

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXILOTTO 1

PROGETTO ESECUTIVO

CONTRAENTE GENERALE

Val di Chienti
S.C.p.A.

IL RESPONSABILE DEL CONTRAENTE GENERALE

IL PROGETTISTA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

ATI: TECHNITAL s.p.a. (mandataria)
EGIS STRUCTURES & ENVIRONNEMENT S.A.
SICS s.r.l. Società Italiana Consulenza Strade
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.
SOIL Geologia Geotecnica Opere in sottterraneo Difesa del territorio

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE *Dott. Ing. M. Raccosta*

IL GEOLOGO

Dott. Geol. F. Ferrari

IL GEOLOGO

IL RESPONSABILE DELLA CONGRUENZA FUNZIONALE
CON IL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO
(ATI: TECHNITAL-EGIS-SOIL-SIS-SICS)

VISTO:IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Vincenzo Lomma

VISTO:IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE

LA DIREZIONE LAVORI

SUBLOTTO 2.1: S.S. 77 "VAL DI CHIEN TI" TRONCO PONTELATRAVE – FOLIGNO
TRATTO VALMENOTRE E GALLERIA MUCCIA (esclusa)

VARIANTE ALLA DESTINAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NON REIMPIEGABILE
RIMODELLAMENTO MORFOLOGICO in Loc. COLLELUCE-COMUNE DI SERRAVALLE di CHIEN TI (MC)
RELAZIONE GEOTECNICA INTEGRATIVA

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050011** ex **F12C03000050010** (comunicazione CIPE 20/04/2015)

				REVISIONE	FOGLIO	SCALA				
CODICE ELAB. e FILE	Opera	Lotto	Stato Settore	WBS	Disciplina	Tipo Doc.	N. Progress.			
	L0703	A2	E P	GENER00	CAN	REL	054	A	--	--
D										
C										
B										
A	EMISSIONE				14/03/16	S. Ricca	E. Belardinelli	S. DiBari		
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	APPROVATO RESP. TECNICO ANAS		



*Comune di
Serravalle di Chienti*

PROVINCIA DI MACERATA

Committente: Nardi Emiliano, Nardi Giovan Battista, Amici Rosella, Cappelletti Antonio
Comunanza Agraria di Rocchetta - Cesi

Ubicazione: loc. Colleluce

Foglio Catastale: 56 e 58

Particelle/Subalterni: 23, 29 e 1, 2, 3, 12

Oggetto:

**MIGLIORAMENTO FONDIARIO
CON RIMODELLAZIONE DEL TERRENO**

5								
4								
3								
2								
1								
0								
PROG.	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	EMESSO	NOME FILE

Contenuti Elaborato:

Stato di PROGETTO:

RELAZIONE GEOTECNICA
INTEGRATIVA

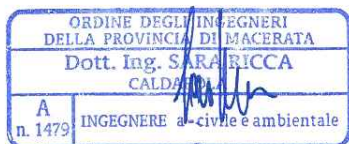
dalla partnership di:

Per presa visione:
Emiliano Nardi

FATTIBILITA'	<input checked="" type="radio"/>	OPERE CIVILI EDILI
PRELIMINARE		OPERE
<input checked="" type="radio"/> DEFINITIVO		IMPIANTI
ESECUTIVO		
COSTRUTTIVO DI CANTIERE		

Progettista:

ing. Sara Ricca



Collaboratori:

geom. Pietro Romagnoli
geol. Costantino Lucarelli
ing. Roberto Di Girolamo

Cod.pratica:

Cod.variante:

ID File:

Elaborato:

Num. pagine:

Data: marzo 2015

Scala:

R10

Indice

Indice	1
1. Sintesi dei risultati	3
1.1. Generalità sul calcolo di stabilità di pendii.....	3
1.2. Variare del coefficiente di sicurezza in funzione del livello di falda.....	5
1.3. Variare del coefficiente di sicurezza al variare dei parametri del terreno (back analysis) ..	6
2. SEZIONE 10 SX	7
2.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo.....	7
3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda	9
3.1. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ	10
3.2. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c	11
3.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ e della coesione c	12
4. SEZIONE 10 DX	13
4.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo.....	13
4.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda.....	15
4.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ	16
4.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c	17
4.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ e della coesione c	18
5. SEZIONE 21 SX	19
5.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo.....	19
5.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda.....	21
5.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ	22
5.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c	23
5.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ e della coesione c	24
6. SEZIONE 21 DX	25
6.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo.....	25
6.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda.....	27
6.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ	28
6.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c	29
6.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ e della coesione c	30
7. SEZIONE 23 SX	31
7.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo.....	31
7.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda.....	33
7.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ	34
7.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c	35
7.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ e della coesione c	36
8. SEZIONE 23 DX	37
8.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo.....	37

8.2.	Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda.....	39
8.3.	Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ	40
8.4.	Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c	41
8.5.	Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ e della coesione c	42
9.	Conclusioni	43

1. Sintesi dei risultati

Si riportano di seguito la sintesi dei risultati, già riportati nel fascicolo di calcolo nella relazione geotecnica, per le 6 analisi effettuate nelle sezioni 10, 21 e 23 sia nell'unghia di sinistra che destra della sezione stessa.

1.1. Generalità sul calcolo di stabilità di pendii

Quando il piano campagna non è orizzontale, sia nel caso di pendii naturali che di scarpate artificiali, le tensioni di taglio indotte dalle forze esterne come la gravità, il sisma, oscillazioni di falda o per l'intervento diretto dell'uomo, tendono a smuovere il terreno lungo potenziali superfici di scorrimento.

Se il pendio è in equilibrio, la resistenza al taglio mobilitata lungo ogni possibile superficie di scorrimento supera le tensioni indotte.

L'analisi di stabilità di un pendio è un problema molto complesso e di difficile schematizzazione, soprattutto per quanto riguarda la determinazione dei parametri di resistenza a taglio del terreno.

Determinante risulta la caratterizzazione geomorfologica della zona sede dell'eventuale movimento franoso, nonché la caratterizzazione stratigrafica, l'individuazione del livello di falda, la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni costituenti gli strati, ecc.

I diversi metodi di calcolo presenti in letteratura si basano sul concetto dell'equilibrio limite globale. La superficie di rottura, supposta nota, è suddivisa in un determinato numero di strisce che consentono di calcolare in modo agevole le grandezze che entrano in gioco nelle equazioni risolutive.

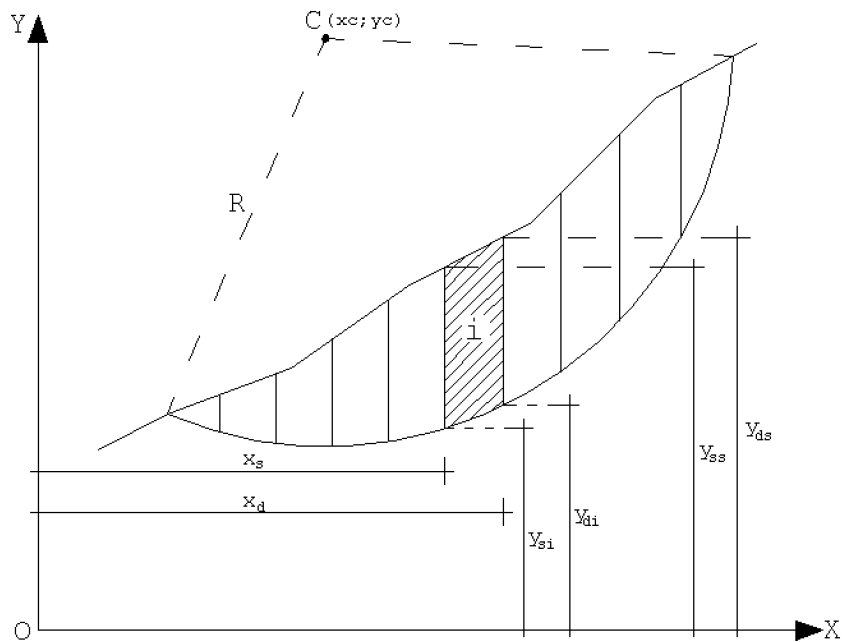
Tutti i metodi adottano come criterio di rottura il criterio di Mohr-Coulomb assieme al criterio delle tensioni efficaci di Terzaghi. La resistenza a taglio disponibile è valutata secondo l'espressione

$$\tau_R = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg}\phi' = c' + \sigma' \operatorname{tg}\phi'$$

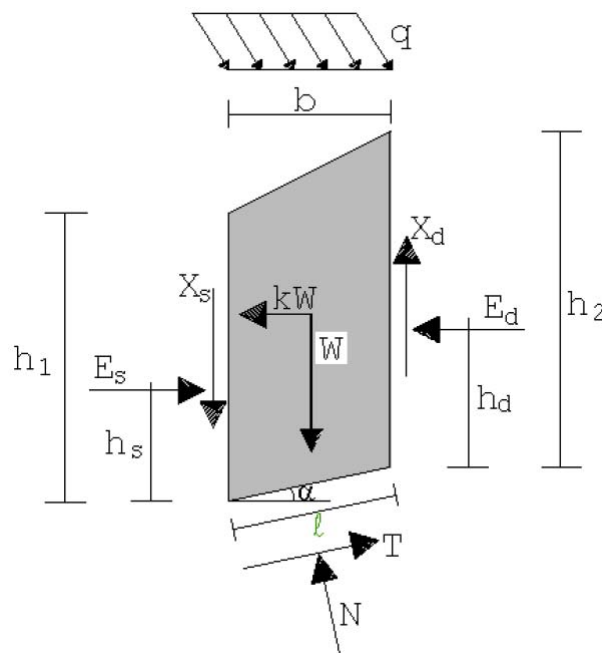
In questa espressione c' e ϕ' sono la coesione e l'angolo di attrito efficaci σ è la tensione normale totale ed u rappresenta la pressione neutra. Il fattore di sicurezza è definito come rapporto fra la resistenza a taglio disponibile e la resistenza a taglio mobilitata:

$$F = \frac{\text{resistenza a taglio disponibile}}{\text{resistenza a taglio mobilitata}}$$

$$F = \frac{\tau_R}{\tau}$$



Il sistema di riferimento assunto è riportato in figura.



Suddivisa la superficie di rottura in n strisce e supponendo che il coefficiente di sicurezza sia unico per tutta la superficie abbiamo le seguenti incognite:

n forze normali alla base (N)

n punti di applicazione delle forze normali

n forze di taglio alla base (T)

$n-1$ forze normali di interstriscia (E)

$n-1$ punti di applicazione delle forze normali di interstriscia (h)

$n-1$ forze tangenziali di interstriscia (X)

1 coefficiente di sicurezza (F)

Il numero totale delle incognite è pari quindi a $6n-2$. Se le strisce hanno una larghezza limitata si commette un errore trascurabile nel ritenere che le forze alla base N, siano applicate al centro

dellabase. Con tale assunzione eliminiamo n incognite. Pertanto le incognite residue sono in numero di 5n- 2. Le equazioni che si possono scrivere sono 4n

n equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale

n equazioni di equilibrio alla rotazione

n equazioni di Mohr-Coulomb

Rimangono pertanto (5n-2)-4n=n-2 incognite in esubero rispetto al numero delle equazioni disponibili.

I vari metodi fanno delle assunzioni differenti per pareggiare numero delle equazioni e numero delle incognite.

Il metodo di Fellenius viene applicato adottando superfici di scorrimento circolari e trascurando le forze di interstriscia. L'equazione di equilibrio che si scrive è quella dei momenti intorno al centro della circonferenza.

Il coefficiente di sicurezza della singola superficie di scorrimento presa in considerazione fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_1^n \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_1^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, bi e ai sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia iesima rispetto all'orizzontale, Wi è il peso della striscia iesima e ci e Φi sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre ui ed li rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia (li = bi/cosai).

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

Si è visto che tale metodo fornisce risultati conservativi (fattore di sicurezza inferiore al reale) specialmente dove la superficie di scorrimento è profonda o dove la pressione neutra è alta. In entrambi i casi l'errore risiede nel fatto che si sono trascurate le forze mutue di interstriscia.

1.2. Variare del coefficiente di sicurezza in funzione del livello di falda

Questa simulazione prevede la variazione del livello di falda a partire da una posizione prefissata. Al variare del livello di falda viene calcolato il corrispondente fattore di sicurezza della superficie considerata. Il metodo utilizzato è quello impostato nella visualizzazione grafica.

Tale simulazione può essere effettuata con qualsiasi metodo di calcolo.

Nella simulazione il livello di falda viene fatto variare da una posizione superiore in corrispondenza del piano campagna ad una posizione inferiore corrispondente al caso in cui la superficie considerata non è intersecata dal livello freatico.

La forma della falda viene assunta come segue:

- ✓ coincidente con quella del profilo del piano campagna qualora nel calcolo non è stata definita la falda;
- ✓ coincidente con quella della falda altrimenti.

I risultati vengono riportati in formato sia grafico che numerico. Nella visualizzazione grafica viene disegnata la superficie ed i vari livelli di falda analizzati.

In corrispondenza di ogni livello di falda vengono riportati sulla sinistra l'abbassamento rispetto al piano campagna e sulla destra il corrispondente fattore di sicurezza calcolato.

1.3. Variare del coefficiente di sicurezza al variare dei parametri del terreno (back analysis)

Questa simulazione prevede la variazione dei parametri di resistenza del terreno (coesione c ed angolo di attrito φ) a partire dai valori attuali. Questa simulazione è quella che in letteratura è nota come back-analysis.

Al variare dei parametri del terreno di tutti gli strati viene calcolato il corrispondente fattore di sicurezza della superficie considerata. Il metodo utilizzato è quello impostato nella visualizzazione grafica.

Tale simulazione può essere effettuata con qualsiasi metodo di calcolo.

Può essere impostata una delle seguenti modalità:

- ✓ Variazione solo dell'angolo di attrito;
- ✓ Variazione solo della coesione;
- ✓ Variazione sia dell'angolo di attrito che della coesione.

Nell'ultimo caso il fattore riduttivo applicato è lo stesso sia per la coesione che per l'angolo di attrito.

Detto F_{red} il fattore riduttivo applicato, c e φ i parametri di resistenza del terreno, i parametri di calcolo c_d e φ_d saranno ricavati per tutti i terreni interessati secondo le seguenti relazioni:

$$c_d = c / F_{red}$$

$$\varphi_d = \text{atan} (\tan \varphi / F_{red})$$

Nella simulazione il fattore di riduzione F_{red} viene fatto sia crescere (diminuzione dei parametri) che decrescere (aumento dei parametri dei terreni). Si ottiene pertanto un diagramma che riporta sulle ascisse il fattore di riduzione F_{red} e sulle ordinate il corrispondente fattore di sicurezza.

