



**OPERE DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA IN VENTURINA TERME  
LOTTO N° 2  
RISAGOMATURA E RIALZAMENTO ARGINI**

**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**



**CALCOLI DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI**

Allegato: A06

PROGETTAZIONE: **CTMP** STUDIO ASSOCIATO  
Dott. Ing. Fernando Muccetti  
Dott. Ing. Stefano Chesi

Data: Aprile 2017  
Rev. Giugno 2017  
Rev. Ottobre 2017

Ing. Fernando Muccetti  
Firmato con firma digitale ai sensi  
dell'art. 21 c.2 D.Lgs 82/2005

## **1.0 GENERALITA'**

Il presente progetto del secondo lotto è stato redatto dallo studio associato CMP di Piombino, su incarico del Consorzio di Bonifica 5 Toscana Costa, conformemente alle direttive impartite dall'Ufficio Tecnico del Consorzio medesimo in merito al progetto del secondo lotto dei lavori, relativi alla messa in sicurezza idraulica e risagomatura del Fosso Corniaccia in loc. Venturina, a suo tempo predisposto per il Comune di Campiglia M.ma.

Il progetto è stato redatto sulla scorta delle indicazioni fornite dallo studio ideologico-idraulico eseguito dal Dott. Geol. Fabio Melani di Venturina. Per i rilevati e le opere in terra si fa riferimento alla recente normativa D.M. 14.09.2005 relativa alle norme per le costruzioni ed in particolare al punto 7.3.5 relativo alle opere e manufatti di materiali sciolti.

I valori indicati nella relazione geologica forniscono i dati caratteristici e geotecnici del terreno sul quale è previsto l'intervento alla profondità di 0,30 m dal piano campagna, corrispondente al piano d'imposta dei nuovi manufatti, a seguito delle operazioni di scotico superficiale.

Delle tre indagini eseguite con prove penetrometriche è stata presa in considerazione la prova CPTU01 in prossimità dell'argine dove è prevista l'opera di sfioro, prendendo come riferimento il maggior ricarico della sezione arginale pari a circa 1,10 m. con la quale saranno eseguite le verifiche di stabilità:

### **STRATIGRAFIA TERRENO CPTU01**

DH (m)	Gam (Kg/m <sup>3</sup> )	Gams (Kg/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Cor (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	c Corr. (Kg/cm <sup>2</sup> )	cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Cv (cmq/s)	Cs
0,00-0,30	1900	2000	0,0	0,0	0,11	0,11	1,01	240,0	295,0	0,0	0,0	0,0
0,30-1,50	1900	2000	0,0	0,0	0,09	0,09	0,77	0,0	345,0	0,0	0,0	0,0
1,50-3,00	1900	2000	34,0	32,0	0,00	0,00	0,00	233,0	289,0	0,0	0,0	0,0
3,00-4,50	1900	2000	42,0	39,0	0,00	0,00	0,00	653,0	819,0	0,0	0,0	0,0
4,50-5,30	1900	2000	0,0	0,0	0,01	0,01	0,07	0,0	165,0	0,0	0,0	0,0
5,30-6,50	1900	2000	33,0	32,0	0,00	0,00	0,00	396,0	419,0	0,0	0,0	0,0
6,50-9,90	1900	2000	0,0	0,0	0,01	0,01	0,04	0,0	380,0	0,0	0,0	0,0

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Fi Corr: Angolo di attrito corretto secondo Terziaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terziaghi; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria;

## **2.0 DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE PORTANTI**

Il progetto del secondo lotto relativo alla riprofilatura della sezione idraulica del Fosso Corniaccia in loc. Coltie – Venturina, prevede il rinforzo delle opere di contenimento arginali, da eseguire prevalentemente in terra, consistenti nel rialzamento delle arginature del fosso Corniaccia e l'aumento della sezione di scorrimento con approfondimento della stessa, nel tratto compreso tra la sezione 6 dopo il ponticello di via Cerrini e la sezione 11.

Con la presente relazione si intende eseguire la sola verifica dimensionale e statica delle strutture in terra oltre ad una successiva verifica della stabilità dei pendii e delle opere di rivestimento.

La verifica della stabilità delle sponde del Fosso Corniaccia è stata effettuata in prossimità della sezione di maggior rialzamento, valutato in circa 1,05 m., corrispondente alla sezione n° 04, adottando i parametri geotecnici rilevati dalla prova CPTU01.

Nel calcolo effettuato si è ipotizzato che il materiale utilizzato per la realizzazione dell'argine abbia le caratteristiche riportate nella tabella sopraevidenziata.

L'area in esame ricade in zona IV di sismicità ( $a/g = 0,05$ ), ai sensi del D.M. 14.01.2008. Tali norme tecniche per le costruzioni in zona sismica definiscono cinque categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

determinabili in base alla Vs30, cioè alla velocità delle onde sismiche di tipo S (trasversali) nei primi 30 m di sottosuolo investigato, ma anche alla resistenza penetrometrica (Nspt).

Sulla base delle prove effettuate, tramite tecnica MASW, è stato possibile determinare il profilo del terreno mediante la misura della velocità delle onde di taglio, in riferimento ai primi 30 m di terreno:

Da 0,0 m a 6,90 m:  $V_s = 176$  m/sec.

Oltre i 6,9 m:  $V_s = 195$  m/sec.

**Suolo di categoria C - depositi di terreni granulari mediamente addensati oppure terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT < 50$ , con  $70 < cu < 250$  kPa**

## 2.1 Descrizione dei materiali

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono essere **identificati** univocamente a cura del produttore, **qualificati** sotto la responsabilità del produttore e **accettati** dal D.L. mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, o mediante prove sperimentali.

Tutti i materiali devono riportare la marcatura CE ed essere in possesso del Certificato o della Dichiarazione di Conformità alla specifica norma europea

- Terra sciolta ricavata in loco, proveniente da escavo di terreno in alveo a profondità limitata, le cui caratteristiche risultano di seguito riportate:

argilla limosa  $\gamma = 1,90$  t/mc.  $c = 0.30 - 0.65$  kg/cmq.  $\varphi = 0^\circ$

## 2.2 Azioni di progetto

- Peso terreno in volume 1800 daN/mc
- Sovraccarico esterno 1500 daN/mq
- Spinta idraulica 1000 daN/mc.
- Carico neve (zona C)  $q_s = \mu q_{sk} = 0,9 \times 0,60 = 54$  daN/mq
- Azione del vento: zona 3  $\Rightarrow V_b = V_{bo} = 27$  m/sec  $a_s < a_o$   $q_b = 0,5 \times 1,25 \times 27 \times 27 = 455,6$  N/mq

Coeff. di esposizione: zona 3  $\Rightarrow$  classe D  $\Rightarrow$  categoria II° da cui dalla tabella 3.3.II si ricavano:

$K_z = 0,19$   $Z_o = 0,05$  mt.  $Z_{min.} = 4$  mt.

