

## Relazione di calcolo

**Progetto:** Analisi di stabilità **interferenza n.10 bis**  
**Comune:** Pescosansonesco, (PE)

### Introduzione

#### L'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

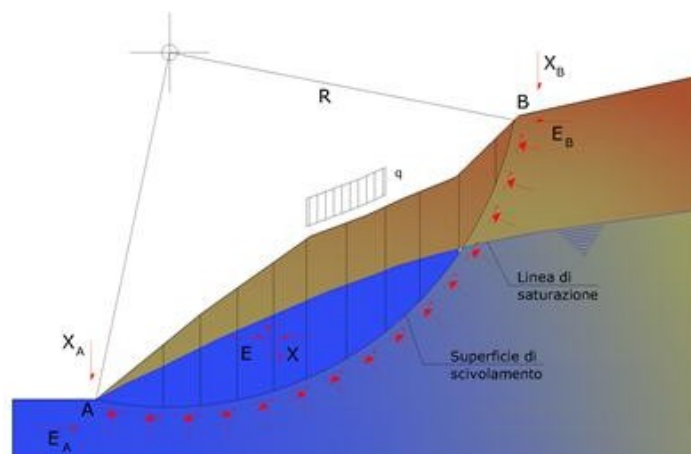
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

#### Metodo dell'equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



## 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 di calcolo utilizzato per le analisi di stabilità 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><math>\Delta X</math></b>	variazione delle forze tangenziali sulla striscia <b><math>\Delta X = X_d - X_s</math></b>
<b><math>\Delta E</math></b>	variazione delle forze normali sulla striscia <b><math>\Delta E = E_d - E_s</math></b>

## Metodo di Morgenstern e Price

Nel metodo **Morgenstern e Price** le forze normali e tangenziali di interstriscia sono legate fra di loro dalla relazione

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E$$

dove  $f(x)$  è una funzione di forma definita in modo che  $|f(x)| \leq 1$  e  $\lambda$  è un parametro scalare che si ricava dal processo di soluzione. Il coefficiente si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni differenziali:

$$\frac{dE}{dx} (Kx + L) + KE = Nx + P$$

$$X = \frac{dE}{dx} y - \frac{d}{dx} (E y_t)$$

le cui condizioni al contorno sono:

$$E(x) = E_a \quad \text{quando } x = x_0$$

$$E(x) = E_b \quad \text{quando } x = x_n$$

$$M = E \int_{x_n}^{x_0} (y - y_t) = \int_{x_n}^{x_0} (X - E \, dy / dx) dx = 0$$

I termini del sistema sono dati da:

$$K = \lambda k \left( \frac{\text{tg } \phi}{F} + A \right)$$

$$L = \lambda m \left( \frac{\text{tg } \phi}{F} + A \right) + A \frac{\text{tg } \phi}{F} - 1$$

$$N = p \left[ A + \frac{\text{tg } \phi}{F} - r_u(1 + A^2) \frac{\text{tg } \phi}{F} \right]$$

$$P = q \left[ A + \frac{\text{tg } \phi}{F} - r_u(1 + A^2) \frac{\text{tg } \phi}{F} \right] + \frac{c}{F} [1 + A^2]$$

nelle quali **k** ed **m** sono i due parametri assegnati striscia per striscia per definire il rapporto tra la risultante delle forze tangenziali, **X**, all'interfaccia e quella delle pressioni normali, **E**, mentre la variabile  $\lambda$  è introdotta per pareggiare il numero delle equazioni e quello delle incognite oltre che utile per tarare la funzione lineare tra le forze di interstriscia **X** ed **E**.

Nella formulazione di **Morgenstern-Price**, il peso e la superficie di scorrimento, sono espresse come funzioni lineari della  $x$ . Inoltre il termine  $r_u$  è il coefficiente adimensionale che tiene conto della pressione neutra ed è definito dalla relazione:  $r_u = u_w/W$

**b.** Lo schema iterativo che permette di determinare il coefficiente di sicurezza è il seguente:

si assegnano due valori ad  $F$  ed a  $\lambda$ ;

si calcolano  $M_i$  ed  $E_i$  dalle equazioni riportate;

si calcolano  $\delta\lambda$  e  $\delta F$ ;

si incrementano  $\lambda = \lambda + \delta\lambda$  ed  $F = F + \delta F$ ;

si controlla la convergenza nel qual caso si ferma l'iterazione altrimenti si torna al punto **2.**

dove gli incrementi per  $\lambda$  ed  $F$  sono espressi da:

$$\delta\lambda = \frac{M_n \frac{dE_n}{dF} - E_n \frac{dM_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

$$\delta\lambda = \frac{E_n \frac{dM_n}{dF} - M_n \frac{dE_n}{dF}}{\frac{dE_n}{d\lambda} - \frac{dM_n}{d\lambda} \frac{dE_n}{dF}}$$

dove  $M_n$  ed  $E_n$  sono i valori di  $M$  ed  $E$  all'ultima striscia.