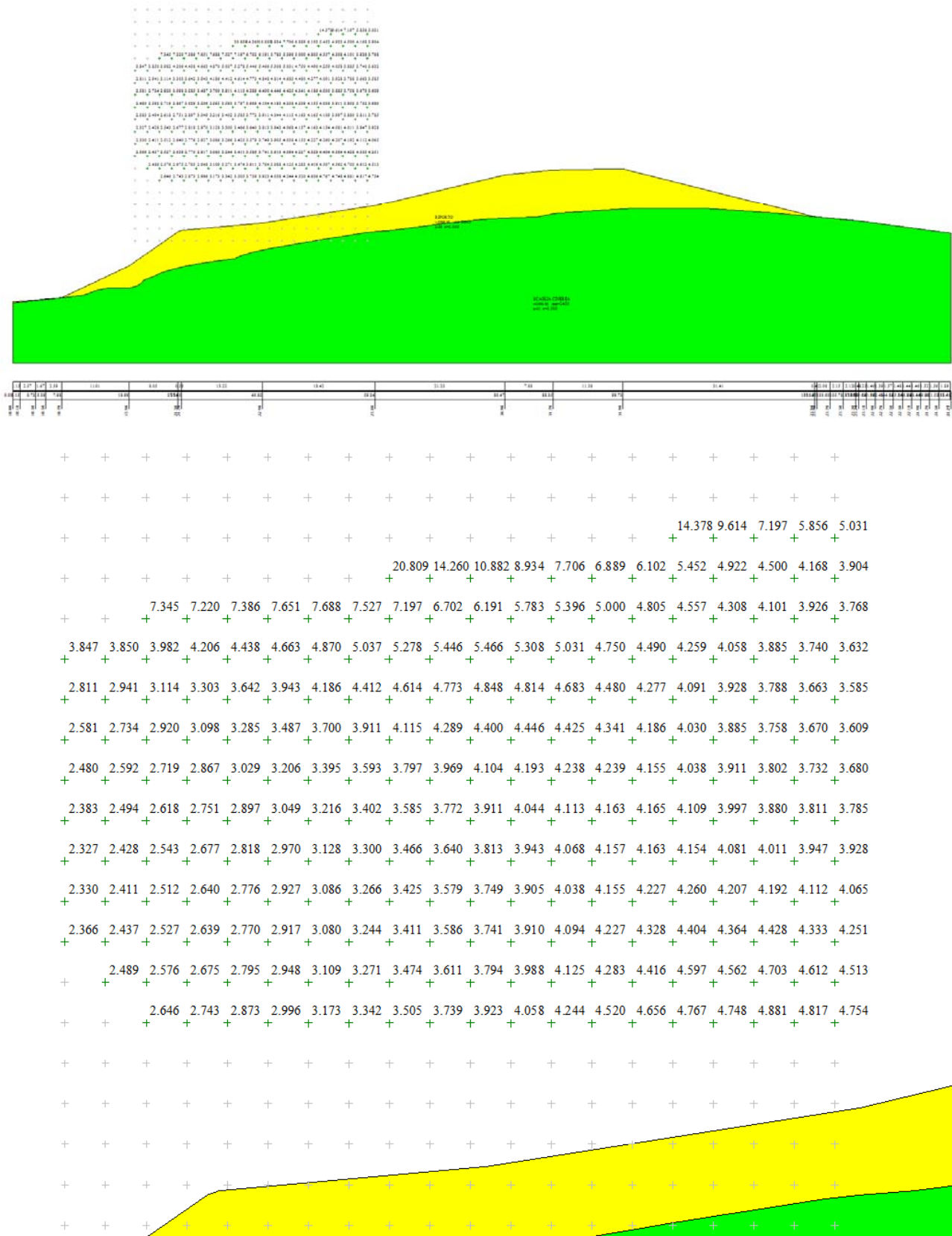
Questo tipo di simulazione è usato per ricavare a ritroso (back analysis) i parametri del terreno per un incipiente fenomeno franoso. In tal caso occorre trovare il valore del coefficiente riduttivo corrispondente al fattore di sicurezza unitario.

Sul diagramma riportato vengono messi in evidenza:

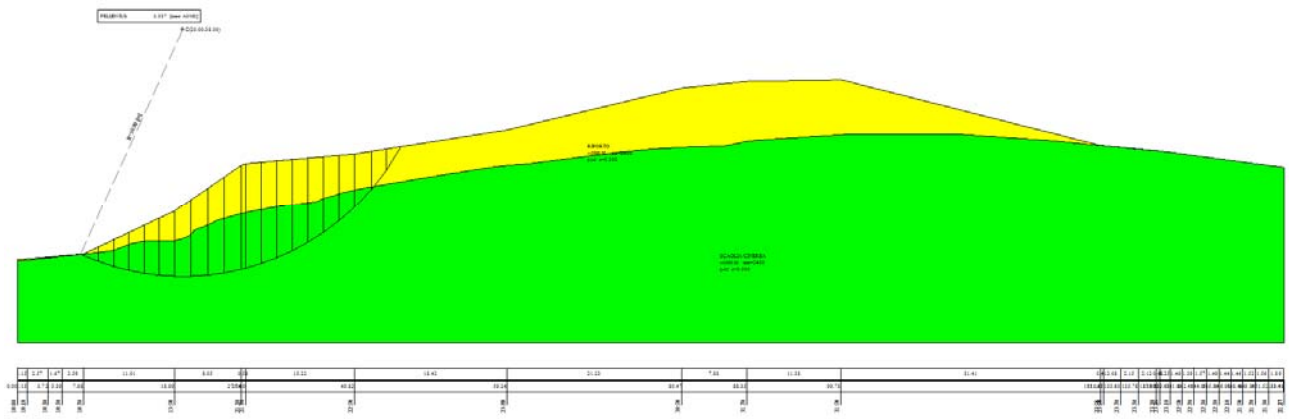
- ✓ Il fattore di riduzione cui corrisponde un fattore di sicurezza pari a 1.0;
- ✓ Il fattore di riduzione corrispondente al fattore di sicurezza impostato in Opzioni Analisi.

2. SEZIONE 10 SX

2.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo

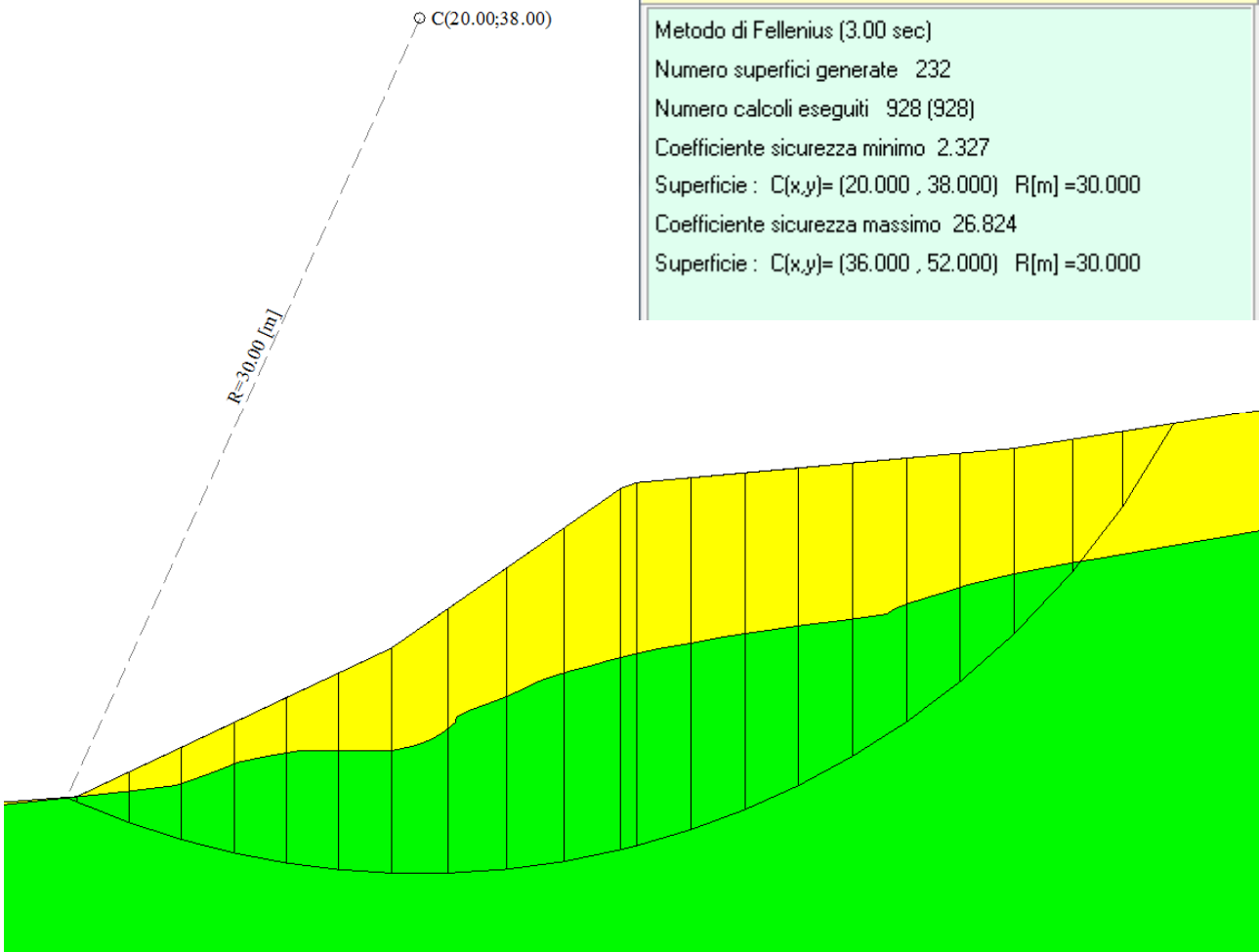


Matrice dei centri con coefficienti di sicurezza (tutti i valori sono riportati nel fascicolo di calcolo di stabilità della relazione geotecnica).



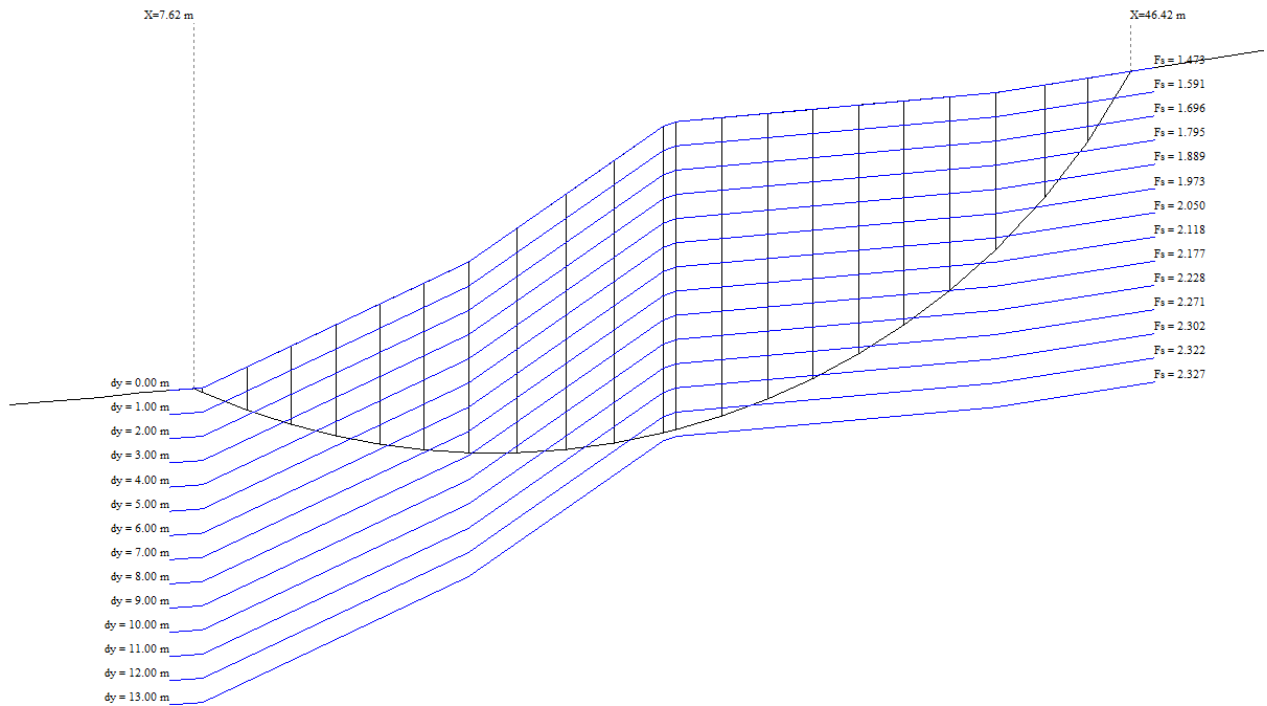
FELLENUS 2.327 [caso A2M2]

N.T.C. 2008	
Metodo di Fellenius (3.00 sec)	
Numero superfici generate 232	
Numero calcoli eseguiti 928 (928)	
Coefficiente sicurezza minimo 2.327	
Superficie : C(x,y)= (20.000 , 38.000) R[m] =30.000	
Coefficiente sicurezza massimo 26.824	
Superficie : C(x,y)= (36.000 , 52.000) R[m] =30.000	



Coefficiente di sicurezza minimo

3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda



Dettagli Analisi Sensitivà

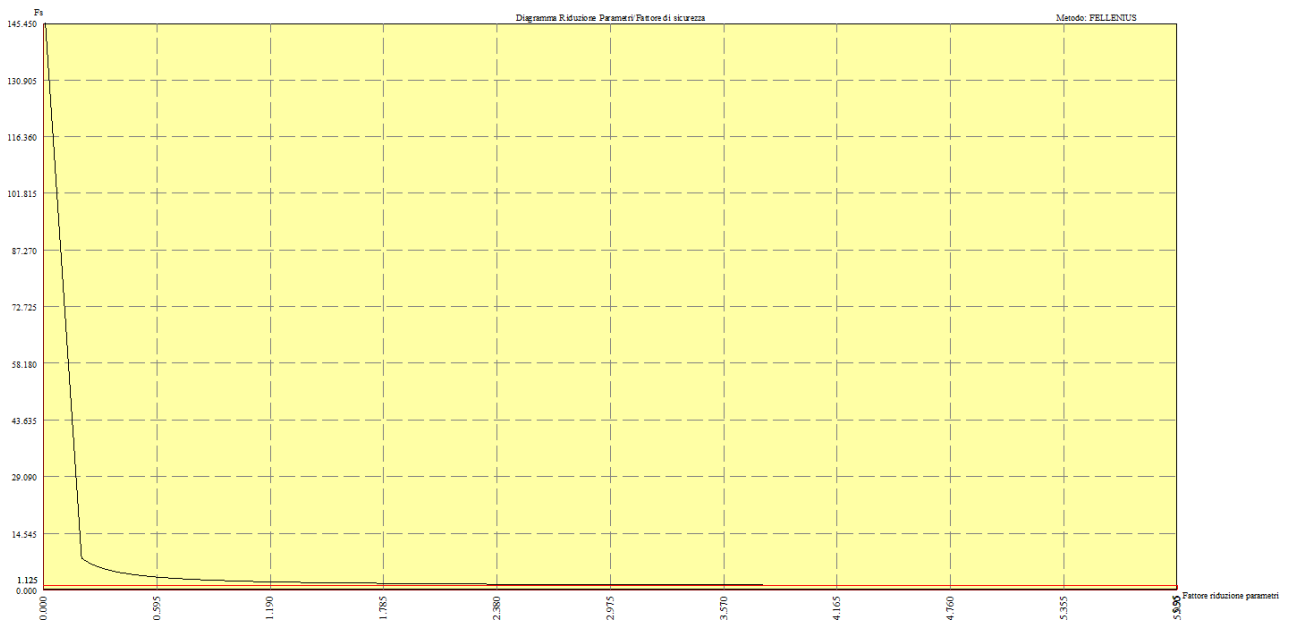
N°	Dy_f [m]	Fs
1	0.00	1.473
2	1.00	1.591
3	2.00	1.696
4	3.00	1.795
5	4.00	1.889
6	5.00	1.973
7	6.00	2.050
8	7.00	2.118
9	8.00	2.177
10	9.00	2.228
11	10.00	2.271
12	11.00	2.302

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Il fattore di sicurezza minimo per falda al livello del terreno è pari a 1,473.

