

S.S. 131 di "Carlo Felice"
Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131
Risoluzione dei nodi critici - 2° stralcio
dal km 108+300 al km 158+000

PROGETTO ESECUTIVO

CA284

R.T.I. di PROGETTAZIONE:

Mandataria



**PRO
ITER**
Progetto
Infrastrutture
Territorio s.r.l.

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it

Mandante



Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Formichi - Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Riccardo Formichi
Ordine Ing. di Milano n. 18045

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Massimo Mezzanzanica - Pro Iter srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Diego Ceccherelli
Ordine Ing. di Milano n. 15813

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA



PROTOCOLLO

DATA

GEOTECNICA

AREA ARCHEOLOGICA "SANTA BARBARA" AL Km 144+500

Relazione Geotecnica e di Calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	V10GE00GETRE01B .pdf		
L O P L S Q	E	1901	CODICE ELAB. V10GE00GETRE01	B	-
D					
C					
B	Revisione per istruttoria, verifica e controlli D.Lgs. 35/11	Aprile 2021	Parisi	Rivoltini	Formichi
A	Emissione	Marzo 2020	Parisi-Prati	Rivoltini	Formichi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	1
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	2
1.1	Riferimenti normativi	2
1.2	Documenti di progetto.....	2
3	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA.....	3
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	4
4.1	Calcestruzzo per elevazioni muri di sostegno.....	4
4.2	Calcestruzzo per fondazioni muri di sostegno e cordoli in c.a.	4
4.3	Calcestruzzo magro per sottofondazioni.....	5
4.4	Malta cementizia per micropali	5
4.5	Acciaio per calcestruzzo armato	5
4.6	Acciaio per micropali	5
4.7	Barre auto-perforanti tipologia R32N o equivalente	6
4.8	Malta di iniezione per chiodature (UNI EN 206).....	6
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	10
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
7.1	Descrizione delle indagini.....	10
7.2	Profili stratigrafici dell'area.....	10
7.3	Unità geotecnica BA – Basalti alterati	10
7.4	Unità geotecnica B – Basalti non alterati	11
8	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	14
9	VERIFICHE OPERA DI SOSTEGNO PROVVISORIALE: PARATIA	15
9.1	Modello di calcolo.....	15
9.2	Caratteristiche geometriche della paratia	16
9.3	Metodologia di calcolo	16
9.4	Coefficienti di spinta dei terreni.....	16
9.5	Step di calcolo dell'analisi	17
9.6	Risultati dell'analisi.....	17
9.6.1	Diagrammi del momento flettente	17
9.6.2	Diagrammi dell'azione di taglio	19
9.6.3	Diagramma delle deformazioni della paratia.....	20
9.7	Sollecitazioni massime	20
9.8	Verifiche di resistenza dei micropali	21
9.9	Verifiche dei contrasti – micropali a cavalletto.....	21
9.9.1	Verifiche SLE.....	21
9.9.2	Verifiche SLU.....	22
9.9.3	Verifica allo sfilamento.....	22
10	VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 1.....	24
10.1	Descrizione della struttura	24
10.2	Analisi dei carichi	25
10.2.1	Peso proprio	25
10.2.2	Carichi permanenti.....	25
10.2.3	Carichi accidentali.....	25
10.3	Verifiche geotecniche	26
10.3.1	Verifica a ribaltamento	26
10.3.2	Verifica a scivolamento.....	26
10.3.3	Verifica di capacità portante della fondazione	26
10.4	Verifiche strutturali dell'elevazione	27
10.4.1	Sollecitazioni alla base dell'elevazione	27
10.4.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	27
10.4.3	Verifica a taglio (SLU).....	28

Relazione Geotecnica e di Calcolo

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

10.4.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	28
10.4.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	28
10.5	Verifiche strutturali della fondazione.....	29
10.5.1	Sollecitazioni agenti sulla fondazione	29
10.5.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	30
10.5.3	Verifica a taglio (SLU).....	31
10.5.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	31
10.5.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	32
11	VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 2.....	33
11.1	Descrizione della struttura	33
11.2	Analisi dei carichi	35
11.2.1	Peso proprio	35
11.2.2	Carichi permanenti.....	35
11.2.3	Carichi accidentali.....	35
11.3	Verifiche geotecniche	36
11.3.1	Verifica a ribaltamento	36
11.3.2	Verifica a scivolamento.....	36
11.3.3	Verifica di capacità portante della fondazione	36
11.4	Verifiche strutturali dell'elevazione principale	37
11.4.1	Sollecitazioni alla base dell'elevazione	37
11.4.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	37
11.4.3	Verifica a taglio (SLU).....	38
11.4.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	38
11.4.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	38
11.5	Verifiche strutturali dell'elevazione secondaria.....	39
11.5.1	Sollecitazioni alla base dell'elevazione	39
11.5.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	39
11.5.3	Verifica a taglio (SLU).....	40
11.5.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	40
11.5.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	41
11.6	Verifiche strutturali della fondazione.....	42
11.6.1	Sollecitazioni agenti sulla fondazione	42
11.6.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	43
11.6.3	Verifica a taglio (SLU).....	43
11.6.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	44
11.6.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	44
12	VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 3.....	46
12.1	Descrizione della struttura	46
12.2	Analisi dei carichi	47
12.2.1	Peso proprio	47
12.2.2	Carichi permanenti.....	47
12.2.3	Carichi accidentali.....	47
12.3	Verifiche geotecniche	48
12.3.1	Verifica a ribaltamento	48
12.3.2	Verifica a scivolamento.....	48
12.3.3	Verifica di capacità portante della fondazione	48
12.4	Verifiche strutturali dell'elevazione	49
12.4.1	Sollecitazioni alla base dell'elevazione	49
12.4.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	49
12.4.3	Verifica a taglio (SLU).....	50
12.4.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	50
12.4.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	50
12.5	Verifiche strutturali della fondazione.....	51
12.5.1	Sollecitazioni agenti sulla mensola di fondazione posteriore	51
12.5.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	51
12.5.3	Verifica a taglio (SLU).....	52
12.5.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	52
12.5.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	53
12.5.6	Verifica dell'elemento tozzo	53
13	VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 4.....	55
13.1	Descrizione della struttura	55

Relazione Geotecnica e di Calcolo

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

13.2	Analisi dei carichi	56
13.2.1	Peso proprio	56
13.2.2	Carichi permanenti.....	56
13.2.3	Carichi accidentali.....	56
13.3	Verifiche geotecniche	57
13.3.1	Verifica a ribaltamento	57
13.3.2	Verifica a scivolamento.....	57
13.3.3	Verifica di capacità portante della fondazione	57
13.4	Verifiche strutturali dell'elevazione	58
13.4.1	Sollecitazioni alla base dell'elevazione	58
13.4.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	58
13.4.3	Verifica a taglio (SLU).....	59
13.4.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	59
13.4.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	59
13.5	Verifiche strutturali della fondazione.....	60
13.5.1	Sollecitazioni agenti sulla fondazione	60
13.5.2	Verifica a pressoflessione (SLU).....	61
13.5.3	Verifica a taglio (SLU).....	61
13.5.4	Verifica di limitazione delle tensioni (SLE).....	62
13.5.5	Verifica di fessurazione (SLE).....	62
14	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	64
15	INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO AL PIEDE DELLA SCARPATA	71
15.1	Parametri geotecnici – sezione di calcolo	73
15.2	Verifica di stabilità della scarpata	73
15.3	Verifica di sfilamento degli ancoraggi.....	79
15.3.1	Aderenza malta cementizia – terreno	79
15.3.2	Aderenza acciaio – malta cementizia	80
15.3.3	Rottura dell'ancoraggio lato acciaio.....	80
	ALLEGATO 1: REPORT DI CALCOLO ANALISI PARATIE PLUS	81
	ALLEGATO 2: REPORT DI CALCOLO ANALISI NUMERICHE SLIDE	82

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo è parte integrante del Progetto Esecutivo denominato *Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131 "Carlo Felice" – risoluzione dei nodi critici, 2° stralcio, dal km 108+300 al km 158+000*.

Nel seguito si riportano le verifiche geotecniche e strutturali delle opere di sostegno necessarie per l'adeguamento del tombino idraulico e la realizzazione della pista pedonale di accesso all'area archeologica "Santa Barbara".

Per l'opera in oggetto sono previste le seguenti lavorazioni:

- esecuzione dei muri di sottoscarpa;
- esecuzione di paratie provvisorie in micropali contrastate mediante micropali a cavalletto.

Tutte le verifiche sono state condotte in accordo al metodo semiprobabilistico agli stati limite secondo le prescrizioni presenti nelle NTC 2008 e nella relativa circolare applicativa (febbraio 2009).

Nel seguito si riportano le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dalle opere in esame e i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali ad esse inerenti.

Per la descrizione dettagliata della metodologia di calcolo adottata nelle verifiche si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale [1].

In aggiunta a quanto sopra, al capitolo 15 è riportato il dimensionamento di un intervento di consolidamento da realizzarsi ai piedi delle scarpate situate nel tratto di strada in trincea, tra le sezioni A1 e A12 della rampa A (in entrata all'area archeologica di S. Barbara) e le sezioni O36 e O41 della rampa O (in uscita all'area archeologica di S. Barbara). Tale intervento consiste nel rimodellamento della parte terminale della scarpata esistente (per un'altezza di circa 4-5 m) allo scopo di permettere l'ampliamento delle carreggiate per permettere il distacco/ingresso delle rampe.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1.1 Riferimenti normativi

- **D.M. 14.01.2008** "Norme tecniche per le costruzioni".
- **Circ. 02.02.2009, n.617 C.S.LL.PP.** "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14.01.2008.
- **Delibera Regione Autonoma della Sardegna n. 15/31 del 30.03.2004** "Disposizioni preliminari in attuazione dell'Ordinanza P.C.M. 3274 del 20.3.2003".

1.2 Documenti di progetto

- [1] T00GE00GETRE01 Relazione Geotecnica Generale
- [2] T00GE00GETRE02 Relazione Sismica
- [3] V10OS01GETDI02 Muri d'ala TS07 – Carpenteria e sezioni
- [4] V10OS01GETDI04 Muri d'ala TS07 – Opere provvisionali – Sezioni e particolari

3 PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

Paratie Plus 19.0

HarpaCeAS – Centro di Analisi Strutturale s.r.l.

Programma di calcolo per l'analisi ad elementi finiti di paratie

Verifiche C.A. S.L.U.

Professore Piero Gelfi

Programma per il calcolo dei domini resistenti M-N per sezioni in calcestruzzo armato

Slide 6.0

Rocscience Inc.

Programma per l'analisi di stabilità di pendii.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo per elevazioni muri di sostegno

Classe di resistenza	C32/40		
Classe di esposizione	XC4-XD1		
Classe di consistenza	S4		
Diametro massimo aggregato	25 mm		
Massimo rapporto acqua/cemento	0.50		
Contenuto minimo di cemento	340 kg/mc		
Copriferro	50 mm		
Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	40.00	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	= 33.2	N/mm ²
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 41.2	N/mm ²
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 33642.8	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 3.1	N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	= 2.17	N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50	--
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	--
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	= 18.81	N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	= 1.45	N/mm ²
Stato Limite di Esercizio			
Tensione max di compressione - Comb. rara	$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$	= 19.92	N/mm ²
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$	= 14.94	N/mm ²
Stato Limite di Fessurazione			
Classe di esposizione	XC4-XD1		
Valore limite di apertura delle fessure - Comb. frequente.	$w \leq w_3$	= 0.4	mm
Valore limite di apertura delle fessure - Comb. quasi perm.	$w \leq w_2$	= 0.3	mm

4.2 Calcestruzzo per fondazioni muri di sostegno e cordoli in c.a.

Classe di resistenza	C25/30		
Classe di esposizione	XC2		
Classe di consistenza	S4		
Diametro massimo aggregato	32 mm		
Massimo rapporto acqua/cemento	0.60		
Contenuto minimo di cemento	300 kg/mc		
Copriferro	50 mm		
Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	30.00	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	= 24.90	N/mm ²
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	= 32.90	N/mm ²
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 31447.16	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 2.56	N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	= 1.79	N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50	--
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	--
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	= 14.11	N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	= 1.19	N/mm ²
Stato Limite di Esercizio			
Tensione max di compressione - Comb. caratteristica/rara	$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck}$	= 14.94	N/mm ²
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck}$	= 11.21	N/mm ²
Stato Limite di Fessurazione			

Classe di esposizione	XC2		
Valore limite di apertura delle fessure - Comb. frequente.	$w \leq w_3$	=	0.4 mm
Valore limite di apertura delle fessure - Comb. quasi perm.	$w \leq w_2$	=	0.3 mm

4.3 Calcestruzzo magro per sottofondazioni

Classe di esposizione	X0
Rapporto massimo acqua/cemento	-
Classe di resistenza	C12/15
Contenuto minimo di cemento	150 kg/m ³
Tipo di cemento	CEM I+V
Slump	-
Diametro massimo inerte	32 mm

4.4 Malta cementizia per micropali

Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	30.00	N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	=	24.90 N/mm ²
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	=	32.90 N/mm ²
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	=	31447.16 N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	=	2.56 N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm}$	=	1.79 N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50	--
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	--
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C$	=	14.11 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C$	=	1.19 N/mm ²

4.5 Acciaio per calcestruzzo armato

Si utilizza acciaio per cemento armato tipo **B450C**, con le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f_{tk} =$	540.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	450.00	N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_S =$	1.15	--
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$	=	391.30 N/mm ²
Stato Limite di Esercizio			
Tensione massima di trazione	$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk}$	=	360.00 N/mm ²

4.6 Acciaio per micropali

Si utilizza acciaio tipo **S355**, con le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f_{tk} =$	510.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	355.00	N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_S =$	1.05	--
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$	=	338.09 N/mm ²

4.7 Barre auto-perforanti tipologia R32N o equivalente

De	32 mm	diametro esterno
Di	21 mm	diametro interno
f_{yk}	230 MPa	tensione caratteristica di snervamento
f_{tk}	280 MPa	tensione caratteristica di rottura
A	458 mm ²	area della sezione
D_{perf}	50 mm	diametro minimo di perforazione

4.8 Malta di iniezione per chiodature (UNI EN 206)

Acqua	300 kg
Cemento	600 kg
Inerti	1000-1300 kg
R_{ck}	>25 MPa
Additivi	5-10 kg

5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Alla progressiva km 144+500 della S.S.131 è presente un sottovia che interferisce con l'intervento in oggetto di allargamento della sede stradale. Al fine di permettere tale allargamento è necessario realizzare preventivamente l'allungamento dello scatolare esistente al di sotto della strada.

L'intervento in oggetto prevede quindi la realizzazione di una paratia provvisoria al fine di consentire il transito sull'attuale S.S. 131 durante il periodo di tempo necessario per il completamento delle lavorazioni inerenti all'adeguamento dello scatolare esistente e alla realizzazione dei muri di sottoscarpa definitivi atti al sostegno della pista pedonale di accesso all'area archeologica "Santa Barbara".

La paratia provvisoria, prevista in progetto, è costituita da un cavalletto di micropali $\phi 300$ di lunghezza $L=12$ m armati con un tubo in acciaio S355 $\phi 219.1$ di spessore 10 mm e da una trave di testata in calcestruzzo armato di spessore 2m e altezza 1m.

In Figura 1 e Figura 2 si riportano la sezione e il prospetto dell'opera di sostegno provvisoria. Per maggiori dettagli si rimanda agli specifici elaborati [4].