### Verifiche in condizioni statiche e sismiche

**La stabilità del pendio in oggetto è stata esaminata attraverso sia l'analisi in condizioni statiche, che in condizioni sismiche. I risultati vengono espressi attraverso un unico file di output mediante la combinazione A2+M2 delle verifiche statiche e sismiche in riferimento alle NTC2018.** La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica in questo caso viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W \quad F_V = K_y W$$

Essendo:

- $F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- $W$  peso concio;
- $K_x$  coefficiente sismico orizzontale;
- $K_y$  coefficiente sismico verticale.

### **Ricerca della superficie di scorrimento critica**

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da  $m$  righe e  $n$  colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

## 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.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/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	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi'$	c'
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[kPa]
1	argilla con limo deb. marnosa	1985	2013	23,37	23,72
2	Terreno vegetale	2000	2020	26,00	0,0
3	livelli calcar e sabbie limose arg.	2150	2170	30,00	10,00

### 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	Y
	[m]	[m]
1	0,00	465,53
2	1,00	465,39
3	2,00	465,29
4	3,00	465,21
5	4,00	465,13
6	5,00	465,12
7	6,00	464,99
8	7,00	464,83
9	8,00	464,72
10	9,00	464,66
11	10,00	464,59
12	11,00	464,50
13	12,00	464,27
14	13,00	464,07
15	14,00	463,87
16	15,00	463,68
17	16,00	463,55
18	17,00	463,37
19	18,00	463,13
20	19,00	462,96
21	20,00	462,63
22	21,00	462,44
23	22,00	462,17

n°	X [m]	Y [m]
24	23,00	461,95
25	24,00	461,75
26	25,00	461,56
27	26,00	461,39
28	27,00	461,18
29	28,00	461,02
30	29,00	460,83
31	30,00	460,62
32	31,00	460,43
33	32,00	460,26
34	33,00	459,99
35	34,00	459,78
36	35,00	459,60
37	36,00	459,37
38	37,00	459,14
39	38,00	458,94
40	39,00	458,69
41	40,00	458,50
42	41,00	458,32
43	42,00	458,23
44	43,00	458,13
45	44,00	457,89
46	45,00	457,52
47	46,00	457,30
48	47,00	457,14
49	48,00	456,98
50	49,00	456,85
51	50,00	456,70
52	51,00	456,65
53	52,00	456,63
54	53,00	456,39
55	54,00	456,19
56	55,00	455,88
57	56,00	455,74
58	57,00	455,61
59	58,00	455,45
60	59,00	455,32
61	60,00	455,29
62	61,00	455,09
63	62,00	454,86
64	63,00	454,66
65	64,00	454,51
66	65,00	454,37
67	66,00	454,21
68	67,00	454,12
69	68,00	453,83
70	69,00	453,50
71	70,00	453,19
72	71,00	452,96
73	72,00	452,63
74	73,00	452,29
75	74,00	452,02
76	75,00	451,48
77	76,00	451,24
78	77,00	451,15
79	78,00	451,10
80	79,00	451,09
81	80,00	451,06
82	81,00	451,07
83	82,00	451,04
84	83,00	450,99
85	84,00	450,96
86	85,00	450,90
87	86,00	450,83
88	87,00	450,72
89	88,00	450,63
90	89,00	450,53
91	90,00	450,51
92	91,00	450,40
93	92,00	450,24
94	93,00	450,11
95	94,00	449,96
96	95,00	449,83
97	96,00	449,69
98	97,00	449,50

n°	X [m]	Y [m]
99	98,00	449,31
100	99,00	449,10
101	100,00	449,02
102	101,00	449,08
103	102,00	449,04
104	103,00	448,94
105	104,00	448,83
106	105,00	448,71
107	106,00	448,56
108	107,00	448,16
109	108,00	447,79
110	109,00	447,65
111	110,00	447,52
112	111,00	447,43
113	112,00	447,29
114	113,00	447,20
115	114,00	447,05
116	115,00	446,80
117	116,00	446,59
118	117,00	446,38
119	118,00	446,28
120	119,00	446,00
121	120,00	445,80
122	121,00	445,63
123	122,00	445,57
124	123,00	445,40
125	124,00	445,22
126	125,00	445,06
127	126,00	445,07
128	127,00	444,76
129	128,00	444,44
130	129,00	444,29
131	130,00	444,09
132	131,00	443,82
133	132,00	443,65
134	133,00	443,38
135	134,00	443,19
136	135,00	442,90
137	136,00	442,49
138	137,00	442,13
139	138,00	441,77
140	139,00	441,22
141	140,00	441,01
142	141,00	441,13
143	142,00	441,08
144	143,00	440,97
145	144,00	440,79
146	145,00	440,57
147	146,00	440,41
148	147,00	440,24
149	148,00	440,08
150	149,00	439,89
151	150,00	439,74
152	151,00	439,58
153	152,00	439,42
154	153,00	439,25
155	154,00	439,04
156	154,17	439,04