3.1. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ



Dettagli Analisi Sensitività

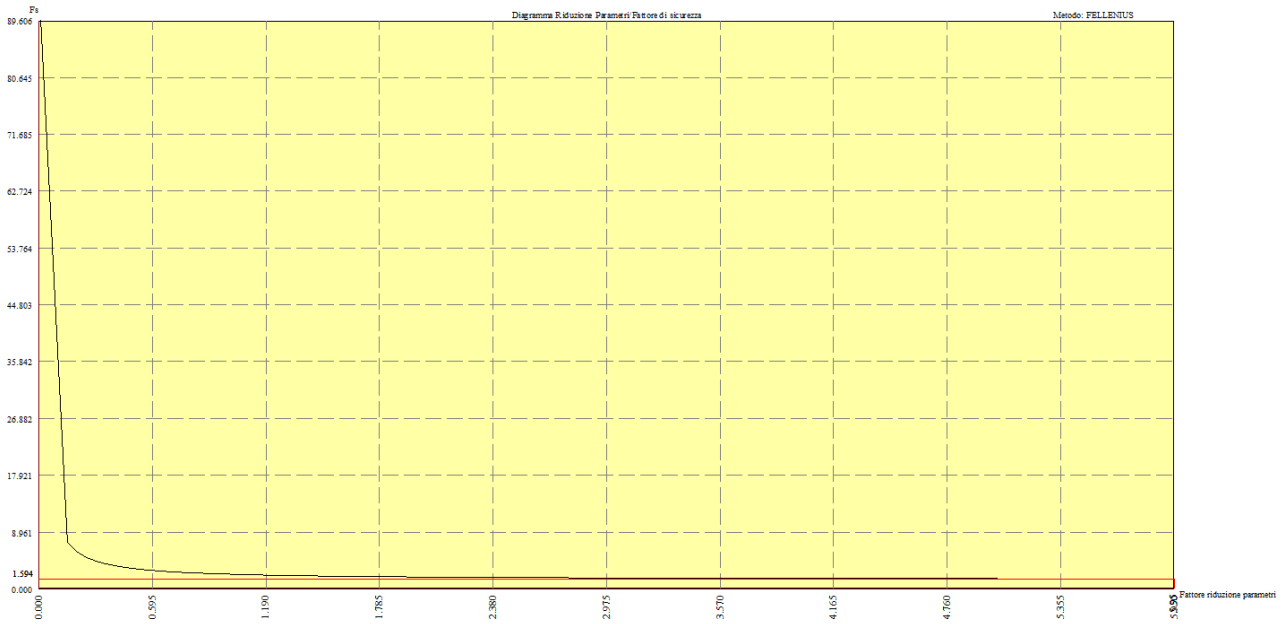
N°	fr	Fs
106	5.40	1.149
107	5.45	1.147
108	5.50	1.144
109	5.55	1.142
110	5.60	1.140
111	5.65	1.137
112	5.70	1.135
113	5.75	1.133
114	5.80	1.131
115	5.85	1.129
116	5.90	1.127
117	5.95	1.125

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1;125.

3.2. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

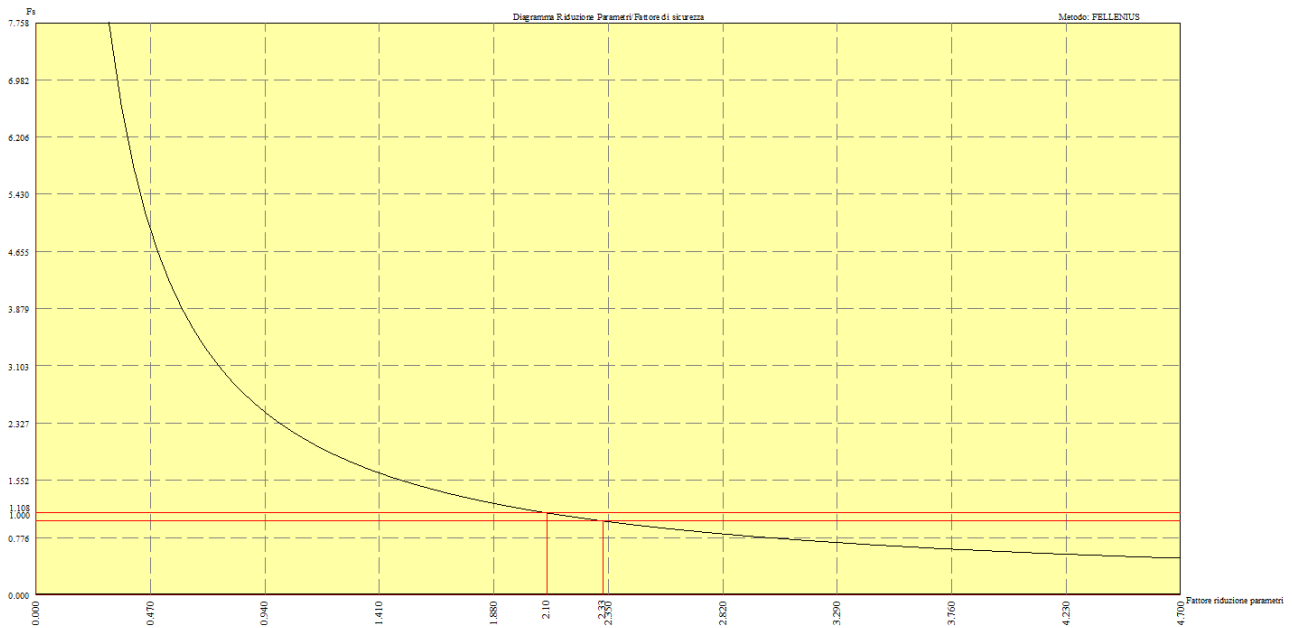
N°	fr	Fs
107	5.40	1.609
108	5.45	1.607
109	5.50	1.606
110	5.55	1.605
111	5.60	1.603
112	5.65	1.602
113	5.70	1.600
114	5.75	1.599
115	5.80	1.598
116	5.85	1.596
117	5.90	1.595
118	5.95	1.594

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,594.

3.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ e della coesione c



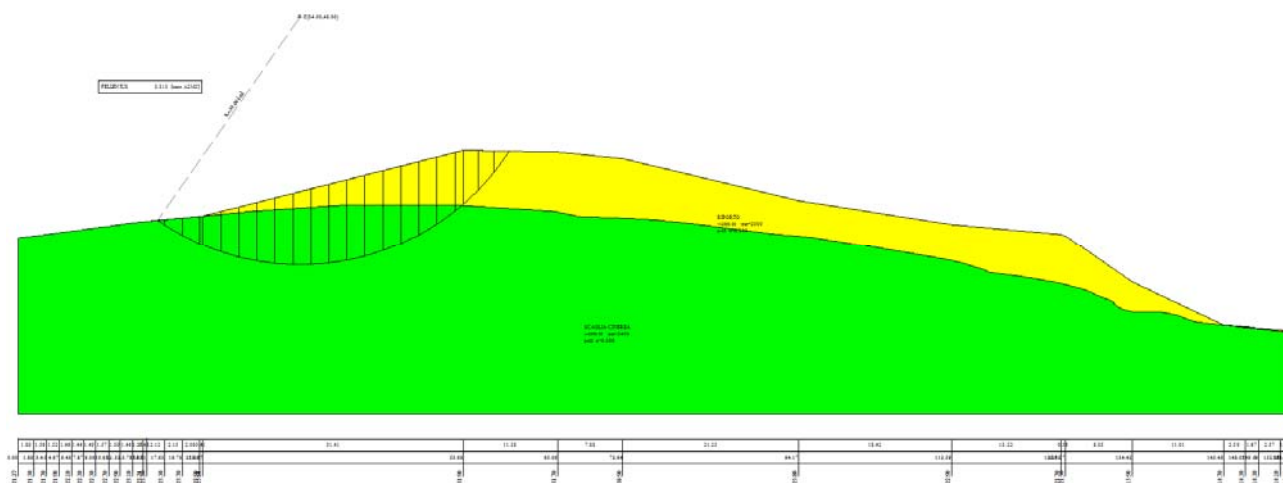
Dettagli Analisi Sensitività

N*	fr	Fs
34	1.95	1.194
35	2.00	1.164
36	2.05	1.135
37	2.10	1.108
38	2.15	1.082
39	2.20	1.058
40	2.25	1.034
41	2.30	1.012
42	2.33	1.000
43	2.35	0.990
44	2.40	0.970
45	2.45	0.950

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo entrambi i parametri del terreno di 2,10 il fattore di sicurezza rimane sopra a quanto richiesto da norma.



Risultati analisi

N.T.C. 2008

Metodo di Fellenius (3.00 sec)

Numero superfici generate 255

Numero calcoli eseguiti 1020 (1020)

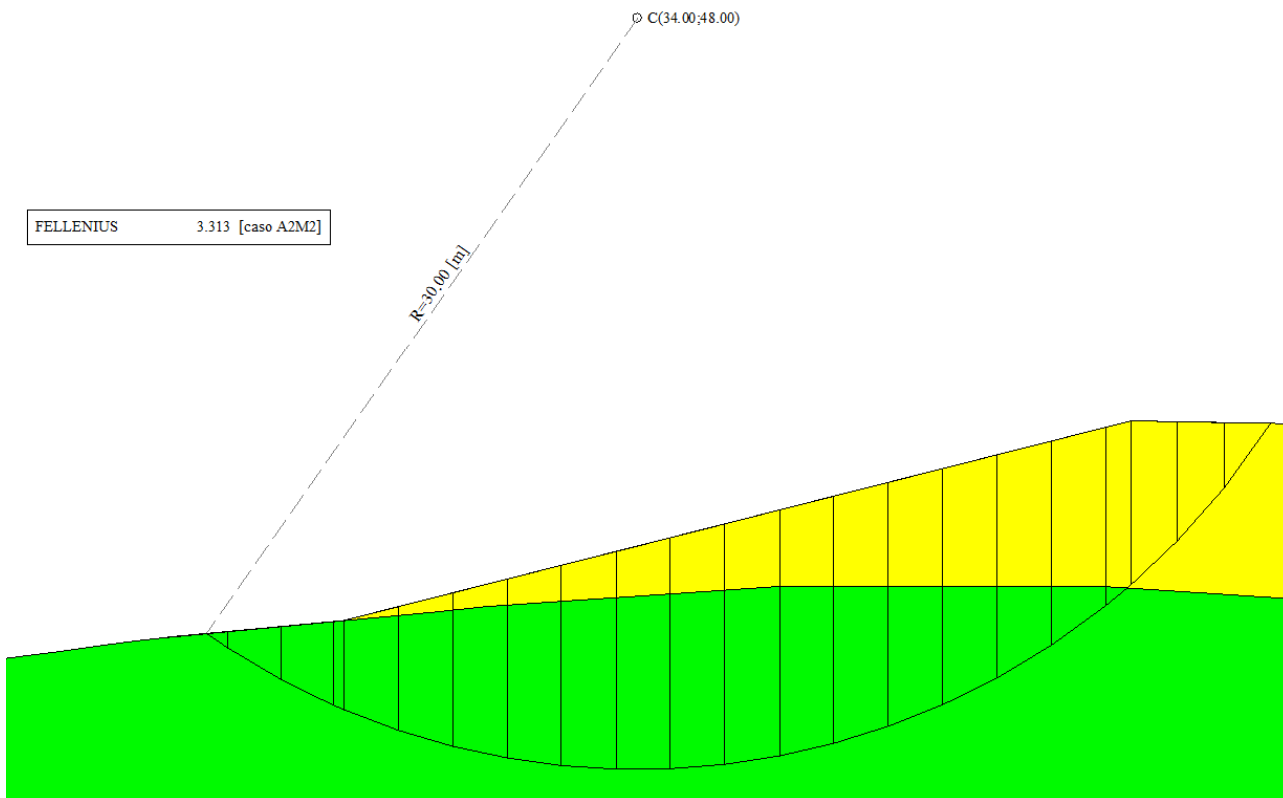
Coefficiente sicurezza minimo 3.313

Superficie : C(x,y)= (34.000 , 48.000) R[m]=30.000

Coefficiente sicurezza massimo 15.527

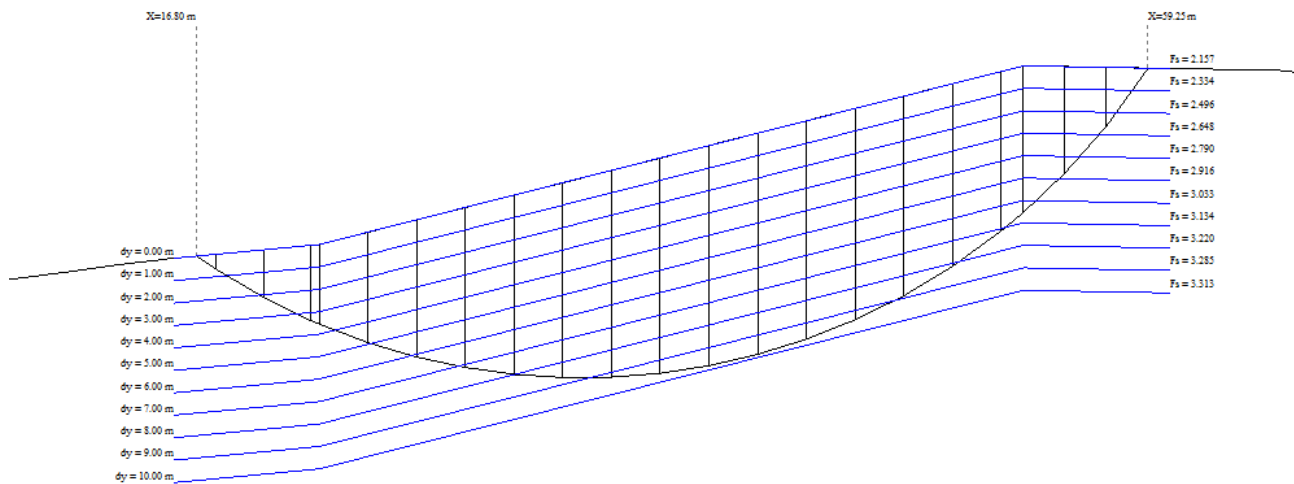
Superficie : C(x,y)= (58.000 , 58.000) R[m]=30.000

Superfici >> **Chiudi**



Coefficiente di sicurezza minimo

4.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda



Dettagli Analisi Sensitività

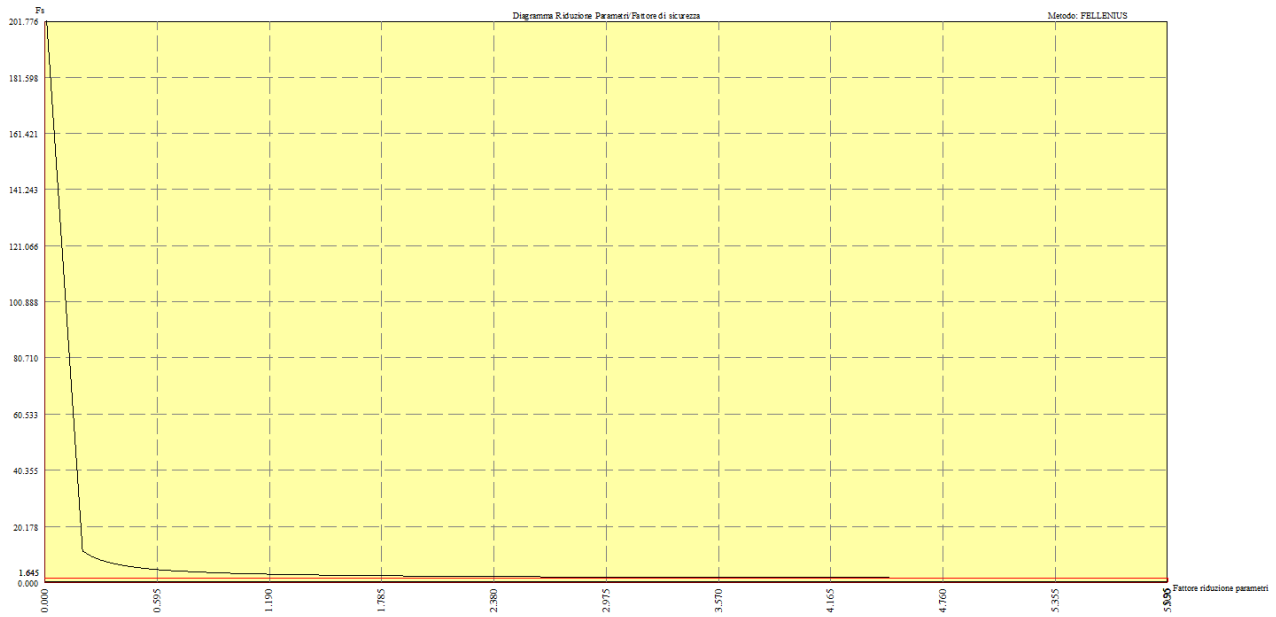
N°	Dy_f[m]	Fs
1	0.00	2.157
2	1.00	2.334
3	2.00	2.496
4	3.00	2.648
5	4.00	2.790
6	5.00	2.916
7	6.00	3.033
8	7.00	3.134
9	8.00	3.220
10	9.00	3.285
11	10.00	3.313

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Il fattore di sicurezza minimo per falda al livello del terreno è pari a 2,157.

