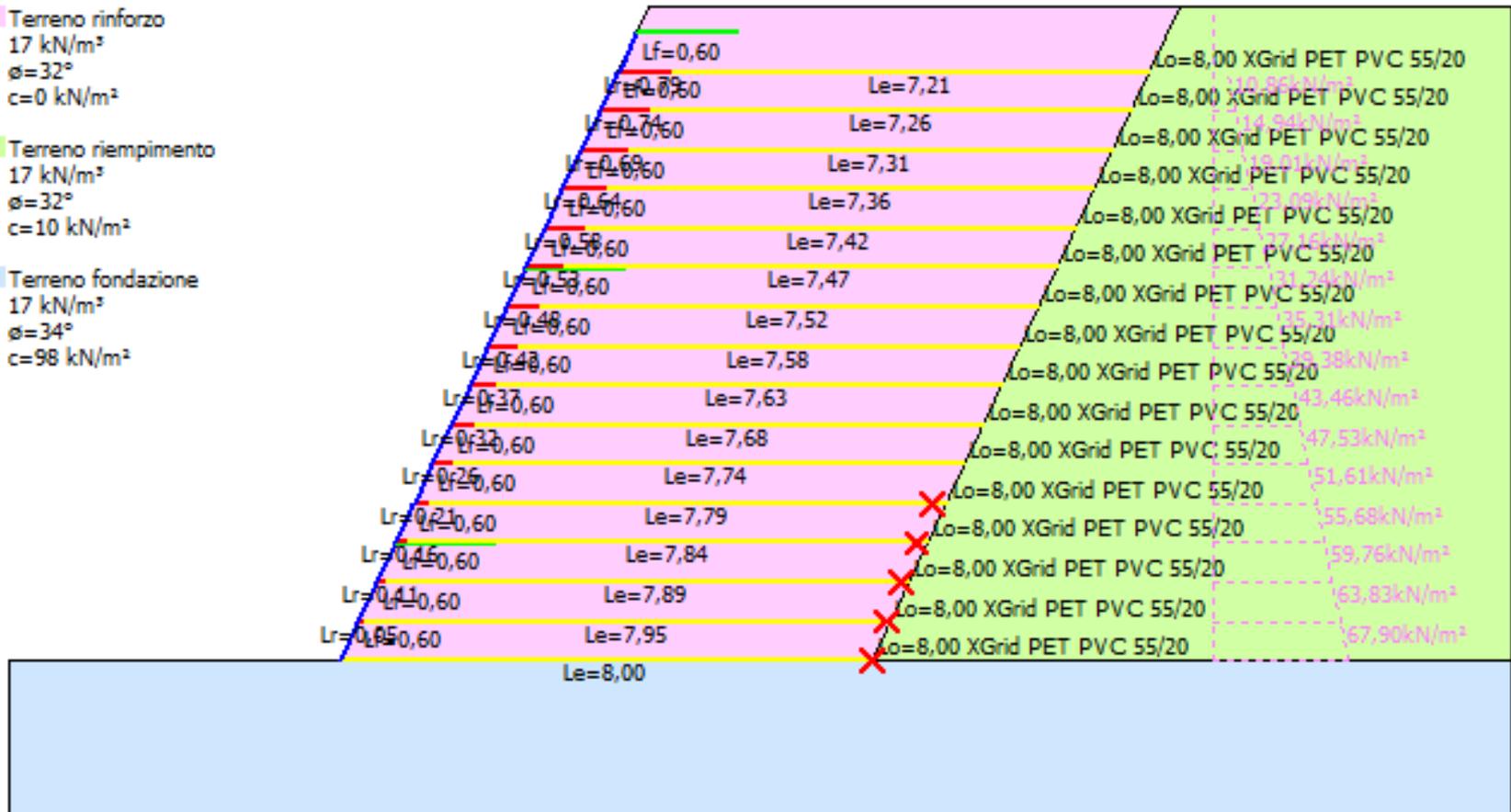
- | | | |
|---|--|---|
| <p> Terreno rinforzo
 $g=17\text{kN/m}^3$
 $g_s=17\text{kN/m}^3$
 $F_i=32^\circ$</p> | <p> Terreno riempimento
 $g=17\text{kN/m}^3$
 $g_s=17\text{kN/m}^3$
 $F_i=32^\circ$</p> | <p> Terreno fondazione
 $g=17\text{kN/m}^3$
 $g_s=17\text{kN/m}^3$
 $F_i=34^\circ$</p> |
|---|--|---|

ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE

■ Terreno rinforzo
 17 kN/m³
 $\phi=32^\circ$
 $c=0$ kN/m²

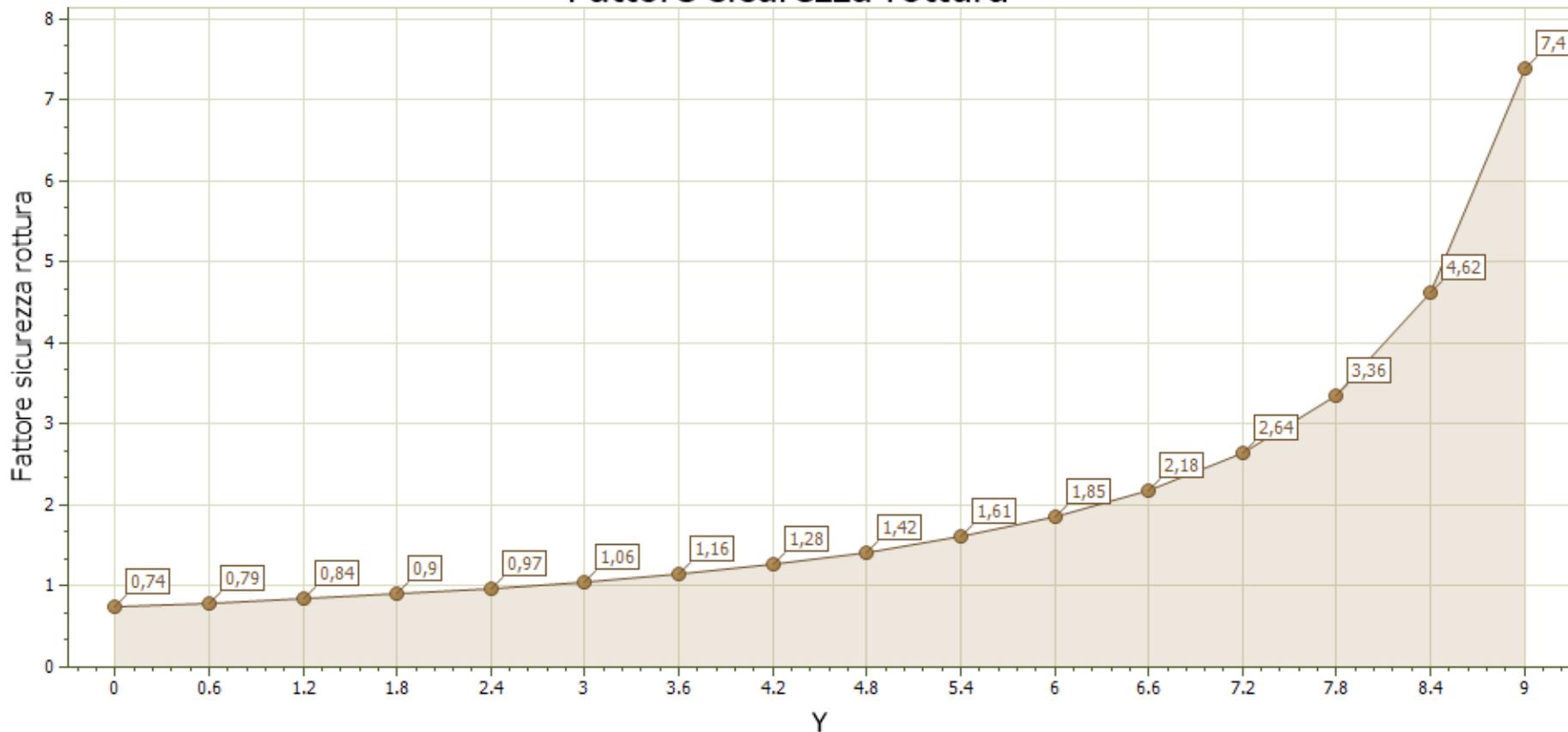
■ Terreno riempimento
 17 kN/m³
 $\phi=32^\circ$
 $c=10$ kN/m²