### 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 (argilla deb sabbiosa limosa)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	465,53
2	1,00	465,39
3	2,00	465,29
4	3,00	465,21

n°	X [m]	Y [m]
5	4,00	465,13
6	5,00	465,12
7	6,00	464,99
8	7,00	464,83
9	8,00	464,72
10	9,00	464,66
11	10,00	464,59
12	11,00	464,50
13	12,00	464,27
14	13,00	464,07
15	14,00	463,87
16	15,00	463,68
17	16,00	463,55
18	17,00	463,37
19	18,00	463,13
20	19,00	462,96
21	20,00	462,63
22	21,00	462,44
23	22,00	462,17
24	23,00	461,95
25	24,00	461,75
26	25,00	461,56
27	26,00	461,39
28	27,00	461,18
29	28,00	461,02
30	29,00	460,83
31	30,00	460,62
32	31,00	460,43
33	32,00	460,26
34	33,00	459,99
35	34,00	459,78
36	35,00	459,60
37	36,00	459,37
38	37,00	459,14
39	38,00	458,94
40	39,00	458,69
41	40,00	458,50
42	41,00	458,32
43	42,00	458,23
44	43,00	458,13
45	44,00	457,89
46	45,00	457,52
47	46,00	457,30
48	47,00	457,14
49	48,00	456,98
50	49,00	456,85
51	50,00	456,70
52	51,00	456,65
53	52,00	456,63
54	53,00	456,39
55	54,00	456,19
56	55,00	455,88
57	56,00	455,74
58	57,00	455,61
59	58,00	455,45
60	59,00	455,32
61	60,00	455,29
62	61,00	455,09
63	62,00	454,86
64	63,00	454,66
65	64,00	454,51
66	65,00	454,37
67	66,00	454,21
68	67,00	454,12
69	68,00	453,83
70	69,00	453,50
71	70,00	453,19
72	71,00	452,96
73	72,00	452,63
74	73,00	452,29
75	74,00	452,02
76	75,00	451,48
77	76,00	451,24
78	77,00	451,15
79	78,00	451,10

n°	X [m]	Y [m]
80	79,00	451,09
81	80,00	451,06
82	81,00	451,07
83	82,00	451,04
84	83,00	450,99
85	84,00	450,96
86	85,00	450,90
87	86,00	450,83
88	87,00	450,72
89	88,00	450,63
90	89,00	450,53
91	90,00	450,51
92	91,00	450,40
93	92,00	450,24
94	93,00	450,11
95	94,00	449,96
96	95,00	449,83
97	96,00	449,69
98	97,00	449,50
99	98,00	449,31
100	99,00	449,10
101	100,00	449,02
102	101,00	449,08
103	102,00	449,04
104	103,00	448,94
105	104,00	448,83
106	105,00	448,71
107	106,00	448,56
108	107,00	448,16
109	108,00	447,79
110	109,00	447,65
111	110,00	447,52
112	111,00	447,43
113	112,00	447,29
114	113,00	447,20
115	114,00	447,05
116	115,00	446,80
117	116,00	446,59
118	117,00	446,38
119	118,00	446,28
120	119,00	446,00
121	120,00	445,80
122	121,00	445,63
123	122,00	445,57
124	123,00	445,40
125	124,00	445,22
126	125,00	445,06
127	126,00	445,07
128	127,00	444,76
129	128,00	444,44
130	129,00	444,29
131	130,00	444,09
132	131,00	443,82
133	132,00	443,65
134	133,00	443,38
135	134,00	443,19
136	135,00	442,90
137	136,00	442,49
138	137,00	442,13
139	138,00	441,77
140	139,00	441,22
141	140,00	441,01
142	141,00	441,13
143	142,00	441,08
144	143,00	440,97
145	144,00	440,79
146	145,00	440,57
147	146,00	440,41
148	147,00	440,24
149	148,00	440,08
150	149,00	439,89
151	150,00	439,74
152	151,00	439,58
153	152,00	439,42
154	153,00	439,25



n°	X	Y
	[m]	[m]
155	154,00	439,04
156	154,17	439,04

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Terreno vegetale)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	465,11
2	1,00	464,97
3	2,00	464,87
4	3,00	464,79
5	4,00	464,71
6	5,00	464,7
7	6,00	464,57
8	7,00	464,41
9	8,00	464,3
10	9,00	464,24
11	10,00	464,17
12	11,00	464,08
13	12,00	463,85
14	13,00	463,65
15	14,00	463,45
16	15,00	463,26
17	16,00	463,13
18	17,00	462,95
19	18,00	462,71
20	19,00	462,54
21	20,00	462,21
22	21,00	462,02
23	22,00	461,75
24	23,00	461,53
25	24,00	461,33
26	25,00	461,14
27	26,00	460,97
28	27,00	460,76
29	28,00	460,6
30	29,00	460,41
31	30,00	460,2
32	31,00	460,01
33	32,00	459,84
34	33,00	459,57
35	34,00	459,36
36	35,00	459,18
37	36,00	458,95
38	37,00	458,72
39	38,00	458,52
40	39,00	458,27
41	40,00	458,08
42	41,00	457,9
43	42,00	457,81
44	43,00	457,71
45	44,00	457,47
46	45,00	457,1
47	46,00	456,88
48	47,00	456,72
49	48,00	456,56
50	49,00	456,43
51	50,00	456,28
52	51,00	456,23
53	52,00	456,21
54	53,00	455,97
55	54,00	455,77
56	55,00	455,46
57	56,00	455,32
58	57,00	455,19
59	58,00	455,03
60	59,00	454,9
61	60,00	454,87
62	61,00	454,67
63	62,00	454,44
64	63,00	454,24
65	64,00	454,09
66	65,00	453,95