4.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ



Dettagli Analisi Sensitività

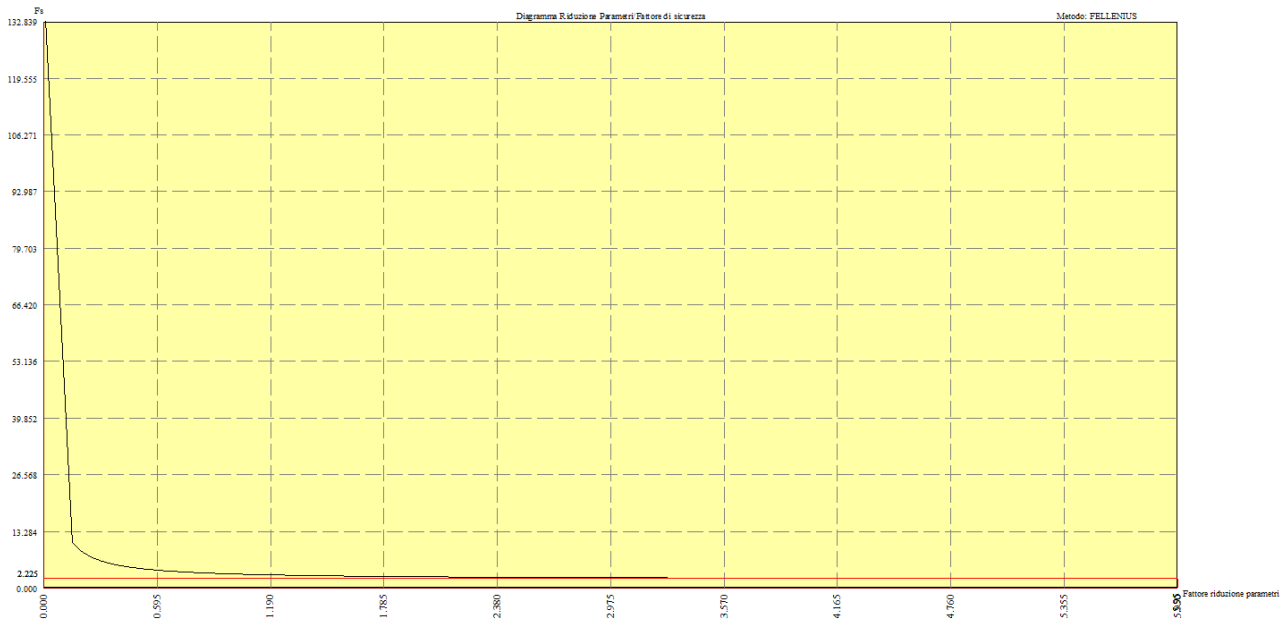
N°	f_r	F_s
106	5.40	1.680
107	5.45	1.676
108	5.50	1.673
109	5.55	1.670
110	5.60	1.666
111	5.65	1.663
112	5.70	1.660
113	5.75	1.657
114	5.80	1.654
115	5.85	1.651
116	5.90	1.648
117	5.95	1.645

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,645

4.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

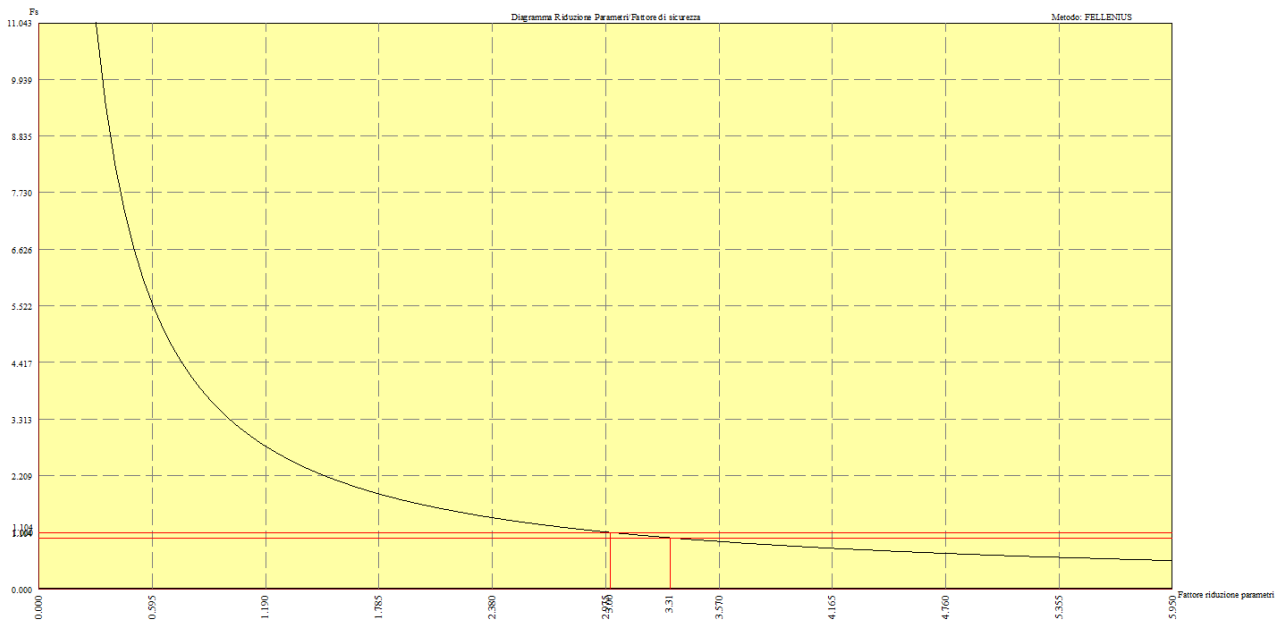
N°	fr	Fs
107	5.40	2.247
108	5.45	2.245
109	5.50	2.243
110	5.55	2.240
111	5.60	2.238
112	5.65	2.236
113	5.70	2.234
114	5.75	2.232
115	5.80	2.230
116	5.85	2.228
117	5.90	2.226
118	5.95	2.225

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 2,225.

4.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ e della coesione c



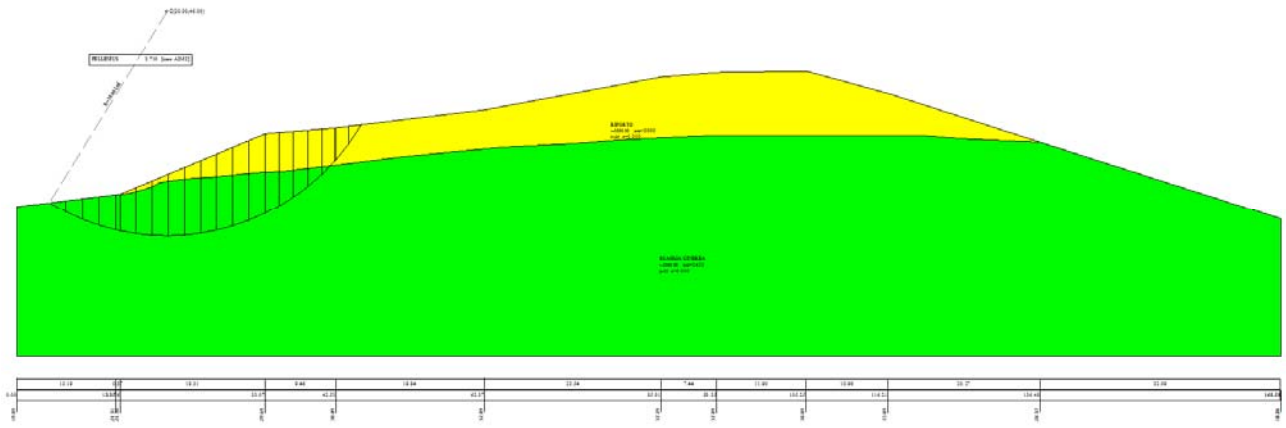
Dettagli Analisi Sensitività

N°	fr	Fs
53	2.90	1.142
54	2.95	1.123
55	3.00	1.104
56	3.05	1.086
57	3.10	1.069
58	3.15	1.052
59	3.20	1.035
60	3.25	1.019
61	3.30	1.004
62	3.31	1.000
63	3.35	0.989
64	3.40	0.974

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo entrambi i parametri del terreno di 3,00 il fattore di sicurezza rimane sopra a quanto richiesto da norma.



Risultati analisi

N.T.C. 2008

Metodo di Fellenius (3.00 sec)

Numero superfici generate 260

Numero calcoli eseguiti 1040 (1040)

Coefficiente sicurezza minimo 2.711

Superficie : C(x,y)= (20.000 , 46.000) R[m] =30.000

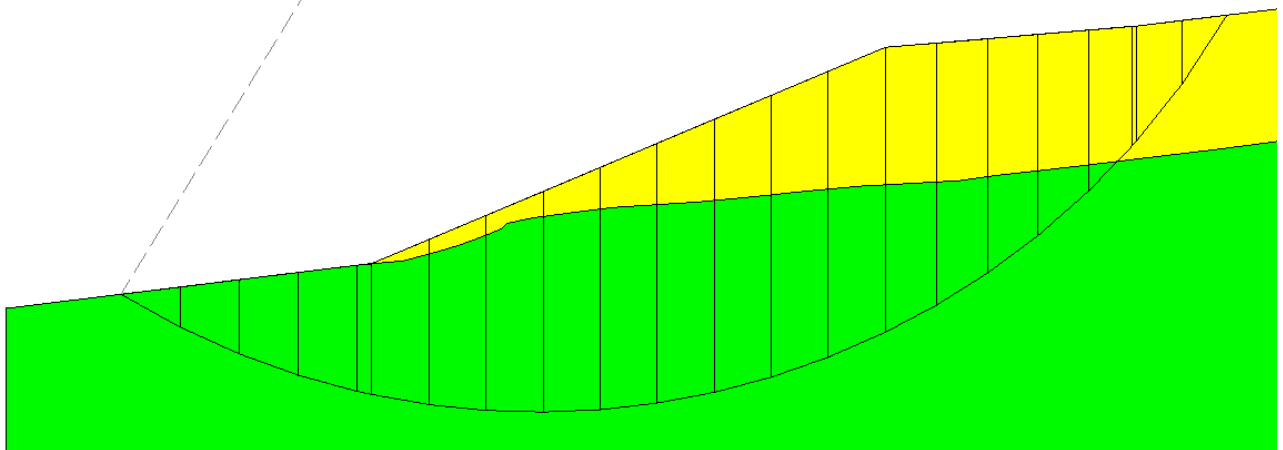
Coefficiente sicurezza massimo 10.233

Superficie : C(x,y)= (30.000 , 58.000) R[m] =30.000

FELLENIUS / 2.710 [caso A2M2]

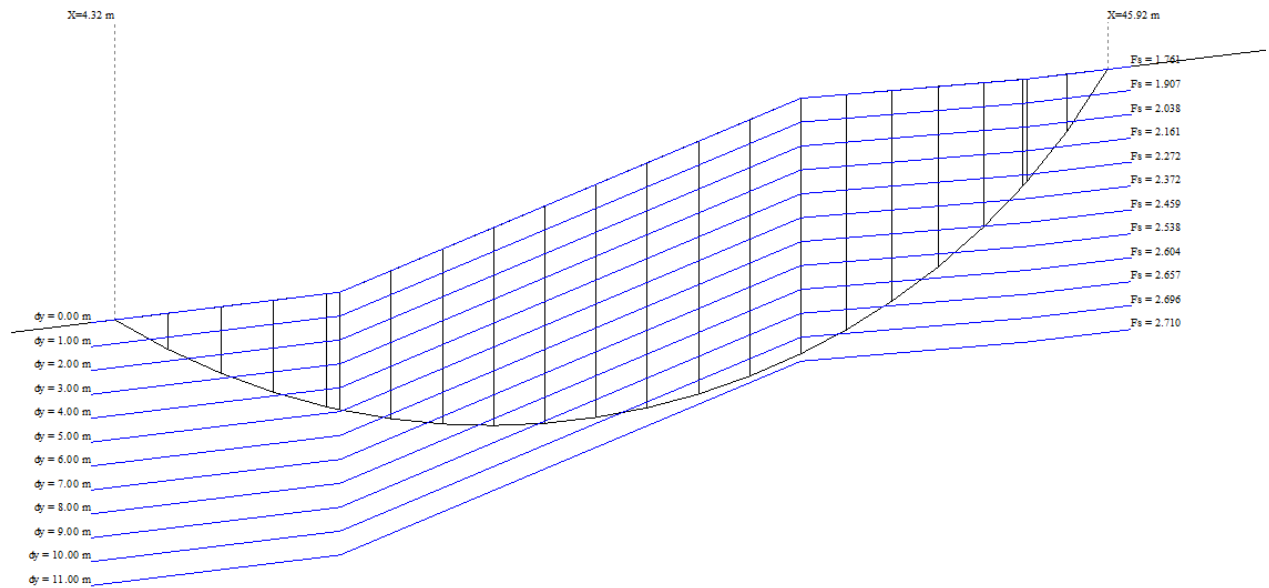
C(20.00;46.00)

R=30.00 [m]



Coefficiente di sicurezza minimo

5.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda



Dettagli Analisi Sensitività

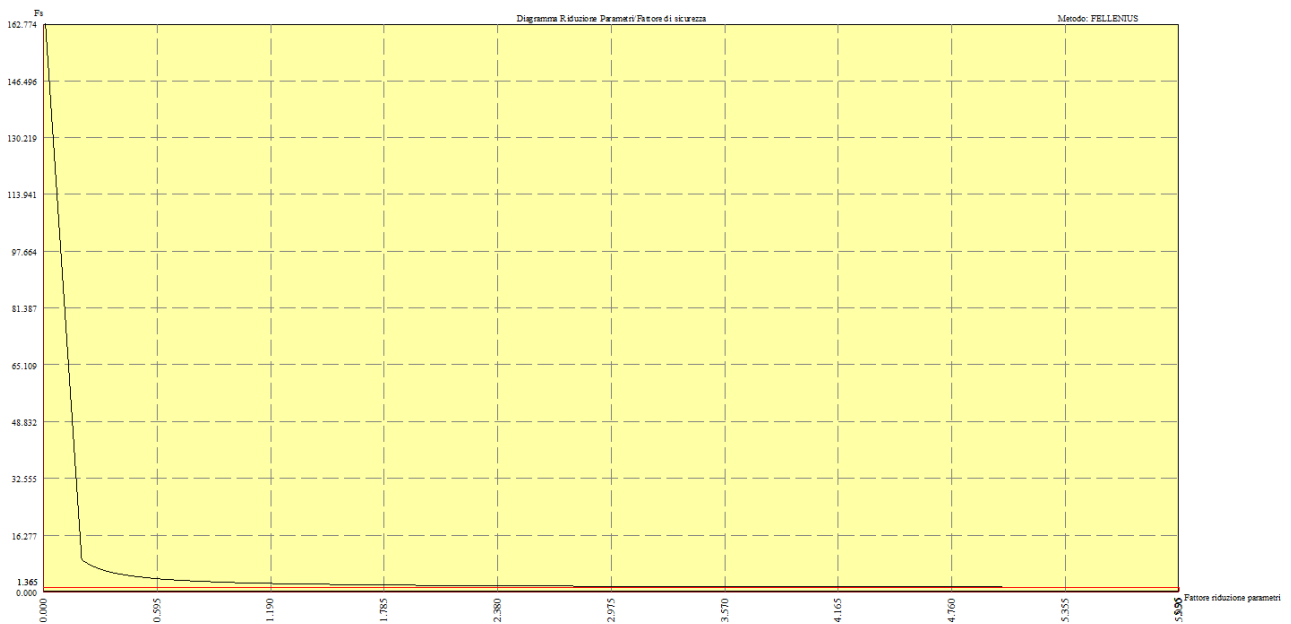
N°	Dy_f[m]	Fs
1	0.00	1.761
2	1.00	1.907
3	2.00	2.038
4	3.00	2.161
5	4.00	2.272
6	5.00	2.372
7	6.00	2.459
8	7.00	2.538
9	8.00	2.604
10	9.00	2.657
11	10.00	2.696
12	11.00	2.710

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Il fattore di sicurezza minimo per falda al livello del terreno è pari a 1,761.

