


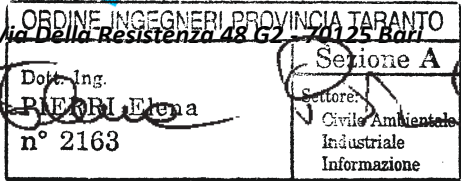

Regione: <b>PUGLIA</b>		Provincia: <b>TARANTO</b>		Comune: <b>GINOSA</b>	
---------------------------	---	------------------------------	---	--------------------------	---

**Fondi decreto n°1 del 19 dicembre 2014 del Commissario  
Delegato ex O.C.D.P.C. n°173/2014**



# PROGETTO ESECUTIVO

## ULTERIORI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA SUL COSTONE DI VIA MATRICE

Titolo: <b>RELAZIONE SULLE VERIFICHE DI STABILITA'</b>		Progettisti:  <b>GEO TECNOLOGIE S.R.L.</b>	
Elaborato: <b>B.2</b>	Scala: -		
Data: NOVEMBRE 2019	Codice:	Revisione: 	



## Indice

1. Introduzione .....	2
2. Cenni teorici sulle verifiche di stabilità.....	3
1. Verifica Sez. D-D': SLO - drenato .....	6
2. Verifica Sez. D-D': SLO – non drenato .....	10
3. Verifica Sez. D-D': SLV – drenato .....	13
4. Verifica Sez. D-D': SLV – non drenato .....	18
5. Riepilogo delle verifiche per la Sez. D-D' .....	20
6. Studio agli elementi finiti degli effetti del consolidamento nella cavità P .....	21

## 1. Introduzione

Per il presente progetto sono state realizzate verifiche di stabilità su alcuni dei fronti del dissesto, a seconda degli interventi da realizzare. Nello specifico è stata realizzata una verifica di stabilità all'equilibrio limite con il metodo di Bishop, mediante l'ausilio di specifici software, con riferimento alla realizzazione della viabilità pedonale di Via Matrice, sulla Sez. D-D' (vedi fig. 1).

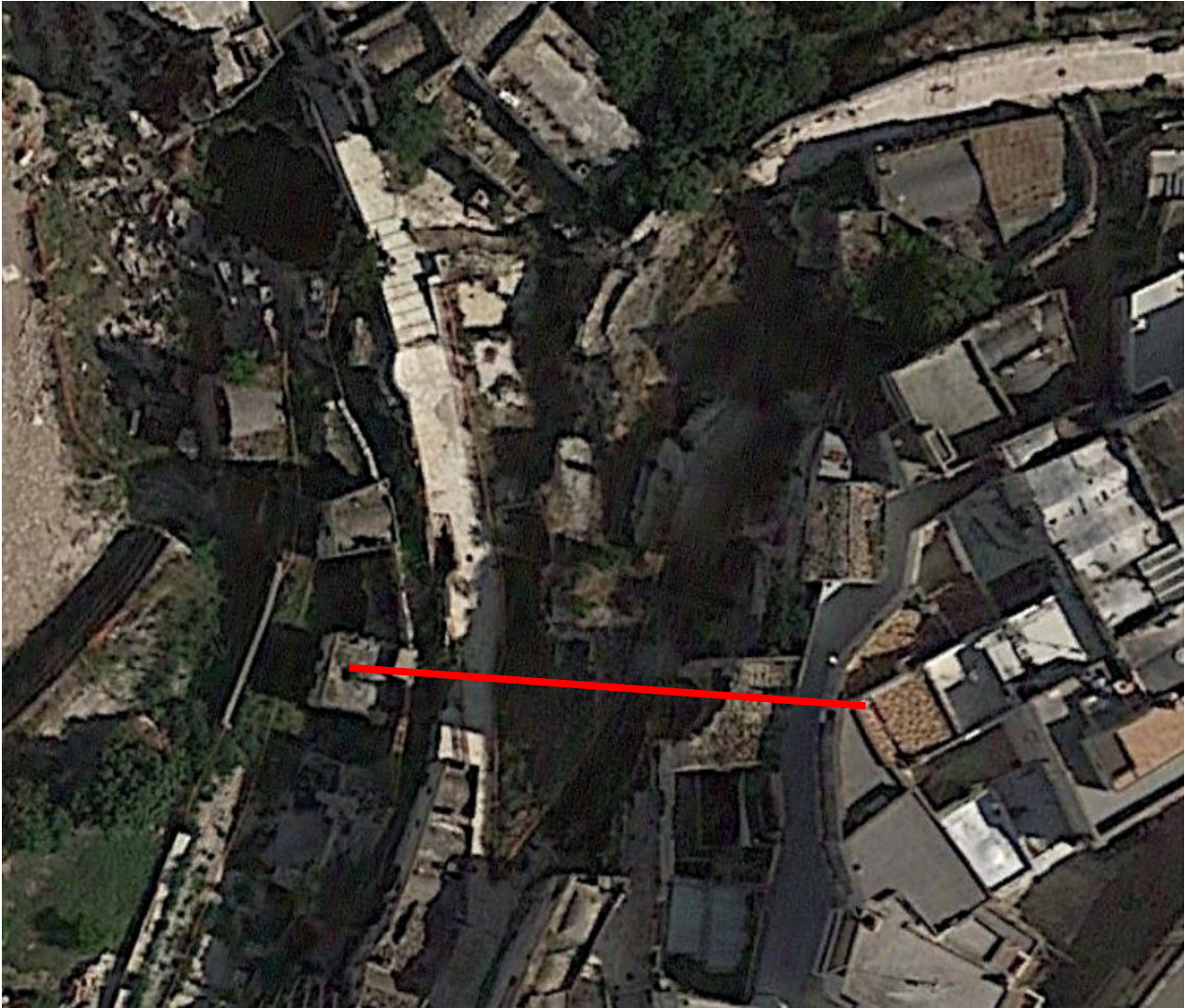


Fig. 1 – Ubicazione sezione di verifica: Sez. D-D'

È stato condotto inoltre uno studio agli elementi finiti per valutare i benefici apportati, in termini di stabilità, dal consolidamento di alcune cavità a mezzo di riempimento. Per le analisi in parola, si è utilizzato il modello geotecnico di cui alla Relazione Geotecnica, modello del tutto simile a quello già esistente ed utilizzato per analisi simili, effettuate nel 2014 dal CNR-IRPI “Attività del CNR-IRPI a seguito dei dissesti idrogeologici del 21 gennaio 2014 nel comune di Ginosa (TA)”.

Nello specifico l'analisi è stata condotta sulla cavità P, lì dove si interverrà con un intasamento di una sub-cavità mediante adeguate malte, per riempire le spazi esistenti e lasciati da un precedente riempimento realizzato con mattoni di tufo, per conseguire quanto più possibile le condizioni originarie dell'ammasso.



## 2. Cenni teorici sulle verifiche di stabilità

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

### Introduzione all'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.

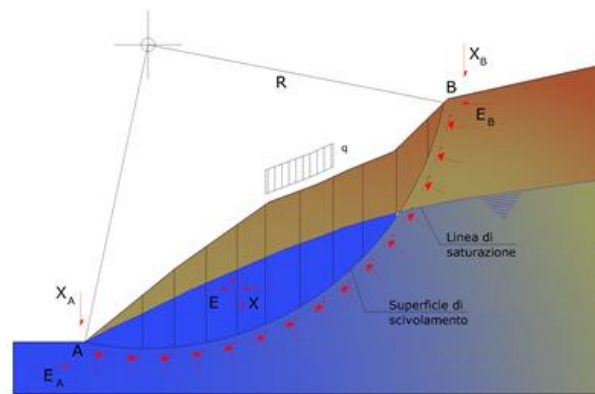
### Metodo equilibrio limite (LEM)

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.



### Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a:

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

### Metodo di Bishop (1955)

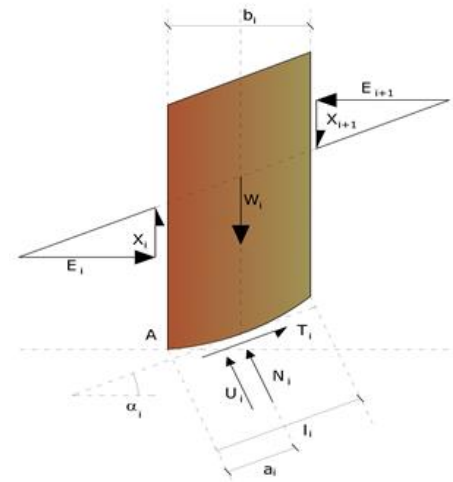
Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criteri di rottura}$$

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

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**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



### Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica 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:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

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.