n°	X [m]	Y [m]
67	66,00	453,79
68	67,00	453,7
69	68,00	453,41
70	69,00	453,08
71	70,00	452,77
72	71,00	452,54
73	72,00	452,21
74	73,00	451,87
75	74,00	451,6
76	75,00	451,06
77	76,00	450,82
78	77,00	450,73
79	78,00	450,68
80	79,00	450,67
81	80,00	450,64
82	81,00	450,65
83	82,00	450,62
84	83,00	450,57
85	84,00	450,54
86	85,00	450,48
87	86,00	450,41
88	87,00	450,3
89	88,00	450,21
90	89,00	450,11
91	90,00	450,09
92	91,00	449,98
93	92,00	449,82
94	93,00	449,69
95	94,00	449,54
96	95,00	449,41
97	96,00	449,27
98	97,00	449,08
99	98,00	448,89
100	99,00	448,68
101	100,00	448,6
102	101,00	448,66
103	102,00	448,62
104	103,00	448,52
105	104,00	448,41
106	105,00	448,29
107	106,00	448,14
108	107,00	447,74
109	108,00	447,37
110	109,00	447,23
111	110,00	447,1
112	111,00	447,01
113	112,00	446,87
114	113,00	446,78
115	114,00	446,63
116	115,00	446,38
117	116,00	446,17
118	117,00	445,96
119	118,00	445,86
120	119,00	445,58
121	120,00	445,38
122	121,00	445,21
123	122,00	445,15
124	123,00	444,98
125	124,00	444,8
126	125,00	444,64
127	126,00	444,65
128	127,00	444,34
129	128,00	444,02
130	129,00	443,87
131	130,00	443,67
132	131,00	443,4
133	132,00	443,23
134	133,00	442,96
135	134,00	442,77
136	135,00	442,48
137	136,00	442,07
138	137,00	441,71
139	138,00	441,35
140	139,00	440,8
141	140,00	440,59

n°	X [m]	Y [m]
142	141,00	440,71
143	142,00	440,66
144	143,00	440,55
145	144,00	440,37
146	145,00	440,15
147	146,00	439,99
148	147,00	439,82
149	148,00	439,66
150	149,00	439,47
151	150,00	439,32
152	151,00	439,16
153	152,00	439
154	153,00	438,83
155	154,00	438,62
156	154,17	438,62

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (livelli calcar e sabbie limose)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	455,01
2	1,00	454,87
3	2,00	454,77
4	3,00	454,69
5	4,00	454,61
6	5,00	454,6
7	6,00	454,47
8	7,00	454,31
9	8,00	454,2
10	9,00	454,14
11	10,00	454,07
12	11,00	453,98
13	12,00	453,75
14	13,00	453,55
15	14,00	453,35
16	15,00	453,16
17	16,00	453,03
18	17,00	452,85
19	18,00	452,61
20	19,00	452,44
21	20,00	452,11
22	21,00	451,92
23	22,00	451,65
24	23,00	451,43
25	24,00	451,23
26	25,00	451,04
27	26,00	450,87
28	27,00	450,66
29	28,00	450,5
30	29,00	450,31
31	30,00	450,1
32	31,00	449,91
33	32,00	449,74
34	33,00	449,47
35	34,00	449,26
36	35,00	449,08
37	36,00	448,85
38	37,00	448,62
39	38,00	448,42
40	39,00	448,17
41	40,00	447,98
42	41,00	447,8
43	42,00	447,71
44	43,00	447,61
45	44,00	447,37
46	45,00	447
47	46,00	446,78
48	47,00	446,62
49	48,00	446,46
50	49,00	446,33
51	50,00	446,18
52	51,00	446,13
53	52,00	446,11

n°	X [m]	Y [m]
54	53,00	445,87
55	54,00	445,67
56	55,00	445,36
57	56,00	445,22
58	57,00	445,09
59	58,00	444,93
60	59,00	444,8
61	60,00	444,77
62	61,00	444,57
63	62,00	444,34
64	63,00	444,14
65	64,00	443,99
66	65,00	443,85
67	66,00	443,69
68	67,00	443,6
69	68,00	443,31
70	69,00	442,98
71	70,00	442,67
72	71,00	442,44
73	72,00	442,11
74	73,00	441,77
75	74,00	441,5
76	75,00	440,96
77	76,00	440,72
78	77,00	440,63
79	78,00	440,58
80	79,00	440,57
81	80,00	440,54
82	81,00	440,55
83	82,00	440,52
84	83,00	440,47
85	84,00	440,44
86	85,00	440,38
87	86,00	440,31
88	87,00	440,2
89	88,00	440,11
90	89,00	440,01
91	90,00	439,99
92	91,00	439,88
93	92,00	439,72
94	93,00	439,59
95	94,00	439,44
96	95,00	439,31
97	96,00	439,17
98	97,00	438,98
99	98,00	438,79
100	99,00	438,58
101	100,00	438,5
102	101,00	438,56
103	102,00	438,52
104	103,00	438,42
105	104,00	438,31
106	105,00	438,19
107	106,00	438,04
108	107,00	437,64
109	108,00	437,27
110	109,00	437,13
111	110,00	437
112	111,00	436,91
113	112,00	436,77
114	113,00	436,68
115	114,00	436,53
116	115,00	436,28
117	116,00	436,07
118	117,00	435,86
119	118,00	435,76
120	119,00	435,48
121	120,00	435,28
122	121,00	435,11
123	122,00	435,05
124	123,00	434,88
125	124,00	434,7
126	125,00	434,54
127	126,00	434,55
128	127,00	434,24