5.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ



Dettagli Analisi Sensitivà

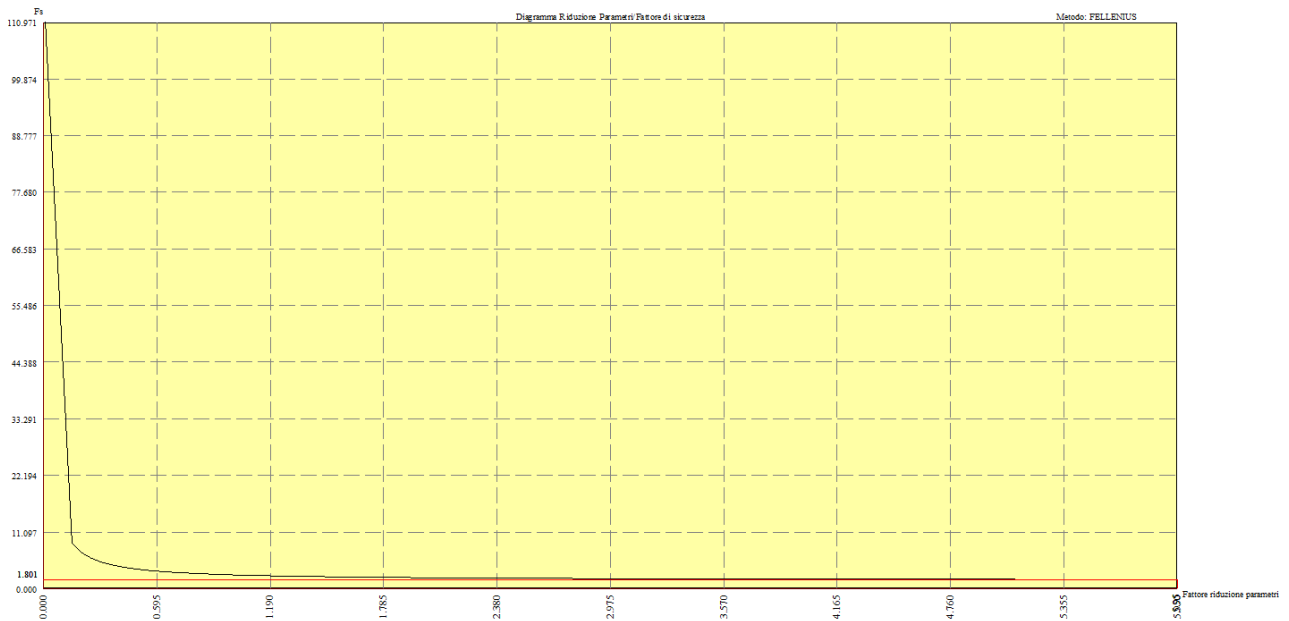
N°	fr	Fs
106	5.40	1.393
107	5.45	1.390
108	5.50	1.388
109	5.55	1.385
110	5.60	1.382
111	5.65	1.380
112	5.70	1.377
113	5.75	1.375
114	5.80	1.372
115	5.85	1.370
116	5.90	1.368
117	5.95	1.365

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,365.

5.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

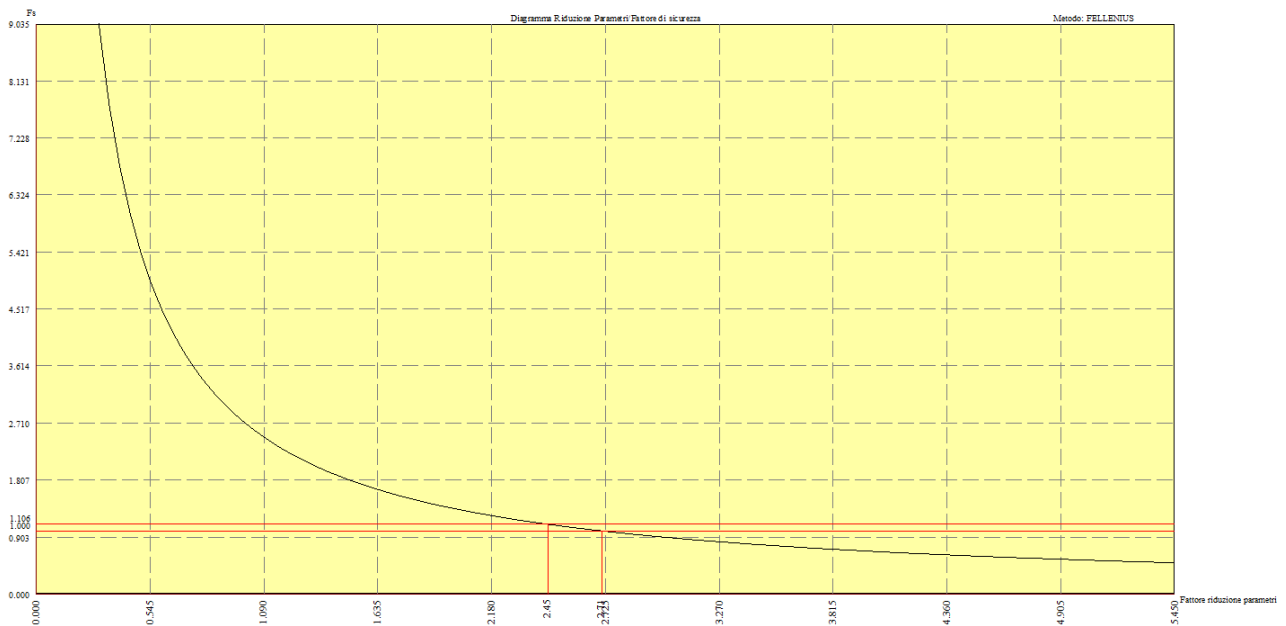
N°	fr	F _s
107	5.40	1.819
108	5.45	1.818
109	5.50	1.816
110	5.55	1.814
111	5.60	1.812
112	5.65	1.810
113	5.70	1.809
114	5.75	1.807
115	5.80	1.805
116	5.85	1.804
117	5.90	1.802
118	5.95	1.801

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,801.

5.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ e della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

N°	fr	Fs
43	2.40	1.129
44	2.45	1.106
45	2.50	1.084
46	2.55	1.063
47	2.60	1.042
48	2.65	1.023
49	2.70	1.004
50	2.71	1.000
51	2.75	0.986
52	2.80	0.968
53	2.85	0.951
54	2.90	0.935

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

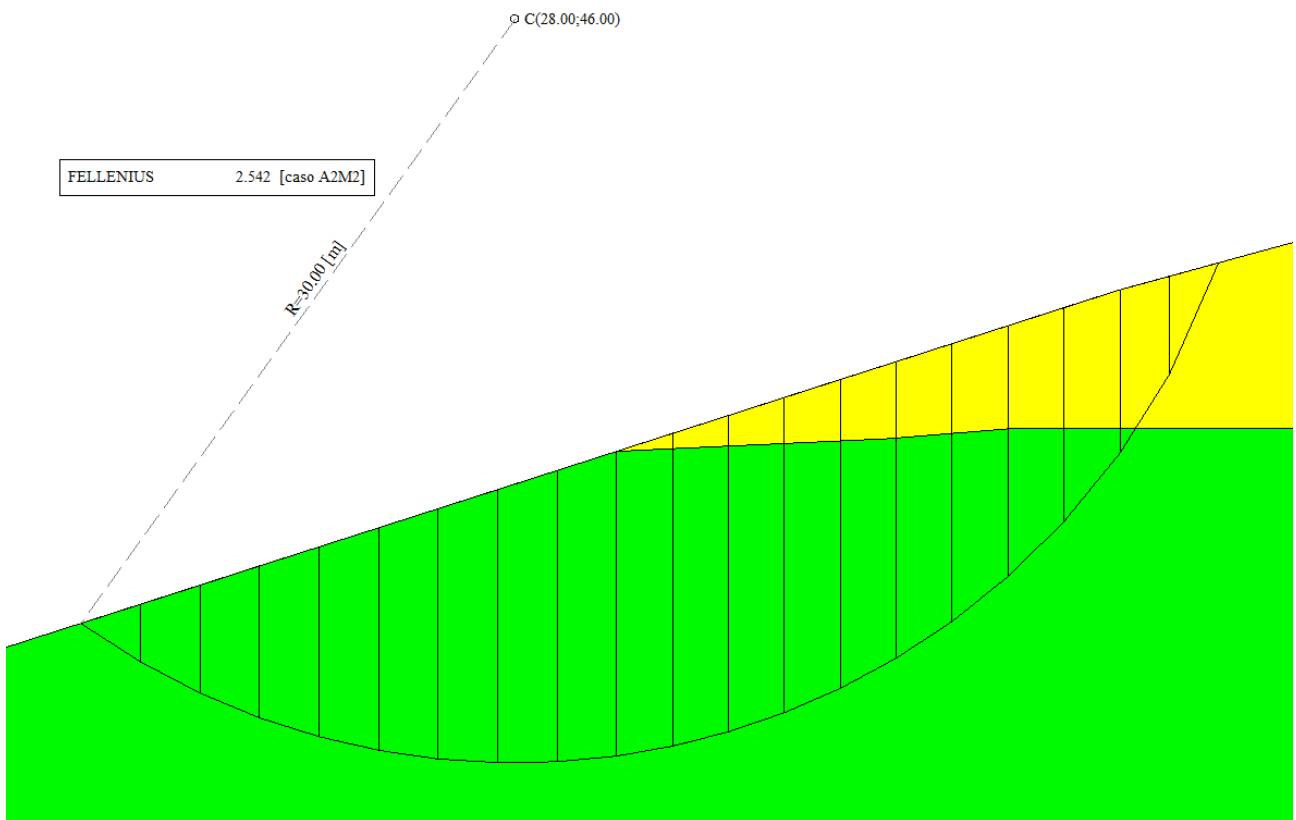
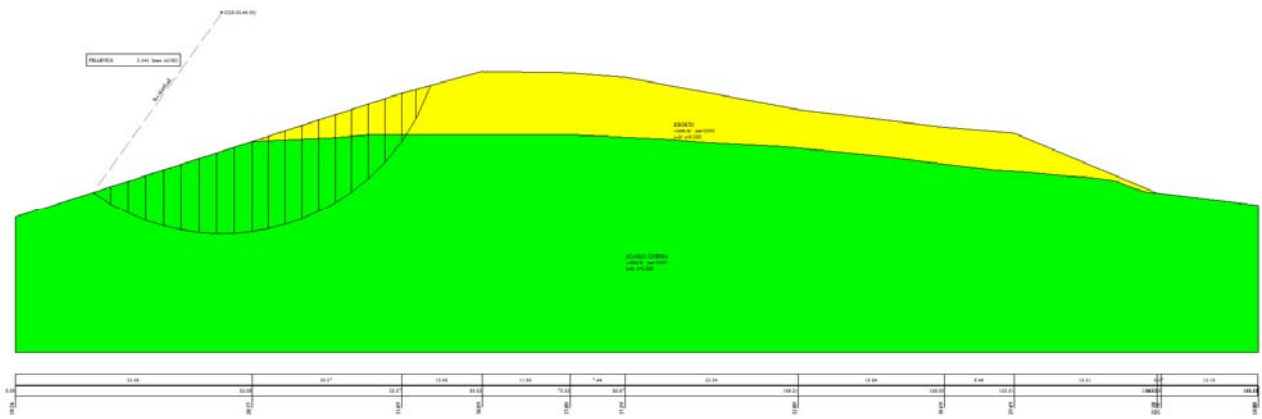
Riducendo entrambi i parametri del terreno di 2,45 il fattore di sicurezza rimane sopra a quanto richiesto da norma.

6. SEZIONE 21 DX

6.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo



Matrice dei centri con coefficienti di sicurezza (tutti i valori sono riportati nel fascicolo di calcolo di stabilità della relazione geotecnica).



Risultati analisi

N.T.C. 2008

Metodo di Fellenius (3.00 sec)

Numero superfici generate 252

Numero calcoli eseguiti 1008 (1008)

Coefficiente sicurezza minimo 2.542

Superficie : C(x,y)= (28.000 , 46.000) R[m] =30.000

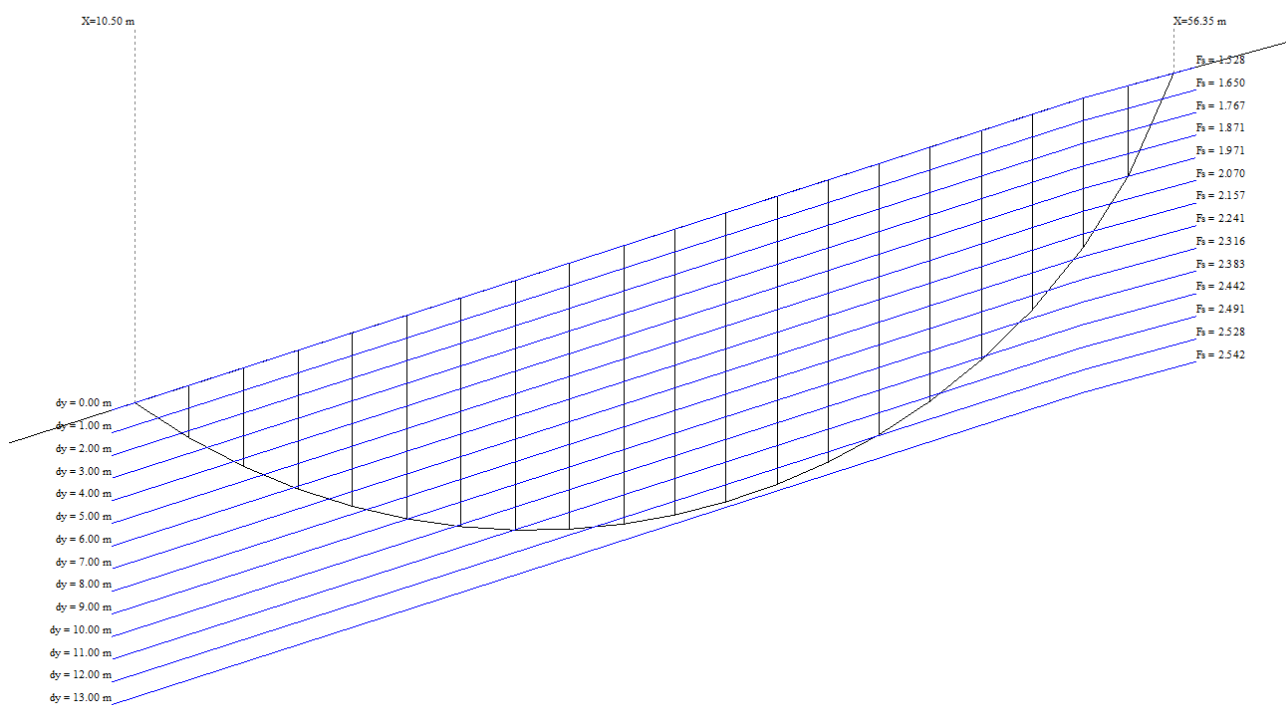
Coefficiente sicurezza massimo 13.806

Superficie : C(x,y)= (22.000 , 56.000) R[m] =30.000

Superfici >> **Chiudi**

Coefficiente di sicurezza minimo

6.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda



Dettagli Analisi Sensitività

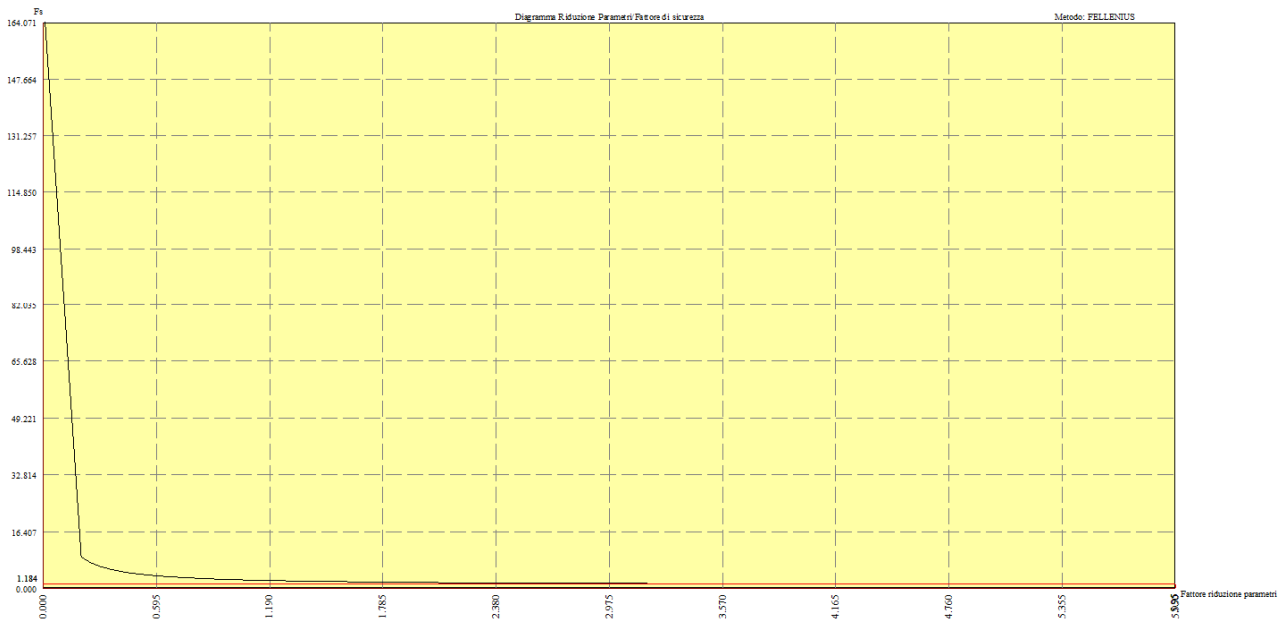
N°	Dy_f[m]	Fs
1	0.00	1.528
2	1.00	1.650
3	2.00	1.767
4	3.00	1.871
5	4.00	1.971
6	5.00	2.070
7	6.00	2.157
8	7.00	2.241
9	8.00	2.316
10	9.00	2.383
11	10.00	2.442
12	11.00	2.491

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Il fattore di sicurezza minimo per falda al livello del terreno è pari a 1,528.