■ Terreno fondazione
 17 kN/m³
 $\phi=34^\circ$
 $c=98$ kN/m²



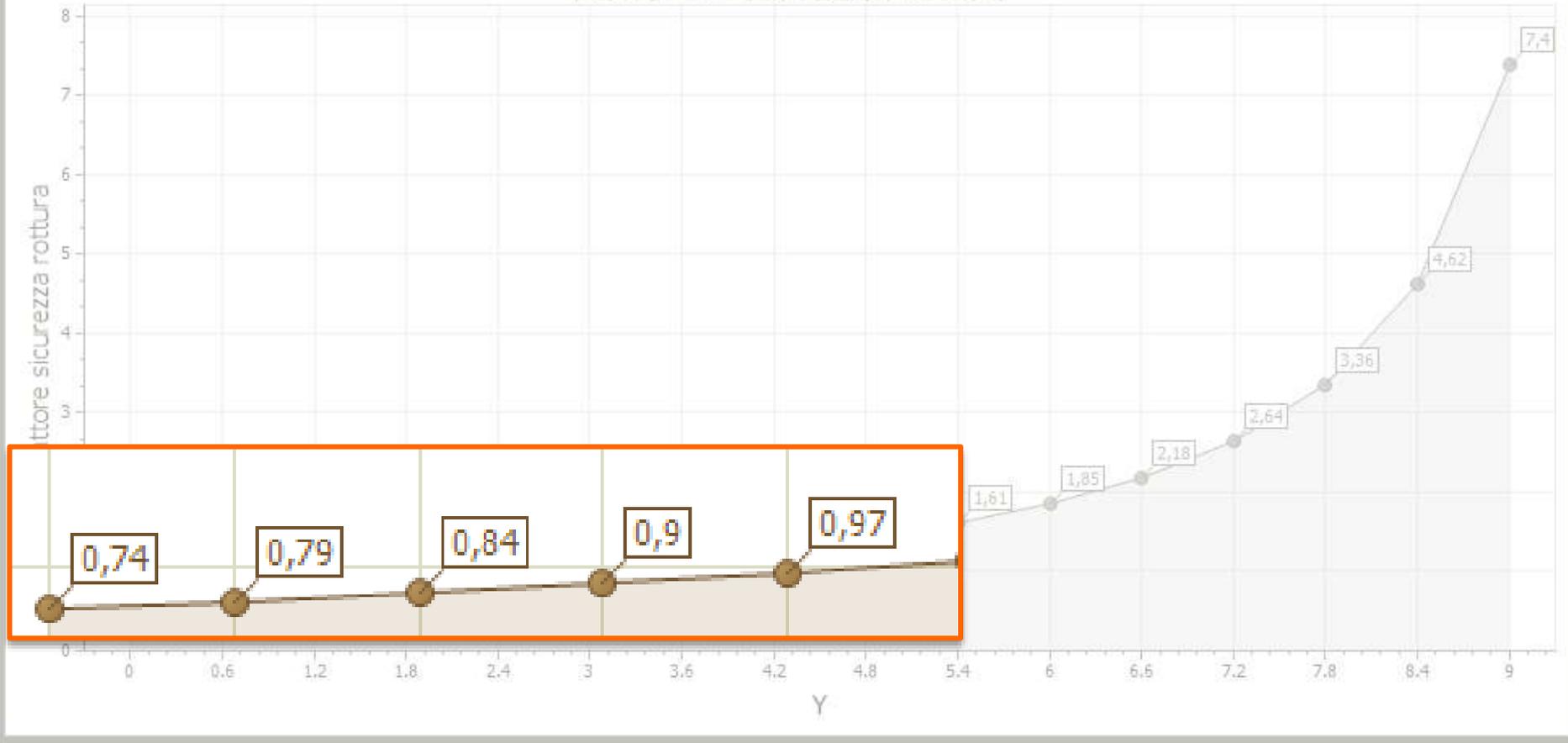
ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE

Fattore sicurezza rottura

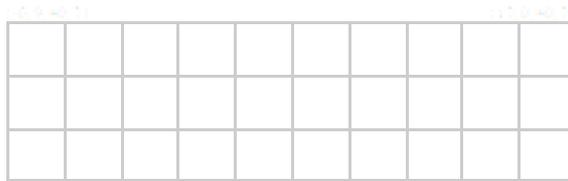


ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE

Fattore sicurezza rottura



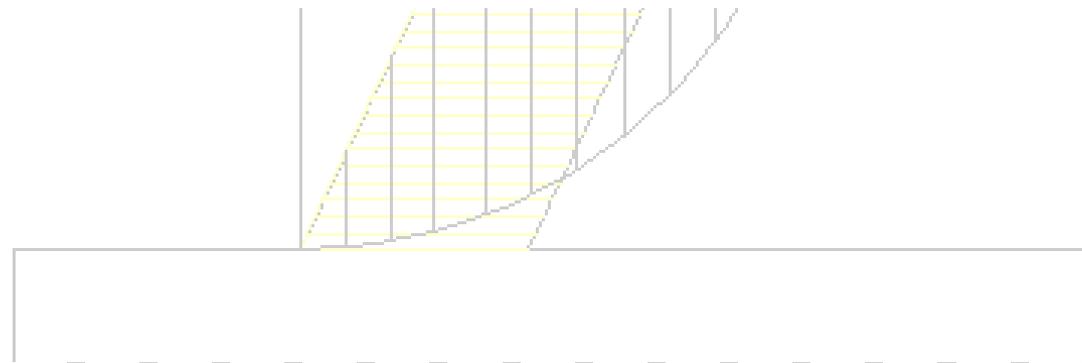
ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE



$x_c=10,02$ $y_c=28,06$ $R_c=18,04$ $F_s=1,11$

Il calcolo del fattore di sicurezza viene eseguito utilizzando il metodo delle strisce con la relazione proposta da Bishop, opportunamente modificata al denominatore per tenere conto dell'azione resistente dei rinforzi:

$$FS = \frac{R_d}{E_d} = \frac{\sum_i \{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i + \Delta X_i) \cdot \tan \varphi_i\} \cdot \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \cdot \frac{\tan \alpha_i}{F}}}{\gamma_R \cdot (\sum_i W_i \cdot \sin \alpha_i - \sum_{i,j} T_{D,i,j} \cdot \cos \alpha_i)}$$