n°	X [m]	Y [m]
129	128,00	433,92
130	129,00	433,77
131	130,00	433,57
132	131,00	433,3
133	132,00	433,13
134	133,00	432,86
135	134,00	432,67
136	135,00	432,38
137	136,00	431,97
138	137,00	431,61
139	138,00	431,25
140	139,00	430,7
141	140,00	430,49
142	141,00	430,61
143	142,00	430,56
144	143,00	430,45
145	144,00	430,27
146	145,00	430,05
147	146,00	429,89
148	147,00	429,72
149	148,00	429,56
150	149,00	429,37
151	150,00	429,22
152	151,00	429,06
153	152,00	428,9
154	153,00	428,73
155	154,00	428,52
156	154,17	428,52

Dati zona sismica

*Identificazione del sito*

Latitudine 46.778349  
 Longitudine 13.897143  
 Comune Pescosansonesco  
 Provincia Pescara  
 Regione Abruzzo

Punti di interpolazione del reticolo 26979 - 26980 - 26758 - 26757

*Tipo di opera*

Tipo di costruzione Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari  
 Vita nominale 50 anni  
 Classe d'uso IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose  
 Vita di riferimento 100 anni

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	2.708	1.142
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.276	0.116
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.474	2.396
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.360	0.315
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.127
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.280	0.280
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)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	8.71	3.91
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$	4.35	1.96

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	11.82	6.57

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_f$	5.91	3.28

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	$\gamma_{\tan\alpha}$	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	$\gamma_r$	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]	$X_0 = 75,00$	$Y_0 = 450,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$Nx = 11$	$Ny = 10$
Raggio	[m]	$R = 29,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0,50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Opzioni di calcolo

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

- MORGENSTERN

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
- volume inferiore a	2,00	mc

- pendenza media della superficie inferiore a

1.00 [%]

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate 21105  
 Coefficiente di sicurezza minimo 2.163  
 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>
MORGENSTERN	21105	2.163	1	8.031	21105

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

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	75,00	451,50	29,00	67,48	77,38	7,58	2,163 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
2	C	66,00	362,00	31,50	62,36	72,26	9,58	2,213 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
3	C	66,00	364,00	33,50	62,36	72,26	10,65	2,321 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
4	C	68,00	362,00	31,50	62,88	72,78	16,62	2,352 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
5	C	70,00	364,00	32,50	67,48	77,38	8,34	2,358 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
6	C	68,00	364,00	33,50	62,85	72,75	17,83	2,360 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
7	C	70,00	362,00	30,50	67,48	77,38	7,58	2,382 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
8	C	68,00	362,00	31,00	66,01	75,91	8,51	2,390 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
9	C	68,00	364,00	33,00	66,01	75,91	9,47	2,392 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
10	C	68,00	360,00	30,00	61,16	71,06	24,99	2,400 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
11	C	66,00	364,00	34,00	60	69,9	20,1	2,404 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
12	C	66,00	362,00	32,00	60,05	69,95	18,68	2,408 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
13	C	66,00	360,00	30,00	60,1	70	17,24	2,412 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
14	C	68,00	362,00	32,00	61,06	70,96	26,48	2,415 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
15	C	66,00	362,00	31,50	62,36	72,26	9,58	2,417 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
16	C	66,00	364,00	33,50	62,36	72,26	10,65	2,424 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
17	C	70,00	362,00	31,50	63,73	73,63	23,73	2,430 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
18	C	68,00	364,00	34,00	60,97	70,87	27,99	2,431 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
19	C	70,00	362,00	31,00	66,13	76,03	14,89	2,440 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
20	C	66,00	360,00	30,50	58,22	68,12	27,76	2,441 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
21	C	68,00	362,00	31,50	62,88	72,78	16,62	2,443 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
22	C	66,00	362,00	32,50	58,09	67,99	29,58	2,446 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
23	C	66,00	364,00	34,50	57,97	67,87	31,34	2,450 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
24	C	68,00	360,00	30,50	59,53	69,43	36,04	2,452 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
25	C	70,00	364,00	33,50	63,68	73,58	25,03	2,455 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
26	C	70,00	364,00	32,50	67,48	77,38	8,34	2,463 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
27	C	68,00	364,00	33,50	62,85	72,75	17,83	2,465 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
28	C	68,00	362,00	32,50	59,41	69,31	37,95	2,468 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
29	C	70,00	360,00	30,00	62,27	72,17	32,67	2,469 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
30	C	70,00	364,00	33,00	66,13	76,03	15,88	2,470 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
31	C	68,00	364,00	34,50	59,28	69,18	39,82	2,481 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
32	C	68,00	362,00	31,00	66,01	75,91	8,51	2,489 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
33	C	70,00	362,00	32,00	62,19	72,09	34,32	2,492 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
34	C	66,00	360,00	31,00	56,69	66,59	39,82	2,493 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
35	C	68,00	364,00	33,00	66,01	75,91	9,47	2,494 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
36	C	66,00	362,00	33,00	56,56	66,46	41,99	2,501 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
37	C	68,00	360,00	30,00	61,16	71,06	24,99	2,502 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V