6.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ



Dettagli Analisi Sensitività

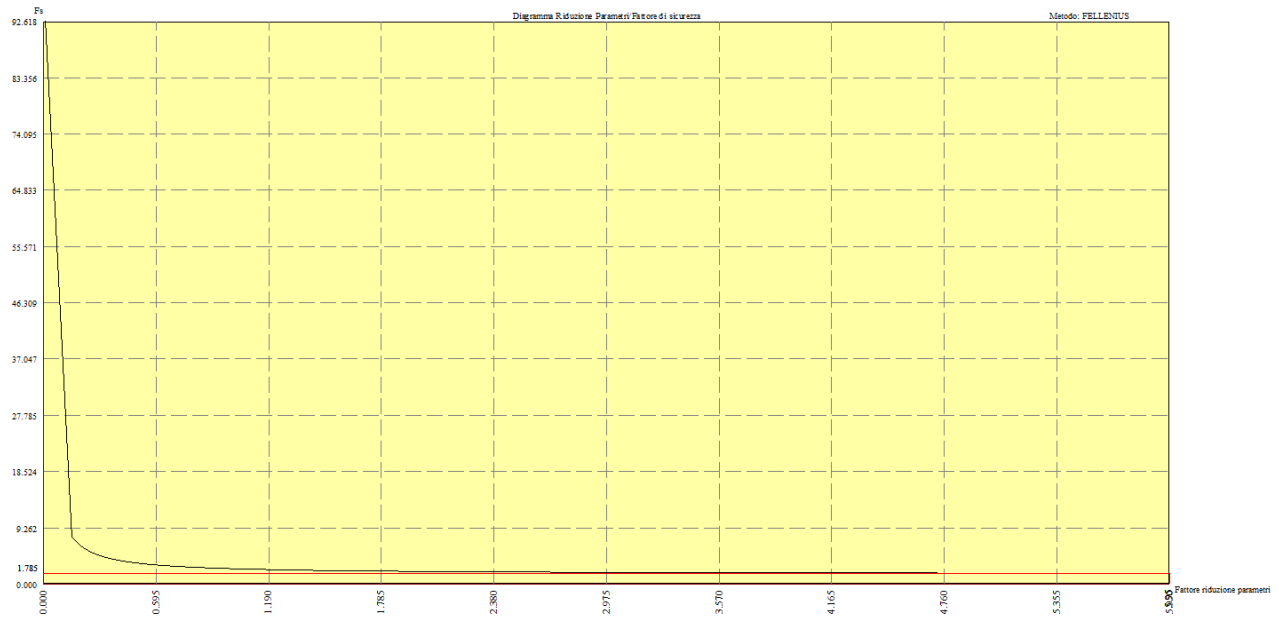
N°	fr	Fs
106	5.40	1.212
107	5.45	1.209
108	5.50	1.207
109	5.55	1.204
110	5.60	1.201
111	5.65	1.199
112	5.70	1.196
113	5.75	1.194
114	5.80	1.191
115	5.85	1.189
116	5.90	1.186
117	5.95	1.184

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1;184.

6.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

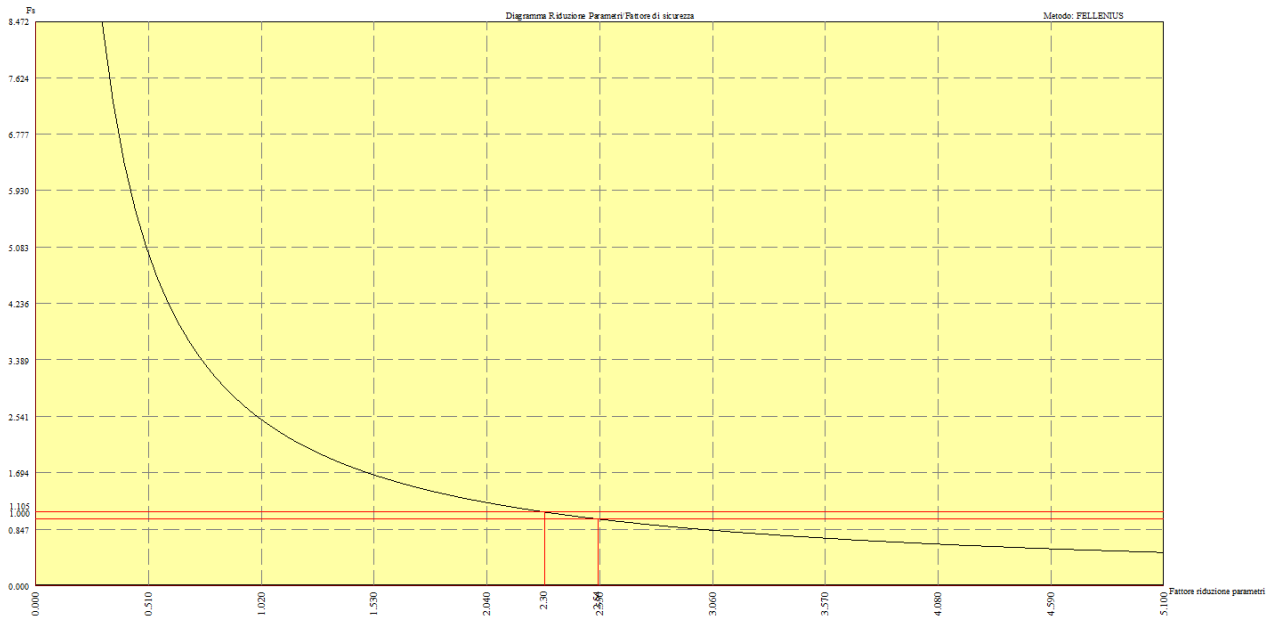
N°	fr	Fs
107	5.40	1.800
108	5.45	1.799
109	5.50	1.797
110	5.55	1.796
111	5.60	1.794
112	5.65	1.793
113	5.70	1.791
114	5.75	1.790
115	5.80	1.789
116	5.85	1.787
117	5.90	1.786
118	5.95	1.785

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,785.

6.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ e della coesione c



Dettagli Analisi Sensività

N°	fr	Fs
38	2.15	1.182
39	2.20	1.155
40	2.25	1.130
41	2.30	1.105
42	2.35	1.082
43	2.40	1.059
44	2.45	1.037
45	2.50	1.017
46	2.54	1.000
47	2.55	0.997
48	2.60	0.978
49	2.65	0.959

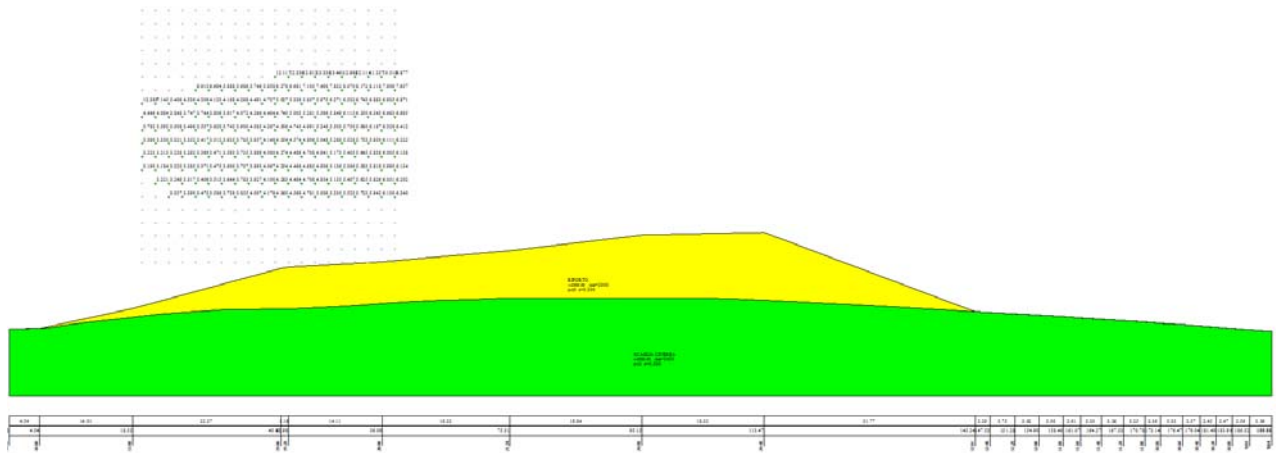
Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo entrambi i parametri del terreno di 2,30 il fattore di sicurezza rimane sopra a quanto richiesto da norma.

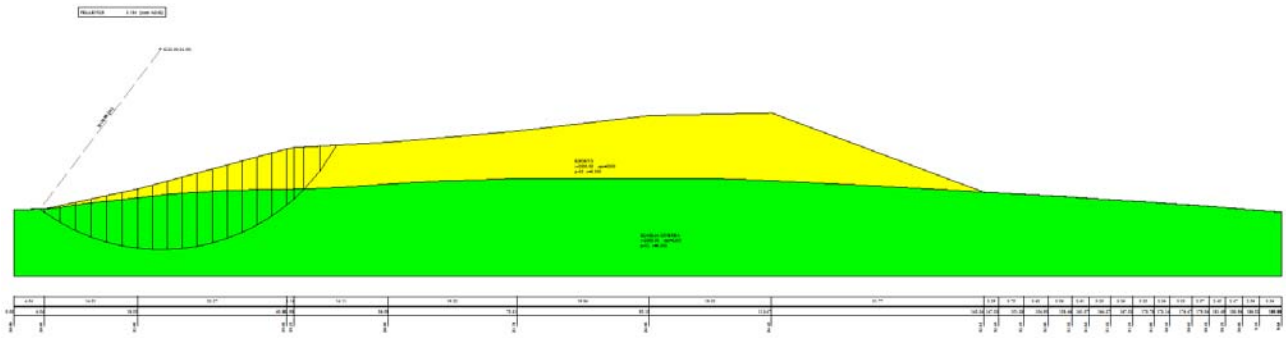
7. SEZIONE 23 SX

7.1. Coefficienti di sicurezza al variare dei cerchi di calcolo

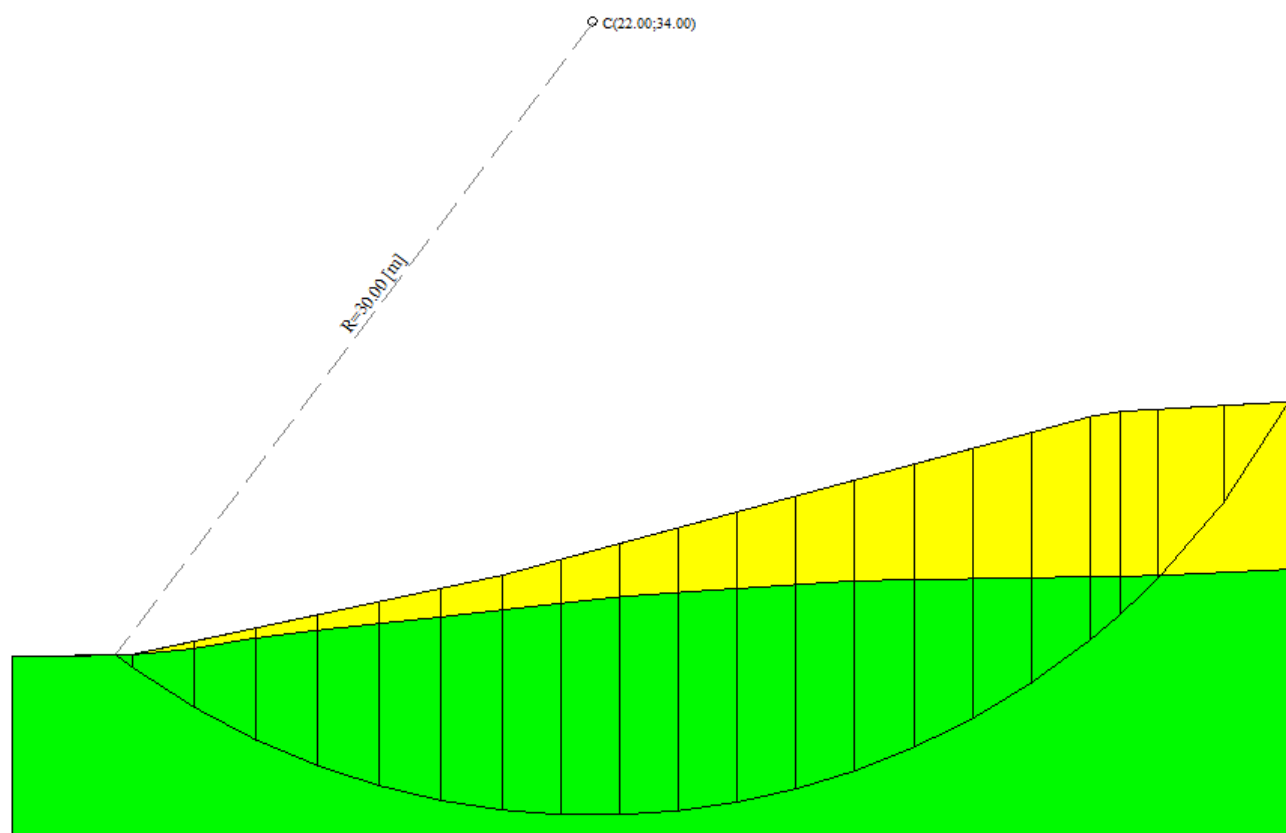


+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	12.117	12.336	12.812	13.338	13.461	12.989	12.114	11.257	10.510	9.877						
+	+	+	+	+	+	9.913	6.694	5.888	5.686	5.746	5.958	6.278	6.681	7.103	7.498	7.832	8.070	8.172	8.118	7.909	7.657				
+	+	+	+	+	+	12.380	7.145	5.406	4.536	4.206	4.123	4.168	4.298	4.491	4.737	5.027	5.336	5.657	5.975	6.271	6.532	6.743	6.883	6.935	6.871
+	+	+	+	+	+	4.446	4.094	3.848	3.747	3.744	3.806	3.917	4.072	4.266	4.494	4.740	5.003	5.281	5.566	5.849	6.115	6.350	6.543	6.663	6.695
+	+	+	+	+	+	3.782	3.592	3.508	3.496	3.537	3.620	3.742	3.900	4.085	4.287	4.506	4.743	4.991	5.246	5.503	5.750	5.980	6.187	6.328	6.412
+	+	+	+	+	+	3.390	3.330	3.321	3.352	3.417	3.512	3.635	3.785	3.957	4.148	4.354	4.574	4.806	5.048	5.289	5.528	5.753	5.950	6.111	6.222
+	+	+	+	+	+	3.223	3.213	3.238	3.292	3.369	3.471	3.593	3.735	3.899	4.080	4.274	4.486	4.708	4.941	5.173	5.405	5.645	5.838	6.005	6.138
+	+	+	+	+	+	3.190	3.184	3.220	3.285	3.371	3.475	3.600	3.737	3.893	4.067	4.254	4.466	4.685	4.906	5.136	5.366	5.583	5.819	5.990	6.134
+	+	+	+	+	+	3.221	3.249	3.317	3.406	3.513	3.644	3.783	3.927	4.100	4.283	4.494	4.708	4.954	5.155	5.407	5.625	5.826	6.051	6.202	
+	+	+	+	+	+	3.327	3.390	3.473	3.586	3.728	3.855	4.007	4.179	4.360	4.569	4.781	5.009	5.230	5.523	5.723	5.942	6.139	6.340		
+	+	+	+	+	+																				
+	+	+	+	+	+																				
+	+	+	+	+	+																				
+	+	+	+	+	+																				
+	+	+	+	+	+																				
+	+	+	+	+	+																				

Matrice dei centri con coefficienti di sicurezza (tutti i valori sono riportati nel fascicolo di calcolo di stabilità della relazione geotecnica).



