

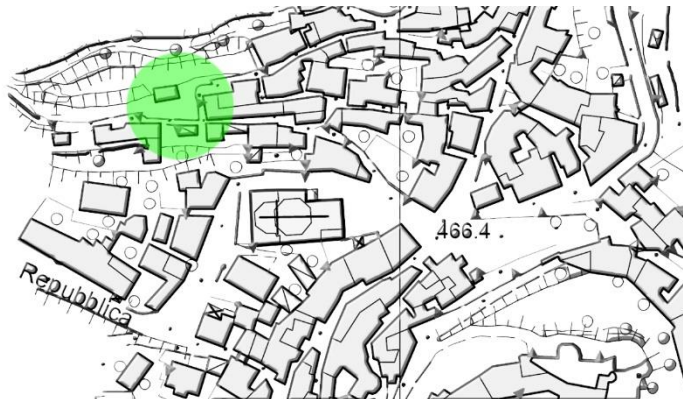


Comune di Subiaco

Città Metropolitana di Roma Capitale

Oggetto

Lavori di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico - lavori per la messa in sicurezza di un muro di contenimento e regimentazione delle acque piovane in via Giuseppe Proietti



PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Committente

COMUNE DI SUBIACO

Responsabile Unico del Procedimento
Arch. PELLICCIA Elisa

Progettazione e coordinamento della sicurezza

AVPM

Studio Tecnico

Ing. ORLANDI Valerio

v.orlandi@pec.ording.roma.it
00028 SUBIACO (Rm) - Via XX Settembre, 7
tel./fax 0774/822394

RE06

Verifica di stabilità globale pendio

Comune di Subiaco

Committente: Comune di Subiaco

Oggetto: Lavori di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico - lavori per la messa in sicurezza di un muro di contenimento e regimentazione delle acque piovane in via Giuseppe Proietti