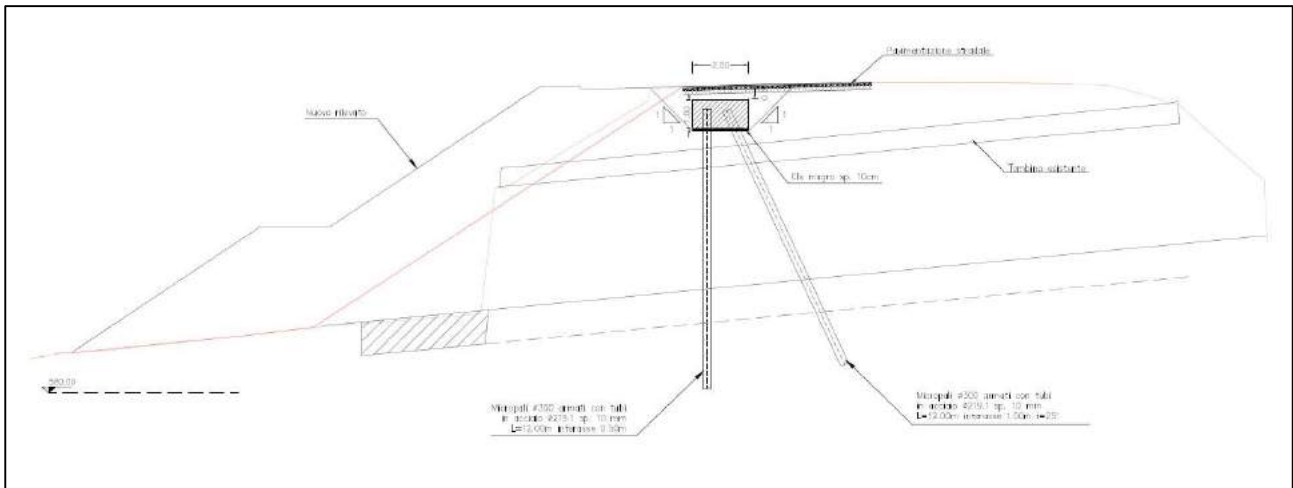


Figura 1: Sezione opera di sostegno e scatolare

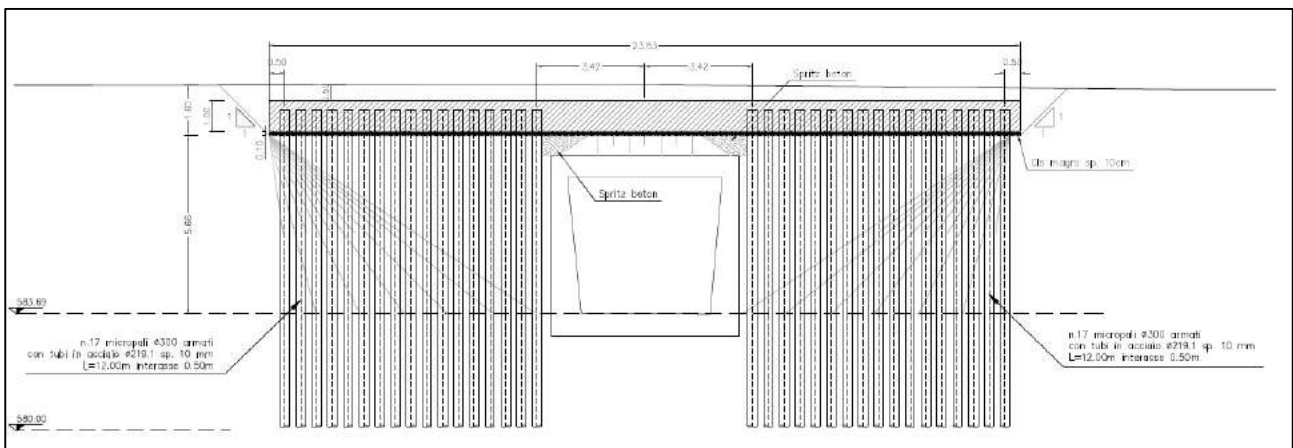


Figura 2: Prospetto opera di sostegno

In progetto sono previste 4 tipologie di muri di sottoscarpa con fondazioni di tipo superficiale, ne seguito identificati come Muro Tipo 1 (Figura 3), Tipo 2 (Figura 4), Tipo 3 (Figura 5) e Tipo 4 (Figura 6). Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato [3].

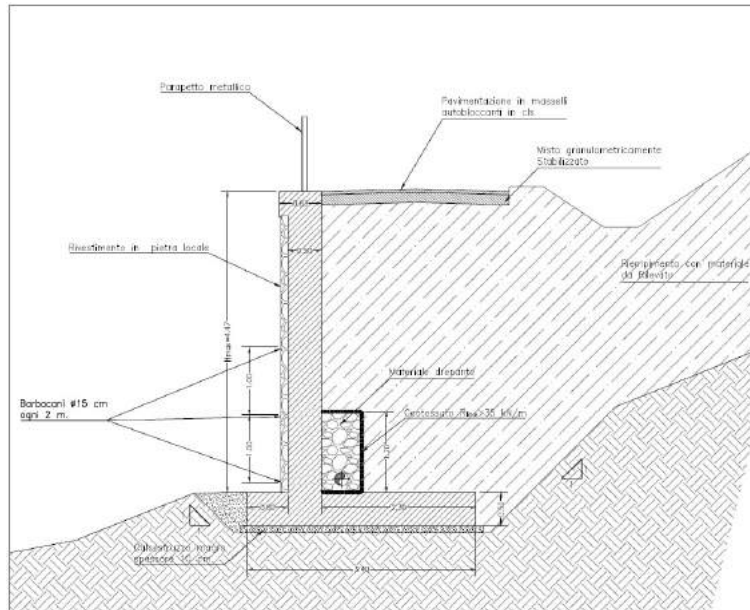


Figura 3: Muro tipo 1

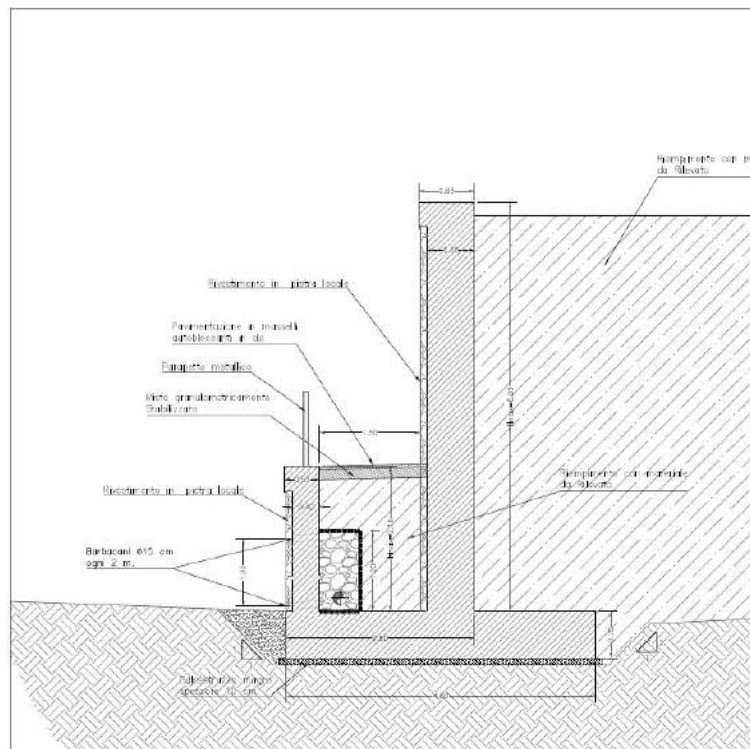


Figura 4: Muro tipo 2

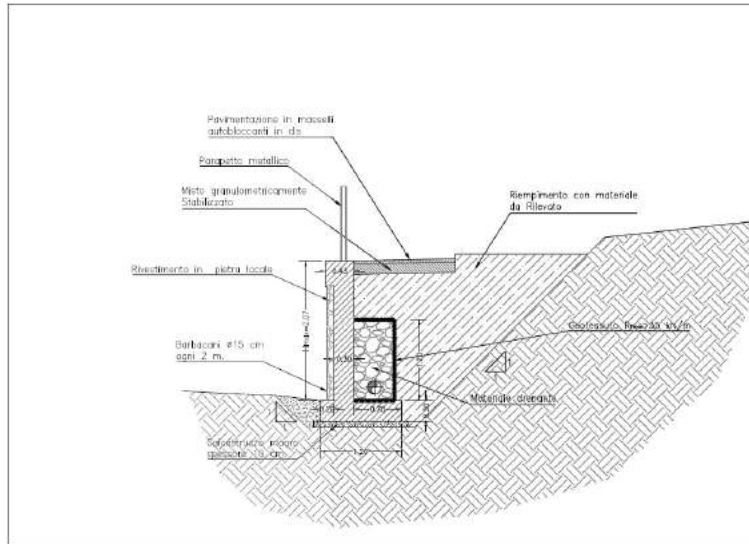


Figura 5: Muro tipo 3

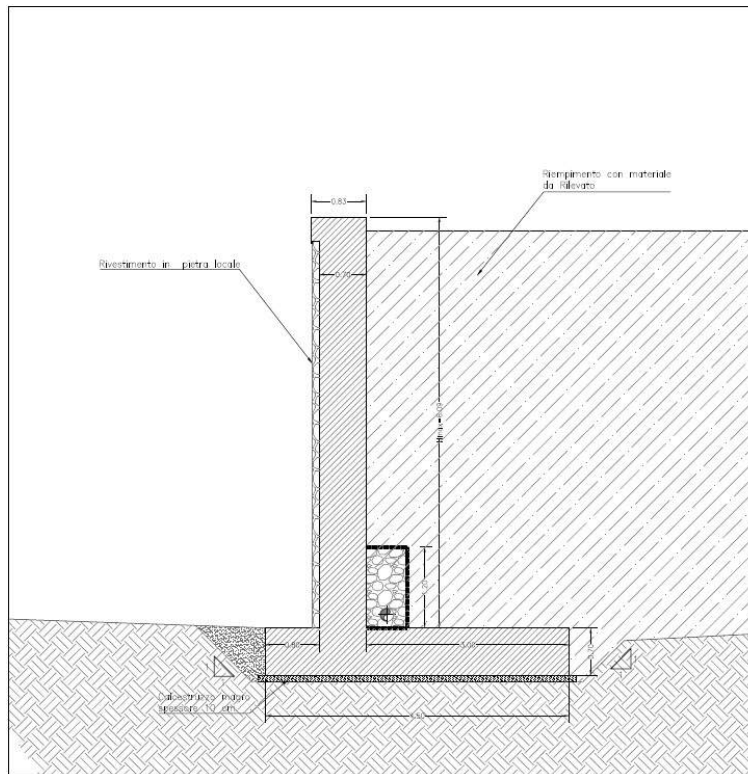


Figura 6: Muro tipo 4

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Per la realizzazione della pista pedonale di accesso all'area archeologica "Santa Barbara" al km 144+500 della S.S. 131, è previsto l'allungamento dello scatolare esistente, da realizzare mediante l'inserimento di una paratia provvisoria per consentire il traffico sull'attuale S.S.131 e di opere definitive (muri di sottoscarpa) a sostegno della pista pedonale.

L'opera provvisoria è costituita da una paratia di micropali, mentre per i muri di sottoscarpa sono previste fondazioni di tipo superficiale.

L'intervento si colloca su un versante con lieve pendenza, caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti al gruppo dei Basalti di Campeda, rappresentati da basalti e andesiti basaltiche litoidi, con aspetto vacuolare, di colore grigio, da mediamente a molto fratturati. In superficie i basalti sono ricoperti da una coltre eluvio-colluviale di alterazione dei basalti sottostanti, costituiti da sabbie quarzose e limi.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

7.1 Descrizione delle indagini

Nel corso della progettazione l'area in oggetto è stata indagata con una serie di sondaggi e prove di laboratorio. Dall'interpretazione delle risultanze delle campagne geotecniche eseguite si sono ricavati i parametri geotecnici dei litotipi incontrati nella tratta in esame. L'ubicazione di tutte le indagini geotecniche è riportata nell'elaborato **T00GE00GEORE02A** - "Documentazione indagini geognostiche preesistenti – tomo II".

Nello specifico, le campagne di indagine condotte nell'area sono:

- Campagna di indagine geognostica del 2005 eseguita da SIGECO s.r.l. (Sondaggio S38).

7.2 Profili stratigrafici dell'area

Dall'interpretazione dei sondaggi è stata effettuata la ricostruzione stratigrafica dell'area interessata dalle opere in progetto. Dall'esame dei profili stratigrafici, nelle diverse verticali indagate si riconosce la presenza delle unità geotecniche di seguito elencate:

- Basalti alterati (**BA** – da 0 m a -5,5 m dal p.c.), appartenenti alla formazione di Campeda, derivanti dall'alterazione dei depositi sottostanti (*Basalti compatti*);
- Basalti non alterati (**B** – da -5,5 m dal p.c.) appartenenti alla formazione di Campeda.

Il piano di falda si assume coincidente con il piano di posa delle fondazioni dei muri (-0,8 m da p.c.).

7.3 Unità geotecnica BA – Basalti alterati

Per l'unità geotecnica BA (*Basalti alterati*) sono stati considerati i seguenti parametri di resistenza:

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale;
- $\varphi' = 34^\circ$ angolo di resistenza al taglio;
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione in condizioni drenate;
- $\tau = 180\text{-}200 \text{ kPa}$ aderenza laterale terreno-calcestruzzo;
- $E' = 200 \text{ MPa}$ modulo elastico di Young.

7.4 Unità geotecnica B – Basalti non alterati

Per la caratterizzazione di tale unità geotecnica si è fatto riferimento ai sondaggi S1 e S2 realizzati da Sondedile s.r.l. della campagna di indagine integrativa Anas del 2015-2016.

La caratterizzazione geomeccanica dei Basalti non alterati (*B*) è stata eseguita a partire dai valori della resistenza a compressione uniassiale (σ_{ci}) ottenuta su campioni indisturbati di roccia intatta e dall'indice GSI (*Geological Strength Index*) valutato sulla base delle informazioni desumibili dai rilievi e dalle cassette catalogatrici.

Nelle figure seguenti si riportano l'andamento della resistenza a compressione uniassiale (*stimata da prove di resistenza speditiva tipo Point-Load e da prove di compressione uniassiale UxDC*) e l'indice GSI con la profondità.

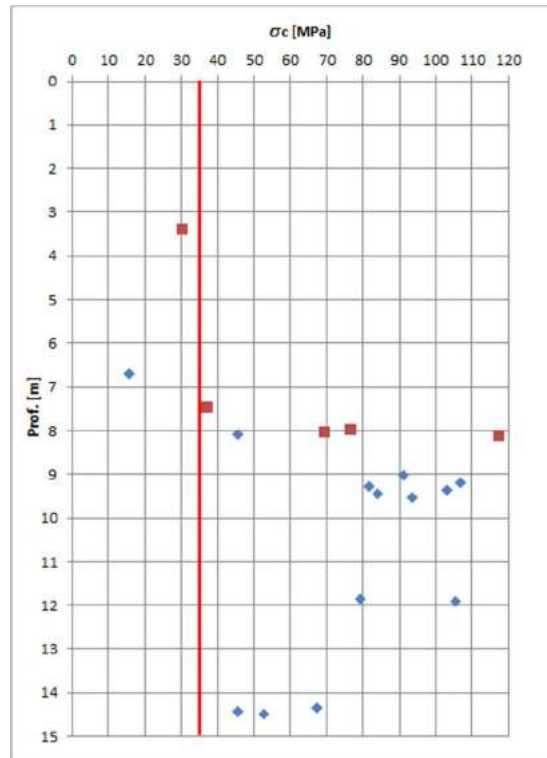


Figura 7. Unità B – Resistenza a compressione uniassiale

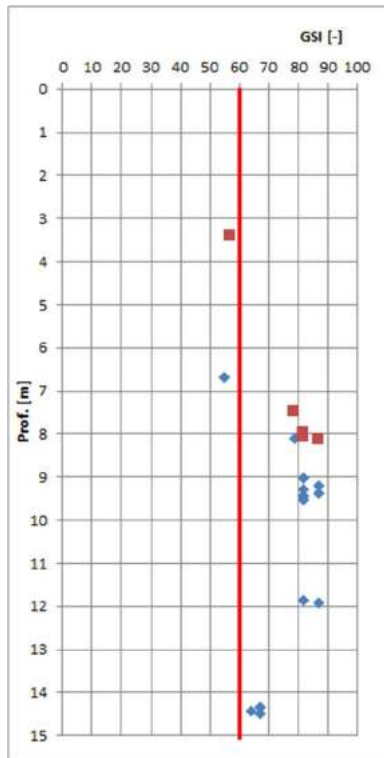


Figura 8. Unità B - Indice GSI

La stima dei parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso è stata effettuata con il criterio di Hoek & Brown, utilizzando:

GSI = 60

$m_i = 25$;

$\sigma_{ci} = 35$ MPa resistenza a compressione uniassiale;

$\gamma = 22$ kN/m³ peso dell'unità di volume;

D=0 fattore di disturbo.

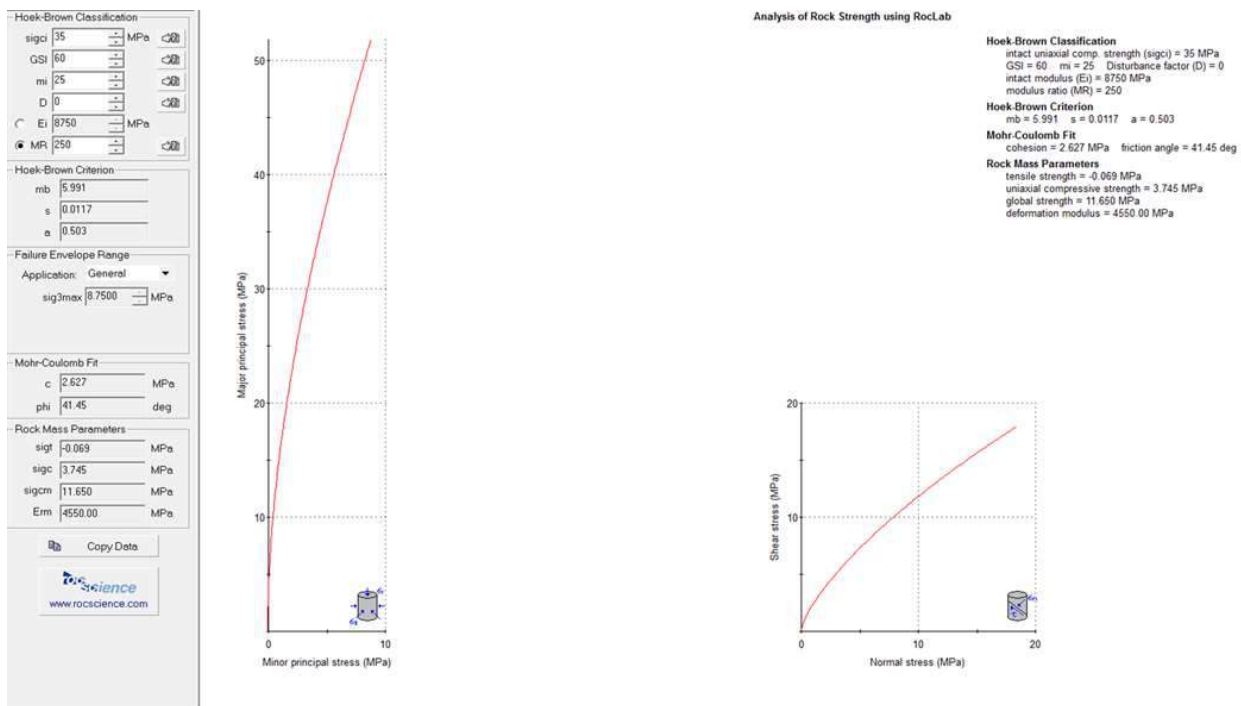


Figura 9. Unità B- Criteri di Rottura di H-B e M-C

Per l'unità geotecnica B (*Basalti*) si considerano i seguenti parametri geotecnici:

- $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale;
- $\varphi' = 40^\circ$ angolo di resistenza al taglio;
- $c' = 50 \text{ kPa}$ coesione in condizioni drenate;
- $\tau = 200\text{-}250 \text{ KPa}$ aderenza laterale terreno-calcestruzzo;
- $E' = 4500 \text{ MPa}$ modulo elastico di Young.