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
38	C	66,00	364,00	35,00	56,44	66,34	44,1	2,505 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
39	C	68,00	360,00	31,00	58	67,9	48,55	2,508 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
40	C	72,00	362,00	30,50	67,7	77,6	13	2,510 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
41	C	70,00	364,00	34,00	62,11	72,01	35,99	2,512 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
42	C	66,00	364,00	34,00	60	69,9	20,1	2,513 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
43	C	66,00	362,00	32,00	60,05	69,95	18,68	2,513 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
44	C	70,00	360,00	30,50	60,75	70,65	44,33	2,516 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
45	C	66,00	360,00	30,00	60,1	70	17,24	2,519 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
46	C	68,00	362,00	32,00	61,06	70,96	26,48	2,522 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
47	C	68,00	362,00	33,00	57,81	67,71	50,85	2,525 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
48	C	70,00	362,00	32,50	60,61	70,51	46,45	2,535 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
49	C	70,00	362,00	30,50	67,48	77,38	7,58	2,539 (M)	[PC]	[SLV] H+V
50	C	68,00	364,00	35,00	57,65	67,55	53,14	2,540 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
51	C	70,00	362,00	31,50	63,73	73,63	23,73	2,542 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
52	C	66,00	360,00	31,50	55,52	65,42	53,11	2,543 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
53	C	68,00	364,00	34,00	60,97	70,87	27,99	2,546 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
54	C	72,00	364,00	32,50	67,68	77,58	13,82	2,548 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
55	C	66,00	362,00	33,50	55,38	65,28	55,67	2,549 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
56	C	70,00	364,00	34,50	60,48	70,38	48,54	2,552 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
57	C	70,00	362,00	31,00	66,13	76,03	14,89	2,553 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
58	C	66,00	364,00	35,50	55,25	65,15	58,18	2,555 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
59	C	66,00	360,00	30,50	58,22	68,12	27,76	2,556 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
60	C	66,00	362,00	32,50	58,09	67,99	29,58	2,560 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
61	C	72,00	362,00	31,50	65,13	75,03	31,03	2,563 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
62	C	66,00	364,00	34,50	57,97	67,87	31,34	2,566 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
63	C	72,00	360,00	30,00	63,34	73,24	40,53	2,567 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
64	C	68,00	360,00	30,50	59,53	69,43	36,04	2,567 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
65	C	66,00	362,00	31,50	62,36	72,26	9,58	2,570 (M)	[PC]	[SLV] H+V
66	C	70,00	360,00	31,00	59,46	69,36	57,44	2,572 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
67	C	70,00	364,00	33,50	63,68	73,58	25,03	2,574 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
68	C	68,00	360,00	31,50	56,73	66,63	62,37	2,575 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
69	C	72,00	362,00	31,00	66,51	76,41	21,33	2,578 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
70	C	66,00	364,00	33,50	62,36	72,26	10,65	2,579 (M)	[PC]	[SLV] H+V
71	C	72,00	362,00	32,00	63,21	73,11	42,5	2,581 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
72	C	70,00	362,00	33,00	59,28	69,18	60,04	2,582 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
73	C	68,00	362,00	33,50	56,55	66,45	65,16	2,583 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
74	C	70,00	364,00	33,00	66,13	76,03	14,03	2,584 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
75	C	72,00	364,00	33,50	65,04	74,94	32,52	2,584 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
76	C	68,00	362,00	32,50	59,41	69,31	37,95	2,585 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
77	C	66,00	358,00	30,00	54,7	64,6	64,46	2,586 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
78	C	70,00	360,00	30,00	62,27	72,17	32,67	2,587 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
79	C	66,00	360,00	32,00	54,53	64,43	67,52	2,587 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
80	C	70,00	364,00	35,00	59,1	69	62,66	2,591 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
81	C	66,00	362,00	34,00	54,37	64,27	70,5	2,591 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
82	C	68,00	364,00	35,50	56,38	66,28	67,92	2,593 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
83	C	72,00	364,00	34,00	63,1	73	44,47	2,598 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
84	C	66,00	364,00	36,00	54,22	64,12	73,42	2,599 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
85	C	72,00	364,00	33,00	66,48	76,38	22,46	2,603 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
86	C	70,00	362,00	30,50	67,48	77,38	7,58	2,604 (M)	[PC]	[SLV] H-V
87	C	72,00	360,00	30,50	62,12	72,02	53,07	2,605 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
88	C	68,00	364,00	34,50	59,28	69,18	39,82	2,606 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
89	C	68,00	362,00	31,50	62,88	72,78	16,62	2,607 (M)	[PC]	[SLV] H+V
90	C	70,00	362,00	32,00	62,19	72,09	34,32	2,611 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
91	C	66,00	360,00	31,00	56,69	66,59	39,82	2,612 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
92	C	72,00	362,00	32,50	61,99	71,89	55,49	2,613 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
93	C	70,00	360,00	31,50	58,16	68,06	71,91	2,618 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
94	C	66,00	362,00	33,00	56,56	66,46	41,99	2,619 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
95	C	72,00	364,00	34,50	61,86	71,76	57,85	2,620 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
96	C	68,00	358,00	30,00	55,88	65,78	74,1	2,623 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
97	C	70,00	362,00	33,50	57,92	67,82	75,05	2,624 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
98	C	66,00	360,00	32,50	53,56	63,46	82,98	2,626 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
99	C	66,00	358,00	30,50	53,78	63,68	79,47	2,627 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
100	C	66,00	362,00	34,50	53,35	63,25	86,43	2,628 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
101	C	70,00	364,00	32,50	67,48	77,38	8,34	2,628 (M)	[PC]	[SLV] H+V
102	C	68,00	360,00	32,00	55,67	65,57	77,44	2,628 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
103	C	66,00	364,00	35,00	56,44	66,34	44,1	2,628 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
104	C	72,00	362,00	30,50	67,7	77,6	13	2,629 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
105	C	66,00	364,00	36,50	53,15	63,05	89,86	2,631 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
106	C	70,00	364,00	35,50	57,7	67,6	78,13	2,632 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V
107	C	68,00	364,00	33,50	62,85	72,75	17,83	2,633 (M)	[PC]	[SLV] H+V
108	C	68,00	360,00	31,00	58	67,9	48,55	2,636 (M)	[A2M2]	[SLV] H-V
109	C	68,00	362,00	34,00	55,49	65,39	80,72	2,637 (M)	[A2M2]	[SLV] H+V