**3. Verifica Sez. D-D': SLO - drenato****Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

Lat./Long.	40,581302/16,75897
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	29,63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25,69 m
Ascissa vertice destro superiore xs	40,32 m
Ordinata vertice destro superiore ys	31,41 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,37	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,51	2,51	0,29
S.L.V.	475,0	1,52	2,47	0,32
S.L.C.	975,0	1,97	2,49	0,32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,666	0,2	0,0136	0,0068
S.L.D.	0,918	0,2	0,0187	0,0094
S.L.V.	2,6818	0,24	0,0656	0,0328
S.L.C.	3,3093	0,28	0,0945	0,0472

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0136



Coefficiente azione sismica verticale

0,0068

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	19,5	8,84
3	20,07	11,54
4	23,12	11,99
5	26,67	13,26
6	30,71	18,72
7	36,78	21,02
8	42,13	23,09
9	45,13	23,09

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	19,5	8,84
3	20,07	11,54
4	23,12	11,99
5	26,67	13,26
6	29,45	17,02
7	42,41	21,59
8	45,13	21,59

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0  
 Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25  
 Coesione efficace 1,25  
 Coesione non drenata 1,4  
 Riduzione parametri geotecnici terreno Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kN/m <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	45	16	17	Materiale di riporto
2	75.96	759.63	35	15.6	16.5	Calcarenite

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	42,13427	23,08991	45,13427	23,08991	5





## Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,89
Ascissa centro superficie	29,63 m
Ordinata centro superficie	25,69 m
Raggio superficie	7,85 m

## Numero di superfici esaminate (203)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs	61	39,2	26,8	5,5	2,39	124	39,2	28,5	7,3	2,64
2	30,2	26,0	7,8	2,03	62	39,8	27,1	5,4	2,43	125	39,8	28,8	7,2	2,75
3	30,7	25,7	7,4	2,13	63	40,3	26,8	5,1	2,75	126	40,3	28,5	6,7	2,96
4	31,2	26,0	7,4	2,22	64	29,6	27,4	9,0	2,03	127	29,6	29,1	11,2	1,99
5	31,8	25,7	7,0	2,25	65	30,2	27,7	9,0	2,10	128	30,2	29,4	11,2	2,08
6	32,3	26,0	7,0	2,22	66	30,7	27,4	12,9	4,63	129	30,7	29,1	10,8	2,14
7	32,8	25,7	6,5	2,22	67	31,2	27,7	13,6	4,40	130	31,2	29,4	10,6	2,15
8	33,4	26,0	7,1	2,36	68	31,8	27,4	8,2	2,12	131	31,8	29,1	10,0	2,12
9	33,9	25,7	6,5	2,36	69	32,3	27,7	8,8	2,23	132	32,3	29,4	9,7	2,06
10	34,4	26,0	6,2	2,22	70	32,8	27,4	8,2	2,21	133	32,8	29,1	10,0	2,20
11	35,0	25,7	5,6	2,20	71	33,4	27,7	7,9	2,11	134	33,4	29,4	9,7	2,12
12	35,5	26,0	6,2	2,35	72	33,9	27,4	7,3	2,08	135	33,9	29,1	9,1	2,09
13	36,0	25,7	5,7	2,38	73	34,4	27,7	7,9	2,20	136	34,4	29,4	9,7	2,19
14	36,6	26,0	5,6	2,30	74	35,0	27,4	7,3	2,17	137	35,0	29,1	9,1	2,17
15	37,1	25,7	5,5	2,44	75	35,5	27,7	7,9	2,29	138	35,5	29,4	8,8	2,09
16	37,6	26,0	5,3	2,36	76	36,0	27,4	7,3	2,27	139	36,0	29,1	8,2	2,07
17	38,2	25,7	5,2	2,48	77	36,6	27,7	7,0	2,17	140	36,6	29,4	8,8	2,17
18	38,7	26,0	4,6	2,24	78	37,1	27,4	7,3	4,41	141	37,1	29,1	8,2	2,15
19	39,2	25,7	4,1	2,24	79	37,6	27,7	7,1	2,30	142	37,6	29,4	8,0	2,07
20	39,8	26,0	4,5	2,45	80	38,2	27,4	6,0	2,12	143	39,2	29,1	7,7	2,58
21	40,3	25,7	4,0	2,61	81	38,7	27,7	6,5	2,36	144	39,8	29,4	7,5	2,71
22	29,6	26,3	8,2	1,93	82	39,2	27,4	5,6	2,18	145	29,6	29,7	11,3	2,07
23	30,2	26,5	8,2	2,07	83	39,8	27,7	6,0	2,57	146	30,2	30,0	11,3	2,11
24	30,7	26,3	7,8	2,15	84	40,3	27,4	5,7	2,83	147	30,7	29,7	11,2	2,15
25	31,2	26,5	12,2	4,69	85	29,6	28,0	9,4	2,07	148	31,2	30,0	10,9	2,10
26	31,8	26,3	7,4	2,20	86	30,2	28,3	14,8	4,05	149	31,8	29,7	10,3	2,08
27	32,3	26,5	7,3	2,16	87	30,7	28,0	13,2	4,33	150	32,3	30,0	10,9	2,16
28	32,8	26,3	6,7	2,13	88	31,2	28,3	10,0	2,20	151	32,8	29,7	10,3	2,14
29	33,4	26,5	7,4	2,27	89	31,8	28,0	9,4	2,25	152	33,4	30,0	10,0	2,07
30	33,9	26,3	6,8	2,25	90	32,3	28,3	9,1	2,16	153	33,9	29,7	9,4	2,04
31	34,4	26,5	6,4	2,13	91	32,8	28,0	8,5	2,14	154	34,4	30,0	10,0	2,14
32	35,0	26,3	6,8	2,37	92	33,4	28,3	9,1	2,24	155	35,0	29,7	9,4	2,12
33	35,5	26,5	6,5	2,24	93	33,9	28,0	8,5	2,22	156	35,5	30,0	9,1	2,04
34	36,0	26,3	5,9	2,21	94	34,4	28,3	8,2	2,13	157	36,0	29,7	9,4	2,19
35	36,6	26,5	6,5	2,37	95	35,0	28,0	7,6	2,10	158	36,6	30,0	9,2	2,11
36	37,1	26,3	5,4	2,22	96	35,5	28,3	8,2	2,22	159	37,1	29,7	8,6	2,09
37	37,6	26,5	6,1	2,35	97	36,0	28,0	7,6	2,19	160	37,6	30,0	9,3	2,40
38	38,2	26,3	5,2	2,27	98	36,6	28,3	7,3	2,10	161	38,2	29,7	8,7	2,42
39	38,7	26,5	5,1	2,17	99	37,1	28,0	7,6	2,28	162	39,2	29,7	8,0	2,54
40	39,2	26,3	5,0	2,38	100	37,6	28,3	7,3	2,18	163	39,8	30,0	7,9	2,69
41	39,8	26,5	4,9	2,40	101	38,2	28,0	6,9	2,25	164	29,6	30,3	12,5	3,99
42	40,3	26,3	4,5	2,58	102	38,7	28,3	6,8	2,23	165	30,2	30,6	12,4	2,08
43	29,6	26,8	8,6	1,98	103	39,2	28,0	6,4	2,37	166	30,7	30,3	11,4	2,10
44	30,2	27,1	8,6	2,10	104	39,8	28,3	6,3	2,44	167	31,2	30,6	11,2	2,06
45	30,7	26,8	8,2	2,16	105	40,3	28,0	5,9	2,72	168	31,8	30,3	11,5	2,18
46	31,2	27,1	13,4	4,28	106	29,6	28,5	15,3	3,90	169	32,3	30,6	11,2	2,12
47	31,8	26,8	7,8	2,15	107	30,2	28,8	10,9	2,05	170	32,8	30,3	10,6	2,09
48	32,3	27,1	7,6	2,09	108	30,7	28,5	10,4	2,13	171	33,4	30,6	11,2	2,18
49	32,8	26,8	8,0	2,29	109	31,2	28,8	10,3	2,19	172	33,9	30,3	10,6	2,16
50	33,4	27,1	7,6	2,18	110	31,8	28,5	9,7	2,18	173	34,4	30,6	10,3	2,10
51	33,9	26,8	7,0	2,16	111	32,3	28,8	9,4	2,10	174	35,0	30,3	9,7	2,07
52	34,4	27,1	7,7	2,28	112	32,8	28,5	8,8	2,08	175	35,5	30,6	10,4	2,16
53	35,0	26,8	7,1	2,26	113	33,4	28,8	9,4	2,18	176	36,0	30,3	9,8	2,14
54	35,5	27,1	6,7	2,14	114	33,9	28,5	8,8	2,15	177	36,6	30,6	9,5	2,07
55	36,0	26,8	6,1	2,11	115	34,4	28,8	8,5	2,07	178	37,1	30,3	9,0	2,05
56	36,6	27,1	6,7	2,25	116	35,0	28,5	8,8	2,23	179	37,6	30,6	9,7	2,38
57	37,1	26,8	6,3	2,31	117	35,5	28,8	8,5	2,15	180	29,6	30,8	12,6	2,06
58	37,6	27,1	6,1	2,21	118	36,0	28,5	7,9	2,12	181	30,2	31,1	12,5	2,12
59	38,2	26,8	5,9	2,27	119	36,6	28,8	8,5	2,23	182	30,7	30,8	12,4	2,15
60	38,7	27,1	5,7	2,20	120	37,1	28,5	7,9	2,21	183	31,2	31,1	12,4	2,15
					121	37,6	28,8	7,6	2,12	184	31,8	30,8	11,8	2,14
					122	38,2	28,5	7,1	2,12	185	32,3	31,1	11,5	2,08
					123	38,7	28,8	7,8	2,53	186	32,8	30,8	10,9	2,05