Quindi  $C_e = 1,8$ ; Coeff. di forma  $C_p = - 0,25$ ;  $C_p = - 0,4$ ; Coeff. dinamico  $C_d = 1$

Comunque trattandosi di opere in terra di limitata altezza con sovrabbondante impronta di appoggio l'azione del vento sugli stessi manufatti risulta trascurabile ai fini della verifica statica.

### 3.0 OPERE OGGETTO DI VERIFICA

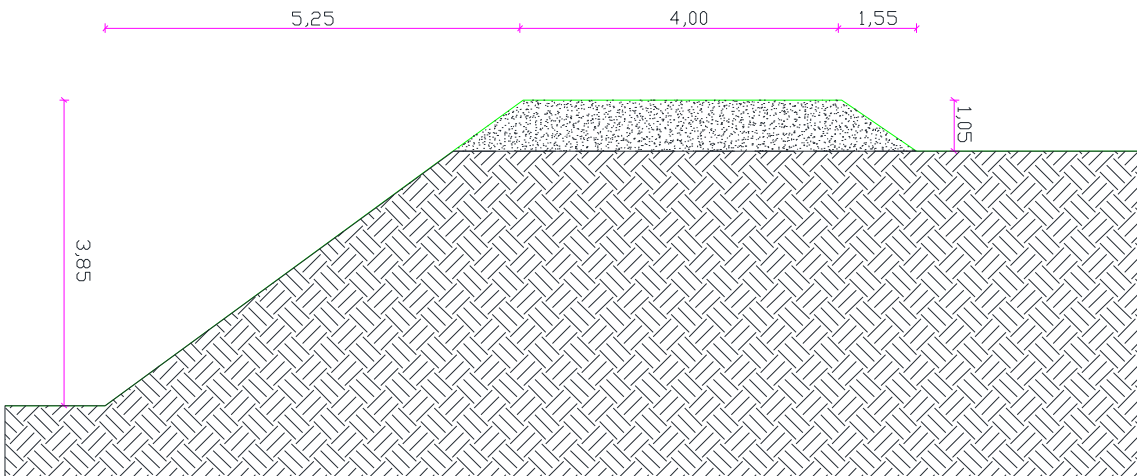
L'intervento in oggetto, che interessa l'asta del Fosso Corniaccia, dal ponticello sulla via cerrini al ponticello della Variante Aurelia, è caratterizzato dalla realizzazione di opere esclusivamente in terra con rinforzi in pietra, sottoposti a sollecitazioni statiche e dinamiche, con particolare riferimento alla parte di arginatura in rialzamento rispetto al piano campagna, essendo la sezione principale incassata nel terreno.

In ordine al tipo di elemento costruttivo è stata eseguita la verifica dimensionale di resistenza e di stabilità dell'argine in terra costituito da rilevato a forma trapezia e scarpa laterale la cui verifica di stabilità è stata eseguita secondo quattro diverse condizioni di carico.

### 4.0 SEZIONE TIPO DEL RILEVATO ARGINALE

La sezione arginale di progetto, relativa al bordo perimetrale del Fosso Corniaccia risulta essere costituita da un'asta incassata sotto il piano campagna e da un rilevato in terra che assume una forma trapezia a doppia scarpa laterale di inclinazione costante 1 su 2 dove la sommità del rilevato risulta avere una larghezza media di 4,00 mt. mentre l'altezza massima considerata sarà di 1,05 mt., con uno sviluppo d'ingombro trasversale di circa 7,10 mt. (figura A).

Figura A) rilevato arginale Fosso Corniaccia



La verifica di stabilità viene eseguita su quattro condizioni di carico:

- 1) in assenza di sovraccarico e di spinta idraulica, solo con peso del rilevato
- 2) in presenza di sovraccarico e assenza di spinta idraulica
- 3) in assenza di sovraccarico e presenza di spinta idraulica
- 4) in presenza di sovraccarico e di spinta idraulica

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 mobilizzata.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di rottura di forma circolare, la ricerca delle superfici di scorrimento 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 x n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Le equazioni usate per risolvere il problema secondo il metodo di Bishop sono:

$$\Sigma F_v = 0, \quad \Sigma M_0 = 0, \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

dove:

F: coefficiente di sicurezza;  $\varnothing$  Angolo di attrito; c: coesione b: Larghezza del concio;  $\alpha$ : Angolo di inclinazione della base del concio;  $L_i$ : Lunghezza della base del concio;  $W_i$ : Peso del concio ;  $u_i$ : Forze derivanti dalle pressioni neutre;  $N_i$ : forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento;  $T_i$ : forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento.

I valori di F e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza. Tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, e gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

I risultati della verifica sono riportati nei grafici in cui sono rappresentate le superfici di rottura, ottenute mediante ricerca automatica, ed il rapporto tra Momento reagente e quello instabilizzante non deve superare il rapporto di 1,3 imposto dalle norme tecniche in vigore.

L'esame dei risultati ottenuti ci conferma la validità della geometria degli argini adottati nel presente progetto che non presenta alcuna condizione critica per franamento o scivolamento della massa terrosa.