8 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

In base alla stratigrafia del sondaggio eseguito nell'area (**S38**, 2005), nel quale il substrato basaltico è stato rinvenuto ad una profondità di circa 6 m dal p.c., in considerazione anche della ridotta profondità di appoggio delle fondazioni dei muri, è stata attribuita cautelativamente all'opera in oggetto una **categoria di sottosuolo di tipo B**, corrispondente a *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

In base alla categoria di sottosuolo determinata con la prospezione sismica a rifrazione (categoria B) il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S (cfr. Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008), può essere calcolato con la seguente espressione:

$$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$$

In base alle condizioni topografiche presenti in sito (T_1 = superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) per configurazioni superficiali semplici si può adottare il seguente valore del coefficiente di amplificazione topografica S_T (cfr. Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008):

Categoria topografica	S_T
T1	1.0

In assenza di analisi specifiche di risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata mediante la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tab. 3.2.V);
- S_T = coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2.VI);
- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nel caso specifico, per i diversi stati limite, il valore di a_{max} risulta il seguente:

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	a_{max} [g]
SLO	60	0.025	0.030
SLD	101	0.031	0.038
SLV	949	0.060	0.072
SLC	1950	0.071	0.085

9 VERIFICHE OPERA DI SOSTEGNO PROVVISORIO: PARATIA

9.1 Modello di calcolo

La sezione della paratia provvisoria analizzata nel seguito è quella in corrispondenza della quale lo scavo da sostenere raggiunge la massima altezza di circa 7m.

Le analisi sono state svolte mediante l'ausilio del software di calcolo Paratie Plus 19.0.

In Figura 10 è riportato il modello di calcolo utilizzato per lo svolgimento dell'analisi.

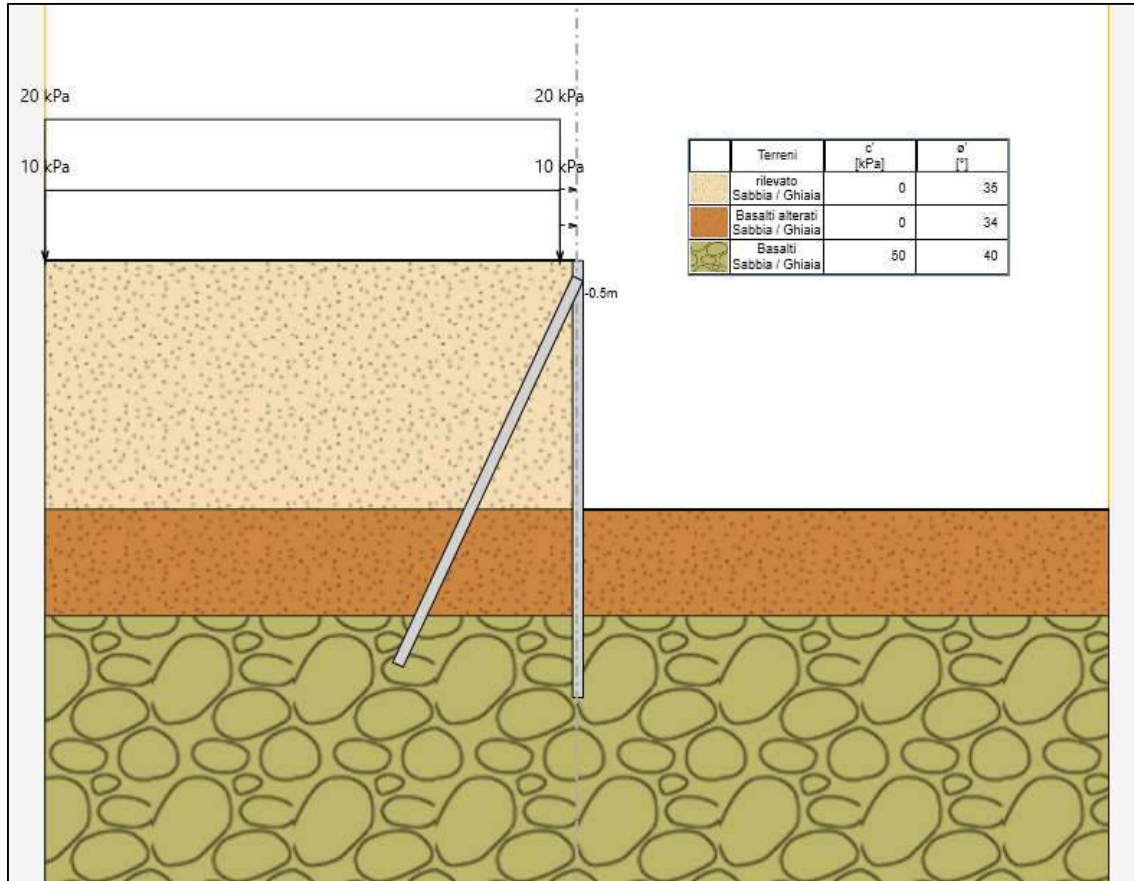


Figura 10: Modello di calcolo della paratia – software Paratie Plus 19.0

Nell'analisi sono stati considerati 2 carichi distribuiti di cui uno di tipo accidentale pari a 20 kPa per tenere conto del traffico stradale e uno di tipo permanente pari a 10 kPa dovuto al peso di uno spessore di 0.5 m di terreno a monte della paratia.

Si precisa inoltre che la reale altezza di scavo in corrispondenza della sezione studiata è di 6.50m. Quest'ultima è stata cautelativamente incrementata di 0.5m.

In Tabella 1 è riportata la stratigrafia considerata nell'analisi e i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità che la costituiscono.

Unità stratigrafica	Profondità strato	γ_n	c'	ϕ'	K_{vc}	K_{ur}
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kPa]	[deg]	[kN/m ³]	[kN/m ³]
Rilevato	-7	20	0	35	16300	48900
Basalti alterati	-10	20	0	34	37600	112800
Basalti	-	22	50	40	110100	330300

Tabella 1: Stratigrafia e parametri geotecnici caratteristici considerati nell'analisi

Dove:

γ_n	peso di volume naturale
c'	coesione drenata
ϕ'	angolo di attrito efficace
K_{vc}	rigidezza alla Winkler in fase di compressione vergine
K_{ur}	rigidezza alla Winkler in fase di scarico-ricarico

Le quote fornite sono relative alla testa della paratia.

Non è presente falda acquifera.

9.2 Caratteristiche geometriche della paratia

La paratia è composta da micropali di calcestruzzo $\phi 300$ e lunghezza 12m armati con un tubolare in acciaio S355 $\phi 219.1$ e spessore 10 mm, disposti ad interasse 0.5m.

Tale paratia risulta contrastata mediante un ordine di micropali inclinati di 65° rispetto all'orizzontale di lunghezza 12m disposti a passo 1m, vincolati all'opera in corrispondenza della trave di testata, eseguiti con perforazione $\phi 300$ e armati mediante un tubolare in acciaio S355 $\phi 219.1$ di spessore 10 mm.

Le caratteristiche geometriche del modello sono riassunte nella seguente tabella.

Quota testa paratia [m]	Quota piede paratia [m]	Quota fondo scavo [m]	Interasse vincoli [m]	Quota livello vincoli [m]	Lunghezza dei vincoli [m]	Inclinazione dei vincoli rispetto all'orizzontale [deg]
0.00	-12.30	-7.00	1.0	-0.50	12	65

9.3 Metodologia di calcolo

Per la descrizione della metodologia di calcolo utilizzata si rimanda alla Relazione Geotecnica Generale [1].

9.4 Coefficienti di spinta dei terreni

I valori dei coefficienti di spinta attiva (k_a) e di spinta passiva (k_p) sono stati calcolati rispettivamente secondo le relazioni di Coulomb- Muller Breslau (1906) in condizioni attive e di Lancellotta (2002) in

condizioni passive, le quali permettono di considerare l'angolo di attrito al contatto terreno-paratia (δ) e l'angolo di inclinazione del versante.

Cautelativamente per le condizioni di spinta attiva il valore di δ è stato assunto nullo, mentre per le condizioni di spinta passiva è stato assunto pari al 50% del valore dell'angolo d'attrito del terreno in sito.

I valori di K_a e K_p utilizzati nell'analisi sono riportati in Figura 11.

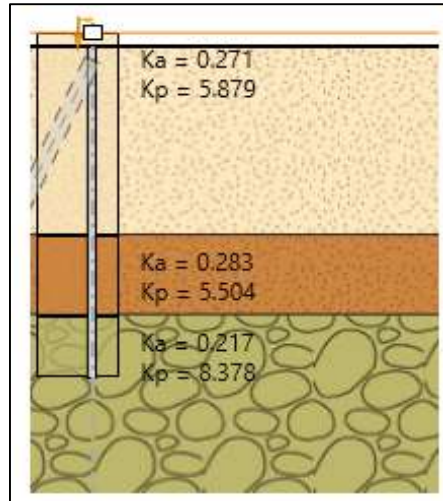


Figura 11: Valori dei coefficienti di spinta attiva e passiva utilizzati nell'analisi

9.5 Step di calcolo dell'analisi

Step 0: CONDIZIONE GEOSTATICA

Inizializzazione dello stato di sforzo geostatico nel terreno

Step 1: REALIZZAZIONE DELLA PARATIA E DEI CONTRASTI

Step 2: SCAVO PROGRESSIVO FINO A QUOTA -7m.

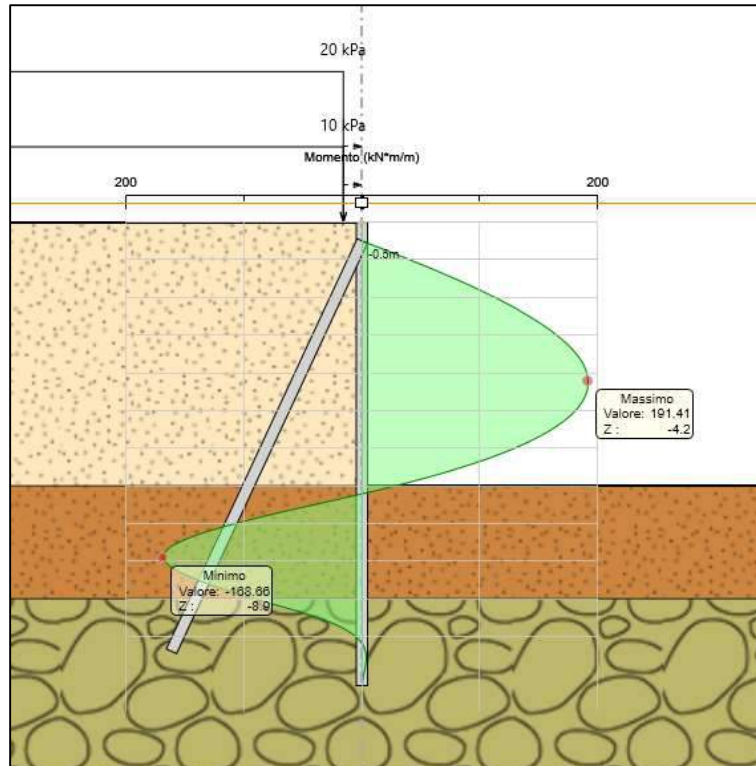
Raggiungimento della quota di fondo scavo a -7m dalla testa della paratia.

9.6 Risultati dell'analisi

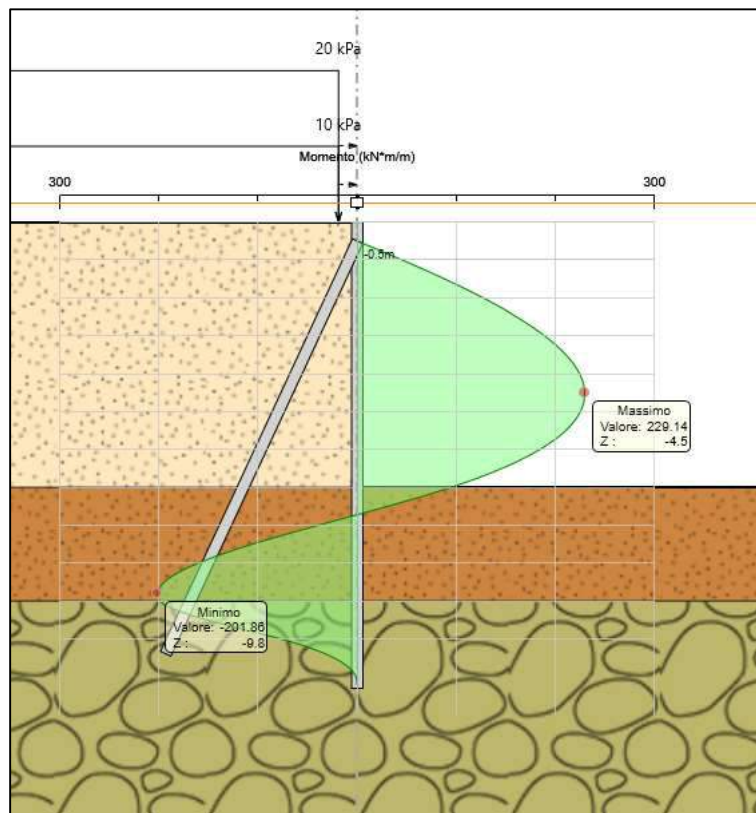
9.6.1 Diagrammi del momento flettente

Nel seguito si riportano i diagrammi del momento flettente nelle diverse combinazioni SLU.