Ulteriori interventi di messa in sicurezza sul costone di Via Matrice

187	33,4	31,1	11,5	2,14	193	36,6	31,1	9,9	2,03	199	31,8	31,4	12,1	2,10
188	33,9	30,8	10,9	2,12	194	37,1	30,8	9,3	2,02	200	32,8	31,4	12,1	2,16
189	34,4	31,1	10,7	2,05	195	37,6	31,1	10,1	2,35	201	33,9	31,4	11,3	2,08
190	35,0	30,8	10,1	2,03	196	38,7	31,1	9,3	2,42	202	35,0	31,4	11,3	2,13
191	35,5	31,1	10,7	2,11	197	29,6	31,4	12,7	2,07	203	36,0	31,4	10,5	2,05
192	36,0	30,8	10,1	2,09	198	30,7	31,4	12,5	2,10					

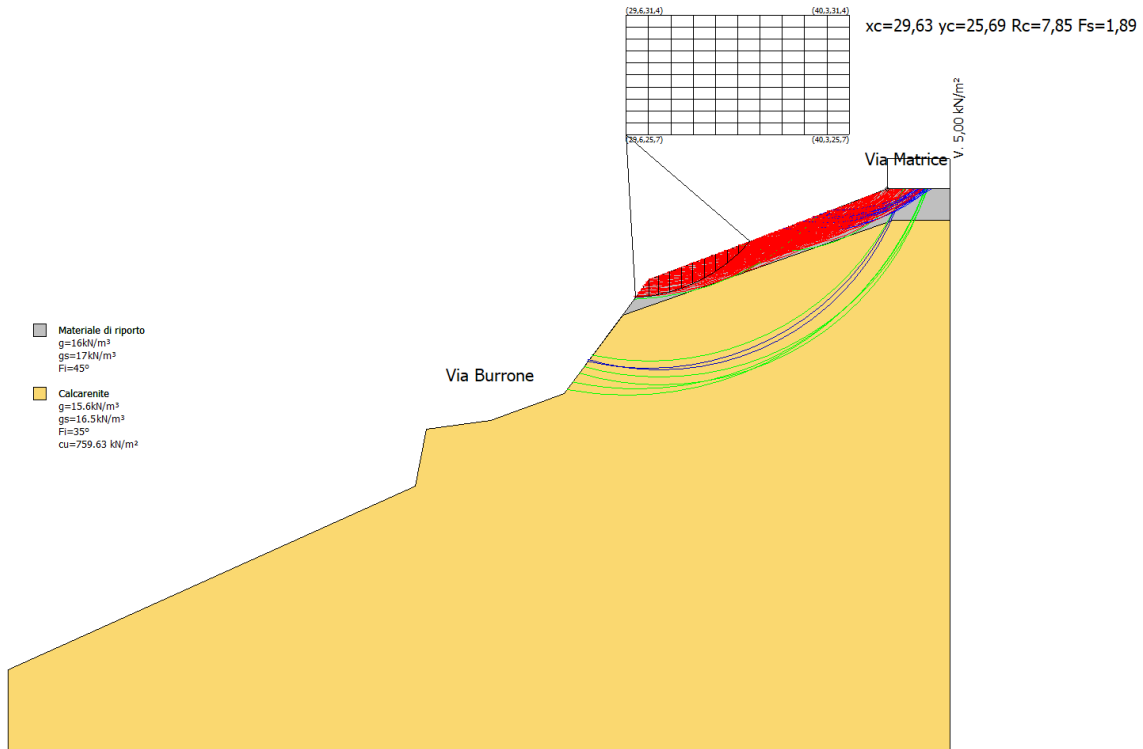
Superficie a minor fattore di sicurezza

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,89
Ascissa centro superficie	29,63 m
Ordinata centro superficie	25,69 m
Raggio superficie	7,85 m

xc = 29,628 yc = 25,688 Rc = 7,848 Fs=1,886

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,64	5,5	0,64	4,22	0,06	0,03	0,0	38,7	0,0	4,1	1,7
2	0,46	9,6	0,47	6,33	0,09	0,04	0,0	38,7	0,0	6,0	2,5
3	0,55	13,4	0,57	8,36	0,11	0,06	0,0	38,7	0,0	7,8	3,3
4	0,55	17,5	0,58	8,86	0,12	0,06	0,0	38,7	0,0	8,2	3,5
5	0,55	21,8	0,59	8,97	0,12	0,06	0,0	38,7	0,0	8,3	3,5
6	0,55	26,2	0,61	8,64	0,12	0,06	0,0	38,7	0,0	8,0	3,4
7	0,55	30,8	0,64	7,85	0,11	0,05	0,0	38,7	0,0	7,3	3,1
8	0,55	35,6	0,68	6,51	0,09	0,04	0,0	38,7	0,0	6,1	2,6
9	0,55	40,8	0,73	4,53	0,06	0,03	0,0	38,7	0,0	4,4	1,9
10	0,55	46,4	0,8	1,76	0,02	0,01	0,0	38,7	0,0	1,8	0,7







**Ulteriori interventi di messa in sicurezza sul costone di Via Matrice**

166	30,7	30,3	11,4	20,00	179	37,6	30,6	9,7	20,00	192	36,0	30,8	10,1	20,00
167	31,2	30,6	11,2	20,00	180	29,6	30,8	12,6	20,00	193	36,6	31,1	9,9	20,00
168	31,8	30,3	11,5	20,00	181	30,2	31,1	12,5	20,00	194	37,1	30,8	9,3	20,00
169	32,3	30,6	11,2	20,00	182	30,7	30,8	12,4	20,00	195	37,6	31,1	10,1	20,00
170	32,8	30,3	10,6	20,00	183	31,2	31,1	12,4	20,00	196	38,7	31,1	9,3	20,00
171	33,4	30,6	11,2	20,00	184	31,8	30,8	11,8	20,00	197	29,6	31,4	12,7	20,00
172	33,9	30,3	10,6	20,00	185	32,3	31,1	11,5	20,00	198	30,7	31,4	12,5	20,00
173	34,4	30,6	10,3	20,00	186	32,8	30,8	10,9	20,00	199	31,8	31,4	12,1	20,00
174	35,0	30,3	9,7	20,00	187	33,4	31,1	11,5	20,00	200	32,8	31,4	12,1	20,00
175	35,5	30,6	10,4	20,00	188	33,9	30,8	10,9	20,00	201	33,9	31,4	11,3	20,00
176	36,0	30,3	9,8	20,00	189	34,4	31,1	10,7	20,00	202	35,0	31,4	11,3	20,00
177	36,6	30,6	9,5	20,00	190	35,0	30,8	10,1	20,00	203	36,0	31,4	11,4	18,42
178	37,1	30,3	9,0	20,00	191	35,5	31,1	10,7	20,00					

**Superficie a minor fattore di sicurezza**

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	9,11
Ascissa centro superficie	35,51 m
Ordinata centro superficie	29,41 m
Raggio superficie	9,71 m