#### DATI GENERALI DI VERIFICA

D A T I      G E N E R A L I      D I      V E R I F I C A	
Vita Nominale (Anni)	50
Classe d' Uso	SECONDA
Longitudine Est	(Grd) 10.598
Latitudine Nord	(Grd) 43.021
Categoria Suolo	C
Coeff. Condiz. Topogr.	1.000
Probabilita' Pvr	0.100
Periodo di Ritorno Anni	475.000
Accelerazione Ag/g	0.054
Fattore Stratigrafia 'S'	1.500
Coeff. Sismico Kh	0.019
Coeff. Sismico Kv	0.009
Numero conci :	50
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	4.500
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	4.510

PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m) :	6.910
Ordinata Polo (m) :	13.000
Numero righe maglia :	10.0
Numero colonne maglia :	10.0
Passo direzione 'X' (m) :	1.00
Passo direzione 'Y' (m) :	1.00
Rotazione maglia (Grd) :	34.0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) : 1.000	
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA TABELLA M2	
Tangente Resist. Taglio	1.00
Peso Specifico	1.00
Coesione Efficace (c'k)	1.00
Resist. a taglio NON drenata (cuk)	1.00
Coefficiente R2	1.00

#### 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	0.00	4.51
		2	4.50	4.51				
		3	9.75	8.61				
		4	13.75	8.61				
		5	15.11	7.69				
		6	25.11	7.69				
1	Limo sabbi	7.700	0.00	1.900	2.000	1	-1.00	4.51
						2	4.50	4.51
						3	7.56	6.90
						4	25.14	6.90
2	Argilla e	0.000	34.00	1.900	2.000	1	4.50	4.51
						2	5.77	5.50
						3	25.14	5.50
3	Limo sabbi	0.700	0.00	1.900	2.000	1	4.50	4.50
						2	25.10	4.50
4	Argilla e	0.000	33.00	1.900	2.000			

#### 4.1 Caso A1 – solo peso proprio (no sovraccarico no spinta idrostatica)

COORDINATE PROFILO FALDA : quota +2.93  
 Peso di volume dell'acqua [t/m³] 1

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
1	0.00	2.93	0.00
3	15.10	2.93	0.00

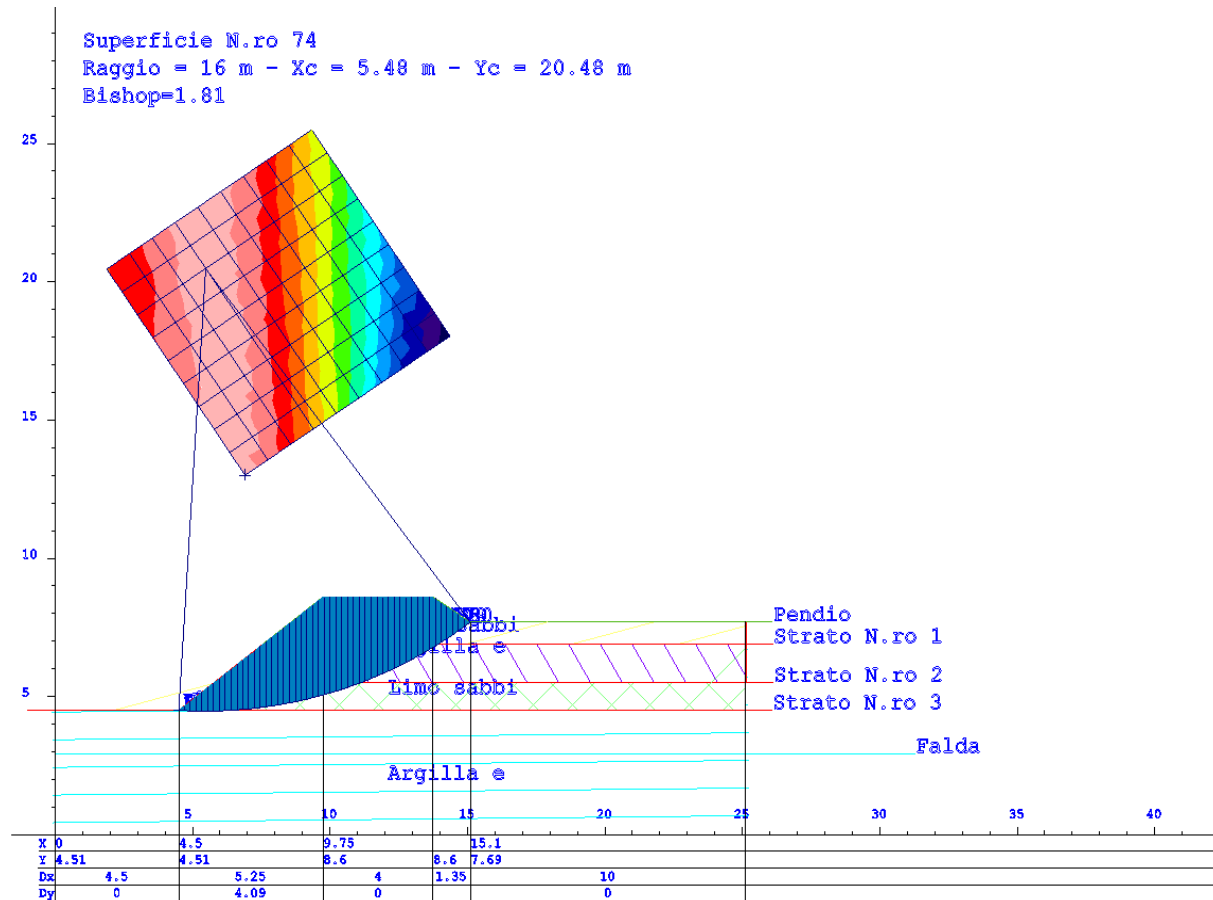
Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
2	9.75	2.93	0.00
4	30.30	2.93	0.00

SUPERFICIE CRITICA DI SCIVOLAMENTO: n° 74

TIPOLOGIA SUPERFICIE DI ROTTURA: CIRCOLARE PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Larghezza maglia [m] 10  
 Altezza maglia [m] 10  
 Inclinazione maglia [°] 35°  
 Ascissa polo [m] 5.50  
 Ordinata polo [m] 20.50  
 Ascissa punto passaggio cerchio [m] 4,50  
 Ordinata punto passaggio cerchio [m] 4,50



Coefficiente di sicurezza sulla superficie critica di scivolamento  $n^{\circ} 74 = 1,81$  come risulta dal tabulato riepilogativo disegnato riportato :