Terreno rinforzo
 $g=17\text{kN/m}^3$
 $g_s=17\text{kN/m}^3$
 $F_i=32^\circ$

Terreno riempimento
 $g=17\text{kN/m}^3$
 $g_s=17\text{kN/m}^3$
 $F_i=32^\circ$

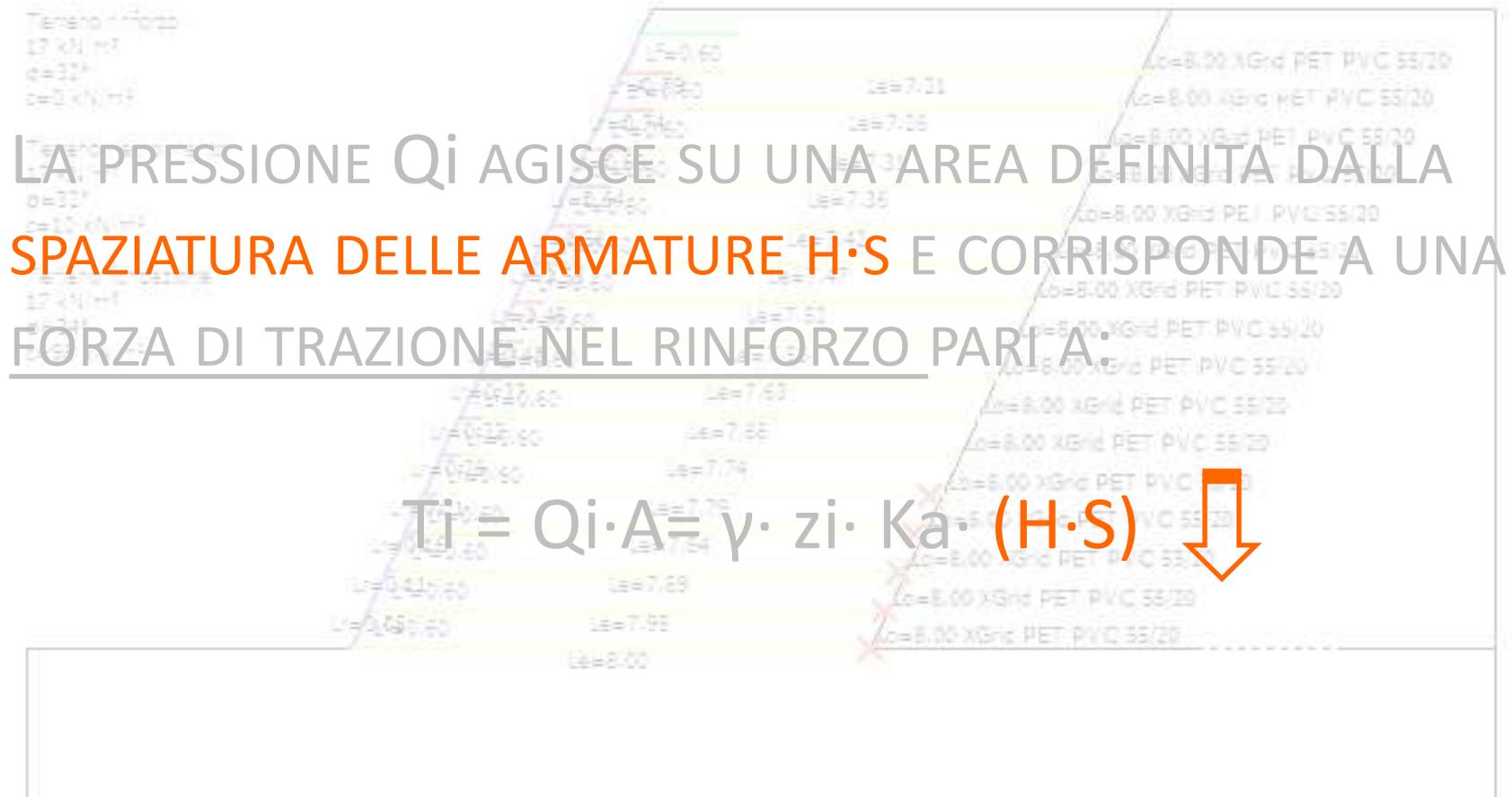
Terreno fondazione
 $g=17\text{kN/m}^3$
 $g_s=17\text{kN/m}^3$
 $F_i=34^\circ$

ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE

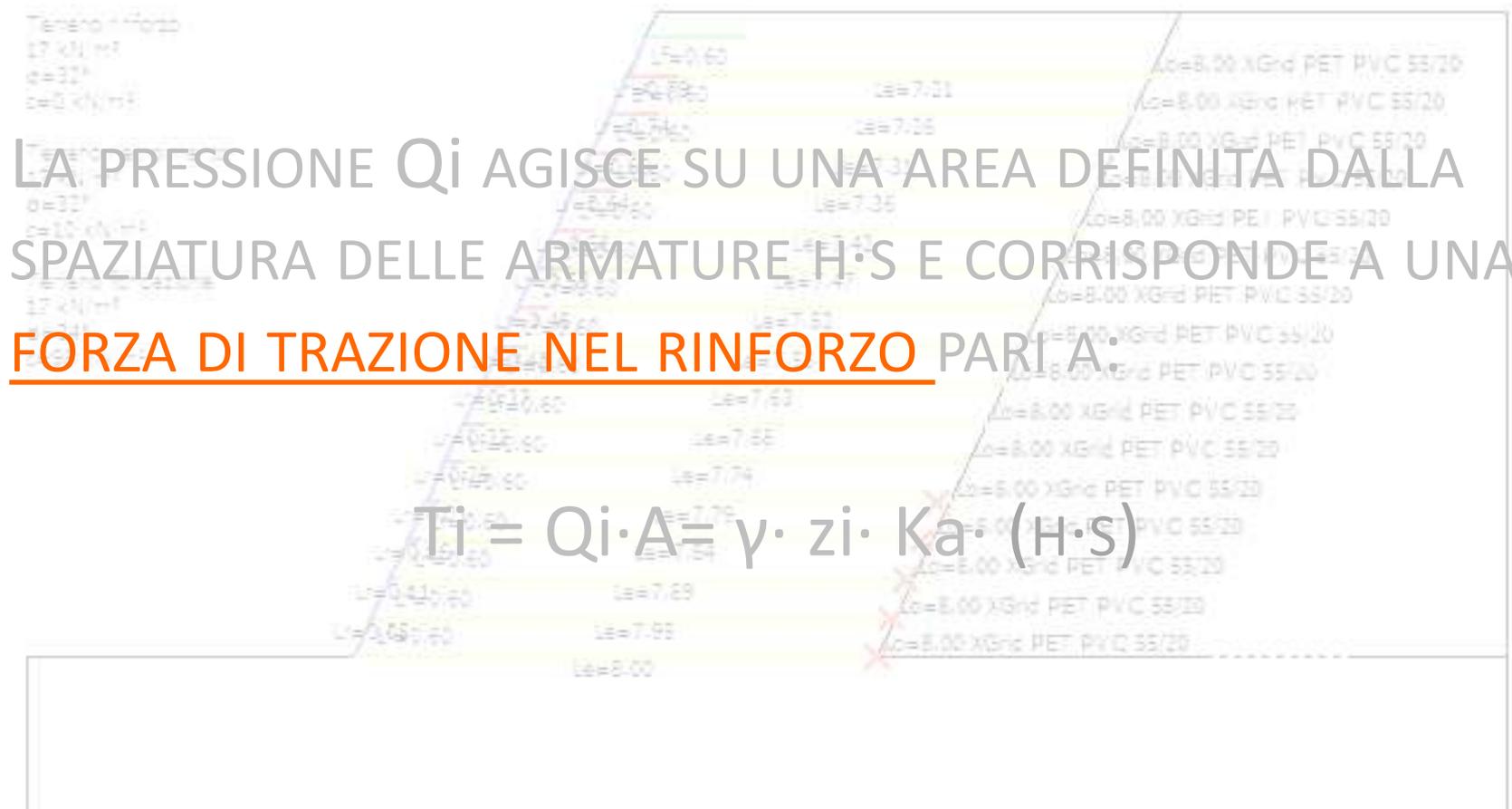
LA PRESSIONE Q_i AGISCE SU UNA AREA DEFINITA DALLA SPAZIATURA DELLE ARMATURE H·S E CORRISPONDE A UNA FORZA DI TRAZIONE NEL RINFORZO PARI A:

$$T_i = Q_i \cdot A = \gamma \cdot z_i \cdot K_a \cdot (H \cdot S)$$

ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE



ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE



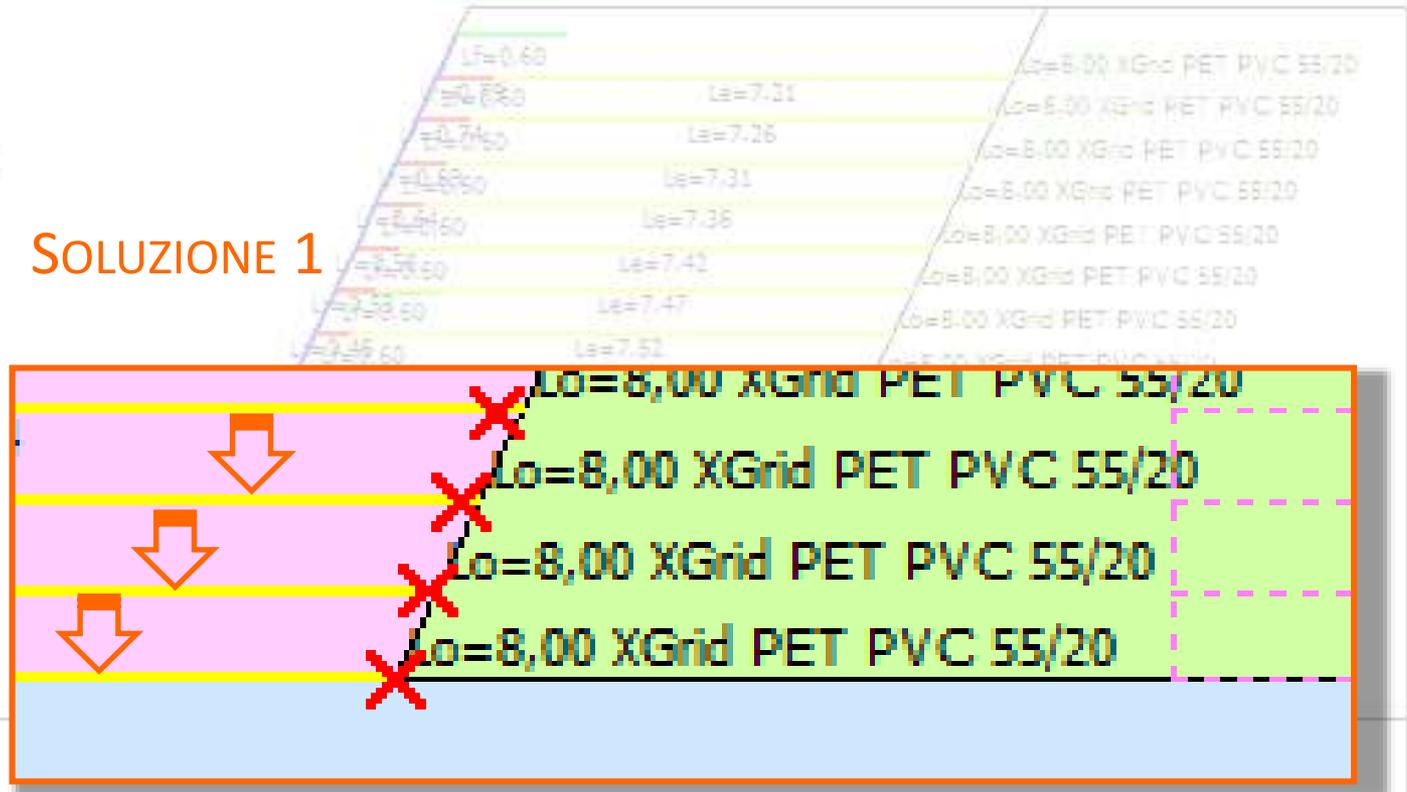
ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE