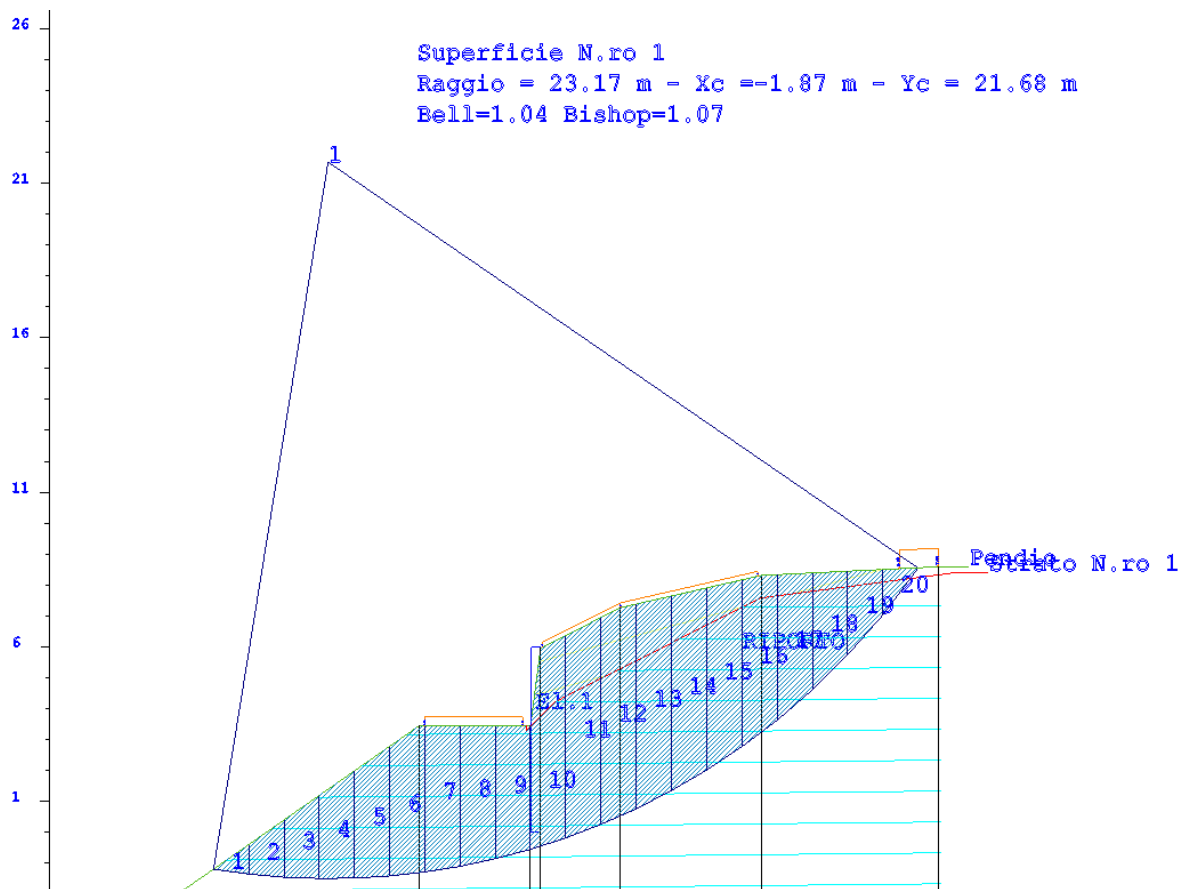
Sommario

1	Premessa	3
1.1	Grafica verifica di stabilità globale.....	3
2	Tabulati di calcolo	4

1 Premessa

Si riporta di seguito la verifica di stabilità globale del pendio a seguito dell'intervento.

1.1 Grafica verifica di stabilità globale



2 Tabulati di calcolo

I fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza a taglio del terreno lungo tale superficie.

La verifica di stabilità del pendio si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Suddiviso il pendio in un determinato numero di conci di uguale ampiezza, per ogni concio si possono individuare:

- a) il peso;
- b) la risultante delle forze esterne agenti sulla superficie;
- c) le forze inerziali orizzontali e verticali;
- d) le reazioni normali e tangenziali mutue tra i conci;
- e) le reazioni normali e tangenziali alla base dei conci;
- f) le pressioni idrostatiche alla base.

Sotto l'ipotesi che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio della rottura alla *Mohr-Coulomb*, che correla tra loro le reazioni tangenziali e normali alla base, le incognite, per la determinazione dello equilibrio di ogni concio, risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione, e la reazione normale alla base.

Per la determinazione di tutte le incognite, le equazioni di equilibrio risultano insufficienti, per cui il problema della stabilità dei pendii è, in via rigorosa, staticamente indeterminato. La risoluzione del problema va perseguita introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci. Tali ulteriori ipotesi differenziano sostanzialmente i diversi metodi di calcolo.

I casi in cui non è possibile stabilire un coefficiente di sicurezza per il pendio vengono segnalati attraverso le seguenti stringhe:

- *SCARTATA* : coefficiente di sicurezza minore di 0,1;
- *NON CONV.* : convergenza del metodo di calcolo non ottenuta;
- *ELEM.RIG.* : intersezione della superficie di scivolamento con un corpo rigido.

• METODO DI BELL

.1 *L'ipotesi alla base del metodo consiste nell'imporre una specifica distribuzione delle tensioni normali lungo la superficie di scivolamento.*

Definite le quantità:

$$-f = \operatorname{sen}\left(2 \cdot pg \cdot \frac{xb - xi}{xb - xa}\right)$$

- pg = costante π greca

- xb = ascissa punto di monte del pendio

- xa = ascissa punto di valle del pendio

- xi = ascissa parete di monte del pendio

- Kx, Ky = coeff. sismici orizzontale e verticale

- xci = ascissa punto medio alla base del concio i

- zci = ordinata punto medio alla base del concio i

- xgi, ygi = ascissa e ordinata baricentro concio i

- xmi, ymi = ascissa e ordinata punto applicazione risultante forze esterne

il coefficiente di sicurezza F scaturisce come parametro contenuto nei coefficienti del sistema di equazioni:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{14} \\ a_{24} \\ a_{34} \end{bmatrix}$$