**Coefficienti di sicurezza del pendio caso A1**

N.ro Cerchio critico : 74				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
1	6.9	13.0	8.8	2,1346							
2	7.7	13.6	9.6	2,4528							
3	8.6	14.1	10.4	3,1876							
4	9.4	14.7	11.3	3,9005							
5	10.2	15.2	12.2	4,6984							
6	11.1	15.8	13.1	5,6768							
7	11.9	16.4	14.0	6,5405							
8	12.7	16.9	14.9	7,4243							
9	13.5	17.5	15.8	7,7693							
10	14.0	18.0	16.7	8,7222							
11	14.4	18.5	17.5	2,1889							
12	7.2	14.4	10.2	2,1545							
13	8.0	14.9	11.0	2,7179							
14	8.8	15.5	11.8	3,501							
15	9.7	16.1	12.7	4,3531							
16	10.5	16.6	13.5	5,0017							
17	11.3	17.2	14.4	5,9131							
18	12.2	17.7	15.3	6,7534							
19	13.0	18.3	16.2	7,6766							
20	13.8	18.9	17.1	7,9171							
21	3.8	14.7	10.2	2,763							
22	6.6	15.2	10.9	1,9713							
23	7.4	15.8	11.6	2,4724							
24	8.3	16.3	12.4	2,9847							
25	9.2	16.9	13.2	3,8246							
26	9.9	17.5	14.0	4,8292							
27	10.8	18.0	14.9	5,2563							
28	11.6	18.6	15.8	6,0661							
29	12.4	19.1	16.6	6,9703							
30	13.2	19.7	17.5	7,227							
31	5.2	15.5	11.0	2,1084							
32	6.1	16.0	11.6	1,9576							
33	6.9	16.6	12.3	2,0836							
34	7.7	17.2	13.1	2,7128							
35	8.5	17.7	13.8	3,2756							
36	9.4	18.3	14.6	4,1339							
37	10.2	18.8	15.4	4,8967							
38	11.0	19.4	16.3	5,5064							
39	11.9	20.0	17.1	6,3038							
40	12.7	20.5	18.0	7,1606							
41	4.7	16.3	11.8	2,543							
42	5.5	16.9	12.4	2,1169							
43	6.3	17.4	13.1	1,9277							
44	7.2	18.0	13.7	2,2945							
45	8.0	18.6	14.4	3,0312							
46	8.8	19.1	15.2	3,5739							
47	9.6	19.7	16.0	4,4131							
48	10.5	20.2	16.8	5,158							
49	11.3	20.8	17.7	6,8922							
50	12.2	21.3	18.6	8,352							
51	4.1	17.1	12.6	2,7742							
52	4.9	17.7	13.2	2,3004							
53	5.8	18.3	13.8	1,9156							
54	6.6	18.9	14.4	2,1633							
55	7.4	19.4	15.0	2,776							
56	8.3	19.9	15.9	3,2925							
57	9.1	20.5	16.6	3,8644							
58	9.9	21.1	17.4	4,6716							
59	10.8	21.6	18.2	5,4354							
60	11.6	22.2	19.0	6,1388							
61	3.6	18.0	13.5	2,8272							
62	4.4	18.5	14.0	2,538							
63	5.2	19.1	14.6	1,9949							
64	6.0	19.7	15.2	1,9352							
65	6.9	20.2	15.9	2,3992							
66	7.7	20.8	16.6	2,8726							
67	8.5	21.3	17.3	3,568							
68	9.4	21.9	18.0	4,1463							
69	10.2	22.4	18.8	4,924							
70	11.0	23.0	19.6	5,8611							
71	3.0	18.8	14.4	3,0822							
72	3.8	19.4	14.9	2,738							
73	4.7	19.9	15.4	2,2038							
74	5.5	20.5	16.0	1,8163							
75	6.3	21.0	16.6	1,241							
76	7.1	21.6	17.3	2,5947							
77	8.0	22.2	18.0	3,1038							
78	8.8	22.7	18.7	3,8944							
79	9.6	23.3	19.5	4,408							
80	10.5	23.8	20.2	5,1707							
81	2.4	19.6	15.3	3,1764							
82	3.3	20.2	15.7	2,9884							
83	4.1	20.8	16.2	2,4286							
84	4.9	21.3	16.8	2,0976							
85	5.8	21.9	17.4	2,9331							
86	6.6	22.4	18.0	3,3164							
87	7.4	23.0	18.7	2,7078							
88	8.2	23.5	19.4	3,448							
89	9.1	24.1	20.1	4,1639							
90	9.9	24.7	20.9	4,7338							
91	1.9	20.5	16.2	3,3382							
92	2.7	21.0	16.6	3,0873							
93	3.5	21.6	17.1	2,5769							
94	4.3	22.1	17.6	2,1889							
95	5.2	22.7	18.2	2,0455							
96	6.0	23.3	18.8	2,1072							
97	6.9	23.8	19.4	2,4659							
98	7.7	24.4	20.1	3,0051							
99	8.5	24.9	20.8	3,6485							
100	9.3	25.5	21.5	4,4292							



#### 4.2 Caso A2 – solo spinta idrostatica (no sovraccarico)

COORDINATE PROFILO FALDA

Peso di volume dell'acqua [t/m³] 1

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
1	0.00	8.60	0.00
3	15.10	2.93	0.00

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
2	9.75	8.60	0.00
4	30.30	2.93	0.00

Forze distribuite orizzontali (spinta acqua)

Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
1	17.48	0.000	20.24	1.780

SUPERFICIE CRITICA DI SCIVOLAMENTO: n° 84

TIPOLOGIA SUPERFICI DI ROTTURA: CIRCOLARE PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Larghezza maglia [m] 10