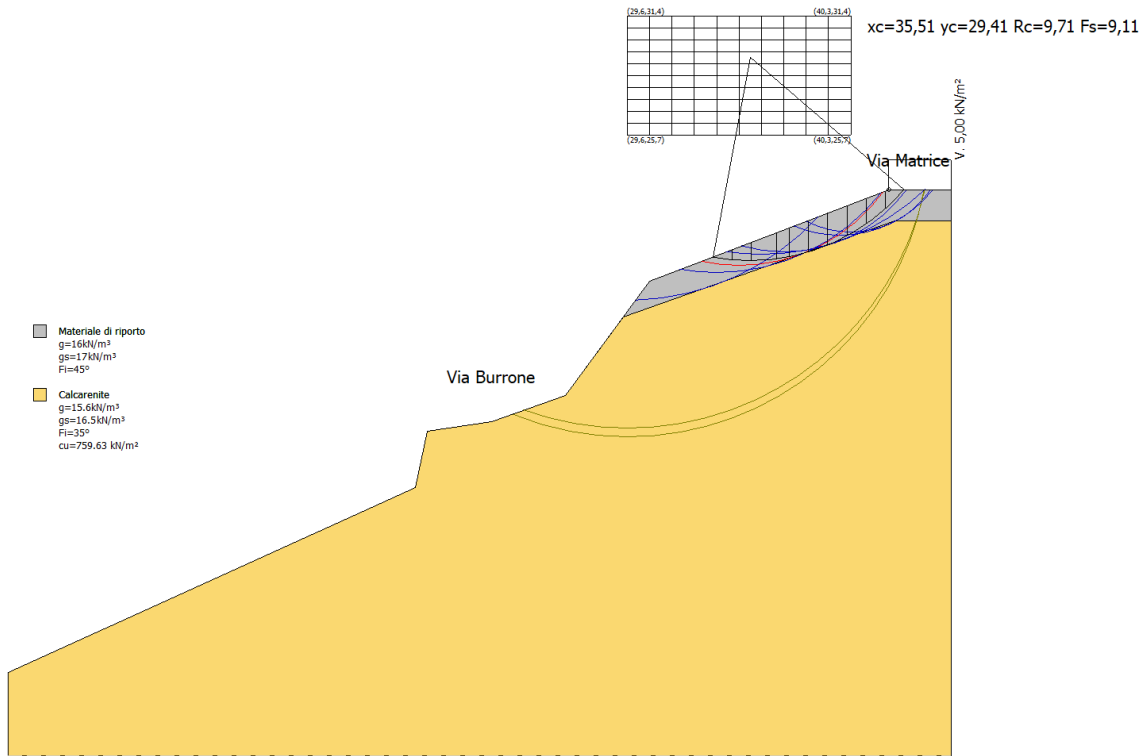
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**xc = 35,508 yc = 29,407 Rc = 9,708 Fs=9,105**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,92	-7,9	0,92	3,86	0,05	0,03	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0
2	0,92	-2,4	0,92	10,55	0,14	0,07	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0
3	1,22	3,9	1,23	22,23	0,3	0,15	0,0	0,0	0,0	22,3	0,0
4	0,61	9,3	0,62	13,59	0,18	0,09	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0
5	0,92	13,9	0,94	22,58	0,31	0,15	0,0	0,0	0,0	23,3	0,0
6	0,92	19,6	0,97	23,77	0,32	0,16	542,59	0,0	0,0	4,6	57,9
7	0,92	25,4	1,01	23,39	0,32	0,16	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0
8	0,92	31,6	1,08	21,15	0,29	0,14	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0
9	0,92	38,2	1,17	16,72	0,23	0,11	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0
10	0,92	45,5	1,31	10,98	0,15	0,07	0,0	0,0	0,0	15,7	0,0



Ulteriori interventi di messa in sicurezza sul costone di Via Matrice





## 5. Verifica Sez. D-D': SLV – drenato

### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	40,581302/16,75897
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	29,63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25,69 m
Ascissa vertice destro superiore xs	40,32 m
Ordinata vertice destro superiore ys	31,41 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

### Coefficienti sismici [N.T.C.]

#### Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,37	2,43	0,29
S.L.D.	50,0	0,51	2,51	0,29
S.L.V.	475,0	1,52	2,47	0,32
S.L.C.	975,0	1,97	2,49	0,32

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,666	0,2	0,0136	0,0068
S.L.D.	0,918	0,2	0,0187	0,0094
S.L.V.	2,6818	0,24	0,0656	0,0328
S.L.C.	3,3093	0,28	0,0945	0,0472



Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0656
Coefficiente azione sismica verticale	0,0328

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	19,5	8,84
3	20,07	11,54
4	23,12	11,99
5	26,67	13,26
6	30,71	18,72
7	36,78	21,02
8	42,13	23,09
9	45,13	23,09

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	19,5	8,84
3	20,07	11,54
4	23,12	11,99
5	26,67	13,26
6	29,45	17,02
7	42,41	21,59
8	45,13	21,59

**Coefficienti parziali azioni**

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coazione efficace	1,25
Coazione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coazione (kN/m <sup>2</sup> )	Coazione non drenata (kN/m <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	45	16	17	Materiale di riporto
2	75.96	759.63	35	15.6	16.5	Calcarenite

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	42,13427	23,08991	45,13427	23,08991	5



## Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,61
Ascissa centro superficie	29,63 m
Ordinata centro superficie	25,69 m
Raggio superficie	7,85 m

## Numero di superfici esaminate (203)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	29,6	25,7	7,8	1,61
2	30,2	26,0	7,8	1,72
3	30,7	25,7	7,4	1,80
4	31,2	26,0	7,4	1,87
5	31,8	25,7	7,0	1,89
6	32,3	26,0	7,0	1,87
7	32,8	25,7	6,5	1,87
8	33,4	26,0	7,1	1,99
9	33,9	25,7	6,5	1,98
10	34,4	26,0	6,2	1,87
11	35,0	25,7	5,6	1,85
12	35,5	26,0	6,2	1,98
13	36,0	25,7	5,7	2,00
14	36,6	26,0	5,6	1,93
15	37,1	25,7	5,5	2,05
16	37,6	26,0	5,3	1,98
17	38,2	25,7	5,2	2,09
18	38,7	26,0	4,6	1,89
19	39,2	25,7	4,1	1,89
20	39,8	26,0	4,5	2,05
21	40,3	25,7	4,0	2,17
22	29,6	26,3	8,2	1,64
23	30,2	26,5	8,2	1,75
24	30,7	26,3	7,8	1,81
25	31,2	26,5	12,2	4,04
26	31,8	26,3	7,4	1,85
27	32,3	26,5	7,3	1,82
28	32,8	26,3	6,7	1,80
29	33,4	26,5	7,4	1,91
30	33,9	26,3	6,8	1,89
31	34,4	26,5	6,4	1,79
32	35,0	26,3	6,8	1,99
33	35,5	26,5	6,5	1,89
34	36,0	26,3	5,9	1,86
35	36,6	26,5	6,5	1,99
36	37,1	26,3	5,4	1,87
37	37,6	26,5	6,1	1,98
38	38,2	26,3	5,2	1,91
39	38,7	26,5	5,1	1,84
40	39,2	26,3	5,0	2,00
41	39,8	26,5	4,9	2,01
42	40,3	26,3	4,5	2,15
43	29,6	26,8	8,6	1,68
44	30,2	27,1	8,6	1,77
45	30,7	26,8	8,2	1,82
46	31,2	27,1	13,4	3,69
47	31,8	26,8	7,8	1,82
48	32,3	27,1	7,6	1,76
49	32,8	26,8	8,0	1,92
50	33,4	27,1	7,6	1,84
51	33,9	26,8	7,0	1,82
52	34,4	27,1	7,7	1,92
53	35,0	26,8	7,1	1,91
54	35,5	27,1	6,7	1,81
55	36,0	26,8	6,1	1,78
56	36,6	27,1	6,7	1,90
57	37,1	26,8	6,3	1,94
58	37,6	27,1	6,1	1,86
59	38,2	26,8	5,9	1,91
60	38,7	27,1	5,7	1,86
61	39,2	26,8	5,5	2,01
62	39,8	27,1	5,4	2,03
63	40,3	26,8	5,1	2,27
64	29,6	27,4	9,0	1,72
65	30,2	27,7	9,0	1,77
66	30,7	27,4	12,9	4,01
67	31,2	27,7	13,6	3,79
68	31,8	27,4	8,2	1,78
69	32,3	27,7	8,8	1,87
70	32,8	27,4	8,2	1,86
71	33,4	27,7	7,9	1,78
72	33,9	27,4	7,3	1,76
73	34,4	27,7	7,9	1,85
74	35,0	27,4	7,3	1,83
75	35,5	27,7	7,9	1,93
76	36,0	27,4	7,3	1,91
77	36,6	27,7	7,0	1,83
78	37,1	27,4	7,3	3,75
79	37,6	27,7	7,1	1,93
80	38,2	27,4	6,0	1,79
81	38,7	27,7	6,5	1,98
82	39,2	27,4	5,6	1,84
83	39,8	27,7	6,0	2,13
84	40,3	27,4	5,7	2,32
85	29,6	28,0	9,4	1,75
86	30,2	28,3	14,8	3,51
87	30,7	28,0	13,2	3,75
88	31,2	28,3	10,0	1,85
89	31,8	28,0	9,4	1,90
90	32,3	28,3	9,1	1,82
91	32,8	28,0	8,5	1,80
92	33,4	28,3	9,1	1,89
93	33,9	28,0	8,5	1,87
94	34,4	28,3	8,2	1,80
95	35,0	28,0	7,6	1,77
96	35,5	28,3	8,2	1,87
97	36,0	28,0	7,6	1,85
98	36,6	28,3	7,3	1,77
99	37,1	28,0	7,6	1,92
100	37,6	28,3	7,3	1,84
101	38,2	28,0	6,9	1,89
102	38,7	28,3	6,8	1,87
103	39,2	28,0	6,4	1,98
104	39,8	28,3	6,3	2,03
105	40,3	28,0	5,9	2,23
106	29,6	28,5	15,3	3,39
107	30,2	28,8	10,9	1,74
108	30,7	28,5	10,4	1,80
109	31,2	28,8	10,3	1,85
110	31,8	28,5	9,7	1,84
111	32,3	28,8	9,4	1,78
112	32,8	28,5	8,8	1,75
113	33,4	28,8	9,4	1,83
114	33,9	28,5	8,8	1,82
115	34,4	28,8	8,5	1,74
116	35,0	28,5	8,8	1,88
117	35,5	28,8	8,5	1,81
118	36,0	28,5	7,9	1,79
119	36,6	28,8	8,5	1,88
120	37,1	28,5	7,9	1,86
121	37,6	28,8	7,6	1,79
122	38,2	28,5	7,1	1,79
123	38,7	28,8	7,8	2,10
124	39,2	28,5	7,3	2,19
125	39,8	28,8	7,2	2,26
126	40,3	28,5	6,7	2,41
127	29,6	29,1	11,2	1,69
128	30,2	29,4	11,2	1,76
129	30,7	29,1	10,8	1,81
130	31,2	29,4	10,6	1,81
131	31,8	29,1	10,0	1,79
132	32,3	29,4	9,7	1,73
133	32,8	29,1	10,0	1,85
134	33,4	29,4	9,7	1,79
135	33,9	29,1	9,1	1,77
136	34,4	29,4	9,7	1,85
137	35,0	29,1	9,1	1,83
138	35,5	29,4	8,8	1,77
139	36,0	29,1	8,2	1,75
140	36,6	29,4	8,8	1,83
141	37,1	29,1	8,2	1,81
142	37,6	29,4	8,0	1,75
143	39,2	29,1	7,7	2,14
144	39,8	29,4	7,5	2,23
145	29,6	29,7	11,3	1,75
146	30,2	30,0	11,3	1,78
147	30,7	29,7	11,2	1,81
148	31,2	30,0	10,9	1,77
149	31,8	29,7	10,3	1,75
150	32,3	30,0	10,9	1,82
151	32,8	29,7	10,3	1,81
152	33,4	30,0	10,0	1,75
153	33,9	29,7	9,4	1,73
154	34,4	30,0	10,0	1,81
155	35,0	29,7	9,4	1,79
156	35,5	30,0	9,1	1,73
157	36,0	29,7	9,4	1,85
158	36,6	30,0	9,2	1,79
159	37,1	29,7	8,6	1,77
160	37,6	30,0	9,3	2,00
161	38,2	29,7	8,7	2,02
162	39,2	29,7	8,0	2,10
163	39,8	30,0	7,9	2,21
164	29,6	30,3	12,5	3,43
165	30,2	30,6	12,4	1,76
166	30,7	30,3	11,4	1,77
167	31,2	30,6	11,2	1,74
168	31,8	30,3	11,5	1,84
169	32,3	30,6	11,2	1,79
170	32,8	30,3	10,6	1,77
171	33,4	30,6	11,2	1,84
172	33,9	30,3	10,6	1,82
173	34,4	30,6	10,3	1,77
174	35,0	30,3	9,7	1,75