Comb STR A1+M1+R1

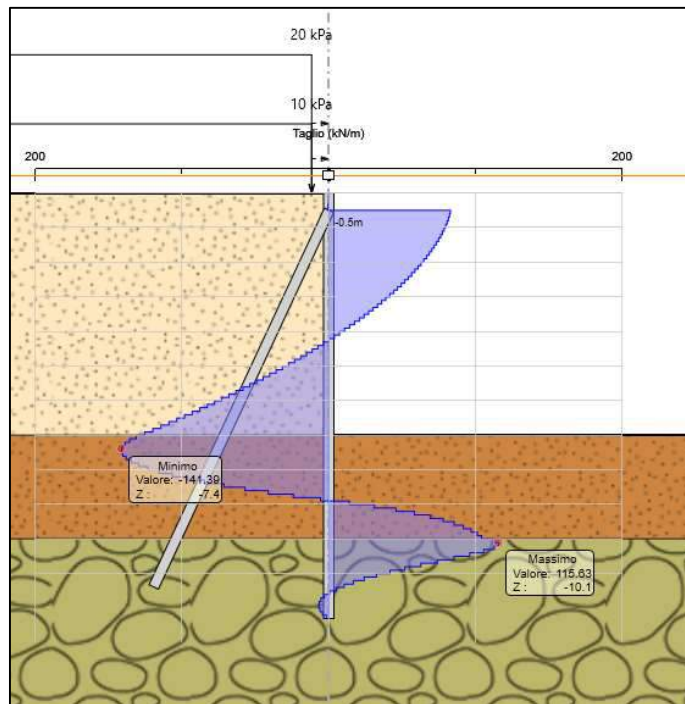


Comb GEO A2+M2+R1

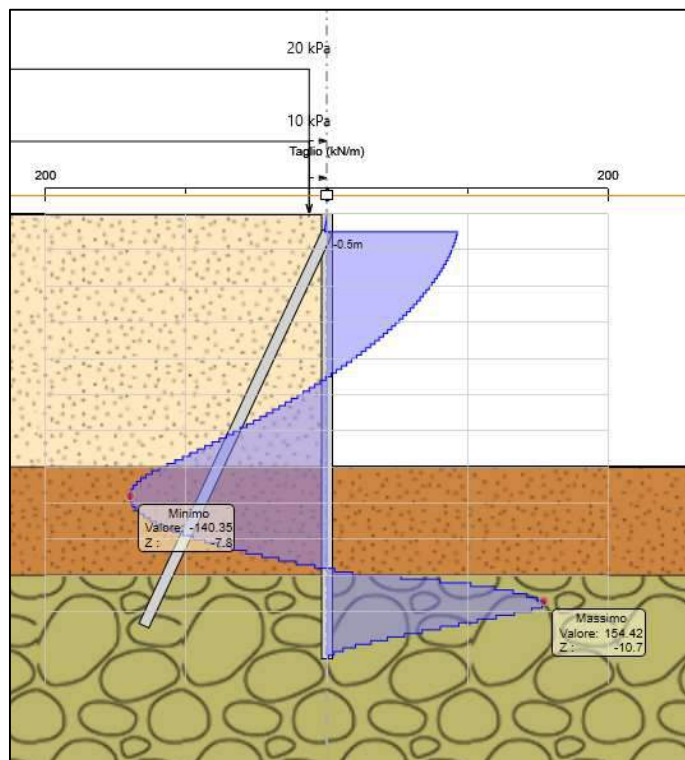


9.6.2 Diagrammi dell'azione di taglio

Comb STR A1+M1+R1

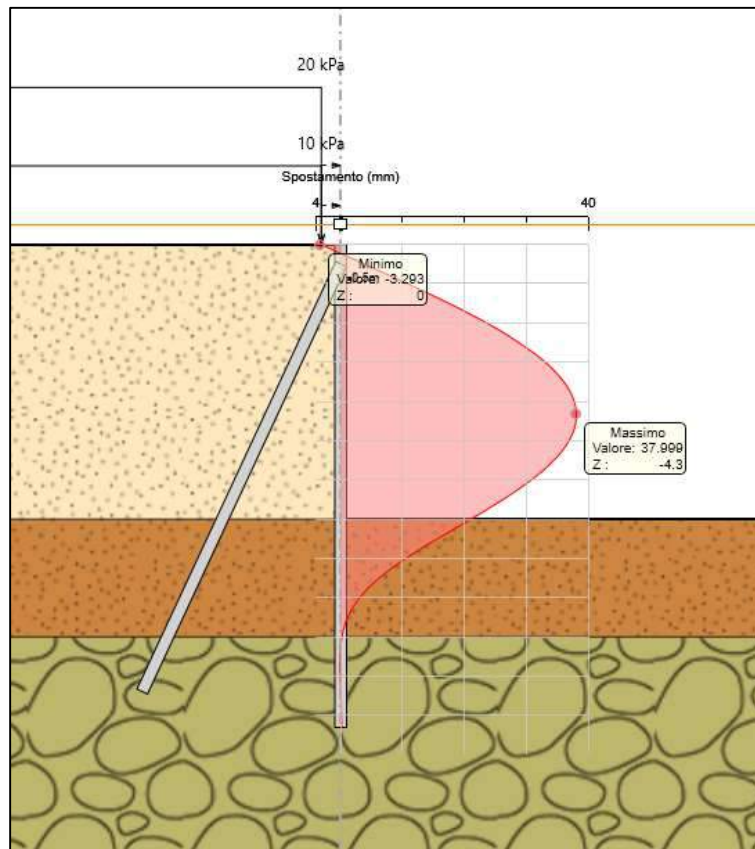


Comb GEO A2+M2+R1



9.6.3 Diagramma delle deformazioni della paratia

Di seguito si riportano il diagramma della deformata della palancola in condizioni di esercizio (SLE).



9.7 Sollecitazioni massime

In Tabella 2 sono riassunti i valori massimi delle sollecitazioni per metro lineare.

combinazione	STR A1+M1+R1	GEO A2+M2+R1	
momento massimo	191.4	229.1	kNm/m
taglio massimo	141.4	154.4	kN/m

Tabella 2: Valori massimi di momento e taglio al metro lineare

In Tabella 3 sono riassunti i valori massimi delle sollecitazioni su ciascun micropalo.

combinazione	STR A1+M1+R1	GEO A2+M2+R1	
momento massimo	95.7	114.55	kNm
taglio massimo	70.7	77.2	kN

Tabella 3: Valori massimi di momento e taglio su ciascun micropalo

combinazione	SLE	
Spostamento massimo	3.8	cm

Il massimo spostamento è ritenuto accettabile per l'opera in questione, anche considerando che si sviluppa ad una profondità di 4.3m.

9.8 Verifiche di resistenza dei micropali

$$M_{Rd} = \frac{W_{pl} * f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 147.94 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v * f_{yk}}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 816.32 \text{ kN}$$

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi}$$

Con A_v = area resistente a taglio del tubolare in acciaio.

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

L'influenza del taglio sulla flessione è stata trascurata in quanto $V_{Ed} < 0.5V_{Rd}$.
La verifica è soddisfatta in quanto $M_{Rd} = 174.94 \text{ kNm} > M_{Ed} = 114.55 \text{ kNm}$.

9.9 Verifiche dei contrasti – micropali a cavalletto

Nella seguente tabella sono riportati i valori massimi dell'azione agente nei micropali inclinati nelle diverse combinazioni:

SLE	Comb1 A1+M1+R3	Comb2 A2+M2+R1
[kN]	[kN]	[kN]
157.50	198.90	224.40

9.9.1 Verifiche SLE

VERIFICHE CONTRASTI SLE		
T(SLE)	Tamm	T(SLE)<Tamm
[kN]	[kN]	[-]
157.5	1869	OK

$$T_{amm} = 0.8 \cdot f_{c,k} \cdot A$$

9.9.2 Verifiche SLU

VERIFICHE CONTRASTI SLU		
T(SLU)	T _{amm}	T(SLU)<T _{amm}
[kN]	[kN]	[-]
224.4	2225	OK

$$T_{amm} = \frac{f_{c,k} \cdot A}{\gamma_M}$$

9.9.3 Verifica allo sfilamento

Il dimensionamento della fondazione di ancoraggio del micropalo a cavalletto è condotto secondo l'approccio A1+M1+R3. In particolare, si verifica che il tiro di progetto T_{Ed} sia inferiore della resistenza di progetto della fondazione di ancoraggio R_{ad}.

Inoltre, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento F_{yk} di ciascun micropalo sia sempre maggiore della resistenza a sfilamento della fondazione R_{ak} (verifica delle gerarchie).

Per il calcolo della lunghezza della fondazione del micropalo effettivamente in grado di impedire lo sfilamento di quest'ultimo, è stato considerato lo schema di Figura 12 (analogamente a quanto si fa per le fondazioni dei tiranti). A favore di sicurezza è stato considerato l'angolo d'attrito minore fra quelli presenti.

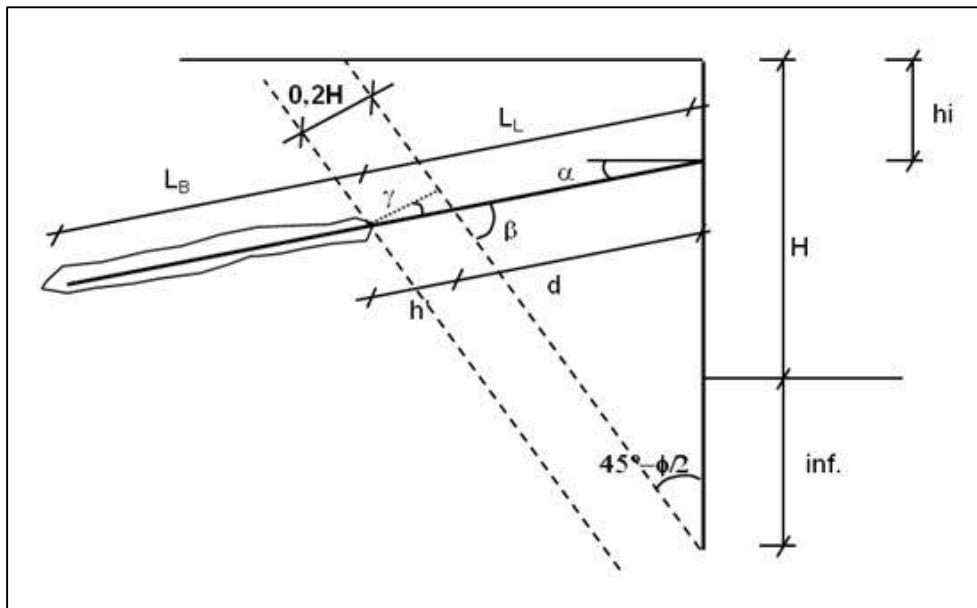


Figura 12: Schema geometrico utilizzato per il calcolo della lunghezza di ancoraggio efficace

La lunghezza di ancoraggio così ottenuta risulta di 4.2m.

In Tabella 4 si riportano i risultati della verifica allo sfilamento dei micropali inclinati.

Φ_{perf}	L_{fond}	Verifica allo sfilamento			Verifica delle gerarchie		
		T_{Ed}	$R_{\text{ad min}}$	$T_{\text{Ed}} < R_{\text{ad min}}$	$R_{\text{ak min}}$	F_{yk}	$R_{\text{ak min}} < F_{\text{yk}}$
[mm]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
300	4.2	198.90	372.56	OK	465.69	2336.5	OK

Tabella 4: Verifica della fondazione di ancoraggio dei micropali a cavalletto

Per la verifica della fondazione del tirante è stata considerata una tensione limite caratteristica di aderenza terreno – calcestruzzo di 200 kPa, inoltre i coefficienti utilizzati per il calcolo di $R_{\text{ad min}}$ sono quelli forniti dalle NTC 2008 al paragrafo 6.4.3.1.1 relativi al calcolo della resistenza di pali soggetti a carichi assiali: $\xi_3 = 1.70$ e $\gamma_{st} = 1.25$.

Si precisa che il fattore di sbulbamento α è stato assunto pari ad 1 lungo tutta la fondazione del micropalo, coerentemente con quanto previsto per la metodologia realizzativa considerata (IGU – iniezione globale unica).

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

10 VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 1

10.1 Descrizione della struttura

Il muro, ragionevolmente trattato come un corpo rigido, è stato dimensionato con l'ausilio di un foglio elettronico creato "ad hoc", con il quale vengono effettuate le verifiche geotecniche (in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008) e calcolate le sollecitazioni per le verifiche strutturali. In Figura 13 è riportata una sezione tipo così come viene inserita nel modello di calcolo.

Il Muro Tipo 1 ha un'altezza del paramento variabile (3.55 – 4.50m) ed è costituito da conci aventi lunghezza variabile (2.30-10m). Il dimensionamento è stato effettuato, cautelativamente, considerando l'altezza massima $H_1=4.5\text{m}$ e la lunghezza di concio massima $L_{\text{CONCIO}}=10\text{m}$. Nella seguente Tabella sono riassunte le caratteristiche geometriche considerate per il dimensionamento del Muro Tipo 1.

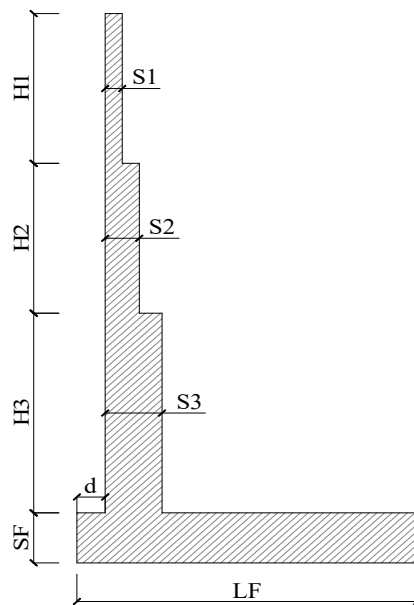


Figura 13: Sezione di calcolo generica.

Sezione Tipo Muro	H1 [m]	S1 [m]	H2/H3 [m]	S2/S3 [m]	LF [m]	SF [m]	D [m]	LCONCIO [m]
Muro Tipo 1	4.5	0.5	-	-	3.4	0.5	0.6	10.0

Tabella 5 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo per il Muro Tipo 1.

10.2 Analisi dei carichi

Nei seguenti paragrafi sono descritti i carichi considerati nella presente analisi. In Tabella 6 e Tabella 7 sono riassunti i coefficienti di combinazione delle azioni adottati rispettivamente per le verifiche agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio.

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.U.	SLU-F1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLU-F2	1.30	1.30	1.30	1.50	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLV_SISM_↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLV_SISM_↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 6 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite Ultimi dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.E.	SLE_QP	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.60	0.00
	SLE_FR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.70	0.00
	SLE_CAR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	SLD_SISM ↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLD_SISM ↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 7 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite di Esercizio dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

10.2.1 Peso proprio

Il peso proprio degli elementi strutturali in calcestruzzo viene calcolando considerando un peso per unità di volume pari a 25.00 kN/m³.

10.2.2 Carichi permanenti

L'unico carico permanente agente sul muro è il peso del materiale del riempimento a tergo, stimato in ragione di 19.00 kN/m³.

10.2.3 Carichi accidentali

Sono stati considerati due diversi carichi accidentali:

- Sovraccarico stradale pari a 20.00 kPa. Tale sovraccarico è stato cautelativamente considerato infinitamente esteso verso monte, trascurando inoltre il contributo stabilizzante dovuto alla porzione di carico agente al di sopra della parte della fondazione di monte.
- Sovraccarico dovuto al transito pedonale pari a 5.00 kPa in corrispondenza del passaggio pedonale.

10.3 Verifiche geotecniche

10.3.1 Verifica a ribaltamento

Nella tabella seguente sono riportati i risultati della verifica ribaltamento per il Muro Tipo 1; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
M_{STAB}	[kN·m/m]	591	808	579	604
M_{RIB}	[kN·m/m]	60	60	141	141
F_S	[-]	9.91	13.54	4.11	4.27

Tabella 8 – Muro Tipo 1. Risultati della verifica al ribaltamento.

10.3.2 Verifica a scivolamento

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica a scivolamento per il Muro Tipo 1; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
T_{RES}	[kN/m]	130	177	129	132
T_{SOLL}	[kN/m]	110	110	70	70
F_S	[-]	1.19	1.61	1.84	1.89

Tabella 9 – Muro Tipo 1. Risultati della verifica a scivolamento.

10.3.3 Verifica di capacità portante della fondazione

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica di capacità portante per la fondazione del Muro Tipo 1. Le sollecitazioni sono riferite, cautelativamente, ad un concio di lunghezza massima L_{CONCIO}=10m.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
q_{lim}	[kPa]	236	353	458	467
σ_{Sd}	[kPa]	168	177	112	114
F_S	[-]	1.40	1.99	4.10	4.10

Tabella 10 – Muro Tipo 1. Risultati della verifica di capacità portante.

10.4 Verifiche strutturali dell'elevazione

Nei paragrafi seguenti sono svolte le verifiche strutturali dell'elevazione del muro analizzato; tutte le azioni e le verifiche si riferiscono a un metro lineare di struttura. A favore di sicurezza le sollecitazioni sono state calcolate annullando l'angolo d'attrito muro-terreno. Inoltre, sono state cautelativamente considerate le sollecitazioni alla base dell'elevazione per il dimensionamento dell'intero elemento.

10.4.1 Sollecitazioni alla base dell'elevazione

Nella seguente tabella sono riassunte le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche strutturali dell'elevazione del muro.

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	56.3	104.4	184.0
Comb SLU-F2	73.1	104.4	184.0
Comb SLV_SISM_↓	55.5	61.8	97.9
Comb SLV_SISM_↑	57.0	61.9	98.0
Comb SLE_QP	56.3	66.8	111.1
Comb SLE_FR	56.3	69.2	116.6
Comb SLE_CAR	56.3	76.5	133.1
Comb SLD_SISM_↓	55.5	58.3	90.8
Comb SLD_SISM_↑	57.0	58.3	90.8

Tabella 11 – Muro Tipo 1. Sollecitazioni alla base dell'elevazione.