Altezza maglia [m] 10

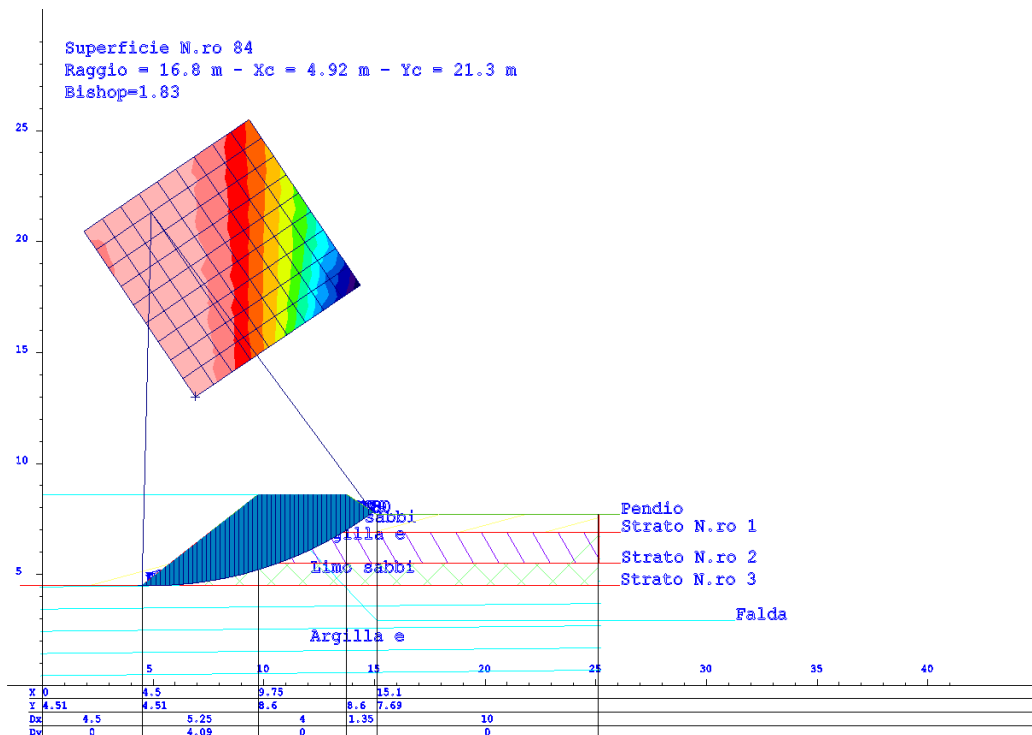
Inclinazione maglia [°] 35°

Ascissa polo [m] 4,92

Ordinata polo [m] 21,30

Ascissa punto passaggio cerchio [m] 4,50

Ordinata punto passaggio cerchio [m] 4,50



Coefficiente di sicurezza sulla superficie critica di scivolamento n° 84 = 1,83 come risulta dal tabulato riepilogativo disegnato riportato :

**Coefficienti di sicurezza del pendio caso A2**

N.ro Cerchio critico : 84				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
1	6.9	13.0	8.8	2,2976							
2	7.7	13.6	9.6	2,5083							
3	8.4	14.1	10.4	3,3033							
4	8.4	14.7	11.3	4,2425							
5	10.2	15.2	12.2	5,4057							
6	11.1	15.8	13.1	6,9634							
7	11.9	16.4	14.0	8,5796							
8	12.7	16.9	14.9	10,3531							
9	12.5	17.5	15.8	11,3324							
10	14.4	18.0	16.7	13,3114							
11	6.4	13.8	9.5	2,326							
12	7.2	14.4	10.2	2,2831							
13	8.0	14.9	11.0	2,7475							
14	8.8	15.5	11.8	3,6403							
15	9.7	16.1	12.7	4,7814							
16	10.5	16.6	13.5	5,7642							
17	11.3	17.2	14.4	7,2087							
18	12.2	17.7	15.3	8,7501							
19	13.0	18.3	16.2	10,523							
20	13.8	18.9	17.1	11,2878							
21	5.8	14.7	10.2	2,2215							
22	6.6	15.2	10.9	2,1564							
23	7.4	15.8	11.6	2,5402							
24	8.3	16.3	12.4	3,0036							
25	9.1	16.9	13.2	4,0095							
26	9.9	17.5	14.0	5,1037							
27	10.8	18.0	14.9	6,0579							
28	11.6	18.6	15.8	7,3446							
29	12.4	19.1	16.6	8,942							
30	13.3	19.7	17.5	9,7416							
31	5.2	15.5	11.0	2,1159							
32	6.1	16.0	11.6	2,0972							
33	6.9	16.6	12.3	2,2359							
34	7.7	17.2	13.1	2,751							
35	8.5	17.7	13.8	3,3012							
36	9.4	18.3	14.6	4,3631							
37	10.2	18.8	15.4	5,4186							
38	11.0	19.4	16.3	6,3491							
39	11.9	20.0	17.1	7,6028							
40	12.7	20.5	18.0	9,1011							
41	4.7	16.3	11.8	2,035							
42	5.5	16.9	12.4	2,0778							
43	6.3	17.4	13.1	2,1207							
44	7.2	18.0	13.7	2,4215							
45	8.0	18.6	14.5	3,0292							
46	8.8	19.1	15.2	3,6216							
47	9.7	19.7	16.0	4,6879							
48	10.5	20.2	16.8	5,725							
49	11.3	20.8	17.6	6,816							
50	12.1	21.3	18.5	7,8605							
51	4.1	17.1	12.6	2,1184							
52	4.9	17.7	13.3	1,9411							
53	5.8	18.3	13.8	2,007							
54	6.6	18.8	14.5	2,3638							
55	7.4	19.4	15.2	2,6349							
56	8.3	19.9	15.9	3,2859							
57	9.1	20.5	16.6	3,9458							
58	9.9	21.1	17.4	4,991							
59	10.7	21.6	18.2	6,0279							
60	11.6	22.2	19.0	7,1016							
61	3.6	18.0	13.5	2,4793							
62	4.4	18.5	14.1	2,0365							
63	5.2	19.1	14.6	2,9141							
64	6.0	19.7	15.2	2,1283							
65	6.9	20.2	15.9	2,5756							
66	7.7	20.8	16.6	2,8725							
67	8.5	21.3	17.3	3,566							
68	8.4	21.9	18.0	4,268							
69	10.2	22.4	18.8	5,2879							
70	11.0	23.0	19.6	6,3238							
71	3.0	18.8	14.4	2,8359							
72	3.8	19.4	14.9	2,1284							
73	4.7	19.9	15.4	2,863							
74	5.5	20.5	16.0	1,8543							
75	6.3	21.0	16.6	2,341							
76	7.1	21.6	17.3	2,7157							
77	8.0	22.4	18.0	3,0886							
78	8.8	22.4	18.0	3,9067							
79	9.6	23.3	19.5	4,5701							
80	10.5	23.8	20.2	5,5765							
81	2.4	19.6	15.3	3,0553							
82	3.3	20.2	15.7	2,6448							
83	4.1	20.8	16.2	1,9572							
84	4.9	21.3	16.8	1,8363							
85	5.8	21.9	17.4	2,0585							
86	6.6	22.4	18.0	2,5316							
87	7.4	23.0	18.7	2,7551							
88	8.2	23.5	19.4	3,4066							
89	9.1	24.1	20.1	4,2074							
90	9.9	24.7	20.9	4,9497							
91	1.9	20.5	16.2	2,2723							
92	2.7	21.0	16.6	2,2538							
93	3.5	21.6	17.1	2,3779							
94	4.4	22.1	17.6	1,8787							
95	5.2	22.7	18.2	1,9523							
96	6.0	23.3	18.8	2,2742							
97	6.9	23.8	19.4	2,6544							
98	7.7	24.4	20.1	2,9941							
99	8.5	24.9	20.8	3,609							
100	9.3	25.5	21.5	4,5091							