dove:

$$a_{11} = (1 - Kx) \cdot \left(\sum_i W_i \cdot \cos^2(a_i) \cdot \tan(fi) - F \cdot \sum_i W_i \sin(a_i) \cos(a_i) \right)$$

$$a_{12} = \sum_i f \cdot b \cdot \tan(fi) - F \cdot \sum_i f \cdot b \cdot \tan(a_i)$$

$$a_{13} = \sum_i c_i \cdot b$$

$$a_{14} = \sum_i u_i \cdot b \cdot \tan(fi) + F(Kx \cdot \sum_i W_i - Q_i)$$

$$a_{21} = (1 - Ky) \cdot \left(\sum_i W_i \cdot \sin(a_i) \cos(a_i) \cdot \tan(fi) + F \cdot \sum_i W_i \cos^2(a_i) \right)$$

$$a_{22} = \sum_i f \cdot b \cdot \tan(a_i) + F \cdot \sum_i f \cdot b$$

$$a_{23} = \sum_i c_i \cdot b \cdot \tan(a_i)$$

$$a_{24} = \sum_i u_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \cdot \tan(fi) + F \left[(1 - Ky) \cdot \sum_i W_i + P_i \right]$$

$$a_{31} = (1 - Ky) \cdot \left\{ \sum_i \left(W_i \cdot \cos^2(a_i) \cdot \tan(fi) \right) \cdot zci - \left[\sum_i \left(W_i \cdot \sin(a_i) \cos(a_i) \tan(fi) \right) \cdot xci - F \left[\sum_i \left(W_i \cos^2(a_i) \right) \cdot xci + \sum_i \left(W_i \sin(a_i) \cos(a_i) \right) \cdot zci \right] \right] \right\}$$

$$a_{32} = \sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot zci - \sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i) \tan(fi)) \cdot xci - F \cdot \left[\sum_i (f \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot zci + \sum_i (f \cdot b \cdot xci) \right]$$

$$a_{33} = \sum_i (c_i \cdot b) \cdot zci - \sum_i (c_i \cdot b \cdot \tan(a_i)) \cdot xci$$

$$a_{34} = \sum_i (u_i \cdot b \cdot \tan(fi)) \cdot zci - \sum_i (u_i \cdot b \cdot \tan(a_i) \tan(fi)) \cdot xci + F \cdot Kx \sum_i W_i \cdot ygi - (1 - Ky) \sum_i W_i \cdot xgi - Q_i \cdot ymi - P_i \cdot xmi$$

• METODO DI BISHOP

.2 *Le ipotesi alla base dell'espressione di Bishop del coefficiente di sicurezza sono date da:*

.3

.4 a) superficie di scivolamento circolare;

.5

.6 b) uguaglianza delle reazioni normali alle facce laterali dei conci.

.7

.8 (1)
$$F = \frac{\sum_{i=1}^N [c_i \cdot b + (W_i (1 - K_v) - u_i \cdot b) \tan(f_i)] \frac{\sec(a_i)}{1 + \tan(f_i) \tan(a_i)}}{\sum_{i=1}^N W_i \left[(1 - K_v) \sin(a_i) + \frac{K_h \cdot d h_i}{R} \right]}$$

.9

.10 dove:

.11

.12 - N = numero di conci in cui e' suddiviso il pendio

.13 - c_i = coesione alla base del concio i

.14 - b = larghezza del concio

.15 - W_i = peso del concio

.16 - u_i = pressione interstiziale alla base

.17 - f_i = angolo di attrito del terreno alla base del concio

.18 - a_i = inclinazione della base del concio

.19 - K_v = coefficiente sismico verticale

.20 - K_h = coefficiente sismico orizzontale

.21 - R = raggio del cerchio di scivolamento

.22 - $d h_i$ = distanza verticale del profilo superiore del concio dal centro della superficie di scivolamento

.23

.24

.25 Tale espressione del coefficiente di sicurezza F risulta in forma implicita, pertanto viene risolta per via ITERATIVA.