10.4.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

L'elevazione del Muro Tipo 1 ha spessore pari a $S_1=0.5\text{m}$ ed armatura principale simmetrica $\varnothing 12/15\text{cm}$.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

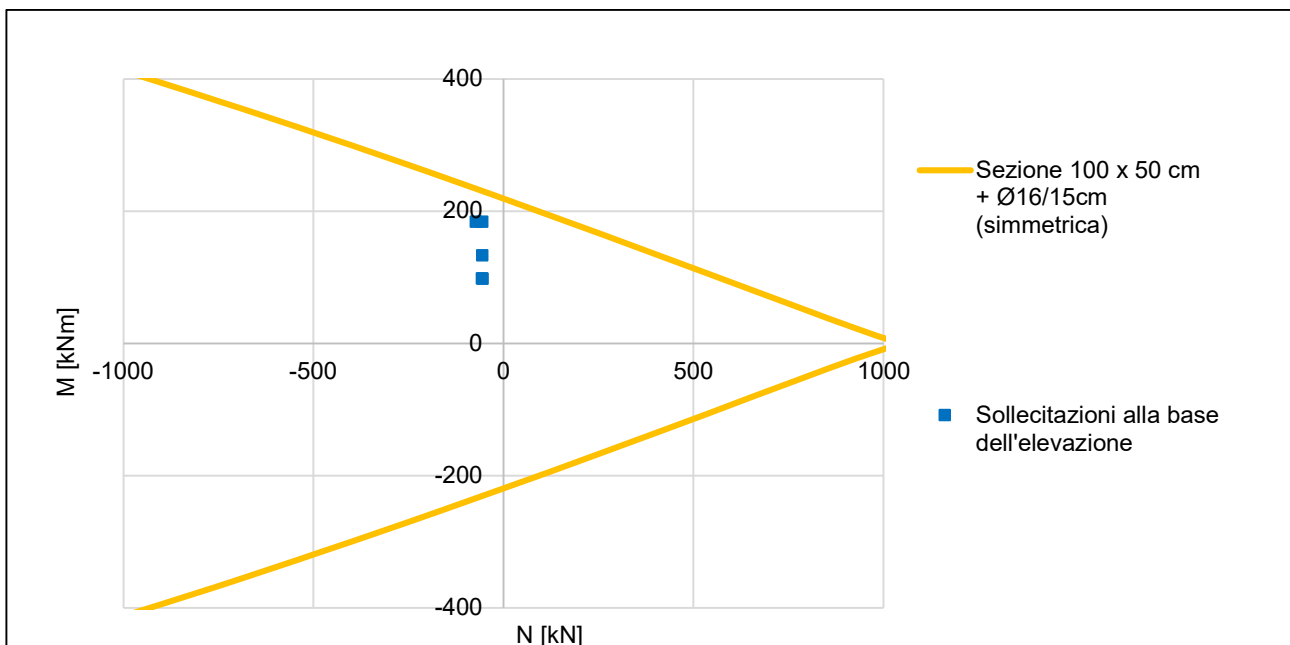


Figura 14: Verifica a pressoflessione dell'elevazione del Muro Tipo 1.

10.4.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	104.4	104.4	61.8	61.9
V_{Rd}	[kN]	197.6	200.1	197.5	197.7

Tabella 12 – Verifica a taglio dell'elevazione del Muro Tipo 1.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

10.4.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]
SLE_QP	-4.73	-14.94	191.49	360.00
SLE_CAR	-5.66	-19.92	233.41	360.00
SLD_SISM ↓	-3.87	-19.92	152.95	360.00
SLD_SISM ↑	-3.87	-19.92	152.48	360.00

Tabella 13 – Verifica di limitazione delle tensioni dell'elevazione del Muro Tipo 1.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

10.4.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente l'elevazione, sono previste le classi di esposizione XC4-XD1, in Tabella 14 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali aggressive.

	w_k [mm]	w_{lim} [mm]
SLE_QP	0.176	0.200
SLE_FR	0.186	0.300

Tabella 14 – Verifica a fessurazione dell'elevazione del Muro Tipo 1.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

10.5 Verifiche strutturali della fondazione

A partire dalle sollecitazioni alla base della fondazione si determina lo stato di sforzo nel terreno e quindi nelle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

Per determinare le sollecitazioni nelle mensole di fondazione (e poter quindi procedere con le verifiche) è necessario prima di tutto definire un valore limite di snellezza al taglio oltre al quale l'elemento strutturale può essere considerato snello; si considera:

- Elemento snello: $\lambda_v = a / h > 1$
- Elemento tozzo: $\lambda_v = a / h \leq 1$

dove i simboli a e h assumono il significato di Figura 15.

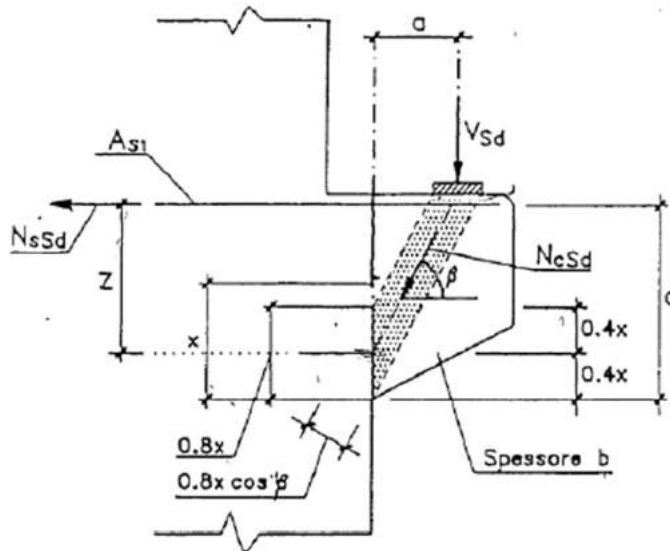


Figura 15: Schematizzazione di una mensola tozza come traliccio isostatico.

Gli elementi snelli vengono assimilati a mensole incastrate in corrispondenza del filo esterno dell'elevazione.

Gli elementi tozzi vengono verificati basandosi sul modello di traliccio isostatico.

La seguente Tabella riporta i limiti di snellezza delle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

	Rapporto limite di snellezza λ_v	Tipologia mensola
Mensola anteriore	1.20	SNELLA
Mensola posteriore	4.60	SNELLA

Tabella 15 – Muro Tipo 1. Rapporto limite di snellezza delle mensole di fondazione.

10.5.1 Sollecitazioni agenti sulla fondazione

Nelle seguenti tabelle sono riassunte le sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore e sulla mensola anteriore di fondazione.

	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	-95.5	-153.4
Comb SLU-F2	-98.0	-160.1
Comb SLV_SISM_↓	-56.4	-87.4
Comb SLV_SISM_↑	-50.4	-80.0
Comb SLE_QP	-59.4	-95.4
Comb SLE_FR	-62.0	-100.5
Comb SLE_CAR	-69.9	-115.8
Comb SLD_SISM_↓	-51.8	-79.2
Comb SLD_SISM_↑	-47.9	-74.5

Tabella 16 – Muro Tipo 1. Sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore di fondazione.

	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	91.1	28.3
Comb SLU-F2	100.3	30.9
Comb SLV_SISM_↓	62.6	19.2
Comb SLV_SISM_↑	63.6	19.5
Comb SLE_QP	67.1	20.6
Comb SLE_FR	68.8	21.2
Comb SLE_CAR	74.0	22.8
Comb SLD_SISM_↓	60.4	18.5
Comb SLD_SISM_↑	61.1	18.7

Tabella 17 – Muro Tipo 1. Sollecitazioni massime agenti sulla mensola anteriore di fondazione.

10.5.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

La mensola posteriore della fondazione del Muro Tipo 1 ha spessore pari a $S_f=0.5\text{m}$ ed armatura simmetrica $\varnothing 16/15\text{cm}$. In accordo con le verifiche della mensola posteriore si dispone la stessa armatura lungo tutta la fondazione.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

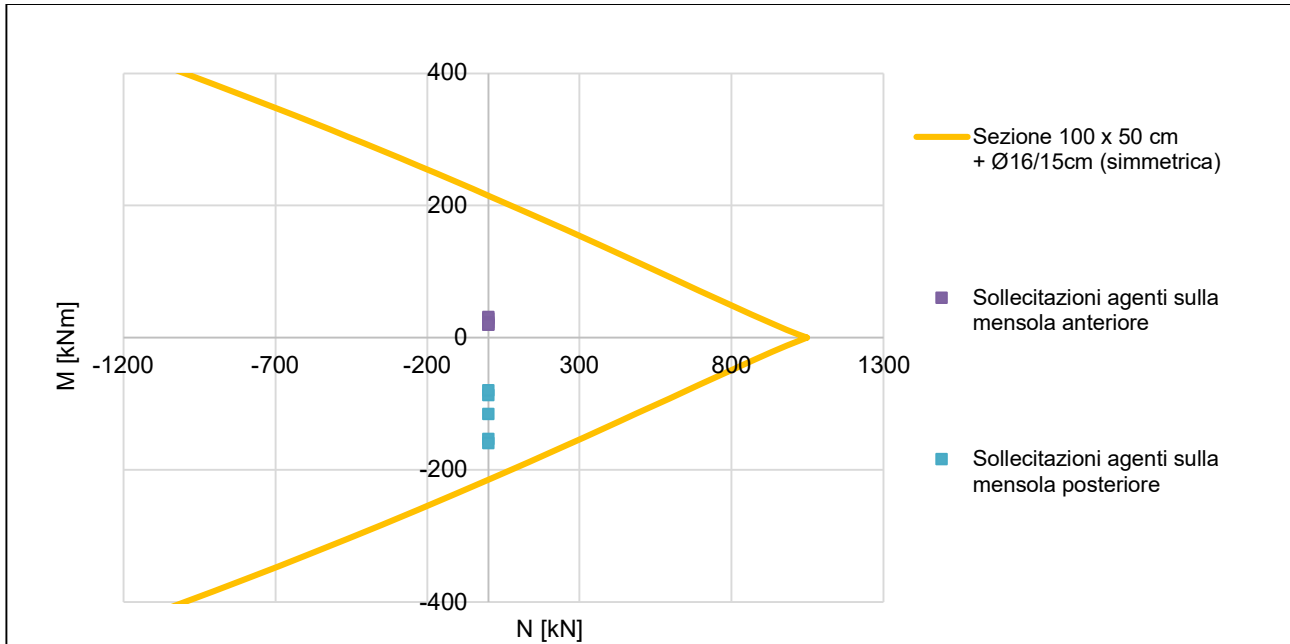


Figura 16: Verifica a pressoflessione della fondazione del Muro Tipo 1.

10.5.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	95.5	98.0	56.4	50.4
V_{Rd}	[kN]	174.0	174.0	174.0	174.0

Tabella 18 – Verifica a taglio della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 1.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	91.1	100.3	62.6	63.6
V_{Rd}	[kN]	174.0	174.0	174.0	174.0

Tabella 19 – Verifica a taglio della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 1.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

10.5.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]
SLE_QP	-4.04	-11.21	182.35	360.00
SLE_CAR	-4.90	-14.94	221.39	360.00

SLD_SISM ↓	-3.35	-14.94	151.40	360.00
SLD_SISM ↑	-3.15	-14.94	142.29	360.00

Tabella 20 – Verifica di limitazione delle tensioni della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 1.

	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{c,lim}$	$\sigma_{s,MAX}$	$\sigma_{s,lim}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
SLE_QP	-0.87	-11.21	39.38	360.00
SLE_CAR	-0.97	-14.94	43.65	360.00
SLD_SISM ↓	-0.78	-14.94	35.32	360.00
SLD_SISM ↑	-0.79	-14.94	35.68	360.00

Tabella 21 – Verifica di limitazione delle tensioni della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 1.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

10.5.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente la fondazione, è prevista la classe di esposizione XC2 nelle Tabella 22 e Tabella 23 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali ordinarie.

	w_k	w_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.227	0.300
SLE_FR	0.239	0.400

Tabella 22 – Verifica a fessurazione della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 1.

	w_k	w_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.049	0.300
SLE_FR	0.050	0.400

Tabella 23 – Verifica a fessurazione della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 1.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

11 VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 2

11.1 Descrizione della struttura

Il muro, ragionevolmente trattato come un corpo rigido, è stato dimensionato con l'ausilio di un foglio elettronico creato "ad hoc", con il quale vengono effettuate le verifiche geotecniche (in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008) e calcolate le sollecitazioni per le verifiche strutturali.

La geometria del Muro Tipo 2 è rappresentata in nella seguente Figura 17.

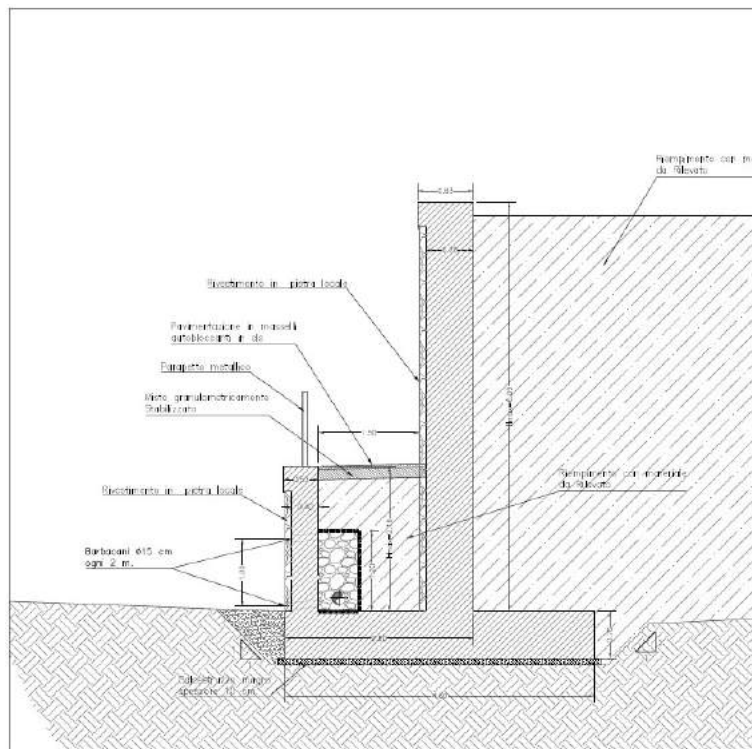


Figura 17: Muro tipo 2

Il Muro Tipo 2 è costituito da un concio avente lunghezza $L_{CONCIO}=7m$ con un paramento principale di altezza variabile (2.15 –6.10m) ed un paramento secondario anch'esso di altezza variabile (2.15-3.00m). Il dimensionamento del Muro tipo 2 è stato effettuato considerando, cautelativamente, l'altezza massima di entrambi i paramenti.

In Figura 18 è riportata la sezione tipo così come inserita nel modello di calcolo per effettuare l'analisi geotecnica del Muro tipo 2 e l'analisi strutturale della fondazione e del paramento principale. In Tabella 24 sono riassunte le caratteristiche geometriche considerate.

L'analisi del paramento secondario è stata invece effettuata considerando un modello di trave incastrata in corrispondenza del filo superiore della fondazione.

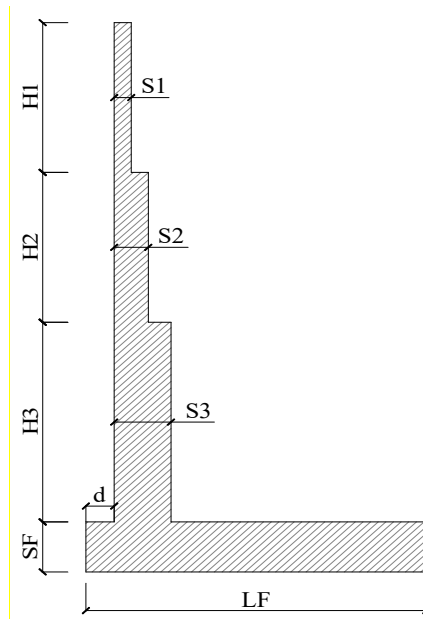


Figura 18: Sezione di calcolo generica.

Sezione Tipo Muro	H1 [m]	S1 [m]	H2/H3 [m]	S2/S3 [m]	LF [m]	SF [m]	D [m]	LCONCIO [m]
Muro Tipo 2	6.1	0.7	-	-	4.6	0.7	2.1	7

Tabella 24 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo per il Muro Tipo 2.

11.2 Analisi dei carichi

Nei seguenti paragrafi sono descritti i carichi considerati nella presente analisi. In Tabella 25 e in Tabella 26 sono riassunti i coefficienti di combinazione delle azioni adottati rispettivamente per le verifiche agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio.

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.U.	SLU-F1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLU-F2	1.30	1.30	1.30	1.50	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLV_SISM_↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLV_SISM_↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 25 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite Ultimi dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.E.	SLE_QP	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.60	0.00
	SLE_FR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.70	0.00
	SLE_CAR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	SLD_SISM ↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLD_SISM ↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 26 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite di Esercizio dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

11.2.1 Peso proprio

Il peso proprio degli elementi strutturali in calcestruzzo viene calcolando considerando un peso per unità di volume pari a 25.00 kN/m³.

11.2.2 Carichi permanenti

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti: peso del materiale del riempimento a tergo, e peso del materiale del riempimento a valle, stimati entrambi in ragione di 19.00 kN/m³.

11.2.3 Carichi accidentali

Sono stati considerati due diversi carichi accidentali:

- Sovraccarico stradale pari a 20.00 kPa. Tale sovraccarico è stato cautelativamente considerato infinitamente esteso verso monte, trascurando inoltre il contributo stabilizzante dovuto alla porzione di carico agente al di sopra della parte della fondazione di monte.
- Sovraccarico dovuto al transito pedonale pari a 5.00 kPa in corrispondenza del passaggio pedonale.

11.3 Verifiche geotecniche

11.3.1 Verifica a ribaltamento

Nella tabella seguente sono riportati i risultati della verifica ribaltamento per il Muro Tipo 2; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
M_{STAB}	[kN·m/m]	1371	1782	1343	1399
M_{RIB}	[kN·m/m]	119	119	320	321
F_S	[-]	11.53	14.99	4.20	4.36

Tabella 27 – Muro Tipo 2. Risultati della verifica al ribaltamento.

11.3.2 Verifica a scivolamento

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica a scivolamento per il Muro Tipo 2; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
T_{RES}	[kN/m]	214	279	211	217
T_{SOLL}	[kN/m]	183	183	122	123
F_S	[-]	1.17	1.52	1.73	1.77

Tabella 28 – Muro Tipo 2. Risultati della verifica a scivolamento.