### 4.3 Caso A3 – solo sovraccarico ( no spinta idrostatica )

COORDINATE PROFILO FALDA

Peso di volume dell'acqua [t/m³] 1

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
1	0.00	2.93	0.00
3	15.10	2.93	0.00

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
2	9.75	2.93	0.00
4	30.30	2.93	0.00

Forze distribuite verticali (carico)

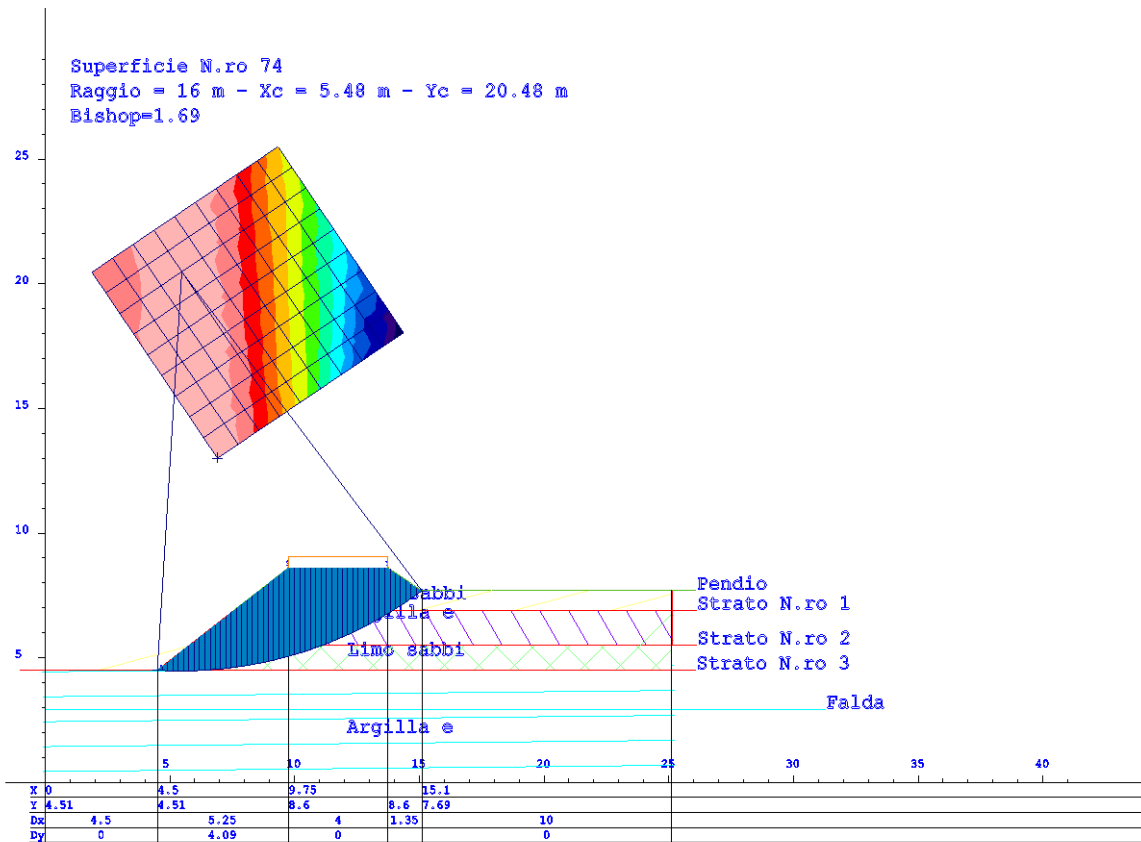
Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
1	9.75	1.500	13.75	1.500

SUPERFICIE CRITICA DI SCIVOLAMENTO: n° 74

TIPOLOGIA SUPERFICI DI ROTTURA: CIRCOLARE PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Larghezza maglia [m] 10  
 Altezza maglia [m] 10  
 Inclinazione maglia [°] 34°  
 Ascissa polo [m] 5,48  
 Ordinata polo [m] 20,48  
 Ascissa punto passaggio cerchio [m] 4,50  
 Ordinata punto passaggio cerchio [m] 4,50



Coefficiente di sicurezza sulla superficie critica di scivolamento n° 74 = 1,69 come risulta dal tabulato riepilogativo disegnato riportato :