Tavolo rinforzo
17 kN/m²
d=32°
s=0 kN/m²

Tavolo riempimento
17 kN/m²
d=32°
s=10 kN/m²

Tavolo fondazione
17 kN/m²
d=34°
s=00 kN/m²

SOLUZIONE 1

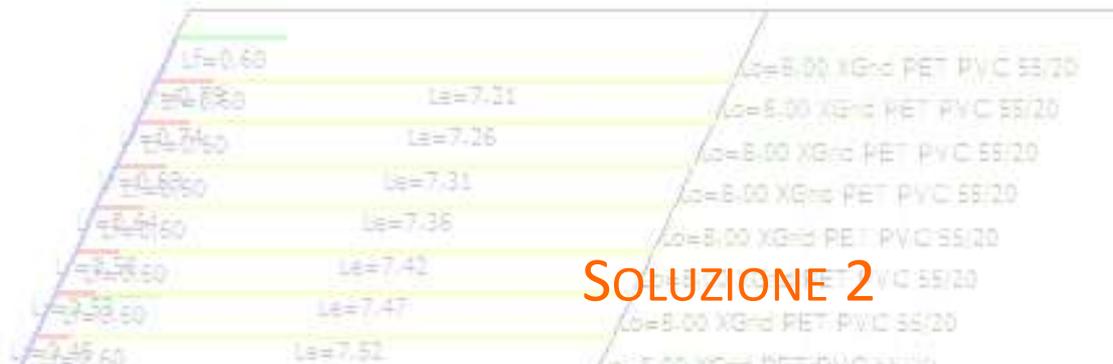


ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE

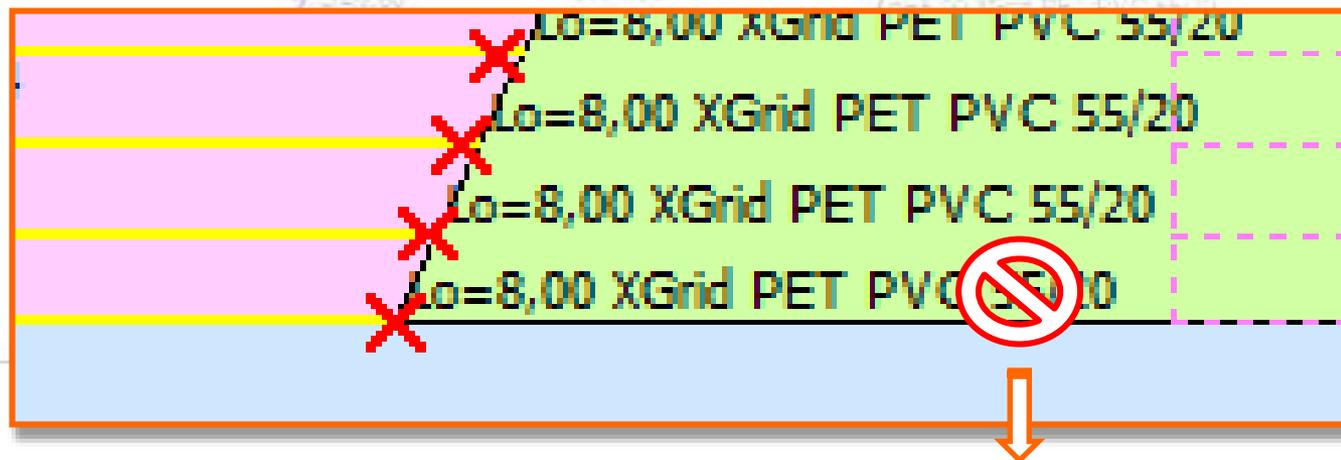
Tirante rinforzo
 17 kN/m²
 α=32°
 c=0 kN/m²