11.3.3 Verifica di capacità portante della fondazione

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica di capacità portante per la fondazione del Muro Tipo 2. Le sollecitazioni sono riferite, cautelativamente, al concio di lunghezza massima L_{CONCIO}=7m.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
q_{lim}	[kPa]	331	469	613	625
σ_{Sd}	[kPa]	186	199	132	134
F_S	[-]	1.78	2.36	4.66	4.66

Tabella 29 – Muro Tipo 2. Risultati della verifica di capacità portante.

11.4 Verifiche strutturali dell'elevazione principale

Nei paragrafi seguenti sono svolte le verifiche strutturali del paramento principale del muro analizzato; tutte le azioni e le verifiche si riferiscono a un metro lineare di struttura. A favore di sicurezza le sollecitazioni sono state calcolate annullando l'angolo d'attrito muro-terreno. Inoltre, sono state cautelativamente considerate le sollecitazioni alla base dell'elevazione per il dimensionamento dell'intero elemento.

11.4.1 Sollecitazioni alla base dell'elevazione

Nella seguente tabella sono riassunte le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche strutturali del paramento principale.

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	106.8	174.1	404.5
Comb SLU-F2	138.8	174.1	404.5
Comb SLV_SISM_↓	105.3	109.5	231.4
Comb SLV_SISM_↑	108.2	109.6	231.7
Comb SLE_QP	106.8	115.6	255.3
Comb SLE_FR	106.8	118.9	265.4
Comb SLE_CAR	106.8	128.9	295.6
Comb SLD_SISM_↓	105.3	104.5	218.2
Comb SLD_SISM_↑	108.2	104.6	218.3

Tabella 30 – Muro Tipo 2. Sollecitazioni alla base del paramento principale.

11.4.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

Il paramento principale del Muro Tipo 2 ha spessore pari a $S_1=0.70\text{m}$ ed armatura principale simmetrica $\varnothing 18/15\text{cm}$.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione del paramento principale.

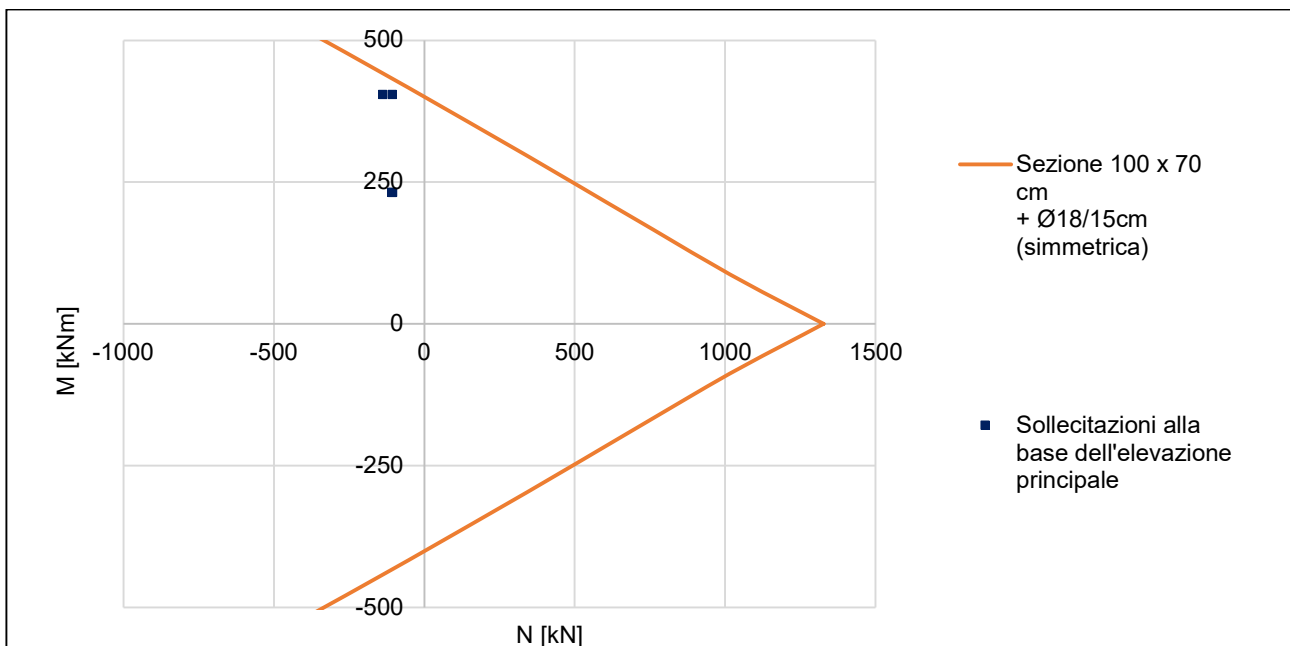


Figura 19: Verifica a pressoflessione del paramento principale del Muro Tipo 2.

11.4.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	174.1	174.1	109.5	109.6
V_{Rd}	[kN]	278.7	283.5	278.5	278.9

Tabella 31 – Verifica a taglio del paramento principale del Muro Tipo 2.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

11.4.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{c,lim}$	$\sigma_{s,MAX}$	$\sigma_{s,lim}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
SLE_QP	-4.78	-14.94	188.65	360.00
SLE_CAR	-5.53	-19.92	222.25	360.00
SLD_SISM ↓	-4.10	-19.92	158.08	360.00
SLD_SISM ↑	-4.10	-19.92	157.53	360.00

Tabella 32 – Verifica di limitazione delle tensioni del paramento principale del Muro Tipo 2.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

11.4.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente l'elevazione, sono previste le classi di esposizione XC4-XD1, in Tabella 33 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali aggressive.

	W_k	W_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.181	0.200
SLE_FR	0.190	0.300

Tabella 33 – Verifica a fessurazione del paramento principale del Muro Tipo 2.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

11.5 Verifiche strutturali dell'elevazione secondaria

Nei paragrafi seguenti sono svolte le verifiche strutturali del paramento secondario del muro analizzato; tutte le azioni e le verifiche si riferiscono a un metro lineare di struttura.

Considerata la geometria del Muro Tipo 2, la spinta agente sul paramento secondario è stata calcolata considerando un coefficiente di spinta a riposo k_0 , nel caso statico, e sommando ad esso un incremento di spinta calcolato secondo la formulazione di Wood, nel caso sismico:

$$\Delta S_{a,sism} = a_{max} \cdot \gamma \cdot H^2$$

A favore di sicurezza le sollecitazioni sono state calcolate annullando l'angolo d'attrito muro-terreno. Inoltre, sono state cautelativamente considerate le sollecitazioni alla base dell'elevazione per il dimensionamento dell'intero elemento.

11.5.1 Sollecitazioni alla base dell'elevazione

Nella seguente tabella sono riassunte le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche strutturali dell'elevazione secondaria.

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	30.0	57.0	61.8
Comb SLU-F2	39.0	57.0	61.8
Comb SLV_SISM	30.0	55.2	64.5
Comb SLE_QP	30.0	37.2	37.5
Comb SLE_FR	30.0	40.9	43.2
Comb SLE_CAR	30.0	42.9	46.1
Comb SLD_SISM	30.0	49.2	55.6

Tabella 34 – Muro Tipo 2. Sollecitazioni alla base del paramento secondario.

11.5.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

Il paramento secondario del Muro Tipo 2 ha spessore pari a $S_1=0.40\text{m}$ ed armatura secondaria simmetrica $\varnothing 16/15\text{cm}$.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

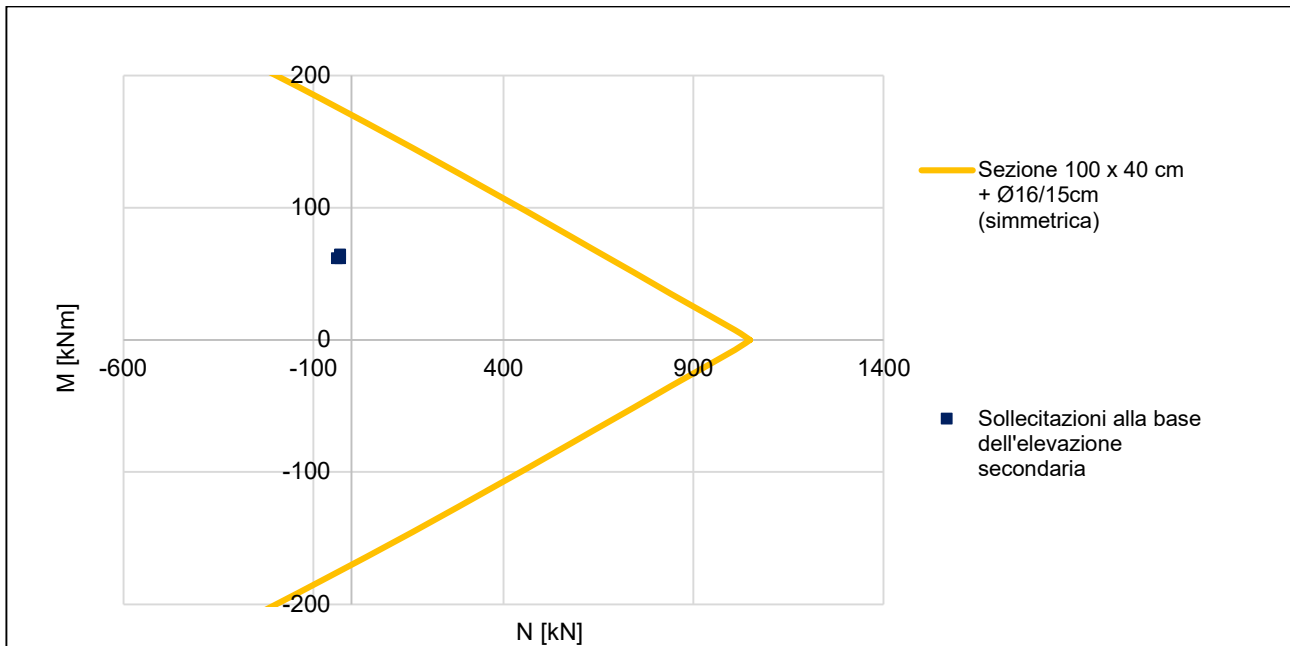


Figura 20: Verifica a pressoflessione del paramento secondario del Muro Tipo 2.

11.5.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM
V_{Ed}	[kN]	57.0	57.0	55.2
V_{Rd}	[kN]	172.1	173.5	172.1

Tabella 35 – Verifica a taglio del paramento secondario del Muro Tipo 2.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

11.5.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]
SLE_QP	-2.48	-14.94	83.38	360.00
SLE_CAR	-3.04	-19.92	104.94	360.00
SLD_SISM	-3.67	-19.92	129.03	360.00

Tabella 36 – Verifica di limitazione delle tensioni del paramento secondario del Muro Tipo 2.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

11.5.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente l'elevazione, sono previste le classi di esposizione XC4-XD1, in Tabella 37 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali aggressive.

	W_k	W_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.089	0.300
SLE_FR	0.104	0.400

Tabella 37 – Verifica a fessurazione del paramento secondario del Muro Tipo 2.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

11.6 Verifiche strutturali della fondazione

A partire dalle sollecitazioni alla base della fondazione si determina lo stato di sforzo nel terreno e quindi nelle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

Per determinare le sollecitazioni nelle mensole di fondazione (e poter quindi procedere con le verifiche) è necessario prima di tutto definire un valore limite di snellezza al taglio oltre al quale l'elemento strutturale può essere considerato snello; si considera:

- Elemento snello: $\lambda_v = a / h > 1$
- Elemento tozzo: $\lambda_v = a / h \leq 1$

dove i simboli a e h assumono il significato di Figura 15.

Gli elementi snelli vengono assimilati a mensola incastrate in corrispondenza del filo esterno dell'elevazione.

Gli elementi tozzi vengono verificati basandosi sul modello di traliccio isostatico.

La seguente Tabella riporta i limiti di snellezza delle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

	Rapporto limite di snellezza λ_v	Tipologia mensola
Mensola anteriore	3.00	SNELLA
Mensola posteriore	2.57	SNELLA

Tabella 38 – Muro Tipo 1. Rapporto limite di snellezza delle mensole di fondazione.

11.6.1 Sollecitazioni agenti sulla fondazione

Nelle seguenti tabelle sono riassunte le sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore e sulla mensola anteriore di fondazione.

	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	-156.6	-161.8
Comb SLU-F2	-153.4	-155.5
Comb SLV_SISM_↓	-91.2	-89.9
Comb SLV_SISM_↑	-84.5	-83.5
Comb SLE_QP	-96.4	-96.1
Comb SLE_FR	-100.3	-100.3
Comb SLE_CAR	-112.0	-113.1
Comb SLD_SISM_↓	-84.7	-82.9
Comb SLD_SISM_↑	-80.3	-78.8

Tabella 39 – Muro Tipo 2. Sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore di fondazione.

	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	300.0	348.2
Comb SLU-F2	337.7	382.3
Comb SLV_SISM_↓	226.1	249.8
Comb SLV_SISM_↑	230.7	254.1
Comb SLE_QP	237.3	263.9
Comb SLE_FR	241.3	269.4
Comb SLE_CAR	253.5	285.7
Comb SLD_SISM_↓	221.3	243.0
Comb SLD_SISM_↑	224.2	245.8

Tabella 40 – Muro Tipo 2. Sollecitazioni massime agenti sulla mensola anteriore di fondazione.

11.6.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

La mensola posteriore della fondazione del Muro Tipo 2 ha spessore pari a $S_f=0.7m$ ed armatura simmetrica $\varnothing 18/15cm$. Si dispone la stessa armatura lungo tutta la fondazione.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

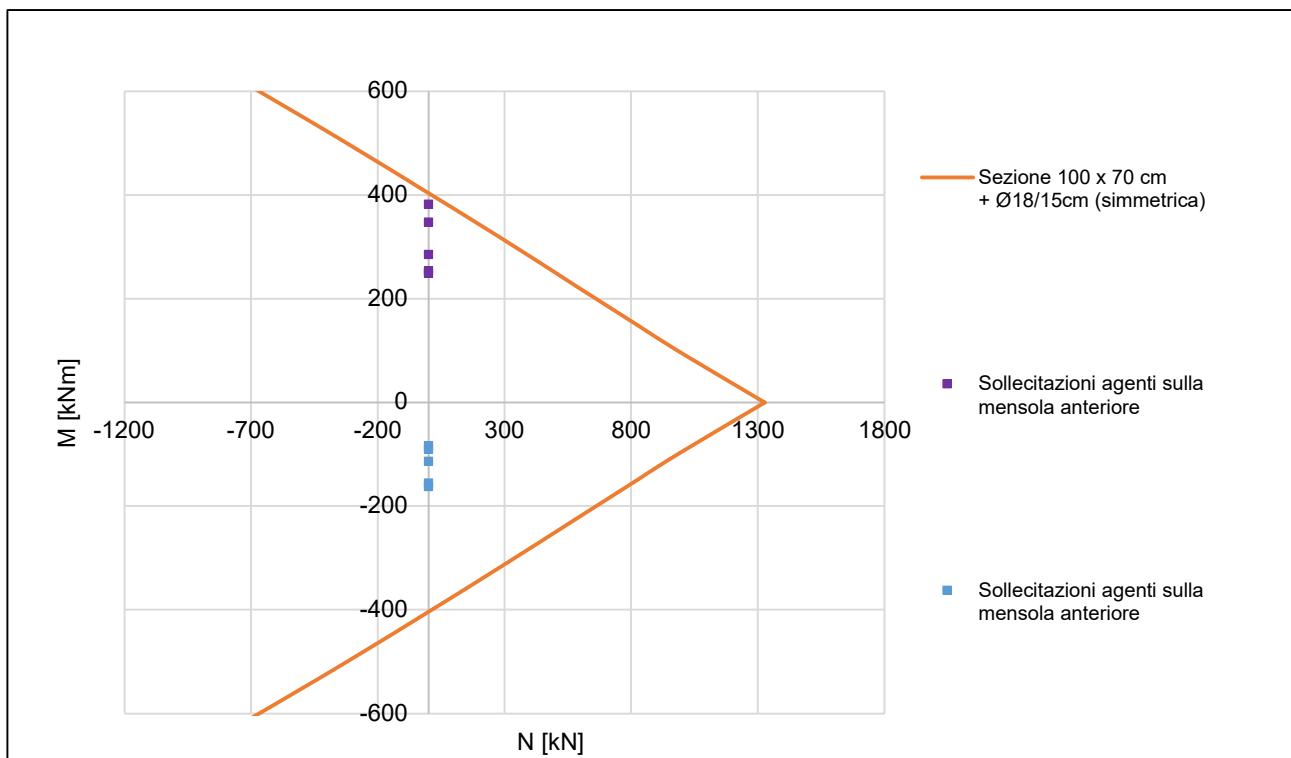


Figura 21: Verifica a pressoflessione della fondazione del Muro Tipo 2.

11.6.3 Verifica a taglio (SLU)

Per la mensola posteriore di fondazione, si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	156.6	153.4	91.2	84.5
V_{Rd}	[kN]	224.6	224.6	224.6	224.6

Tabella 41 – Verifica a taglio della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 2.