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

Numero conci : Numero di conci in cui è suddiviso il pendio

Coefficiente sismico orizzontale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica orizzontale

Coefficiente sismico verticale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica verticale

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

Numero conci : Numero di conci in cui è suddiviso il pendio

Coefficiente sismico orizzontale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica orizzontale

Coefficiente sismico verticale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica verticale

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Str. N.ro	: Numero dello strato
Descrizione strato	: Descrizione sintetica dello strato
Coesione	: Coesione
Ang. attr.	: Angolo di attrito interno del terreno dello strato in esame
Densità	: Peso specifico del terreno in situ
D. Saturo	: Peso specifico del terreno saturo
Vert. N.ro	: Numero del vertice della poligonale che definisce lo strato
Ascissa / Ordinata	: Coordinate dei vertici dello strato

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Elem. N.ro	: Numero identificativo dell'elemento rigido
Densità	: Densità apparente dell'elemento rigido
Dens. terr	: Densità del terreno rimosso per la presenza dell'elemento rigido
Vert. N.ro	: Numero identificativo del vertice del poligono rappresentante l'elemento rigido
Ascissa e Ordinata	: Coordinate del poligono

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

h	: altezza media del concio
L	: sviluppo larghezza alla base del concio
α	: inclinazione della base del concio
c	: coesione terreno alla base del concio
ϕ	: angolo di attrito interno alla base del concio
W	: peso del concio
hw	: altezza della falda dalla base del concio
Qw	: risultante delle pressioni interstiziali
Tcn	: Contributo elementi resistenti a taglio
Tgg	: Contributo geogriglie

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Ff	: risultante delle forze verticali concentrate
Fq	: risultante delle forze verticali distribuite
Fr	: forza verticale da contributo inerzia corpo rigido
Fs	: incremento sismico verticale di $W + Ff + Fq + Fr$
Ftot	: risultante forze verticali $W + Ff + Fq + Fr + Fs$

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Hf	: risultante delle forze orizzontali concentrate
Hq	: risultante delle forze orizzontali distribuite
Hr	: forza orizzontale da contributo inerzia corpo rigido
Htot	: risultante forze orizzontali, $H_f + H_q + H_r$, su profilo pendio
Hs	: azione sismica orizzontale di $W + F_f + F_q + F_r$

- **SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA**

La tabella di seguito esposta riporta le forze scambiate tra i vari conci secondo le teorie selezionate (*Bishop, Jambu e Bell*). La simbologia è da interpretarsi come appresso descritto:

Con. sx	: Concio a sinistra della superficie di separazione tra i due conci
Con. dx	: Concio a destra della superficie di separazione tra i due conci
F.or.	: Risultante delle forze (orizzontali) scambiate tra i due conci ortogonalmente alla superficie (verticale) di separazione
F.vert.	: Risultante delle forze (verticali) scambiate tra i due conci parallelamente alla superficie (verticale) di separazione

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Tipo di pendio	Artificiale
Tipo Sato Limite Calcolato	SLV
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	SECONDA
Longitudine Est (Grd)	13,094
Latitudine Nord (Grd)	41,928
Categoria Suolo	B
Coeff. Condiz. Topogr.	1,200
Probabilita' Pvr	0,100
Periodo di Ritorno Anni	475,000
Accelerazione Ag/g	0,159
Fattore Stratigrafia 'S'	1,200
Coeff. Sismico Kh	0,160
Coeff. Sismico Kv	0,080
Numero conci :	20
Numero elementi rigidi:	1
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PER TRE PUNTI
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	
Tangente Resist. Taglio	1,25
Peso Specifico	1,00
Coesione Efficace (c'k)	1,25
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1,40
Coefficiente R2	1,10