.  
.  
.



Non vengono riportate le restanti superfici di scorrimento in quanto tutte con fattore di sicurezza crescente

**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 kg
- Q carico applicato sulla striscia espresso in kg
- N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
- T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
- U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
- E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- X<sub>sv</sub>, X<sub>sd</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
- ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto**

Numero di strisce	20	
Coordinate del centro	X[m]= 75,00	Y[m]= 451,50
Raggio del cerchio	R[m]= 29,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 67,48	Y <sub>v</sub> [m]= 421,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]=77,38	Y <sub>m</sub> [m]= 423,31

**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	67,48	421,00	423,31	67,48	421,00	423,31	77,38	431,53	0,30	-0,32	25,00	0
2	69,98	421,58	423,48	69,98	421,58	423,48	78,20	432,67	0,50	0,43	25,00	0
3	70,48	421,63	423,52	70,48	421,63	423,52	80,54	432,81	0,50	1,37	25,00	0
4	70,98	421,70	423,61	70,98	421,70	423,61	81,23	432,98	0,50	2,31	25,00	0
5	71,48	421,75	423,70	71,48	421,75	423,70	81,68	433,20	0,50	3,25	25,00	0
6	71,98	421,80	423,78	71,98	421,80	423,78	82,01	433,60	0,50	4,19	25,00	0
7	72,48	421,85	423,81	72,48	421,85	423,81	82,18	433,91	0,50	5,13	25,00	0
8	72,98	421,91	423,88	72,98	421,91	423,88	83,02	434,10	0,50	6,08	25,00	0
9	73,48	422,08	424,08	73,48	422,08	424,08	83,50	434,84	0,50	7,02	34,21	3
10	73,98	422,20	424,12	73,98	422,20	424,12	83,99	434,99	0,50	7,97	35,60	3
11	74,48	422,41	424,31	74,48	422,41	424,31	84,71	435,20	0,51	8,92	35,60	3
12	74,98	422,60	424,40	74,98	422,60	424,40	84,92	435,55	0,51	9,87	35,60	3
13	75,48	422,88	424,79	75,48	422,88	424,79	85,60	435,75	0,51	10,83	35,60	3
14	75,98	423,20	425,12	75,98	423,20	425,12	85,99	435,91	0,51	11,78	35,60	3
15	76,48	423,39	425,26	76,48	423,39	425,26	86,58	436,10	0,51	12,74	35,60	3
16	76,98	423,62	425,45	76,98	423,62	425,45	87,01	436,25	0,51	13,71	35,60	3
17	77,48	423,64	425,51	77,48	423,64	425,51	87,50	436,36	0,52	14,68	35,60	3
18	77,98	423,72	425,61	77,98	423,72	425,61	88,08	436,50	0,52	15,65	35,60	3
19	78,48	423,71	425,74	78,48	423,71	425,74	88,70	436,61	0,52	16,63	35,60	3
20	78,98	423,75	425,78	78,98	423,75	425,78	89,04	436,72	0,52	17,61	35,60	3