Ulteriori interventi di messa in sicurezza sul costone di Via Matrice

175	35,5	30,6	10,4	1,82	185	32,3	31,1	11,5	1,75	195	37,6	31,1	10,1	1,96
176	36,0	30,3	9,8	1,80	186	32,8	30,8	10,9	1,73	196	38,7	31,1	9,3	2,01
177	36,6	30,6	9,5	1,75	187	33,4	31,1	11,5	1,80	197	29,6	31,4	12,7	1,75
178	37,1	30,3	9,0	1,73	188	33,9	30,8	10,9	1,79	198	30,7	31,4	12,5	1,78
179	37,6	30,6	9,7	1,99	189	34,4	31,1	10,7	1,73	199	31,8	31,4	12,1	1,77
180	29,6	30,8	12,6	1,74	190	35,0	30,8	10,1	1,71	200	32,8	31,4	12,1	1,82
181	30,2	31,1	12,5	1,79	191	35,5	31,1	10,7	1,78	201	33,9	31,4	11,3	1,75
182	30,7	30,8	12,4	1,81	192	36,0	30,8	10,1	1,77	202	35,0	31,4	11,3	1,80
183	31,2	31,1	12,4	1,81	193	36,6	31,1	9,9	1,72	203	36,0	31,4	10,5	1,74
184	31,8	30,8	11,8	1,80	194	37,1	30,8	9,3	1,71					

Superficie a minor fattore di sicurezza

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,61
Ascissa centro superficie	29,63 m
Ordinata centro superficie	25,69 m
Raggio superficie	7,85 m

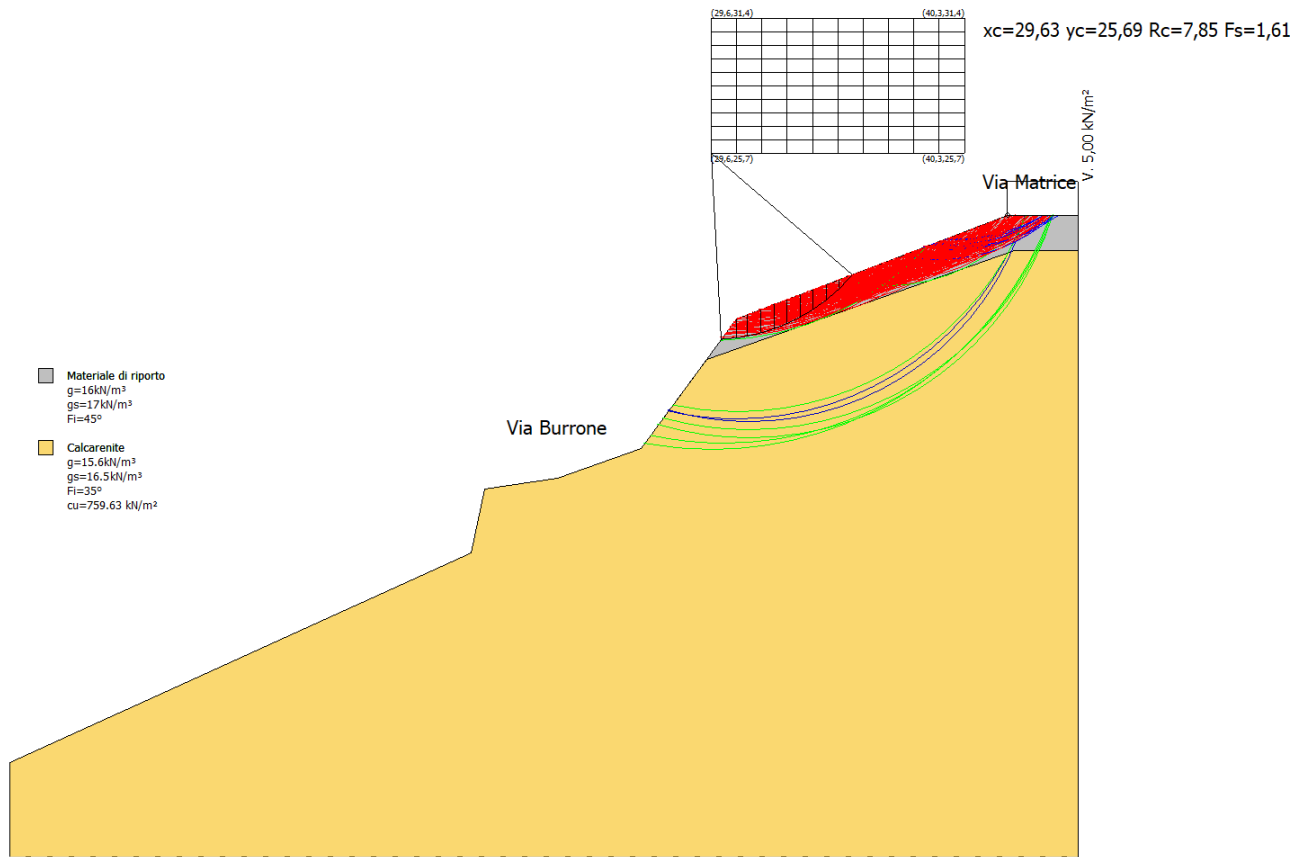
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$x_c = 29,628$   $y_c = 25,688$   $R_c = 7,848$   $F_s = 1,607$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,64	5,5	0,64	4,22	0,28	0,14	0,0	38,7	0,0	4,0	2,0
2	0,46	9,6	0,47	6,33	0,42	0,21	0,0	38,7	0,0	5,9	2,9
3	0,55	13,4	0,57	8,36	0,55	0,27	0,0	38,7	0,0	7,7	3,8
4	0,55	17,5	0,58	8,86	0,58	0,29	0,0	38,7	0,0	8,0	4,0
5	0,55	21,8	0,59	8,97	0,59	0,29	0,0	38,7	0,0	8,1	4,0
6	0,55	26,2	0,61	8,64	0,57	0,28	0,0	38,7	0,0	7,7	3,9
7	0,55	30,8	0,64	7,85	0,51	0,26	0,0	38,7	0,0	7,0	3,5
8	0,55	35,6	0,68	6,51	0,43	0,21	0,0	38,7	0,0	5,9	2,9
9	0,55	40,8	0,73	4,53	0,3	0,15	0,0	38,7	0,0	4,2	2,1
10	0,55	46,4	0,8	1,76	0,12	0,06	0,0	38,7	0,0	1,7	0,8