Per la mensola anteriore di fondazione, si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, considerando il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio (2*Ø18 90x45cm) in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.2:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	300.0	337.7	226.1	230.7
V_{Rd}	[kN]	707.9	707.9	707.9	707.9

Tabella 42 – Verifica a taglio della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 2.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

11.6.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{c,lim}$	$\sigma_{s,MAX}$	$\sigma_{s,lim}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
SLE_QP	-2.36	-11.21	155.68	360.00
SLE_CAR	-2.78	-14.94	183.26	360.00
SLD_SISM ↓	-2.04	-14.94	134.33	360.00
SLD_SISM ↑	-1.94	-14.94	127.70	360.00

Tabella 43 – Verifica di limitazione delle tensioni della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 2.

	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{c,lim}$	$\sigma_{s,MAX}$	$\sigma_{s,lim}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
SLE_QP	-4.62	-11.21	214.89	360.00
SLE_CAR	-5.00	-14.94	232.64	360.00
SLD_SISM ↓	-4.26	-14.94	197.90	360.00
SLD_SISM ↑	-4.30	-14.94	200.13	360.00

Tabella 44 – Verifica di limitazione delle tensioni della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 2.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

11.6.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente la fondazione, è prevista la classe di esposizione XC2 nelle Tabella 45 e Tabella 46 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali ordinarie.

	W_k	W_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.223	0.300
SLE_FR	0.232	0.400

Tabella 45 – Verifica a fessurazione della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 2.

	W_k	W_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.254	0.300
SLE_FR	0.259	0.400

Tabella 46 – Verifica a fessurazione della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 2.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

12 VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 3

12.1 Descrizione della struttura

Il muro, ragionevolmente trattato come un corpo rigido, è stato dimensionato con l'ausilio di un foglio elettronico creato "ad hoc", con il quale vengono effettuate le verifiche geotecniche (in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008) e calcolate le sollecitazioni per le verifiche strutturali. Nella seguente Figura è riportata una sezione tipo così come viene inserita nel modello di calcolo.

Il Muro Tipo 3 ha un'altezza del paramento variabile (1.83-2.07m) ed è costituito da un concio avente lunghezza pari a $L_{CONCIO}=2.45m$. Il dimensionamento è stato effettuato, cautelativamente, considerando un'altezza pari a $H_1=2.10m$. Nella seguente Tabella sono riassunte le caratteristiche geometriche considerate per il dimensionamento del Muro Tipo 3.

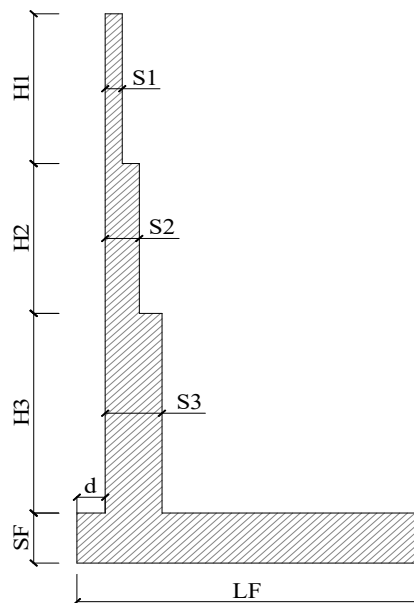


Figura 22: Sezione di calcolo generica.

Sezione Tipo Muro	H1 [m]	S1 [m]	H2/H3 [m]	S2/S3 [m]	LF [m]	SF [m]	D [m]	LCONCIO [m]
Muro Tipo 3	2.1	0.3	-	-	1.2	0.3	0.2	2.45

Tabella 47 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo per il Muro Tipo 3.

12.2 Analisi dei carichi

Nei seguenti paragrafi sono descritti i carichi considerati nella presente analisi. In Tabella 52 e in Tabella 53 sono riassunti i coefficienti di combinazione delle azioni adottati rispettivamente per le verifiche agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio.

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.U.	SLU-F1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLU-F2	1.30	1.30	1.30	1.50	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLV_SISM_↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLV_SISM_↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 48 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite Ultimi dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.E.	SLE_QP	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.60	0.00
	SLE_FR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.70	0.00
	SLE_CAR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	SLD_SISM ↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLD_SISM ↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 49 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite di Esercizio dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

12.2.1 Peso proprio

Il peso proprio degli elementi strutturali in calcestruzzo viene calcolando considerando un peso per unità di volume pari a 25.00 kN/m³.

12.2.2 Carichi permanenti

L'unico carico permanente agente sul muro è il peso del materiale del riempimento a tergo, stimato in ragione di 19.00 kN/m³.

12.2.3 Carichi accidentali

Tra i carichi accidentali, è stato considerato un sovraccarico dovuto al transito pedonale pari a 5.00 kPa in corrispondenza del passaggio pedonale.

12.3 Verifiche geotecniche

12.3.1 Verifica a ribaltamento

Nella tabella seguente sono riportati i risultati della verifica ribaltamento per il Muro Tipo 3; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
M_{STAB}	[kN·m/m]	36	52	36	37
M_{RIB}	[kN·m/m]	5	5	15	14.90
F_S	[-]	6.67	9.48	2.40	2.50

Tabella 50 – Muro Tipo 3. Risultati della verifica al ribaltamento.

12.3.2 Verifica a scivolamento

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica a scivolamento per il Muro Tipo 3; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
T_{RES}	[kN/m]	23	32	23	24
T_{SOLL}	[kN/m]	17	17	16	16
F_S	[-]	1.34	1.87	1.46	1.50

Tabella 51 – Muro Tipo 3. Risultati della verifica a scivolamento.

12.3.3 Verifica di capacità portante della fondazione

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica di capacità portante per la fondazione del Muro Tipo 3. Le sollecitazioni sono riferite, cautelativamente, ad un concio di lunghezza massima L_{CONCIO}=2.45m.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
q_{lim}	[kPa]	146	211	190	195
σ_{Sd}	[kPa]	88	92	72	72
F_S	[-]	1.66	2.31	2.66	2.68

Tabella 52 – Muro Tipo 3. Risultati della verifica di capacità portante.

12.4 Verifiche strutturali dell'elevazione

Nei paragrafi seguenti sono svolte le verifiche strutturali dell'elevazione del muro analizzato; tutte le azioni e le verifiche si riferiscono a un metro lineare di struttura. A favore di sicurezza le sollecitazioni sono state calcolate annullando l'angolo d'attrito muro-terreno. Inoltre, sono state cautelativamente considerate le sollecitazioni alla base dell'elevazione per il dimensionamento dell'intero elemento.

12.4.1 Sollecitazioni alla base dell'elevazione

Nella seguente tabella sono riassunte le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche strutturali dell'elevazione del muro.

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	15.8	14.8	10.3
Comb SLU-F2	20.5	14.8	10.3
Comb SLV_SISM_↓	15.5	13.2	9.6
Comb SLV_SISM_↑	16.0	13.2	9.6
Comb SLE_QP	15.8	11.4	7.9
Comb SLE_FR	15.8	11.4	7.9
Comb SLE_CAR	15.8	11.4	7.9
Comb SLD_SISM_↓	15.5	12.5	9.0
Comb SLD_SISM_↑	16.0	12.5	9.0

Tabella 53 – Muro Tipo 3. Sollecitazioni alla base dell'elevazione.

12.4.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

L'elevazione del Muro Tipo 3 ha spessore pari a $S_1=0.3\text{m}$ ed armatura principale simmetrica $\varnothing 16/15\text{cm}$.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

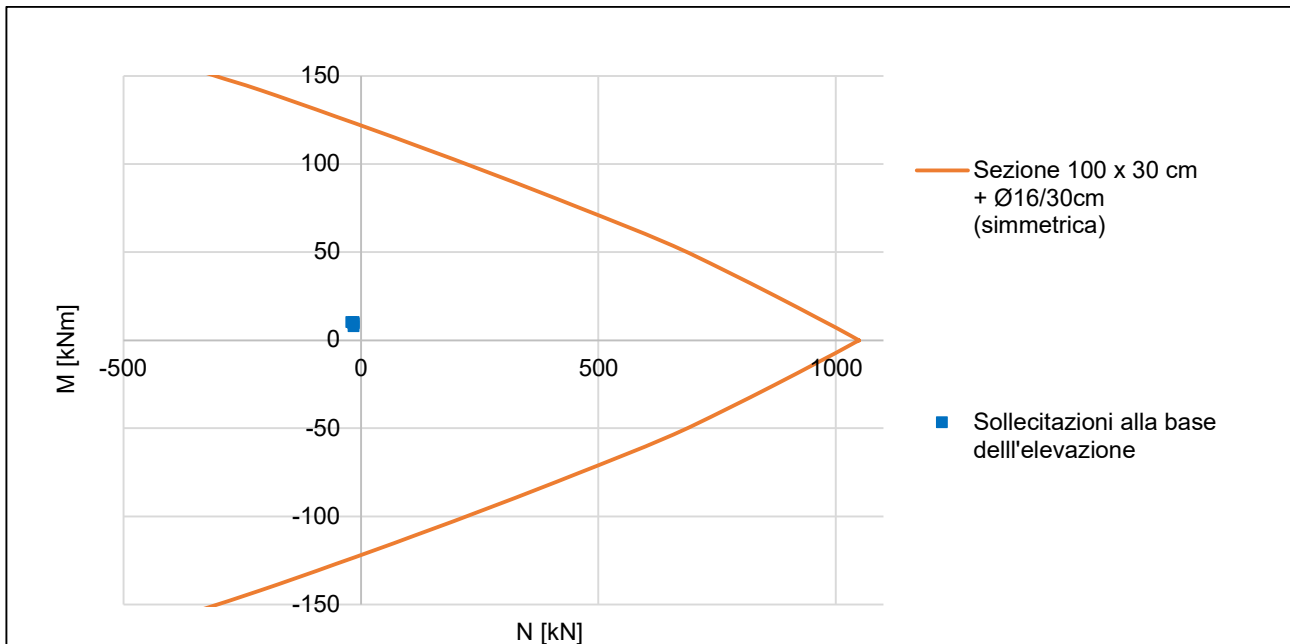


Figura 23: Verifica a pressoflessione dell'elevazione del Muro Tipo 3.

12.4.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	14.8	14.8	13.2	13.2
V_{Rd}	[kN]	145.5	146.2	145.5	145.6

Tabella 54 – Verifica a taglio dell'elevazione del Muro Tipo 3.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

12.4.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]
SLE_QP	-0.96	-14.94	23.12	360.00
SLE_CAR	-0.96	-19.92	23.12	360.00
SLD_SISM ↓	-1.10	-19.92	27.13	360.00
SLD_SISM ↑	-1.10	-19.92	26.99	360.00

Tabella 55 – Verifica di limitazione delle tensioni dell'elevazione del Muro Tipo 3.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

12.4.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente l'elevazione, sono previste le classi di esposizione XC4-XD1, in Tabella 56 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali aggressive.

	w_k [mm]	w_{lim} [mm]
SLE_QP	0.021	0.200
SLE_FR	0.021	0.300

Tabella 56 – Verifica a fessurazione dell'elevazione del Muro Tipo 3.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

12.5 Verifiche strutturali della fondazione

A partire dalle sollecitazioni alla base della fondazione si determina lo stato di sforzo nel terreno e quindi nelle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

Per determinare le sollecitazioni nelle mensole di fondazione (e poter quindi procedere con le verifiche) è necessario prima di tutto definire un valore limite di snellezza al taglio oltre al quale l'elemento strutturale può essere considerato snello; si considera:

- Elemento snello: $\lambda_v = a / h > 1$
- Elemento tozzo: $\lambda_v = a / h \leq 1$

dove i simboli a e h assumono il significato di Figura 15.

Gli elementi snelli vengono assimilati a mensola incastrata in corrispondenza del filo esterno dell'elevazione.

Gli elementi tozzi vengono verificati basandosi sul modello di traliccio isostatico.

La seguente Tabella riporta i limiti di snellezza delle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

	Rapporto limite di snellezza λ_v	Tipologia mensola
Mensola anteriore	0.67	TOZZA
Mensola posteriore	2.33	SNELLA

Tabella 57 – Muro Tipo 1. Rapporto limite di snellezza delle mensole di fondazione.

12.5.1 Sollecitazioni agenti sulla mensola di fondazione posteriore

Nelle seguenti tabelle sono riassunte le sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore.

	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	-17.6	-7.3
Comb SLU-F2	-17.7	-8.2
Comb SLV_SISM_↓	-16.4	-7.4
Comb SLV_SISM_↑	-15.5	-7.4
Comb SLE_QP	-13.2	-6.4
Comb SLE_FR	-13.2	-6.4
Comb SLE_CAR	-13.2	-6.4
Comb SLD_SISM_↓	-15.2	-7.4
Comb SLD_SISM_↑	-14.6	-7.2

Tabella 58 – Muro Tipo 3. Sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore di fondazione.

12.5.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

La mensola posteriore della fondazione del Muro Tipo 3 ha spessore pari a $S_f=0.3m$ ed armatura simmetrica $\varnothing 16/15cm$. In accordo con le verifiche della mensola posteriore si dispone la stessa armatura lungo tutta la fondazione.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

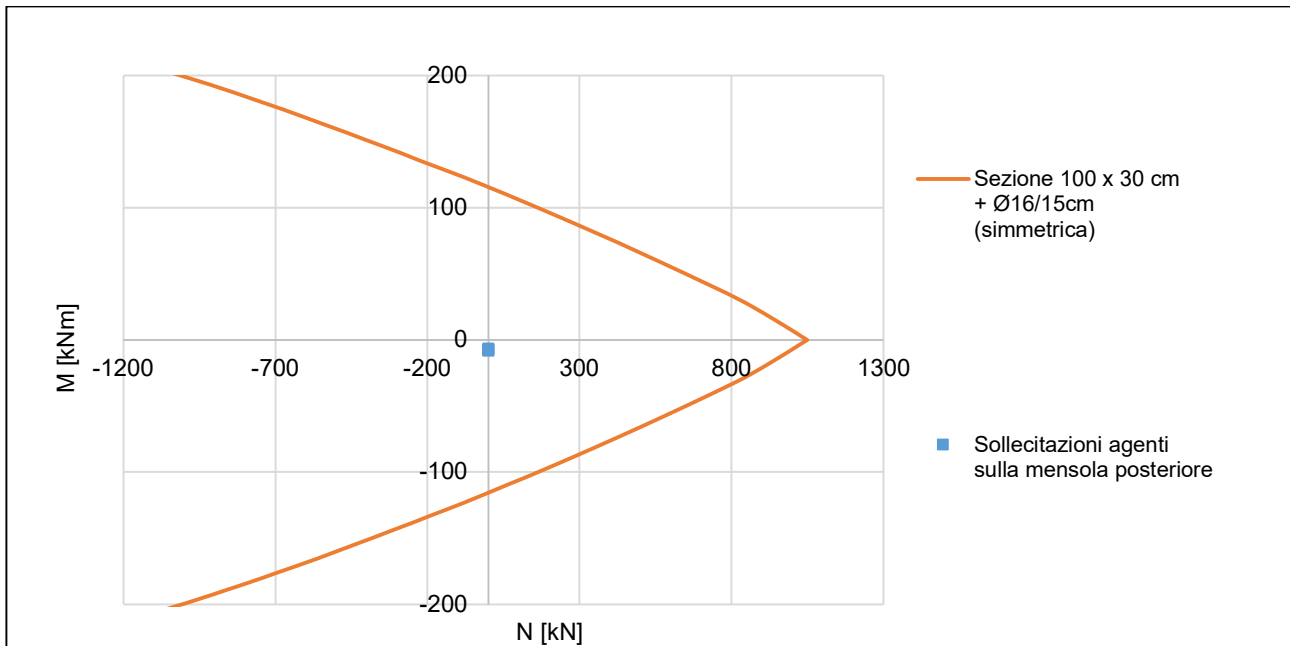


Figura 24: Verifica a pressoflessione della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 3.

12.5.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	17.6	17.7	16.4	15.5
V_{Rd}	[kN]	112.4	112.4	112.4	112.4

Tabella 59 – Verifica a taglio della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 3.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

12.5.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]
SLE_QP	-0.69	-11.21	22.29	360.00
SLE_CAR	-0.69	-14.94	22.29	360.00
SLD_SISM ↓	-0.80	-14.94	25.87	360.00
SLD_SISM ↑	-0.78	-14.94	25.11	360.00

Tabella 60 – Verifica di limitazione delle tensioni della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 3.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

12.5.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente la fondazione, è prevista la classe di esposizione XC2 nella Tabella 61 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali ordinarie.

	W_k	W_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.020	0.300
SLE_FR	0.020	0.400

Tabella 61 – Verifica a fessurazione della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 3.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

12.5.6 Verifica dell'elemento tozzo

La verifica delle mensole tozze si basa sul modello di traliccio isostatico riprodotto nella seguente figura.