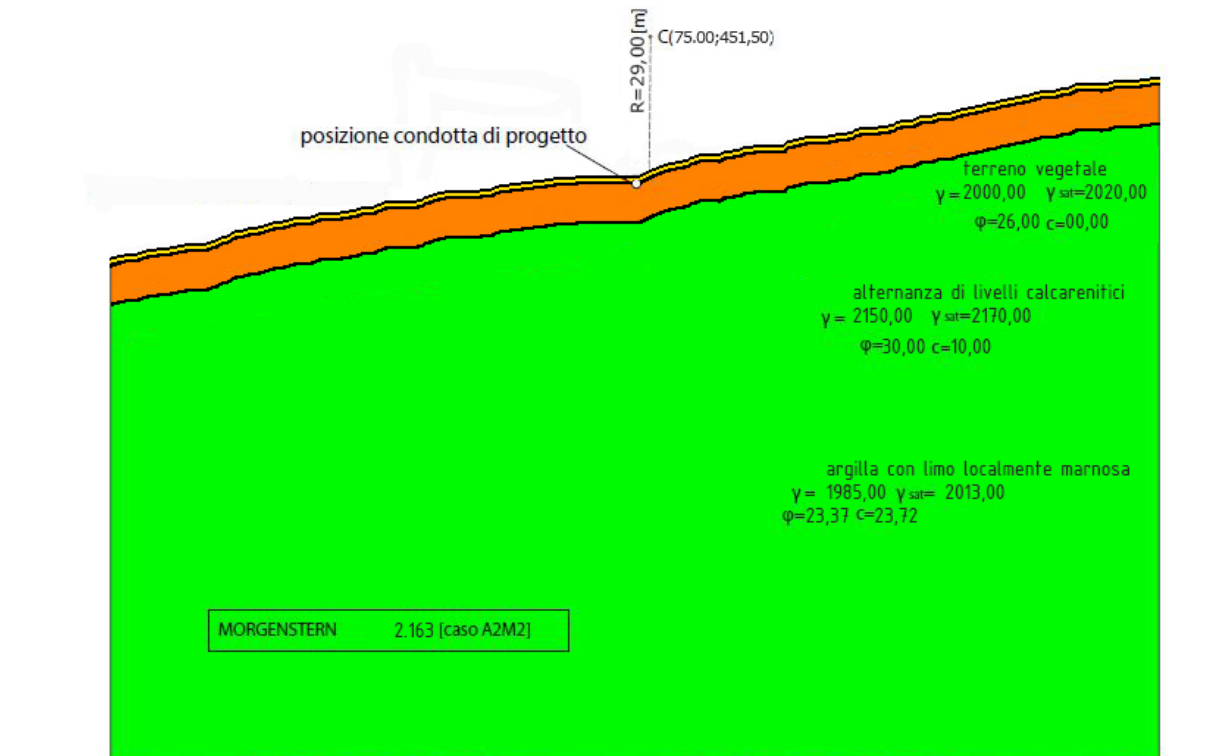
Metodo di **MORGENSTERN**

Coefficiente di sicurezza  $F_s = 2.163$

**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	27	0	27	5	0	0	3	0	-1	
2	120	0	118	24	0	3	12	-1	-7	
3	176	0	171	35	0	12	23	-7	-13	
4	213	0	204	42	0	23	31	-13	-18	
5	232	0	219	45	0	31	36	-18	-21	
6	252	0	235	48	0	36	37	-21	-21	
7	274	0	252	51	0	37	34	-21	-19	
8	317	0	288	59	0	34	24	-19	-13	
9	389	0	394	176	0	24	105	-13	-60	
10	526	0	523	232	0	105	201	-60	-115	
11	717	0	690	284	0	201	291	-115	-166	
12	895	0	841	332	0	291	368	-166	-210	
13	1060	0	978	375	0	368	427	-210	-244	
14	1207	0	1095	412	0	427	462	-244	-263	
15	1335	0	1193	443	0	462	469	-263	-268	
16	1352	0	1193	443	0	469	452	-268	-258	
17	1258	0	1098	414	0	452	420	-258	-239	
18	1145	0	989	380	0	420	377	-239	-215	
19	1014	0	867	342	0	377	329	-215	-188	
20	891	0	756	307	0	329	282	-188	-161	

**Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore**



## Conclusioni

Sulla base dei parametri geotecnici forniti si evince, dalle analisi effettuate, che il pendio risponde positivamente in termini di stabilità in quanto non sono presenti superfici di rottura critiche. In particolare il fattore di sicurezza minimo, restituito attraverso il metodo di calcolo di Morgenstern-Price (**F.S.=2,163**) è maggiore del fattore di sicurezza minimo richiesto dalle NTC2018 (pari ad **1,2**). Di conseguenza si può considerare stabile il pendio in esame sia in condizioni statiche che dinamiche. In considerazione della pendenza del pendio, e della sua stratigrafia geologica, **si consigliano interventi di "drenaggio fuori opera" tipo B** per l'intercettazione delle acque di scorrimento superficiali.

## 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
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)

#### 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 dall'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, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.