Ulteriori interventi di messa in sicurezza sul costone di Via Matrice





## 6. Verifica Sez. D-D': SLV – non drenato

## Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	7,83
Ascissa centro superficie	35,51 m
Ordinata centro superficie	29,41 m
Raggio superficie	9,71 m

## Numero di superfici esaminate (203)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs															
					53	35,0	26,8	7,1	20,00	108	30,7	28,5	10,4	20,00					
					54	35,5	27,1	6,7	20,00	109	31,2	28,8	10,3	20,00					
					55	36,0	26,8	6,1	20,00	110	31,8	28,5	9,7	20,00					
					56	36,6	27,1	6,7	20,00	111	32,3	28,8	9,4	20,00					
					57	37,1	26,8	6,3	20,00	112	32,8	28,5	8,8	20,00					
					58	37,6	27,1	6,1	20,00	113	33,4	28,8	9,4	20,00					
					59	38,2	26,8	5,9	20,00	114	33,9	28,5	8,8	20,00					
					60	38,7	27,1	5,7	20,00	115	34,4	28,8	8,5	20,00					
					61	39,2	26,8	5,5	20,00	116	35,0	28,5	8,8	20,00					
					62	39,8	27,1	5,4	20,00	117	35,5	28,8	8,5	20,00					
					63	40,3	26,8	5,1	20,00	118	36,0	28,5	7,9	20,00					
					64	29,6	27,4	9,0	20,00	119	36,6	28,8	8,5	20,00					
					65	30,2	27,7	14,6	19,14	120	37,1	28,5	7,9	20,00					
					66	30,7	27,4	9,7	20,00	121	37,6	28,8	7,6	20,00					
					67	31,2	27,7	9,6	20,00	122	38,2	28,5	7,1	20,00					
					68	31,8	27,4	8,2	20,00	123	38,7	28,8	7,8	20,00					
					69	32,3	27,7	8,8	20,00	124	39,2	28,5	7,3	20,00					
					70	32,8	27,4	8,2	20,00	125	39,8	28,8	7,2	20,00					
					71	33,4	27,7	7,9	20,00	126	40,3	28,5	6,7	20,00					
					72	33,9	27,4	7,3	20,00	127	29,6	29,1	11,2	20,00					
					73	34,4	27,7	7,9	20,00	128	30,2	29,4	11,2	20,00					
					74	35,0	27,4	7,3	20,00	129	30,7	29,1	10,8	20,00					
					75	35,5	27,7	7,9	20,00	130	31,2	29,4	10,6	20,00					
					76	36,0	27,4	7,3	20,00	131	31,8	29,1	10,0	20,00					
					77	36,6	27,7	7,0	20,00	132	32,3	29,4	9,7	20,00					
					78	37,1	27,4	7,3	16,00	133	32,8	29,1	10,0	20,00					
					79	37,6	27,7	7,1	20,00	134	33,4	29,4	9,7	20,00					
					80	38,2	27,4	6,0	20,00	135	33,9	29,1	10,0	16,30					
					81	38,7	27,7	6,5	20,00	136	34,4	29,4	9,7	20,00					
					82	39,2	27,4	5,6	20,00	137	35,0	29,1	9,1	20,00					
					83	39,8	27,7	6,0	20,00	138	35,5	29,4	9,7	7,83					
					84	40,3	27,4	5,7	20,00	139	36,0	29,1	8,2	20,00					
					85	29,6	28,0	15,1	18,78	140	36,6	29,4	8,8	20,00					
					86	30,2	28,3	14,8	19,94	141	37,1	29,1	8,2	20,00					
					87	30,7	28,0	10,1	20,00	142	37,6	29,4	8,0	20,00					
					88	31,2	28,3	10,0	20,00	143	39,2	29,1	7,7	20,00					
					89	31,8	28,0	9,4	20,00	144	39,8	29,4	7,5	20,00					
					90	32,3	28,3	9,1	20,00	145	29,6	29,7	11,3	20,00					
					91	32,8	28,0	8,5	20,00	146	30,2	30,0	11,3	20,00					
					92	33,4	28,3	9,1	20,00	147	30,7	29,7	11,2	20,00					
					93	33,9	28,0	8,5	20,00	148	31,2	30,0	10,9	20,00					
					94	34,4	28,3	8,2	20,00	149	31,8	29,7	10,3	20,00					
					95	35,0	28,0	8,5	8,59	150	32,3	30,0	10,9	20,00					
					96	35,5	28,3	8,2	20,00	151	32,8	29,7	10,3	20,00					
					97	36,0	28,0	7,6	20,00	152	33,4	30,0	10,0	20,00					
					98	36,6	28,3	7,3	20,00	153	33,9	29,7	9,4	20,00					
					99	37,1	28,0	7,6	20,00	154	34,4	30,0	10,0	20,00					
					100	37,6	28,3	7,3	20,00	155	35,0	29,7	9,4	20,00					
					101	38,2	28,0	6,9	20,00	156	35,5	30,0	9,1	20,00					
					102	38,7	28,3	6,8	20,00	157	36,0	29,7	9,4	20,00					
					103	39,2	28,0	6,4	20,00	158	36,6	30,0	9,2	20,00					
					104	39,8	28,3	6,3	20,00	159	37,1	29,7	8,6	20,00					
					105	40,3	28,0	5,9	20,00	160	37,6	30,0	9,3	20,00					
					106	29,6	28,5	15,3	19,25	161	38,2	29,7	8,7	20,00					
					107	30,2	28,8	10,9	20,00	162	39,2	29,7	8,0	20,00					



**Ulteriori interventi di messa in sicurezza sul costone di Via Matrice**

163	39,8	30,0	7,9	20,00	177	36,6	30,6	9,5	20,00	191	35,5	31,1	10,7	20,00
164	29,6	30,3	12,5	15,25	178	37,1	30,3	9,0	20,00	192	36,0	30,8	10,1	20,00
165	30,2	30,6	12,4	20,00	179	37,6	30,6	9,7	20,00	193	36,6	31,1	9,9	20,00
166	30,7	30,3	11,4	20,00	180	29,6	30,8	12,6	20,00	194	37,1	30,8	9,3	20,00
167	31,2	30,6	11,2	20,00	181	30,2	31,1	12,5	20,00	195	37,6	31,1	10,1	20,00
168	31,8	30,3	11,5	20,00	182	30,7	30,8	12,4	20,00	196	38,7	31,1	9,3	20,00
169	32,3	30,6	11,2	20,00	183	31,2	31,1	12,4	20,00	197	29,6	31,4	12,7	20,00
170	32,8	30,3	10,6	20,00	184	31,8	30,8	11,8	20,00	198	30,7	31,4	12,5	20,00
171	33,4	30,6	11,2	20,00	185	32,3	31,1	11,5	20,00	199	31,8	31,4	12,1	20,00
172	33,9	30,3	10,6	20,00	186	32,8	30,8	10,9	20,00	200	32,8	31,4	12,1	20,00
173	34,4	30,6	10,3	20,00	187	33,4	31,1	11,5	20,00	201	33,9	31,4	11,3	20,00
174	35,0	30,3	9,7	20,00	188	33,9	30,8	10,9	20,00	202	35,0	31,4	11,3	20,00
175	35,5	30,6	10,4	20,00	189	34,4	31,1	10,7	20,00	203	36,0	31,4	11,4	15,73
176	36,0	30,3	9,8	20,00	190	35,0	30,8	10,1	20,00					