**Coefficienti di sicurezza del pendio caso A3**

N.ro Cerchio critico : 74				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
1	6.9	13.0	8.8	1,8326							
2	7.7	13.6	9.6	7,22075							
3	8.6	14.1	10.4	2,5983							
4	9.4	14.7	11.3	3,8361							
5	10.2	15.2	12.2	4,7209							
6	11.1	15.8	13.1	5,8167							
7	11.9	16.4	14.0	6,8354							
8	12.7	16.9	14.9	7,9005							
9	13.5	17.5	15.8	8,4231							
10	14.4	18.0	16.7	9,5905							
11	5.4	13.8	9.5	1,8556							
12	6.4	14.4	10.2	1,8974							
13	8.0	14.9	11.0	2,486							
14	8.8	15.5	11.8	3,3842							
15	10.7	16.1	12.7	4,325							
16	10.5	16.6	13.5	5,0751							
17	11.3	17.2	14.4	6,1077							
18	12.2	17.7	15.3	7,1001							
19	13.0	18.3	16.2	8,1998							
20	13.8	18.9	17.1	8,603							
21	5.6	14.7	10.2	1,8321							
22	6.6	15.2	10.9	1,8538							
23	7.4	15.8	11.6	2,2223							
24	8.3	16.3	12.4	2,8086							
25	9.1	16.9	13.2	3,7788							
26	9.9	17.0	14.0	4,6481							
27	10.8	18.0	14.9	5,3781							
28	11.6	18.6	15.8	6,3116							
29	12.4	19.1	16.6	7,3634							
30	13.3	19.7	17.5	7,8196							
31	5.7	15.5	11.1	1,5217							
32	6.7	16.0	11.6	1,7434							
33	6.9	16.6	12.3	1,8567							
34	7.7	17.2	13.1	2,4701							
35	8.5	17.7	13.8	3,1576							
36	9.4	18.3	14.6	4,123							
37	10.2	18.8	15.4	4,9602							
38	11.0	19.4	16.3	5,6754							
39	11.9	20.0	17.1	6,5953							
40	12.7	20.5	18.0	7,5963							
41	4.7	16.3	11.8	2,086							
42	5.5	16.9	12.4	1,8544							
43	6.3	17.4	13.1	1,7461							
44	7.2	18.0	13.7	2,0441							
45	8.0	18.6	14.5	2,8335							
46	8.8	19.2	15.2	3,5148							
47	9.6	19.7	16.0	4,4397							
48	10.5	20.2	16.8	5,2645							
49	11.3	20.8	17.6	6,101							
50	12.1	21.3	18.5	6,8694							
51	17.1	18.5	16.6	2,2515							
52	4.9	17.7	13.2	1,9947							
53	5.8	18.3	13.8	1,7455							
54	6.6	18.8	14.5	1,9558							
55	7.4	19.4	15.2	2,3292							
56	8.2	19.9	16.0	3,1433							
57	9.1	20.5	16.6	3,8655							
58	9.9	21.1	17.4	4,7355							
59	10.7	21.6	18.2	5,5622							
60	11.6	22.2	19.0	6,339							
61	4.4	18.0	13.5	2,289							
62	5.4	18.5	14.0	2,1579							
63	5.2	19.1	14.6	1,8069							
64	6.0	19.7	15.2	1,7712							
65	6.9	20.2	15.9	2,1655							
66	7.7	20.8	16.6	2,6608							
67	8.5	21.3	17.3	3,4694							
68	9.4	21.9	18.0	4,1857							
69	10.2	22.4	18.8	5,0238							
70	11.0	23.0	19.6	5,8489							
71	3.0	18.8	14.4	2,4661							
72	3.8	19.4	14.9	2,2758							
73	4.7	19.9	15.4	1,9758							
74	5.5	20.5	16.0	1,6967							
75	6.5	21.0	16.6	1,9371							
76	7.1	21.6	17.3	2,323							
77	8.0	22.2	18.0	2,9342							
78	8.8	22.7	18.7	3,8652							
79	9.6	23.3	19.5	4,4772							
80	10.5	23.8	20.2	5,3054							
81	2.4	19.6	15.3	2,5365							
82	3.3	20.2	15.7	2,4289							
83	4.1	20.8	16.2	2,1476							
84	4.9	21.3	16.8	1,9395							
85	5.6	21.9	17.4	1,7866							
86	6.6	22.4	18.0	2,1063							
87	7.4	23.0	18.7	2,476							
88	8.2	23.5	19.4	3,3334							
89	9.1	24.1	20.1	4,1893							
90	9.9	24.7	20.9	4,8299							
91	1.9	20.5	16.2	2,4402							
92	2.7	21.0	16.6	2,4757							
93	3.5	21.6	17.1	2,2361							
94	4.4	22.1	17.6	2,0184							
95	5.0	22.7	18.2	2,133							
96	6.0	23.3	18.8	1,9373							
97	6.9	23.8	19.4	2,2197							
98	7.7	24.4	20.1	2,8199							
99	8.5	24.9	20.8	3,5823							
100	9.3	25.5	21.5	4,4929							

#### 4.4 Caso A4 – spinta idrostatica + sovraccarico

COORDINATE PROFILO FALDA

Peso di volume dell'acqua [t/m<sup>3</sup>] 1

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
1	0.00	8.60	0.00
3	15.10	2.93	0.00

Vert. N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)	Dz Piez. (m)
2	9.75	8.60	0.00
4	30.30	2.93	0.00

Forze distribuite verticali (carico)

Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
1	9.75	1.500	13.75	1.500

Forze distribuite orizzontali (spinta acqua)

Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
1	17.37	0.000	20.20	1.780

SUPERFICIE CRITICA DI SCIVOLAMENTO: n° 73

TIPOLOGIA SUPERFICI DI ROTTURA: CIRCOLARE PASSANTI PER UN PUNTO

DESCRIZIONE MAGLIA DEI CENTRI

Larghezza maglia [m] 10

Altezza maglia [m] 10

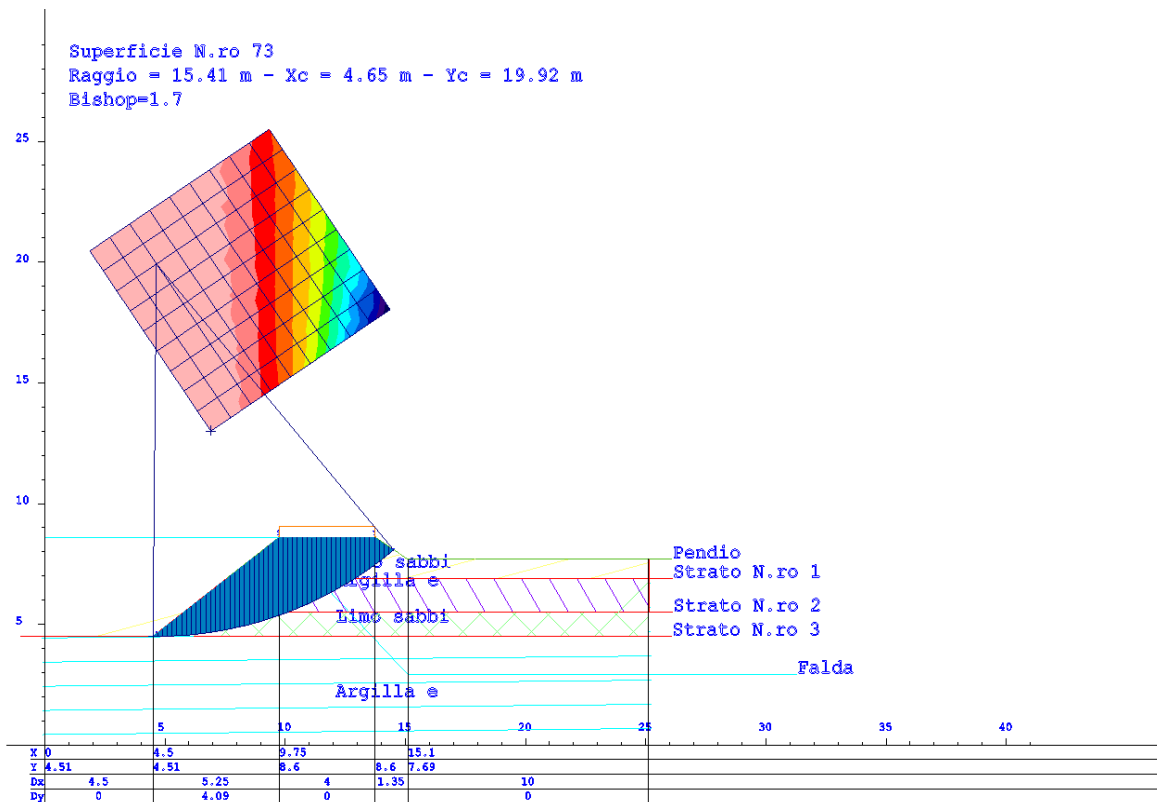
Inclinazione maglia [°] 35°

Ascissa polo [m] 4.65

Ordinata polo [m] 19.92

Ascissa punto passaggio cerchio [m] 4,50

Ordinata punto passaggio cerchio [m] 4,50



Coefficiente di sicurezza sulla superficie critica di scivolamento n° 73 = 1,70 come risulta dal tabulato riepilogativo disegnato riportato :

### Coefficienti di sicurezza del pendio caso A4

N.ro Cerchio critico : 73				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchl N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
1	6.9	13.0	8.8	1,9627							
2	7.7	13.6	9.6	2,2369							
3	8.6	14.1	10.4	3,0724							
4	9.4	14.7	11.3	4,1314							
5	10.2	15.2	12.2	5,3903							
6	11.1	15.8	13.1	7,1201							
7	11.9	16.4	14.0	9,0295							
8	12.7	16.9	14.9	11,229							
9	13.5	17.5	15.8	12,7072							
10	14.4	18.0	16.7	15,3702							
11	6.4	13.8	9.5	1,9785							
12	7.2	14.4	10.2	1,9991							
13	8.0	14.9	11.0	2,4915							
14	8.8	15.5	11.8	3,4906							
15	9.7	16.1	12.7	4,7136							
16	10.5	16.6	13.5	5,8232							
17	11.3	17.2	14.4	7,4562							
18	12.0	17.7	15.3	9,2901							
19	13.0	18.3	16.2	11,4732							
20	13.8	18.9	17.1	12,6825							
21	5.8	14.7	10.2	1,8888							
22	6.6	15.2	10.9	1,9119							
23	7.4	15.8	11.6	2,2698							
24	8.3	16.4	12.4	2,8076							
25	9.1	16.9	13.2	3,9375							
26	9.9	17.5	14.0	5,0973							

N.ro Cerchio critico : 73				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
27	10.8	18.0	14.9	6,1899							
28	11.6	18.6	15.8	7,6743							
29	12.4	19.1	16.6	9,5594							
30	13.3	19.7	17.5	10,702							
31	5.2	15.5	11.0	1,8005							
32	6.1	16.0	11.6	1,8692							
33	6.9	16.6	12.3	1,9859							
34	7.7	17.2	13.1	2,4897							
35	8.5	17.7	13.8	3,1673							
36	9.4	18.3	14.6	4,3332							
37	10.2	18.8	15.4	5,4711							
38	11.0	19.4	16.3	6,9488							
39	11.9	20.0	17.1	8,0057							
40	12.7	20.5	18.0	9,7866							
41	4.7	16.3	11.8	1,7311							
42	5.5	16.9	12.4	1,8392							
43	6.3	17.4	13.1	1,9157							
44	7.2	18.0	13.7	2,1495							
45	8.0	18.6	14.5	2,8156							
46	8.8	19.1	15.2	3,5511							
47	9.6	19.7	16.0	4,7022							
48	10.5	20.2	16.8	5,8835							
49	11.3	20.8	17.6	7,0754							
50	12.1	21.3	18.5	8,3285							
51	4.1	17.1	12.6	1,7936							
52	4.9	17.7	13.2	1,7243							
53	5.7	18.3	13.8	1,8319							
54	6.6	18.8	14.5	2,1316							
55	7.4	19.4	15.2	2,3713							
56	8.3	19.9	15.9	3,125							
57	9.1	20.5	16.6	3,9412							
58	9.9	21.1	17.4	5,0504							
59	10.7	21.6	18.2	6,1924							
60	11.6	22.2	19.0	7,4223							
61	3.6	18.0	13.5	2,0942							
62	4.4	18.5	14.2	1,7896							
63	5.2	19.1	14.9	1,7519							
64	6.0	19.7	15.2	1,9442							
65	6.9	20.2	15.9	2,3194							
66	7.7	20.8	16.6	2,6508							
67	8.5	21.3	17.3	3,4603							
68	9.4	21.9	18.0	4,3053							
69	10.2	22.4	18.8	5,3916							
70	11.0	23.0	19.6	6,54							
71	3.0	18.8	14.4	2,3792							
72	3.8	19.4	14.9	1,8388							
73	4.7	19.9	15.4	1,7076							
74	5.5	20.5	16.0	1,7365							
75	6.3	21.0	16.6	2,1311							
76	7.1	21.6	17.3	2,426							
77	8.0	22.4	18.0	3,4105							
78	8.8	22.9	18.7	3,8736							
79	9.6	23.3	19.5	4,641							
80	10.5	23.8	20.2	5,7243							
81	2.4	19.6	15.3	2,5688							
82	3.3	20.2	15.7	1,9094							
83	4.1	20.8	16.2	1,7835							
84	4.9	21.3	16.8	1,727							
85	5.8	21.9	17.4	1,9016							
86	6.6	22.4	18.0	2,2986							
87	7.4	23.0	18.7	2,5121							
88	8.2	23.5	19.4	3,2875							
89	9.1	24.1	20.1	4,2329							
90	9.9	24.7	20.9	5,0512							
91	1.9	20.5	16.2	1,9165							
92	2.7	21.0	16.6	1,9046							
93	3.5	21.6	17.1	2,1153							
94	4.4	22.1	17.6	1,7697							
95	5.2	22.7	18.2	1,8405							
96	6.0	23.3	18.8	2,0898							
97	6.9	23.8	19.4	2,3877							
98	7.7	24.4	20.1	2,8026							
99	8.5	24.9	20.8	3,5404							
100	9.3	25.5	21.5	4,5761							

Il progettista

Ing. Fernando Muccetti  
 Firmato con firma digitale ai sensi  
 dell'art. 21 c.2 D.Lgs 82/2005