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	-8,54	-3,25
						2	1,08	3,45
						3	4,68	3,43
						4	5,01	5,96
						5	7,60	7,27
						6	12,15	8,31
						7	17,88	8,59
1	RIPORTO	0,000	26,00	1,860	1,860	1	4,55	3,30
						2	5,51	4,24
						3	12,12	7,58
						4	18,52	8,41
2	STRATO ROC	0,010	37,00	2,400	2,400			

COORDINATE PROFILO FALDA

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)		Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
1	1,00	-4,00	0,00		2	5,00	-4,00	0,00
3	5,00	-4,00	0,00		4	10,00	-4,00	0,00

COORDINATE PUNTI PASSAGGIO CERCHI

Cerchio N.ro	Asc. pto1 (m)	Ord. pto1 (m)	Asc. pto2 (m)	Ord. pto2 (m)	Asc. pto3 (m)	Ord. pto3 (m)
1	17,22	8,54	5,09	-0,42	-5,63	-1,18

Comune di Subiaco

Committente: Comune di Subiaco

Oggetto: Lavori di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico - lavori per la messa in sicurezza di un muro di contenimento e regimentazione delle acque piovane in via Giuseppe Proietti

DATI FORZE DISTRIBUITE VERTICALI

Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
1	5,07	0,520	12,05	0,520
2	1,27	1,000	4,44	1,000
3	16,62	2,000	17,88	2,000

DATI ELEMENTI RIGIDI

Elem. N.ro	Densita' t/mc	Dens.terr t/mc	Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
1	2,50	0,00	1	5,00	6,00
			2	5,00	0,00
			3	4,70	0,00
			4	4,70	6,00

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 1											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	-1,9	21,7	23,2	1,0763		1,0409					

CARATTERISTICHE CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 1

Concio N.ro	h (m)	L (m)	α (°)	c (t/mq)	ϕ (°)	W (t)	hw (m)	Qw (t)	Tcn (t)	Tgg (t)
1	0,48	1,15	-7,80	0,01	31,1	1,30	0,0	0,00	0,00	0,00
2	1,40	1,14	-4,96	0,01	31,1	3,83	0,0	0,00	0,00	0,00
3	2,26	1,14	-2,14	0,01	31,1	6,19	0,0	0,00	0,00	0,00
4	3,07	1,14	0,68	0,01	31,1	8,41	0,0	0,00	0,00	0,00
5	3,82	1,14	3,51	0,01	31,1	10,47	0,0	0,00	0,00	0,00
6	4,52	1,15	6,34	0,01	31,1	12,37	0,0	0,00	0,00	0,00
7	4,63	1,16	9,19	0,01	31,1	12,67	0,0	0,00	0,00	0,00
8	4,41	1,17	12,06	0,01	31,1	12,07	0,0	0,00	0,00	0,00
9	4,13	1,18	14,96	0,01	31,1	11,30	0,0	0,00	0,00	0,00
10	6,44	1,20	17,90	0,01	31,1	16,35	0,0	0,00	0,00	0,00
11	6,62	1,22	20,89	0,01	31,1	16,90	0,0	0,00	0,00	0,00
12	6,72	1,25	23,94	0,01	31,1	17,19	0,0	0,00	0,00	0,00
13	6,46	1,28	27,07	0,01	31,1	16,64	0,0	0,00	0,00	0,00
14	6,09	1,32	30,29	0,01	31,1	15,84	0,0	0,00	0,00	0,00
15	5,64	1,37	33,62	0,01	31,1	14,80	0,0	0,00	0,00	0,00
16	5,09	1,43	37,08	0,01	31,1	13,49	0,0	0,00	0,00	0,00
17	4,24	1,50	40,70	0,01	31,1	11,20	0,0	0,00	0,00	0,00
18	3,24	1,60	44,54	0,01	31,1	8,53	0,0	0,00	0,00	0,00
19	2,09	1,73	48,66	0,01	31,1	5,43	0,0	0,00	0,00	0,00
20	0,73	1,90	53,14	0,01	31,1	1,78	0,0	0,00	0,00	0,00