**Superficie a minor fattore di sicurezza**

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	7,83
Ascissa centro superficie	35,51 m
Ordinata centro superficie	29,41 m
Raggio superficie	9,71 m

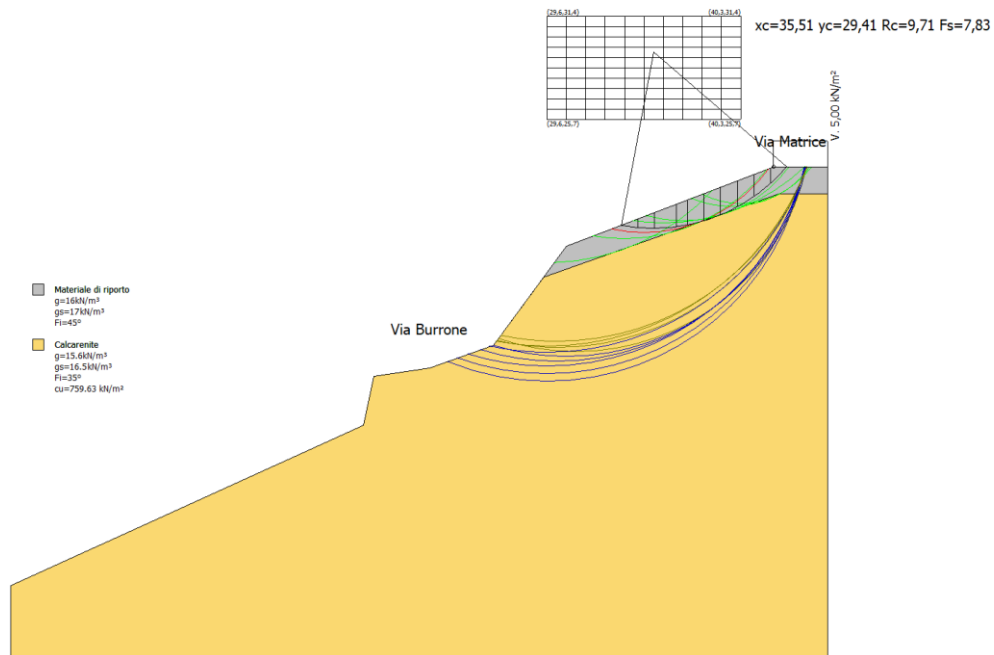
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

**xc = 35,508 yc = 29,407 Rc = 9,708 Fs=7,827**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,92	-7,9	0,92	3,86	0,25	0,13	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0
2	0,92	-2,4	0,92	10,55	0,69	0,35	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0
3	1,22	3,9	1,23	22,23	1,46	0,73	0,0	0,0	0,0	22,3	0,0
4	0,61	9,3	0,62	13,59	0,89	0,45	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0
5	0,92	13,9	0,94	22,58	1,48	0,74	0,0	0,0	0,0	23,3	0,0
6	0,92	19,6	0,97	23,77	1,56	0,78	542,59	0,0	0,0	1,3	67,4
7	0,92	25,4	1,01	23,39	1,53	0,77	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0
8	0,92	31,6	1,08	21,15	1,39	0,69	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0
9	0,92	38,2	1,17	16,72	1,1	0,55	0,0	0,0	0,0	21,3	0,0
10	0,92	45,5	1,31	10,98	0,72	0,36	0,0	0,0	0,0	15,7	0,0



Ulteriori interventi di messa in sicurezza sul costone di Via Matrice



### 7. Riepilogo delle verifiche per la Sez. D-D'

Di seguito, in forma tabellare, il riepilogo delle verifiche di stabilità eseguite.

FS			
SLO (condizioni drenata)	SLO (condizioni non drenata)	SLV (condizioni drenata)	SLV (condizioni non drenata)
1,89	9,11	1,61	7,83



## 8. Studio agli elementi finiti degli effetti del consolidamento nella cavità P

Per la modellazione in questione si è utilizzato un programma agli elementi finiti, per valutare l'entità dell'intervento da eseguirsi nella sotto cavità P, in termini di miglioramento dei coefficienti di sicurezza globali.

La sezione interessata è quella rappresentata in figura sotto (Fig. 2); la stessa è stata parzializzata all'area d'intervento, con riferimento pertanto alla sola cavità P, ed alle strade prospicienti (Via Matrice e Via Burrone), come mostrato in Fig. 3.

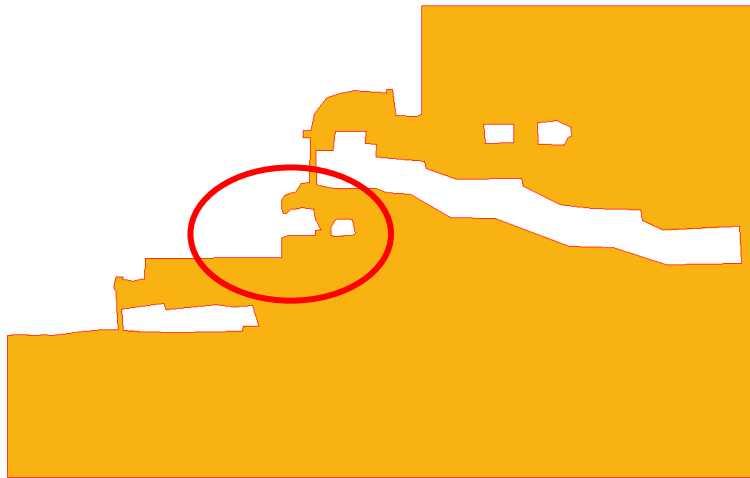


Fig. 2 – Sezione interessata

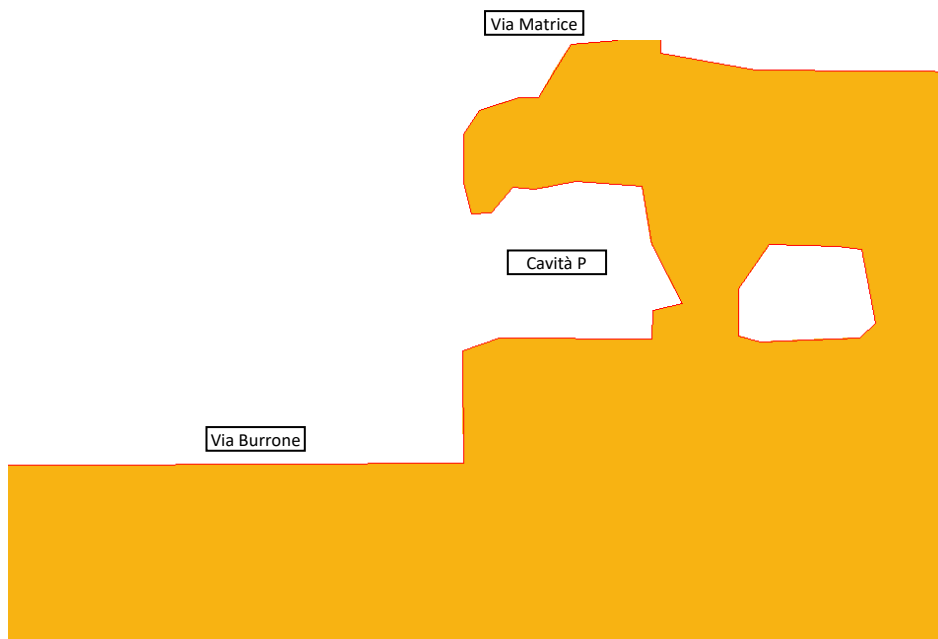


Fig. 3 – Sezione utilizzata per la modellazione numerica – Cavità P



I parametri geomeccanici utilizzati per la modellazione, sono stati desunti dalle indagini effettuate in sito ed in laboratorio; il modello geotecnico così ottenuto, ha mostrato all'incirca le stesse caratteristiche geomeccaniche di quello utilizzato da CNR-IRPI nella ricerca già citata.

Nella fase di input, sono state implementate nel programma di calcolo tutte le informazioni utili, come geometria e caratteristiche del modello geotecnico, per poi passare alla definizione delle fasi di calcolo.