Tirante riempimento
 17 kN/m²
 α=32°
 c=10 kN/m²

Tirante fondazione
 17 kN/m²
 α=34°
 c=30 kN/m²



SOLUZIONE 2



80...110...150....500 kN/M

ESEMPI DI CALCOLO - COERENZA DELLE VERIFICHE

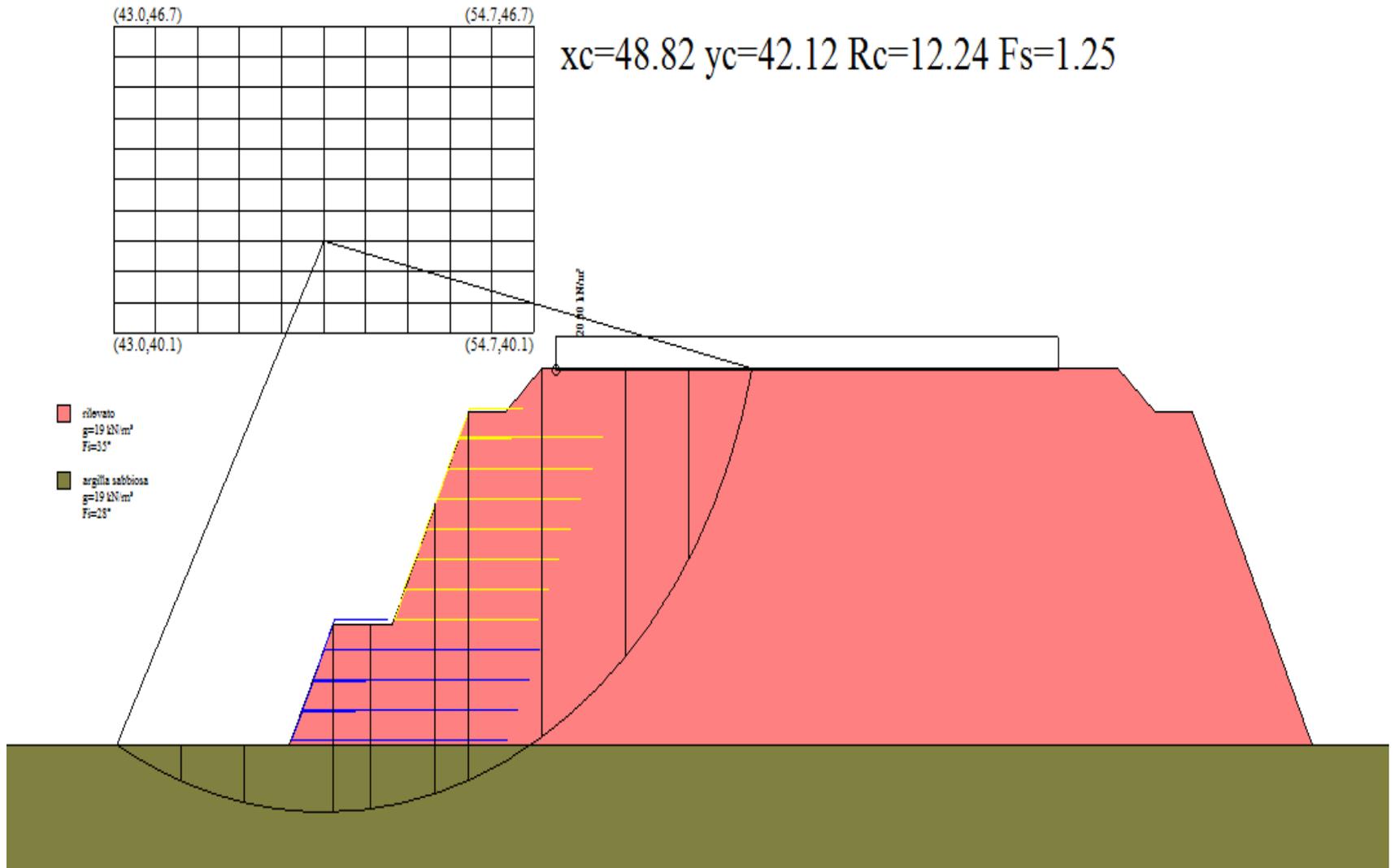


T-RES – SOFTWARE DI CALCOLO

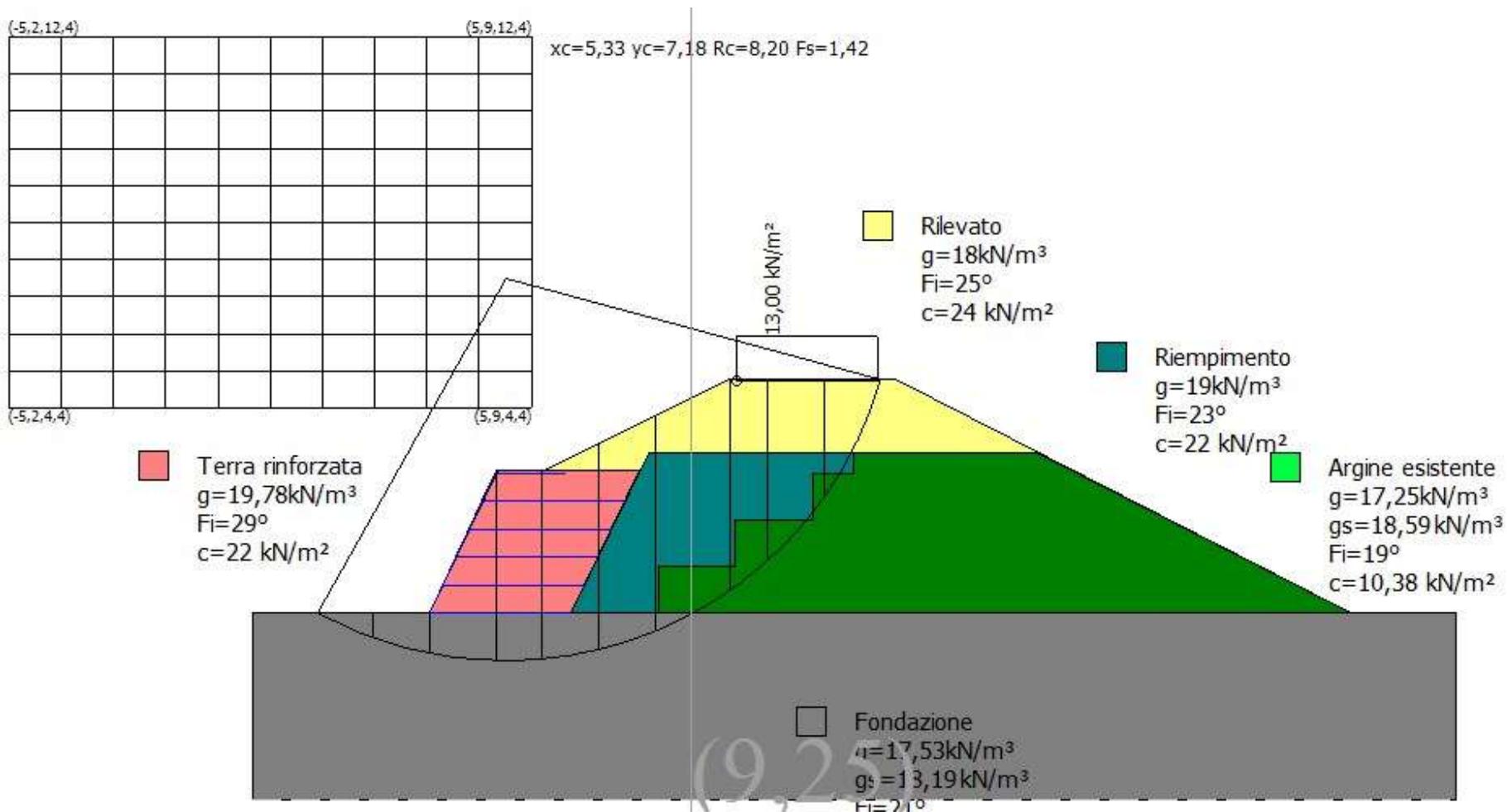
Richiesta licenza a:

marco.cusato@temacorporation.com

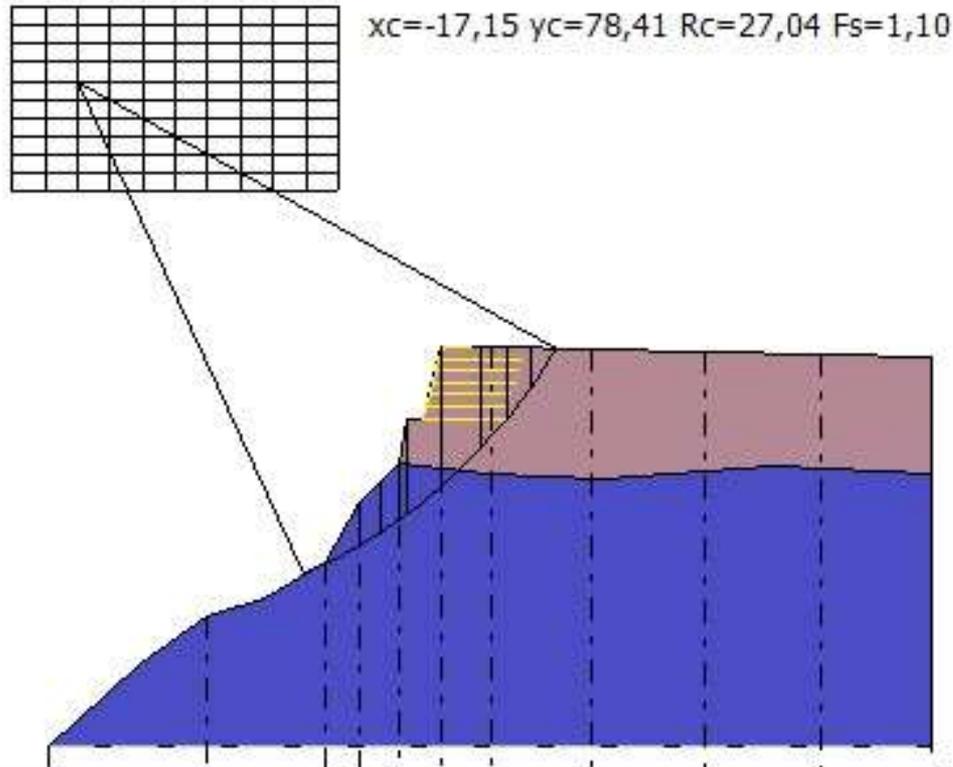
T-RES – SOFTWARE DI CALCOLO



ESEMPI DI CALCOLO



ESEMPI DI CALCOLO

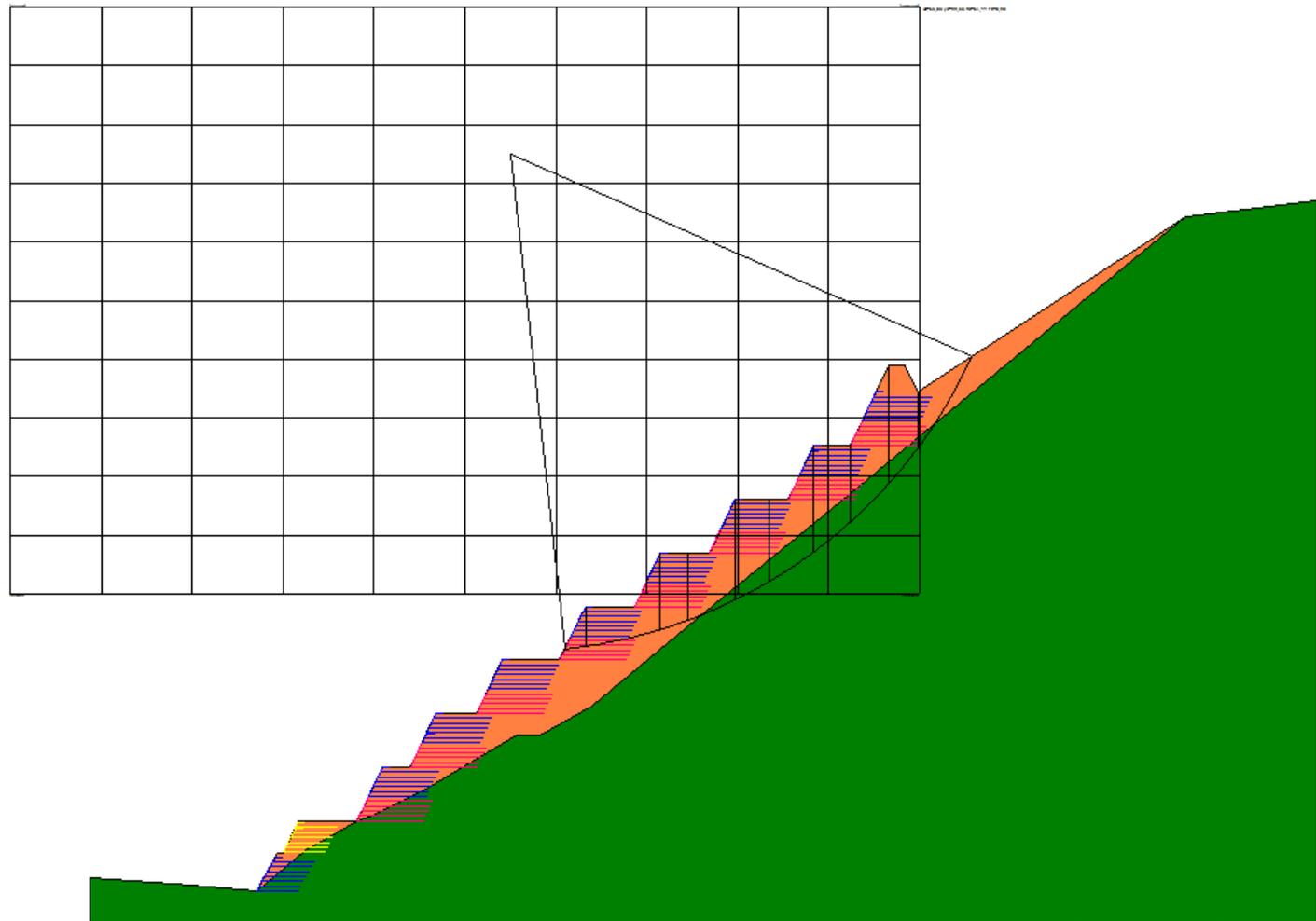


- Sabbia o sabbia limosa sciolta
 $g = 15,3 \text{ kN/m}^3$
 $g_s = 19,3 \text{ kN/m}^3$
 $F_i = 26,5^\circ$
 $c = 10 \text{ kN/m}^2$

- Sabbia o sabbia limosa densa
 $g = 16,7 \text{ kN/m}^3$
 $g_s = 20,2 \text{ kN/m}^3$
 $F_i = 30^\circ$
 $c = 15 \text{ kN/m}^2$

Quote	45,24	51,67	54,39	57,36	59,33	65,14	65,02	64,90	64,77	64,65	
Distanze Parziali	0,00	7,66	5,93	1,61	1,98	2,06	2,51	4,82	5,56	5,69	5,44
Distanze Progressive	0,00	7,66	13,60	15,21	17,18	19,25	21,76	26,58	32,14	37,83	43,27