FORZE VERTICALI CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 1

Concio N.ro	Ff (t)	Fq (t)	Fr (t)	Fs (t)	Ftot (t)
1	0,00	0,00	0,00	0,10	1,41
2	0,00	0,00	0,00	0,31	4,13
3	0,00	0,00	0,00	0,50	6,69
4	0,00	0,00	0,00	0,67	9,08
5	0,00	0,00	0,00	0,84	11,31
6	0,00	0,00	0,00	0,99	13,36
7	0,00	1,13	0,00	1,10	14,91
8	0,00	1,14	0,00	1,06	14,27
9	0,00	0,89	1,85	1,12	15,17
10	0,00	0,39	2,66	1,55	20,96
11	0,00	0,59	0,00	1,40	18,89
12	0,00	0,59	0,00	1,42	19,20

Comune di Subiaco

Committente: Comune di Subiaco

Oggetto: Lavori di messa in sicurezza del territorio a rischio idrogeologico - lavori per la messa in sicurezza di un muro di contenimento e regimentazione delle acque piovane in via Giuseppe Proietti

FORZE VERTICALI CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 1					
Concio N.ro	Ff (t)	Fq (t)	Fr (t)	Fs (t)	Ftot (t)
13	0,00	0,59	0,00	1,38	18,61
14	0,00	0,59	0,00	1,31	17,75
15	0,00	0,59	0,00	1,23	16,63
16	0,00	0,27	0,00	1,10	14,86
17	0,00	0,00	0,00	0,90	12,10
18	0,00	0,00	0,00	0,68	9,22
19	0,00	0,00	0,00	0,43	5,87
20	0,00	1,23	0,00	0,24	3,25

FORZE ORIZZONTALI CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 1					
Concio N.ro	Hf (t)	Hq (t)	Hr (t)	Htot (t)	Hs (t)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
4	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35
5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67
6	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98
7	0,00	0,00	0,00	0,00	2,03
8	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93
9	0,00	0,00	0,00	0,00	1,81
10	0,00	0,00	0,00	0,00	2,62
11	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70
12	0,00	0,00	0,00	0,00	2,75
13	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66
14	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53
15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,37
16	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16
17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79
18	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29

REAZIONI MUTUE FRA CONCI

Superficie N.ro: 1																	
		BISHOP		JAMBU		BELL		MP - Fx= C		MP - Fx = SIN		MP-Fx = SIN/2		SARMA		SPENCER	
Conc. sx	Conc. dx	F.or. (t)	F.vert (t)	F.or. (t)	F.vert (t)	F.or. (t)	F.vert (t)	F.or. (t)	F.vert (t)	F.or. (t)	F.vert (t)	F.or. (t)	F.vert (t)	F.or. (t)	F.vert (t)	F.or. (t)	F.vert (t)
	1	0	0			0	0										
1	2	.7	0			1.1	-.2										
2	3	2.7	0			4.1	-.7										
3	4	5.5	0			8.6	-1.9										
4	5	8.8	0			14.1	-3.6										
5	6	12.2	0			20.2	-5.8										
6	7	15.5	0			26.5	-8.4										
7	8	18.7	0			32.5	-11.2										
8	9	21	0			37.2	-13.8										
9	10	22.9	0			41.2	-16.1										
10	11	24.5	0			45.2	-18.3										
11	12	24.7	0			47.6	-19.5										
12	13	24	0			49	-19.9										
13	14	22.4	0			49.2	-19.2										
14	15	19.9	0			48.5	-17.5										
15	16	16.6	0			47.1	-14.9										
16	17	12.7	0			45.2	-11.6										
17	18	8.6	0			43.2	-7.9										
18	19	4.8	0			41.5	-4.4										
19	20	1.8	0			40.4	-1.6										
20		0	0			39.6	-.1										