Le fasi di calcolo considerate sono essenzialmente le seguenti:

- **Fase 1\_Condizioni iniziali:** in tale fase viene calcolato lo stato tensionale iniziale del problema, ossia considerando la presenza di eventuali carichi già agenti; il calcolo tensionale iniziale, è stato impostato attraverso la procedura cosiddetta di Gravity Loading, che tiene conto della presenza del piano campagna non orizzontale, pertanto con distribuzione delle tensioni geostatiche non assialsimmetrica. Al termine della fase di calcolo, le deformazioni acquisite dal modello in tale fase vengono resettate a zero, poiché rappresentativo dello stato attuale;
- **Fase 2\_Scavo della cavità P:** in tale fase si è simulato lo scavo (avvenuto a suo tempo) della cavità P;
- **Fase 3\_Safety Ante:** in tale fase valutata la sicurezza globale della sezione, quindi allo stato attuale, cioè a monte degli interventi da eseguire (ante operam);
- **Fase 4\_Interventi:** in tale fase sono stati introdotti gli interventi progettati nel caso specifico, implementando inoltre i carichi futuri sovrastanti, come quelli derivanti dalla viabilità pedonale di Via Matrice;
- **Fase 5\_Safety Post:** in tale fase si è nuovamente valutata la sicurezza globale della sezione, quindi allo stato di progetto, ossia a valle degli interventi da eseguire (post operam).

Con tale modellazione si è potuto constatare come l'intervento proposto in fase progettuale apporta certamente un miglioramento delle condizioni di stabilità globale, sia nei confronti della staticità dell'opera che nei confronti della futura fruibilità (ossia sotto l'azione dei carichi di Via Matrice).

Infatti la modellazione ante operam mostra potenziali deformazioni nell'ordine dei 2 cm, associate a coefficienti di stabilità globale  $FS = 1,078$ , pertanto al di sotto del limite consentito da normativa.

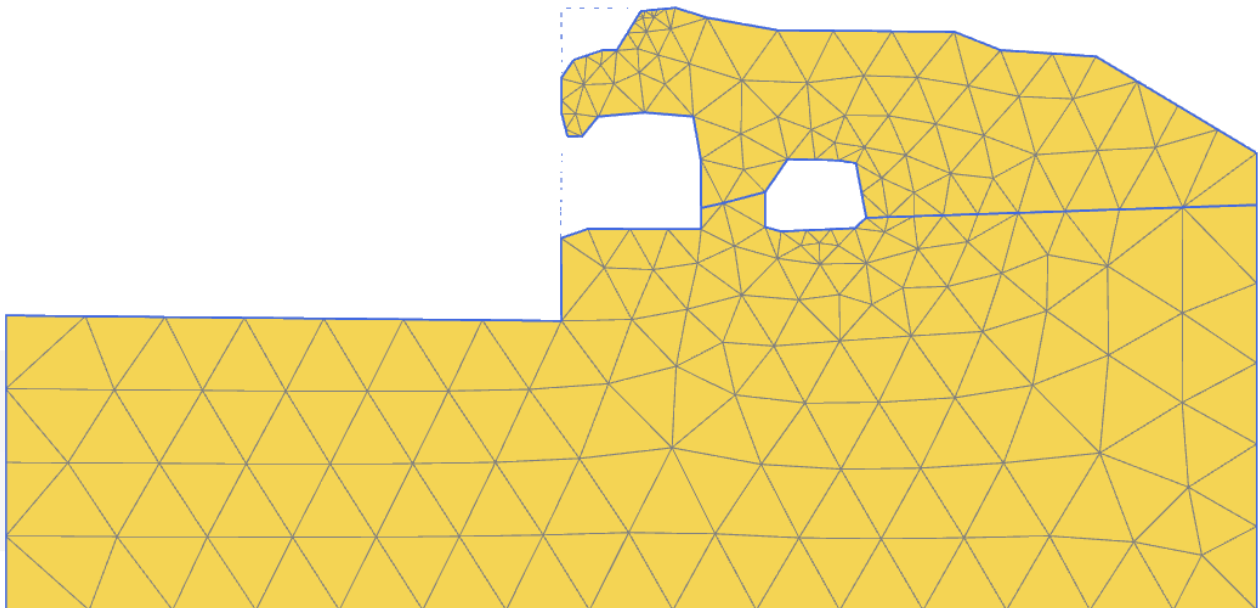


Fig. 4 – Mesh deformata: massimo valore = 0,01969 m

Calculation information

Step info				
Phase	Safety ante [Phase_1]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	0,5000			
Relative stiffness	0,03608E-12			
Multipliers				
Soil weight			$\Sigma M_{weight}$	1,000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	0,01721E-3	$\Sigma M_{sf}$	1,078
Time	Increment	0,000	End time	0,000
Staged construction				
Active proportion total area	$M_{Area}$	0,000	$\Sigma M_{Area}$	0,9549
Active proportion of stage	$M_{Stage}$	0,000	$\Sigma M_{Stage}$	0,000
Forces				
$F_x$	0,000 kN/m			
$F_y$	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m <sup>2</sup>			

Copy Print Close

Fig. 5 – Informazioni di calcolo: valore del coefficiente di sicurezza globale  $EM_{sf} = 1,078$





In seguito alla modellazione degli interventi, al post operam, le potenziali deformazioni si sono completamente annullate, associate infatti a valori del coefficiente di stabilità globale notevolmente maggiori, pari a circa  $FS = 2,528$ .

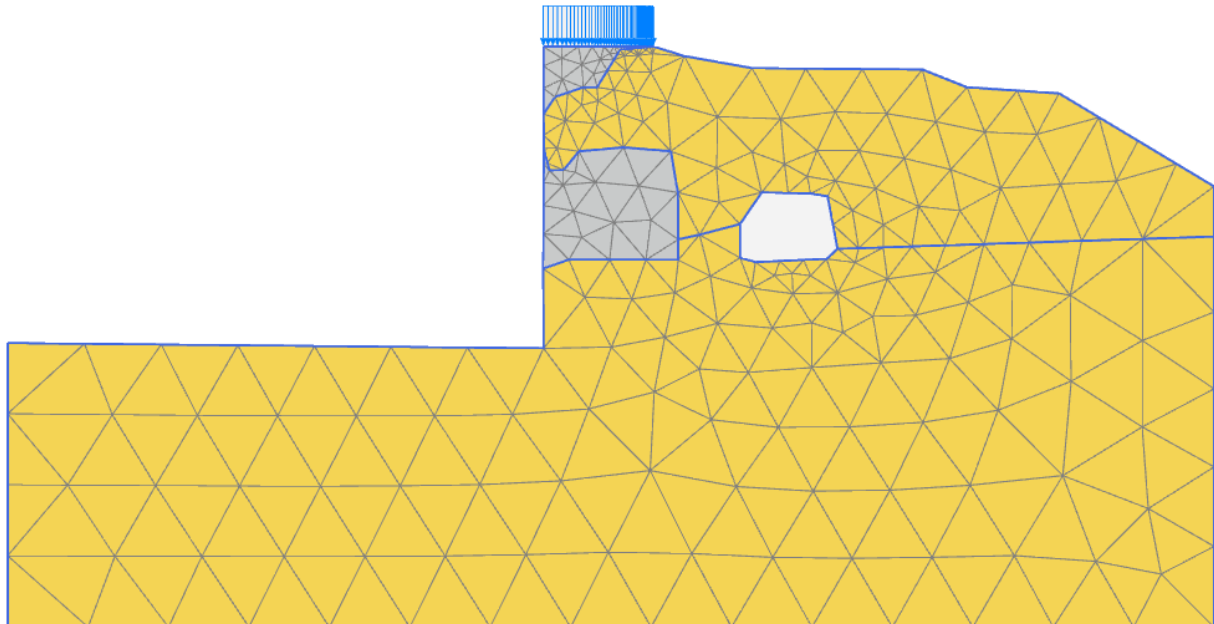


Fig. 6 – Mesh deformata: massimo valore =  $4,153 \cdot 10^{-3} m$

Calculation information

Step info				
Phase	Safety post [Phase_1]			
Step	Initial			
Calculation mode	Classical mode			
Step type	Safety			
Updated mesh	False			
Solver type	Picos			
Kernel type	32 bit			
Extrapolation factor	1,000			
Relative stiffness	-0,1695E-9			
Multipliers				
Soil weight			$\Sigma M_{Weight}$	1,000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	-0,2107E-3	$\Sigma M_{sf}$	2,528
Time	Increment	0,000	End time	0,000
Staged construction				
Active proportion total area	$M_{Area}$	0,000	$\Sigma M_{Area}$	0,9887
Active proportion of stage	$M_{Stage}$	0,000	$\Sigma M_{Stage}$	0,000
Forces				
$F_x$	0,000 kN/m			
$F_y$	0,000 kN/m			
Consolidation				
Realised $P_{Excess,Max}$	0,000 kN/m <sup>2</sup>			

Copy Print Close

Fig. 7 – Informazioni di calcolo: valore del coefficiente di sicurezza globale  $EM_{sf} = 2,528$