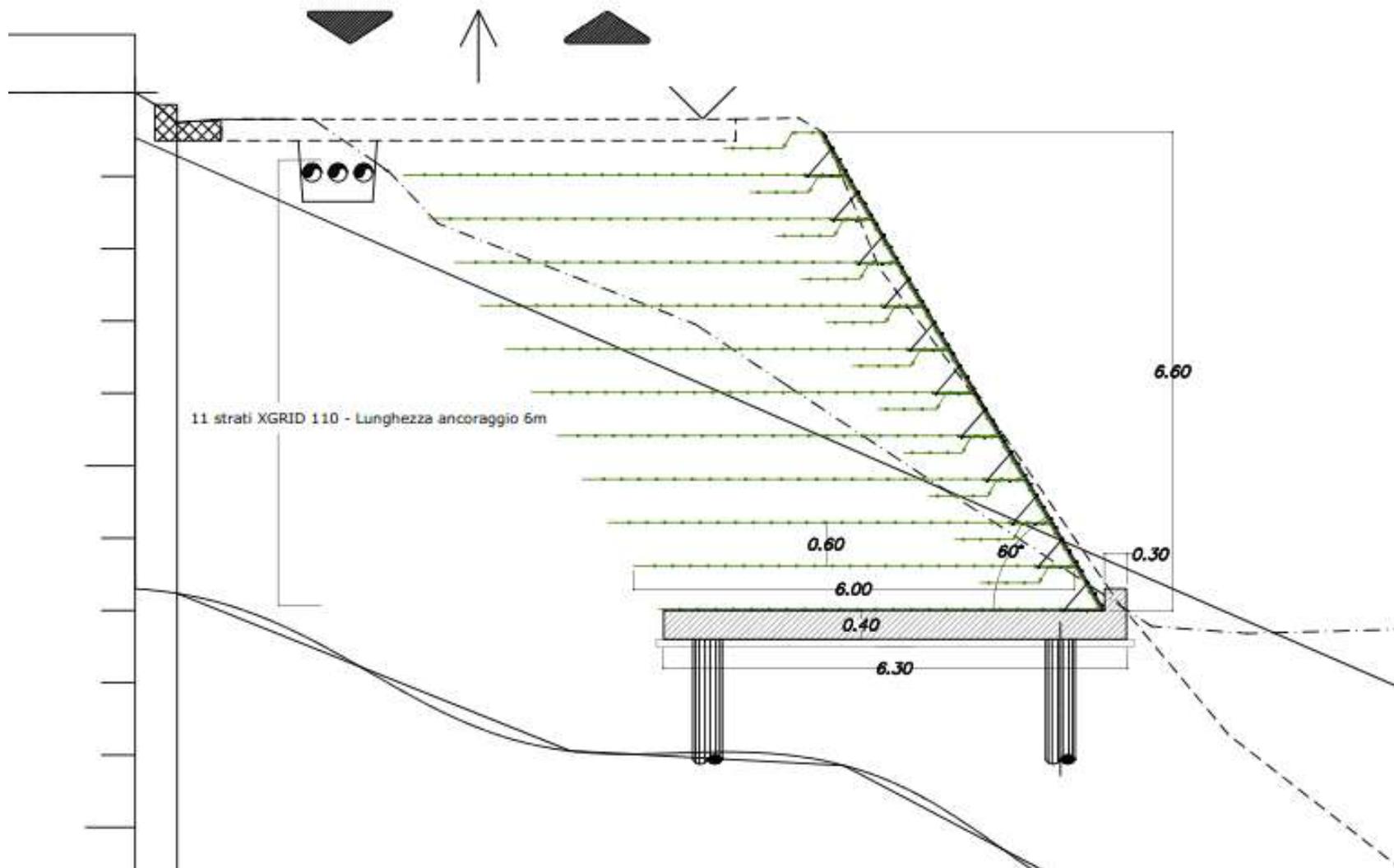
ESEMPI DI CALCOLO



ESEMPI DI CALCOLO



ESEMPI DI CALCOLO



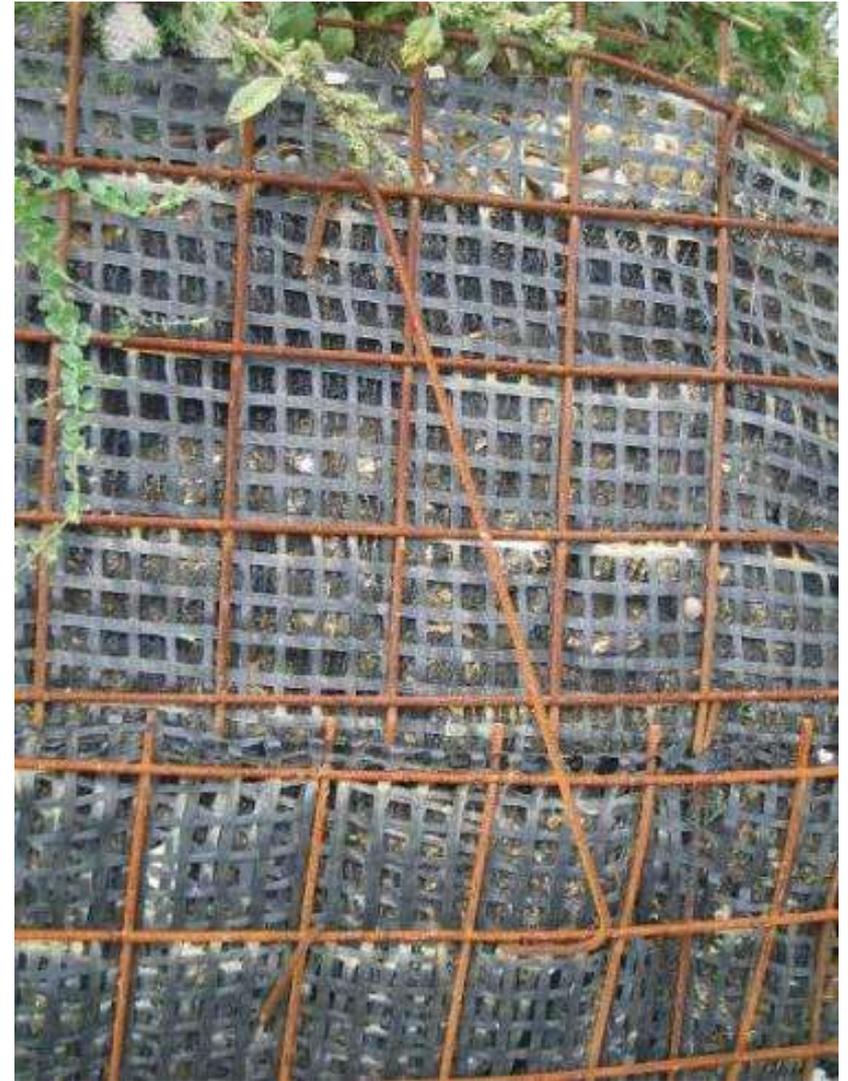
ESEMPI DI CALCOLO



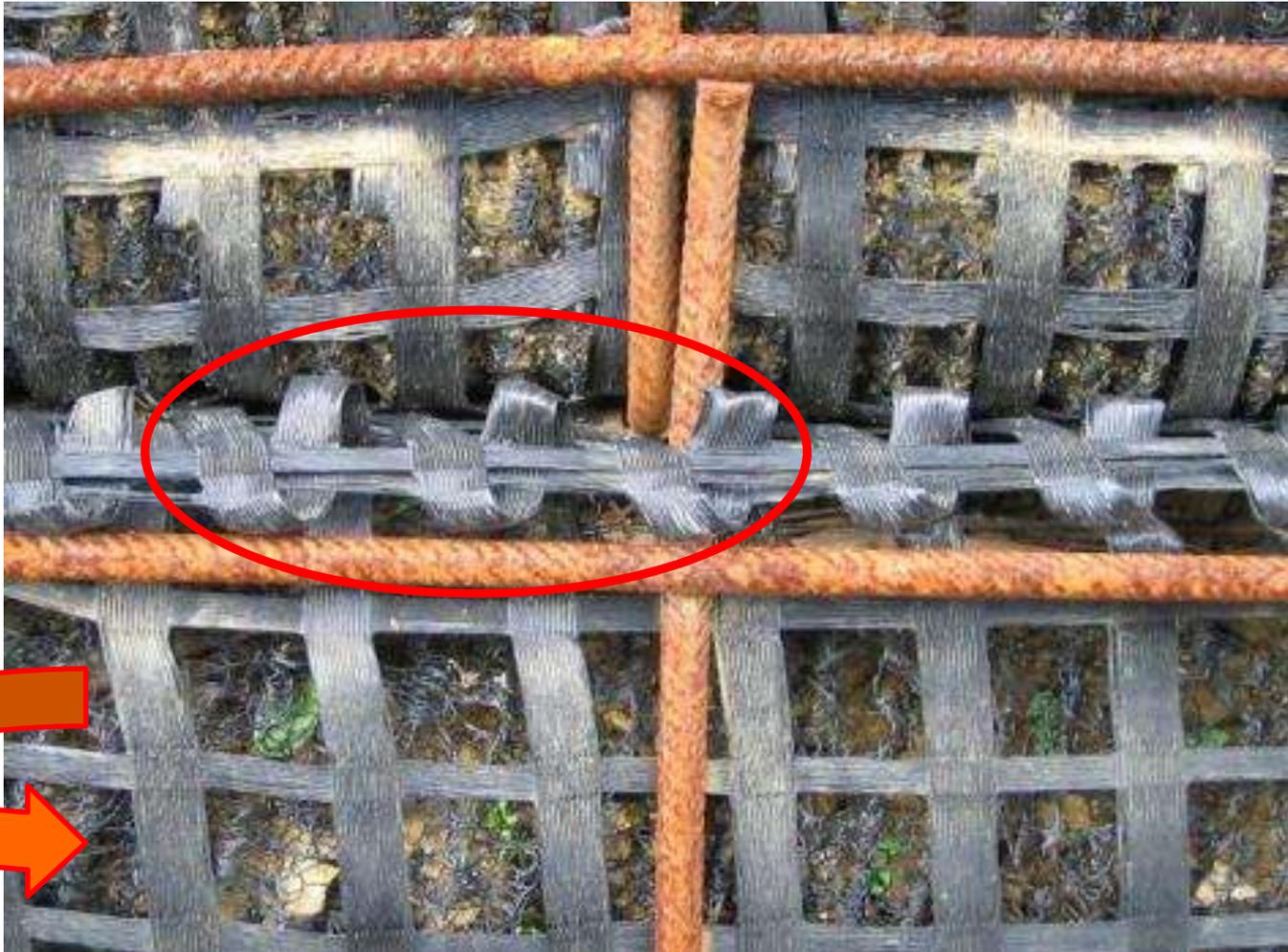
ESEMPI DI CALCOLO



LE FASI DI POSA DI UNA TERRA RINFORZATA



ERRORI PIU' COMUNI IN FASE DI POSA



ERRORI PIU' COMUNI IN FASE DI POSA



ERRORI PIU' COMUNI IN FASE DI POSA



ERRORI PIU' COMUNI IN FASE DI POSA



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – RIO MARTINO - PONTECORVO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – BENEVENTO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – BENEVENTO



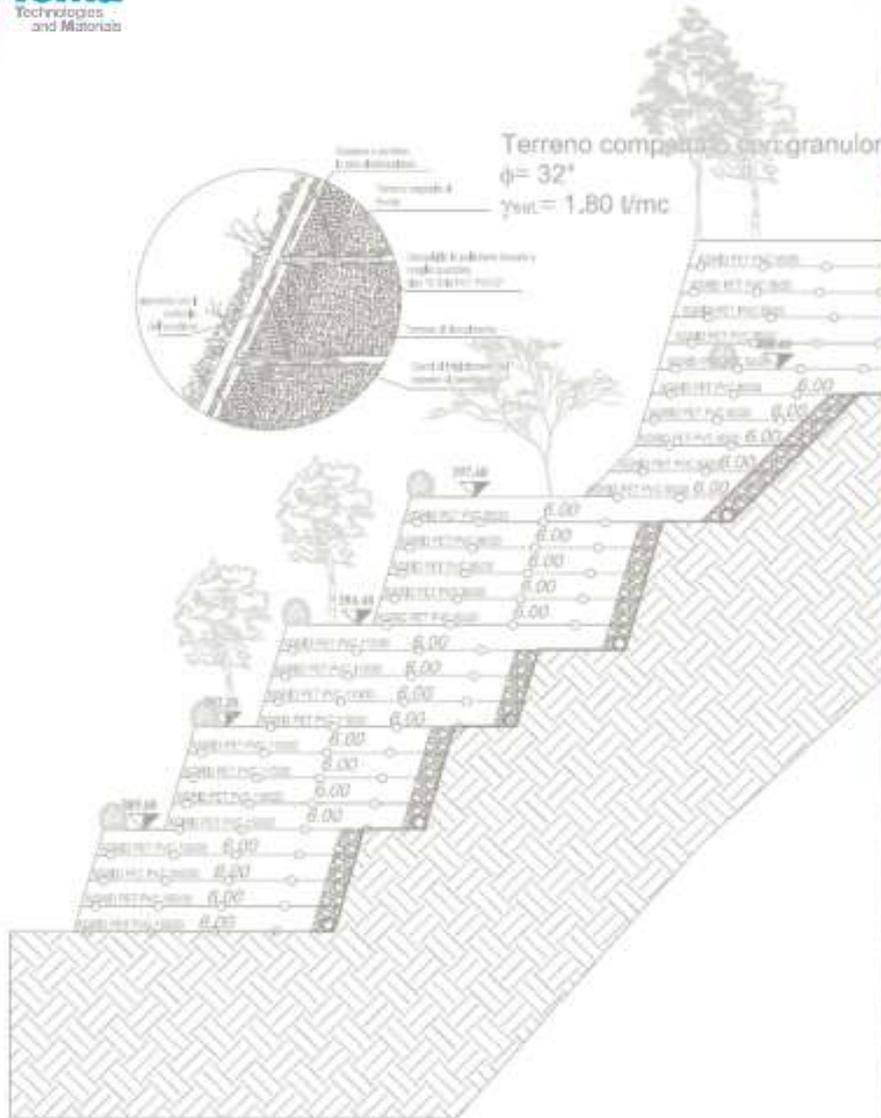
ESEMPI DI REALIZZAZIONI – CAVEDAGO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – ANDALO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – ANDALO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – CAMPO CALABRO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – DISCARICA GUARDIA PERTICARA