FELLENIUS 3.184 [caso A2M2]



Risultati analisi

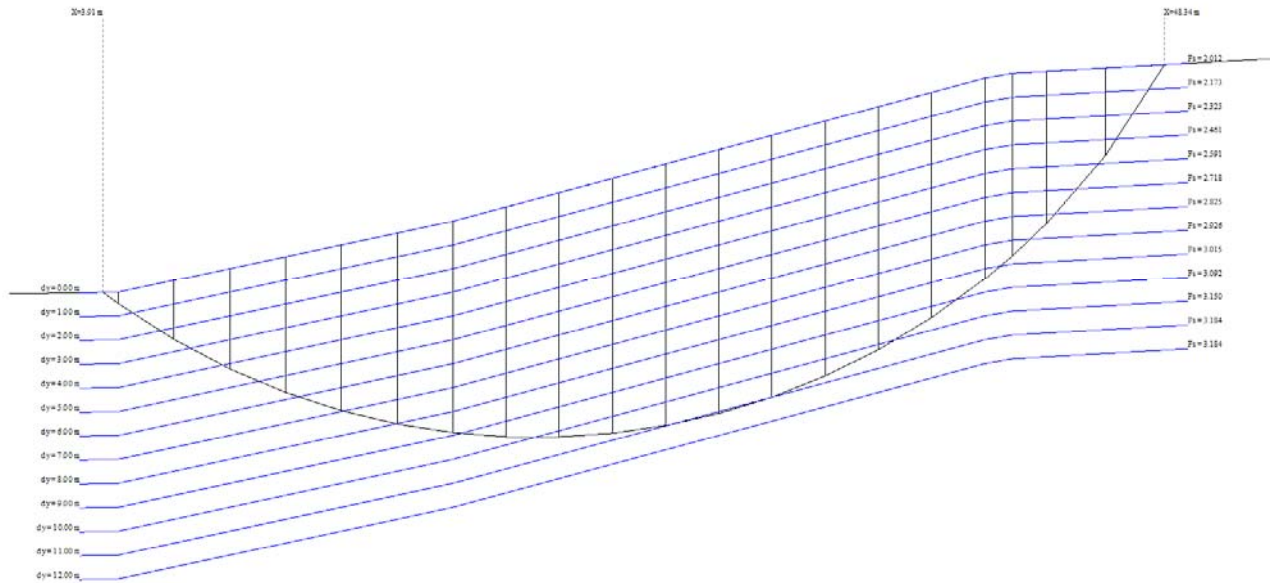
N.T.C. 2008

Metodo di Fellenius (0.00 sec)
 Numero superfici generate 183
 Numero calcoli eseguiti 732 (732)
 Coefficiente sicurezza minimo 3.184
 Superficie : C(x,y)= (22.000 , 34.000) R[m] =30.000
 Coefficiente sicurezza massimo 16.996
 Superficie : C(x,y)= (48.000 , 48.000) R[m] =30.000

Superfici >> **Chiudi**

Coefficiente di sicurezza minimo

7.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda



Dettagli Analisi Sensitività

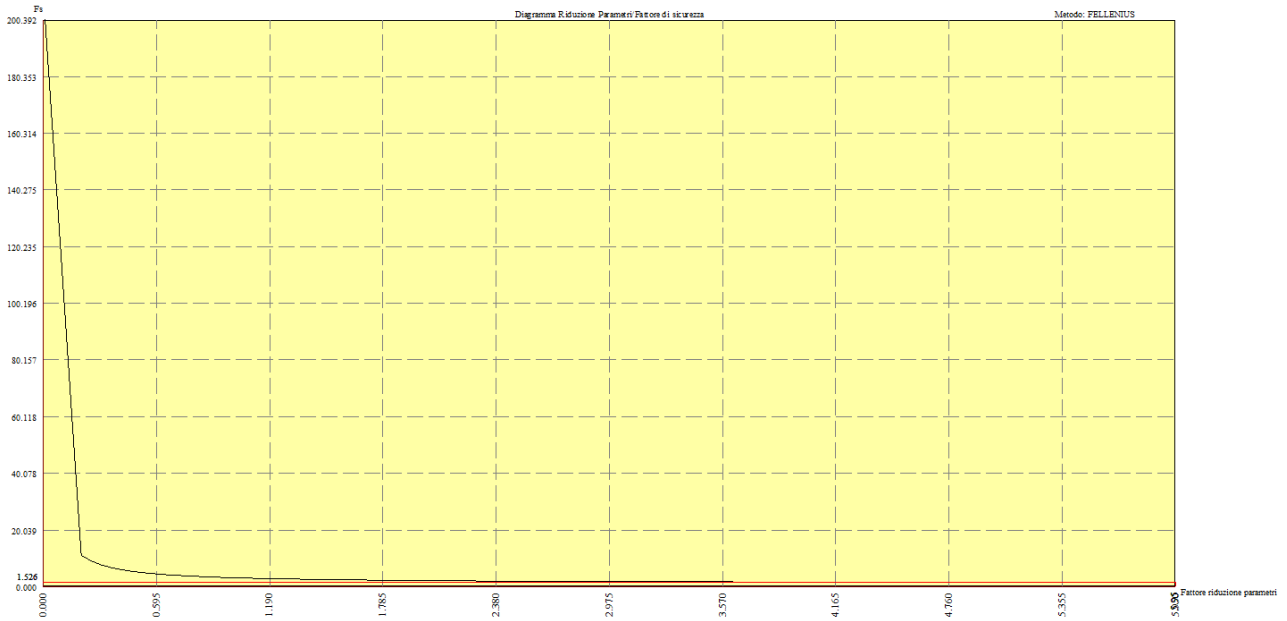
N°	Dy_f[m]	Fs
1	0.00	2.012
2	1.00	2.173
3	2.00	2.325
4	3.00	2.461
5	4.00	2.591
6	5.00	2.718
7	6.00	2.825
8	7.00	2.926
9	8.00	3.015
10	9.00	3.092
11	10.00	3.150
12	11.00	3.184

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Il fattore di sicurezza minimo per falda al livello del terreno è pari a 2,012.

7.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ



Dettagli Analisi Sensitività

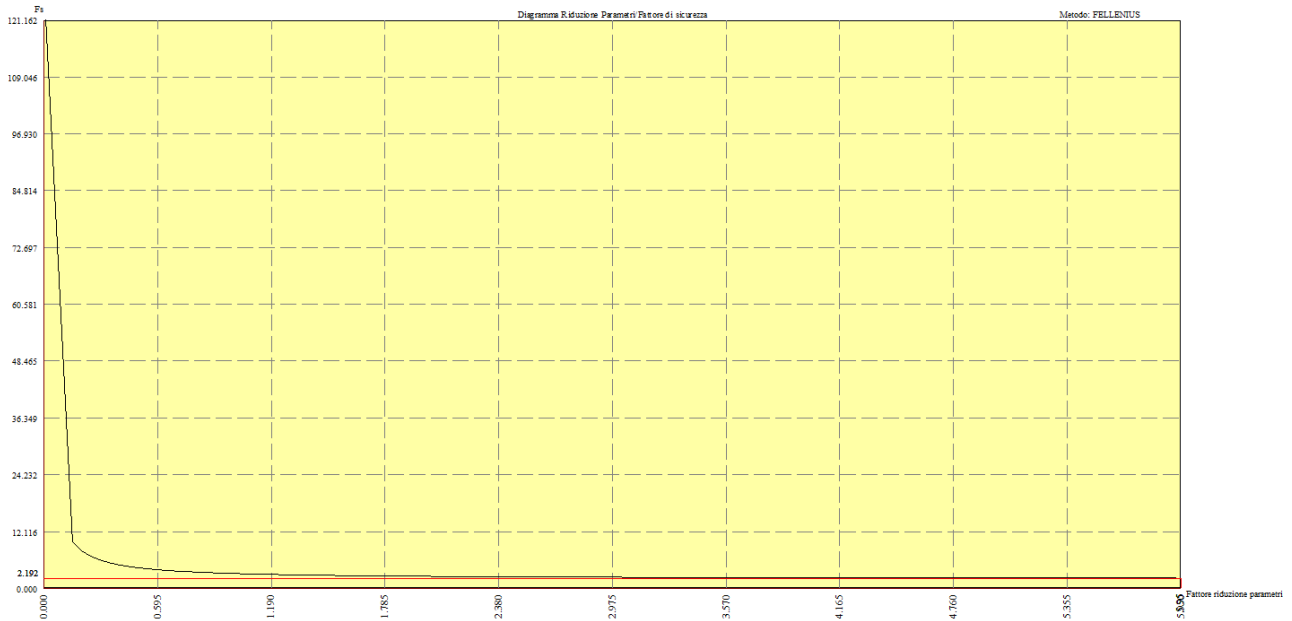
N°	fr	Fs
106	5.40	1.561
107	5.45	1.557
108	5.50	1.554
109	5.55	1.551
110	5.60	1.547
111	5.65	1.544
112	5.70	1.541
113	5.75	1.538
114	5.80	1.535
115	5.85	1.532
116	5.90	1.529
117	5.95	1.526

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,526.

7.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

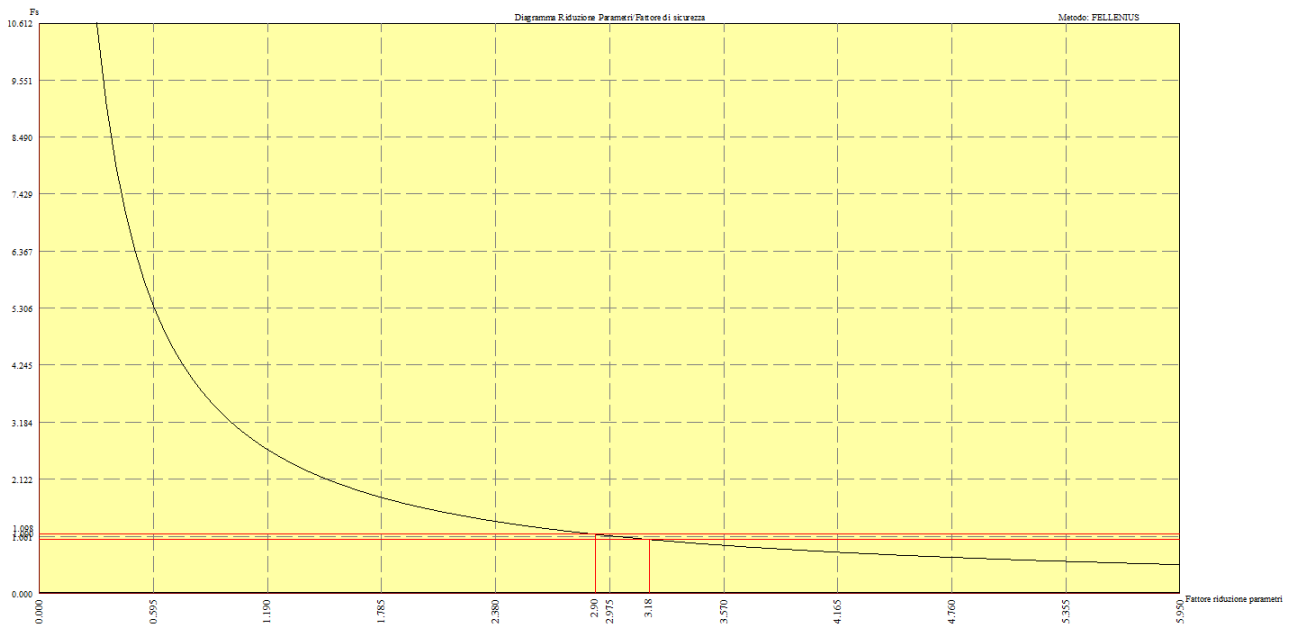
N°	fr	Fs
107	5.40	2.213
108	5.45	2.211
109	5.50	2.209
110	5.55	2.207
111	5.60	2.205
112	5.65	2.203
113	5.70	2.201
114	5.75	2.199
115	5.80	2.197
116	5.85	2.196
117	5.90	2.194
118	5.95	2.192

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 2,192.

7.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito φ e della coesione c



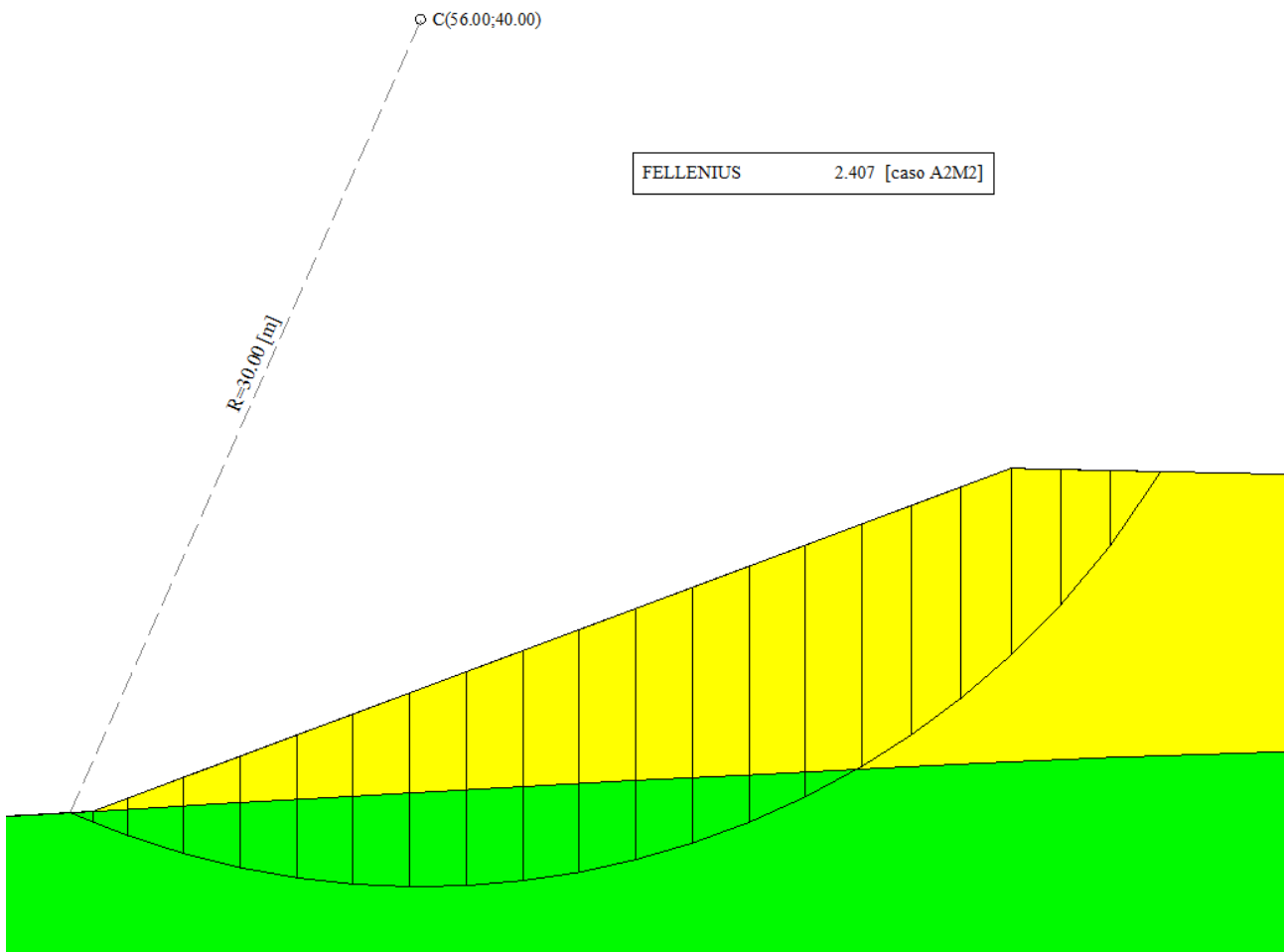
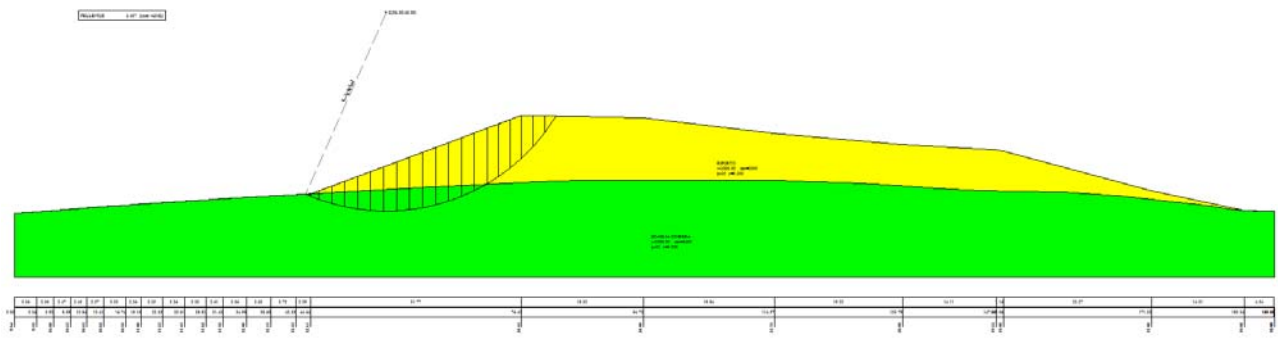
Dettagli Analisi Sensitività