Manual Input of Height and Length

	Elevation from Toe	Length	Type #	% of Tavail at front-end
	[m]	[m]		
1	0.00	67.00	1	100
2	0.60	65.67	1	100
3	1.20	64.30	2	100
4	1.80	62.92	2	100
5	2.40	61.54	2	100
6	3.00	60.16	1	100
7	3.60	58.79	3	100
8	4.20	57.41	3	100
9	4.80	56.03	3	100
10	5.40	54.65	3	100

Click on numeral to delete a reinforcement layer

Click to add top layer Spacing = 20 [cm.]

Length = 5 [m.] Type # 1

$T_{available} = \frac{T_{ult} \cdot R_c}{RF_{id} \cdot RF_d \cdot RF_c \cdot RF_a}$ % 100

Type #1 — 219.13 [kN/m]
 Type #2 — 109.57 [kN/m]
 Type #3 — 60.26 [kN/m]
 Type #4 — 43.83 [kN/m]
 Type #5 — 19.17 [kN/m]

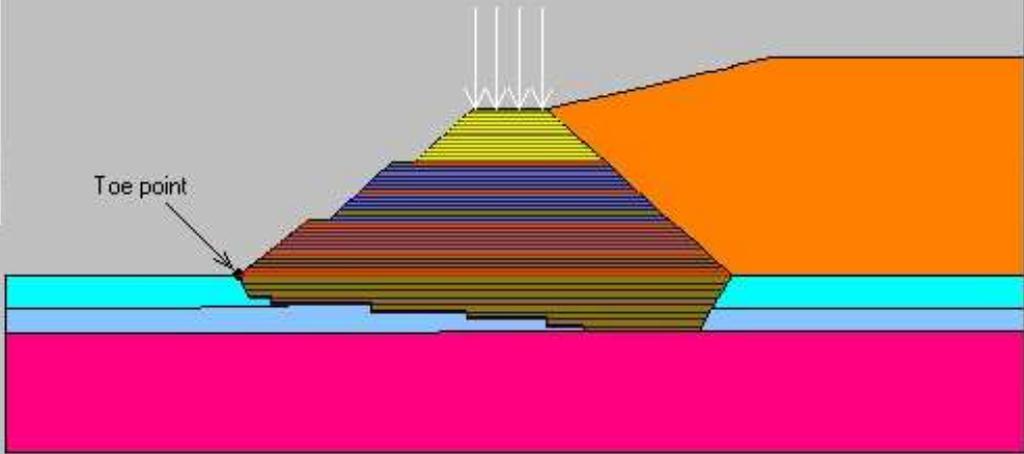
Change Reinforcement Color

X = 83.6 m. Number of layers at or above the Toe = 38
 Y = 88.4 m. Number of layers below the Toe = 7

Data for Layers Below Toe Elevation (max. 10)

Click to view Soil data

OK Cancel



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – DISCARICA CORINALDO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – DISCARICA CORINALDO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – DISCARICA CORINALDO



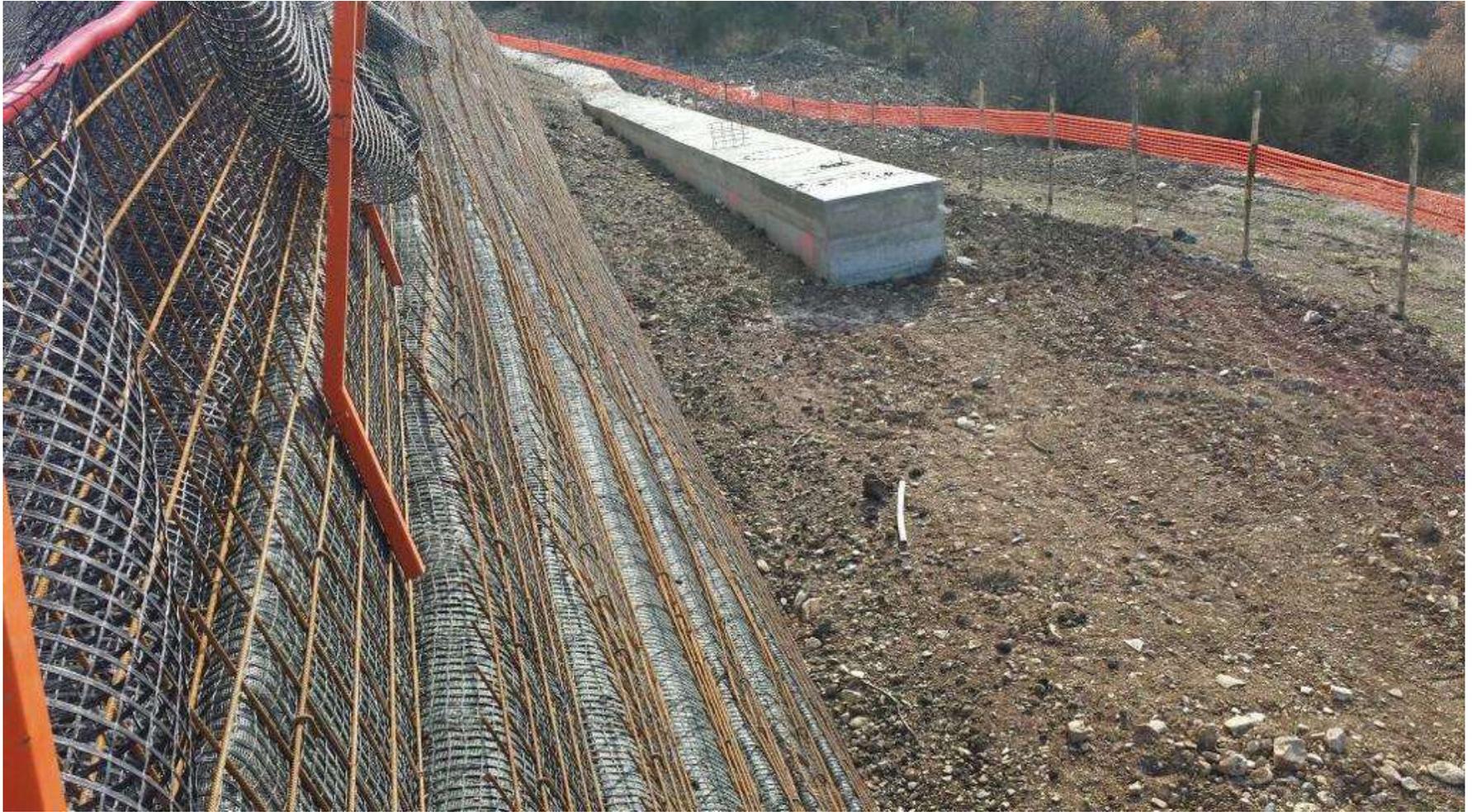
ESEMPI DI REALIZZAZIONI – DISCARICA CORINALDO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – DISCARICA CORINALDO



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – MATERA



ESEMPI DI REALIZZAZIONI – MATERA

Domande?