N°	fr	F_s
50	2.75	1.158
51	2.80	1.137
52	2.85	1.117
53	2.90	1.098
54	2.95	1.079
55	3.00	1.061
56	3.05	1.044
57	3.10	1.027
58	3.15	1.011
59	3.18	1.000
60	3.20	0.995
61	3.25	0.980

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo entrambi i parametri del terreno di 2,85 il fattore di sicurezza rimane sopra a quanto richiesto da norma (nel diagramma viene considerato il fattore di sicurezza 1,098 che è appena inferiore a 1,1 con fattore riduttivo di 2,90).



Risultati analisi

N.T.C. 2008

Metodo di Fellenius (0.00 sec)

Numero superfici generate 142

Numero calcoli eseguiti 568 (568)

Coefficiente sicurezza minimo 2.407

Superficie : C(x,y)= (56.000 , 40.000) R[m]=30.000

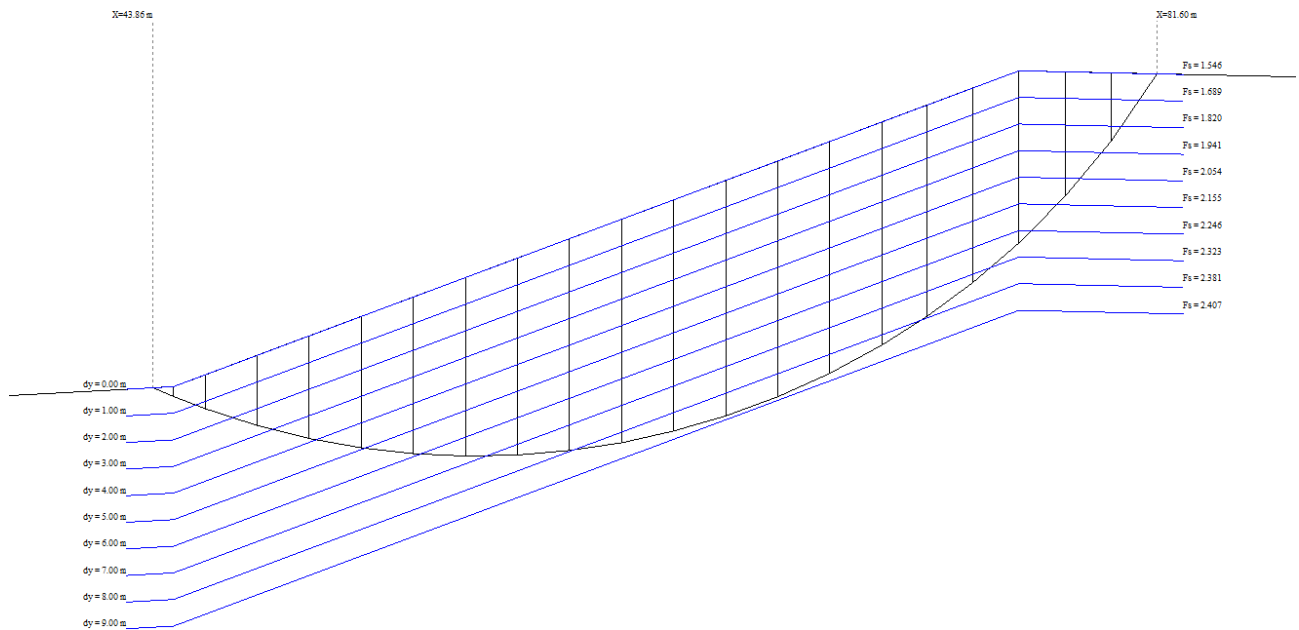
Coefficiente sicurezza massimo 31.018

Superficie : C(x,y)= (20.000 , 40.000) R[m]=30.000

Superfici >> **Chiudi**

Coefficiente di sicurezza minimo

8.2. Coefficienti di sicurezza al variare dell'altezza di falda



Dettagli Analisi Sensitività

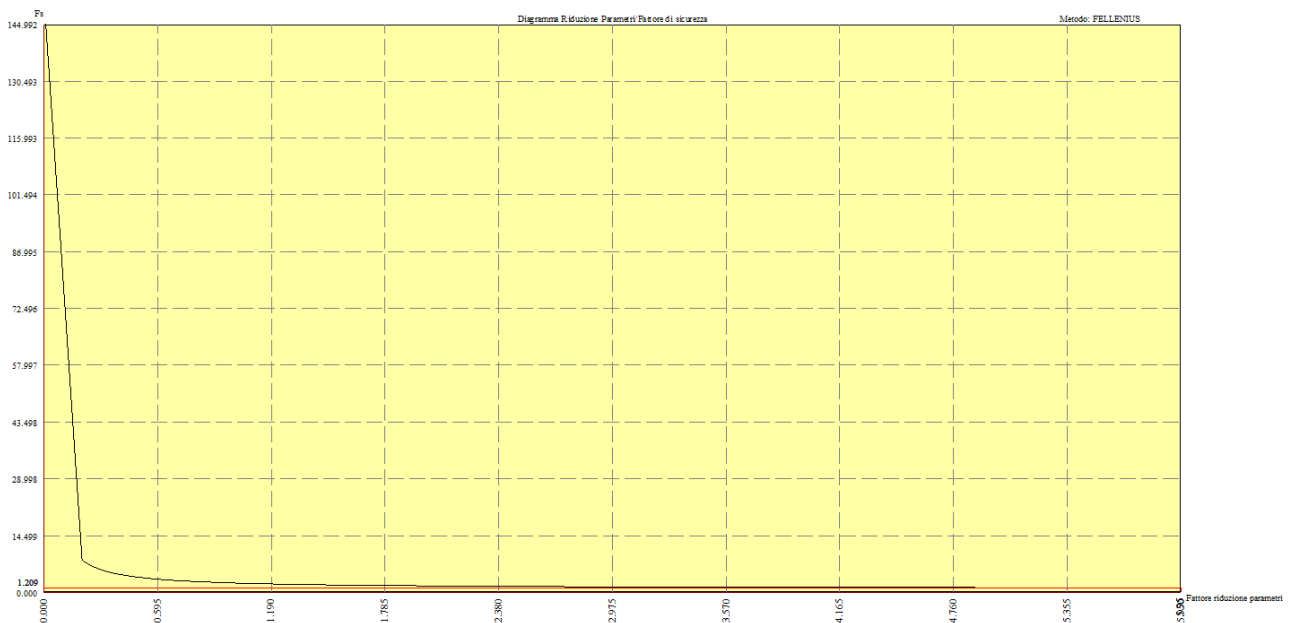
N°	Dy_f[m]	Fs
1	0.00	1.546
2	1.00	1.689
3	2.00	1.820
4	3.00	1.941
5	4.00	2.054
6	5.00	2.155
7	6.00	2.246
8	7.00	2.323
9	8.00	2.381
10	9.00	2.407

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Il fattore di sicurezza minimo per falda al livello del terreno è pari a 1,546.

8.3. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ



Dettagli Analisi Sensitività

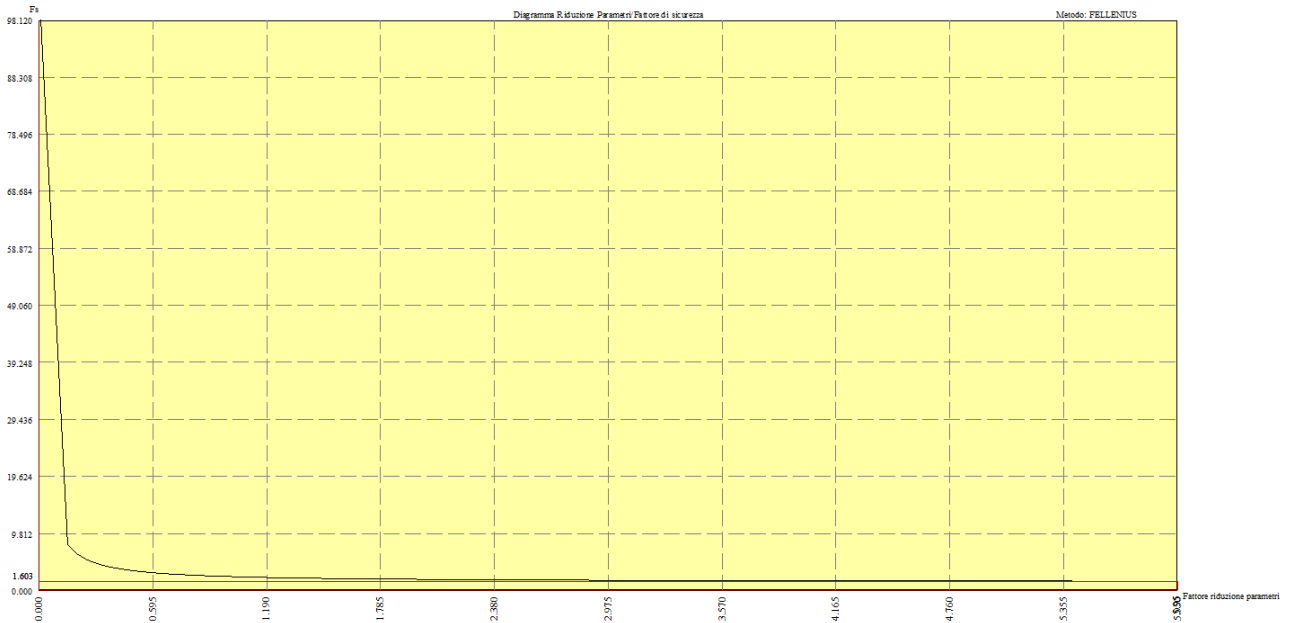
N°	fr	Fs
106	5.40	1.234
107	5.45	1.231
108	5.50	1.229
109	5.55	1.226
110	5.60	1.224
111	5.65	1.222
112	5.70	1.219
113	5.75	1.217
114	5.80	1.215
115	5.85	1.213
116	5.90	1.211
117	5.95	1.209

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,209.

8.4. Coefficiente di sicurezza al variare della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

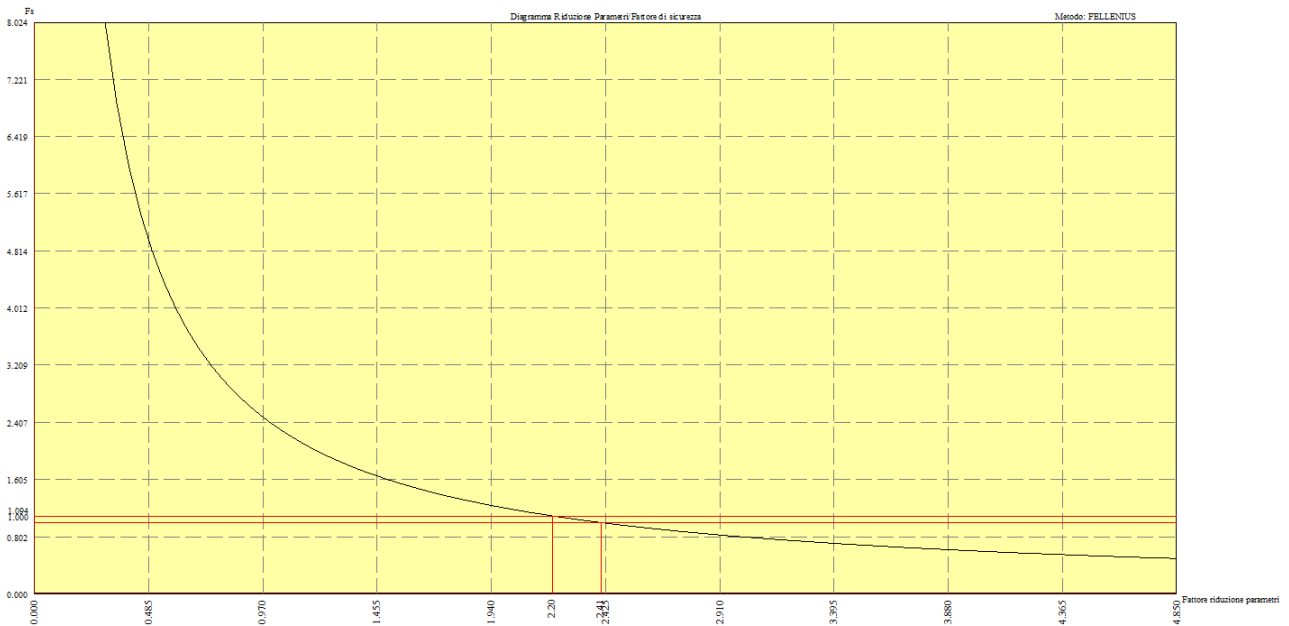
N°	fr	Fs
107	5.40	1.619
108	5.45	1.618
109	5.50	1.616
110	5.55	1.615
111	5.60	1.613
112	5.65	1.611
113	5.70	1.610
114	5.75	1.608
115	5.80	1.607
116	5.85	1.606
117	5.90	1.604
118	5.95	1.603

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo l'angolo di attrito di un fattore 5,95 il coefficiente di sicurezza rimane a 1,603.

8.5. Coefficienti di sicurezza al variare dell'angolo di attrito ϕ e della coesione c



Dettagli Analisi Sensitività

N°	fr	Fs
35	2.00	1.204
36	2.05	1.174
37	2.10	1.146
38	2.15	1.120
39	2.20	1.094
40	2.25	1.070
41	2.30	1.047
42	2.35	1.024
43	2.40	1.003
44	2.41	1.000
45	2.45	0.983
46	2.50	0.963

Imposta parametri selezionati per nuova analisi

Chiudi

Riducendo entrambi i parametri del terreno di 2,15 il fattore di sicurezza rimane sopra a quanto richiesto da norma (nel diagramma viene considerato il fattore di sicurezza 1,094 che è appena inferiore a 1,1 con fattore riduttivo di 2,20).

9. Conclusioni

Da tutte le analisi effettuate si evince la stabilità dell'opera.

Caldarola 07.03.2016

Il Tecnico

Ing. Sara Ricca