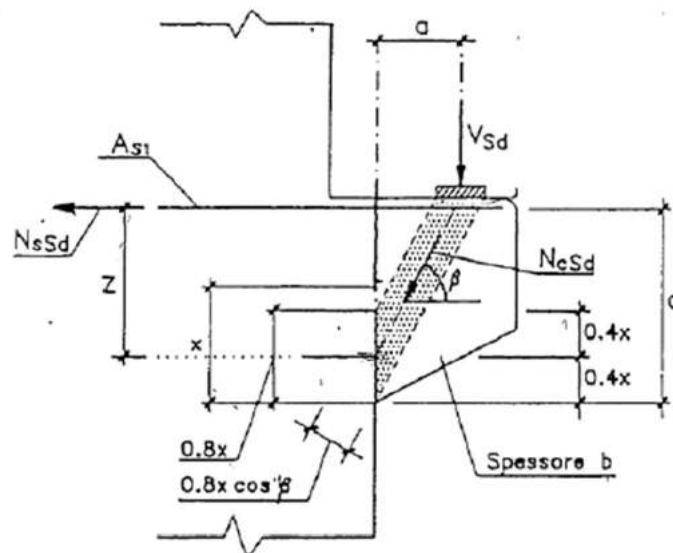


Figura 25: Schematizzazione di una mensola tozza come traliccio isostatico.

dove:

- V_{sd} | Forza di reazione totale sulla mensola tozza dovuta alla pressione del terreno di fondazione e al peso della mensola stessa;
- a | Braccio della forza di reazione rispetto al filo esterno (di valle) dell'elevazione;
- λ_v | Snellezza al taglio della mensola anteriore;
- β | Inclinazione del puntone compresso.

Per le verifiche nei confronti dello Stato Limite Ultimo si verifica che siano soddisfatte le seguenti condizioni:

$$\sigma_c \leq f_{cd} = \frac{0.85 \cdot f_{ck}}{1.5}$$

$$\sigma_s \leq f_{yd} = \frac{f_{ck}}{1.15}$$

Per le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio si verifica che siano soddisfatte le seguenti condizioni:

$$\sigma_c \leq \sigma_{c,lim} = 0.45 \cdot f_{ck} \text{ (Comb. Quasi Permanente)}$$

$$\sigma_c \leq \sigma_{c,lim} = 0.60 \cdot f_{ck} \text{ (Comb. Caratteristica/Rara)}$$

$$\sigma_s \leq \sigma_{s,lim} = 0.8 \cdot f_{yk}$$

dove:

σ_c = sforzo nel puntone compresso;

σ_s = sforzo nel tirante principale;

f_{cd} = sforzo di compressione di progetto nel calcestruzzo;

f_{ck} = sforzo di compressione caratteristico nel calcestruzzo;

f_{yd} = sforzo di trazione di progetto nell'acciaio;

f_{yk} = sforzo di trazione caratteristico nell'acciaio.

Nelle Tabelle seguenti si riportano i risultati delle verifiche effettuate sugli sforzi nel puntone compresso e nel tirante principale per lo Stato Limite Ultimo e per lo Stato Limite d'Esercizio.

	Vsd [kN/m]	a [m]	λ_v [-]	β [°]	σ_c [MPa/m]	f_{cd} [MPa/m]	σ_s [MPa/m]	f_{yd} [MPa/m]
SLU-F1	15.98	0.10	0.67	-57.06	-0.44	-14.11	19.78	391.30
SLU-F2	17.84	0.10	0.67	-57.30	-0.49	-14.11	21.87	391.30
SLV_SISM ↓	14.91	0.10	0.67	-57.11	-0.41	-14.11	18.42	391.30
SLV_SISM ↑	15.09	0.10	0.67	-57.13	-0.41	-14.11	18.63	391.30

Tabella 62 – Muro 3. Verifica delle sollecitazioni nella mensola anteriore secondo il modello di trave tozza (Stato Limite Ultimo).

	Vsd [kN/m]	a [m]	λ_v [-]	β [°]	σ_c [MPa/m]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa/m]	σ_s [MPa/m]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa/m]
SLE_QP	13.40	0.10	0.67	-57.22	-0.37	-11.21	16.49	360.00
SLE_CAR	13.40	0.10	0.67	-57.22	-0.37	-14.94	16.49	360.00
SLD_SISM ↓	14.36	0.10	0.67	-57.15	-0.39	-14.94	17.71	360.00
SLD_SISM ↑	14.48	0.10	0.67	-57.16	-0.40	-14.94	17.85	360.00

Tabella 63 – Muro 3. Verifica delle sollecitazioni nella mensola anteriore secondo il modello di trave tozza (Stato Limite d'Esercizio).

13 VERIFICHE MURI DI SOTTOSCARPA - MURO TIPO 4

13.1 Descrizione della struttura

Il muro, ragionevolmente trattato come un corpo rigido, è stato dimensionato con l'ausilio di un foglio elettronico creato "ad hoc", con il quale vengono effettuate le verifiche geotecniche (in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008) e calcolate le sollecitazioni per le verifiche strutturali. Nella seguente Figura è riportata una sezione tipo così come viene inserita nel modello di calcolo.

Il Muro Tipo 4 ha un'altezza del paramento variabile (3.00 – 6.10m) ed è costituito da un concio avente lunghezza $L_{CONCIO}=7m$. Il dimensionamento è stato effettuato, cautelativamente, considerando l'altezza massima $H_1=6.10m$. Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche geometriche considerate per il dimensionamento del Muro Tipo 4.

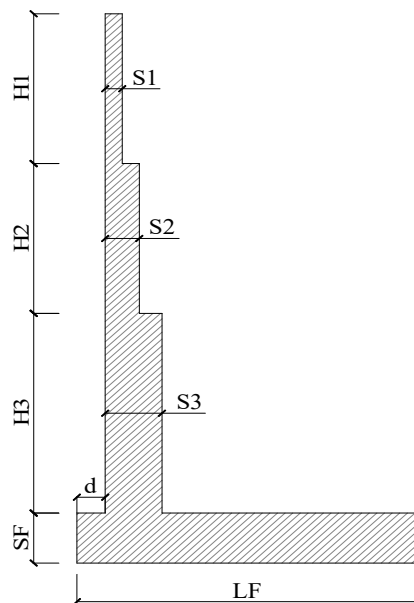


Figura 26: Sezione di calcolo generica.

Sezione Tipo Muro	H1 [m]	S1 [m]	H2/H3 [m]	S2/S3 [m]	LF [m]	SF [m]	D [m]	LCONCIO [m]
Muro Tipo 4	6.1	0.7	-	-	4.5	0.7	0.8	7

Tabella 64 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo per il Muro Tipo 4.

13.2 Analisi dei carichi

Nei seguenti paragrafi sono descritti i carichi considerati nella presente analisi. In Tabella 65 e in Tabella 66 sono riassunti i coefficienti di combinazione delle azioni adottati rispettivamente per le verifiche agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio.

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.U.	SLU-F1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLU-F2	1.30	1.30	1.30	1.50	1.30	1.30	1.50	0.00
	SLV_SISM_↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLV_SISM_↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 65 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite Ultimi dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

		Peso proprio	Peso terreno	Peso permanenti	Peso accidentali	Spinta terre	Spinta permanenti	Spinta accidentali	Azioni sismiche
S.L.E.	SLE_QP	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.60	0.00
	SLE_FR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.70	0.00
	SLE_CAR	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00
	SLD_SISM ↓	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00
	SLD_SISM ↑	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00

Tabella 66 - Coefficienti di combinazione utilizzati nelle analisi agli Stati Limite di Esercizio dell'opera in oggetto; i simboli "↓" e "↑" indicano il verso delle forze d'inerzia dovute al sisma e corrispondono rispettivamente a un'azione sismica verticale verso l'alto (↓) e verso il basso (↑).

13.2.1 Peso proprio

Il peso proprio degli elementi strutturali in calcestruzzo viene calcolando considerando un peso per unità di volume pari a 25.00 kN/m³.

13.2.2 Carichi permanenti

L'unico carico permanente agente sul muro è il peso del materiale del riempimento a tergo, stimato in ragione di 19.00 kN/m³.

13.2.3 Carichi accidentali

Tra i carichi accidentali, è stato considerato un sovraccarico stradale pari a 20.00 kPa. Tale sovraccarico è stato cautelativamente considerato infinitamente esteso verso monte, trascurando inoltre il contributo stabilizzante dovuto alla porzione di carico agente al di sopra della parte della fondazione di monte.

13.3 Verifiche geotecniche

13.3.1 Verifica a ribaltamento

Nella tabella seguente sono riportati i risultati della verifica ribaltamento per il Muro Tipo 4; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
M_{STAB}	[kN·m/m]	1394	1812	1365	1422
M_{RIB}	[kN·m/m]	127	127	342	343
F_S	[-]	11.00	14.30	3.99	4.14

Tabella 67 – Muro Tipo 4. Risultati della verifica al ribaltamento.

13.3.2 Verifica a scivolamento

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica a scivolamento per il Muro Tipo 4; le sollecitazioni sono riferite ad una porzione di muro di lunghezza 1m in direzione longitudinale.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
T_{RES}	[kN/m]	232	302	229	235
T_{SOLL}	[kN/m]	183	183	126	126
F_S	[-]	1.27	1.65	1.81	1.86

Tabella 68 – Muro Tipo 4. Risultati della verifica a scivolamento.

13.3.3 Verifica di capacità portante della fondazione

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica di capacità portante per la fondazione del Muro Tipo 4. Le sollecitazioni sono riferite, cautelativamente, ad un concio di lunghezza massima L_{CONCIO}=7m.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
q_{lim}	[kPa]	358	494	614	626
σ_{Sd}	[kPa]	210	226	151	154
F_S	[-]	1.70	2.18	4.06	4.06

Tabella 69 – Muro Tipo 4. Risultati della verifica di capacità portante.

13.4 Verifiche strutturali dell'elevazione

Nei paragrafi seguenti sono svolte le verifiche strutturali dell'elevazione del muro analizzato; tutte le azioni e le verifiche si riferiscono a un metro lineare di struttura. A favore di sicurezza le sollecitazioni sono state calcolate annullando l'angolo d'attrito muro-terreno. Inoltre, sono state cautelativamente considerate le sollecitazioni alla base dell'elevazione per il dimensionamento dell'intero elemento.

13.4.1 Sollecitazioni alla base dell'elevazione

Nella seguente tabella sono riassunte le sollecitazioni utilizzate nelle verifiche strutturali dell'elevazione del muro.

	N [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	106.8	174.1	404.5
Comb SLU-F2	138.8	174.1	404.5
Comb SLV_SISM_↓	105.3	113.3	243.0
Comb SLV_SISM_↑	108.2	113.5	243.3
Comb SLE_QP	106.8	115.6	255.3
Comb SLE_FR	106.8	118.9	265.4
Comb SLE_CAR	106.8	128.9	295.6
Comb SLD_SISM_↓	105.3	107.0	225.6
Comb SLD_SISM_↑	108.2	107.0	225.7

Tabella 70 – Muro Tipo 4. Sollecitazioni alla base dell'elevazione.

13.4.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

L'elevazione del Muro Tipo 4 ha spessore pari a $S_1=0.7m$ ed armatura principale simmetrica $\varnothing 20/15cm$.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

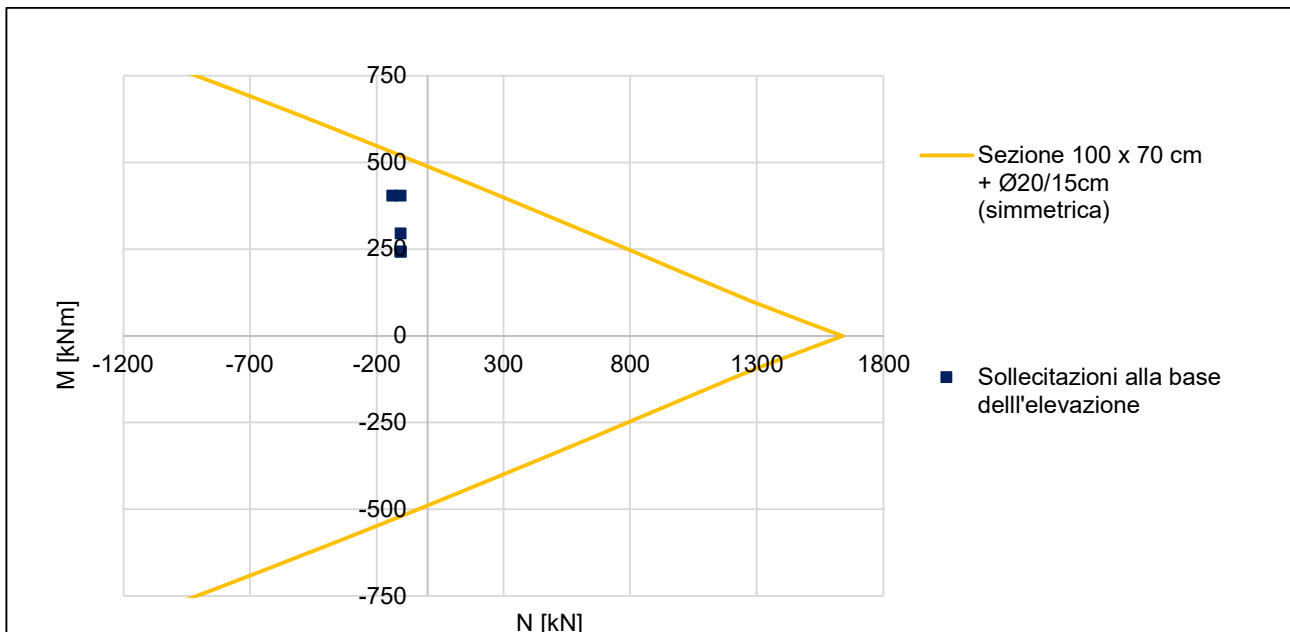


Figura 27: Verifica a pressoflessione dell'elevazione del Muro Tipo 4.

13.4.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	174.1	174.1	113.3	113.5
V_{Rd}	[kN]	278.7	283.5	278.5	278.9

Tabella 71 – Verifica a taglio dell'elevazione del Muro Tipo 4.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

13.4.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,MAX}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]
SLE_QP	-4.79	-14.94	186.66	360.00
SLE_CAR	-5.54	-19.92	217.28	360.00
SLD_SISM ↓	-4.24	-19.92	163.88	360.00
SLD_SISM ↑	-4.24	-19.92	163.96	360.00

Tabella 72 – Verifica di limitazione delle tensioni dell'elevazione del Muro Tipo 4.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

13.4.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente l'elevazione, sono previste le classi di esposizione XC4-XD1, in Tabella 73 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali aggressive.

	w_k [mm]	w_{lim} [mm]
SLE_QP	0.178	0.200
SLE_FR	0.186	0.300

Tabella 73 – Verifica a fessurazione dell'elevazione del Muro Tipo 4.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

13.5 Verifiche strutturali della fondazione

A partire dalle sollecitazioni alla base della fondazione si determina lo stato di sforzo nel terreno e quindi nelle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

Per determinare le sollecitazioni nelle mensole di fondazione (e poter quindi procedere con le verifiche) è necessario prima di tutto definire un valore limite di snellezza al taglio oltre al quale l'elemento strutturale può essere considerato snello; si considera:

- Elemento snello: $\lambda_v = a / h > 1$
- Elemento tozzo: $\lambda_v = a / h \leq 1$

dove i simboli a e h assumono il significato di Figura 15.

Gli elementi snelli vengono assimilati a mensole incastrate in corrispondenza del filo esterno dell'elevazione.

Gli elementi tozzi vengono verificati basandosi sul modello di traliccio isostatico.

La seguente Tabella riporta i limiti di snellezza delle mensole posteriore e anteriore di fondazione.

	Rapporto limite di snellezza λ_v	Tipologia mensola
Mensola anteriore	1.14	SNELLA
Mensola posteriore	4.29	SNELLA

Tabella 74 – Muro Tipo 1. Rapporto limite di snellezza delle mensole di fondazione.

13.5.1 Sollecitazioni agenti sulla fondazione

Nelle seguenti tabelle sono riassunte le sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore e sulla mensola anteriore di fondazione.

	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	-161.9	-360.0
Comb SLU-F2	-162.6	-348.2
Comb SLV_SISM_↓	-105.9	-215.2
Comb SLV_SISM_↑	-95.2	-198.0
Comb SLE_QP	-104.5	-216.5
Comb SLE_FR	-108.2	-225.8
Comb SLE_CAR	-119.3	-253.6
Comb SLD_SISM_↓	-97.4	-195.6
Comb SLD_SISM_↑	-90.4	-184.5

Tabella 75 – Muro Tipo 4. Sollecitazioni massime agenti sulla mensola posteriore di fondazione.

	V [kN/m]	M [kNm/m]
Comb SLU-F1	157.8	65.4
Comb SLU-F2	173.7	71.5
Comb SLV_SISM_↓	116.6	47.7
Comb SLV_SISM_↑	118.5	48.4
Comb SLE_QP	120.1	49.2
Comb SLE_FR	122.5	50.2
Comb SLE_CAR	129.9	53.4
Comb SLD_SISM_↓	112.5	46.0
Comb SLD_SISM_↑	113.7	46.4

Tabella 76 – Muro Tipo 4. Sollecitazioni massime agenti sulla mensola anteriore di fondazione.

13.5.2 Verifica a pressoflessione (SLU)

La mensola posteriore della fondazione del Muro Tipo 4 ha spessore pari a $S_f=0.7\text{m}$ ed armatura simmetrica $\varnothing 20/15\text{cm}$. In accordo con le verifiche della mensola posteriore si dispone la stessa armatura lungo tutta la fondazione.

Si riporta nella seguente figura il risultato delle verifiche a pressoflessione.

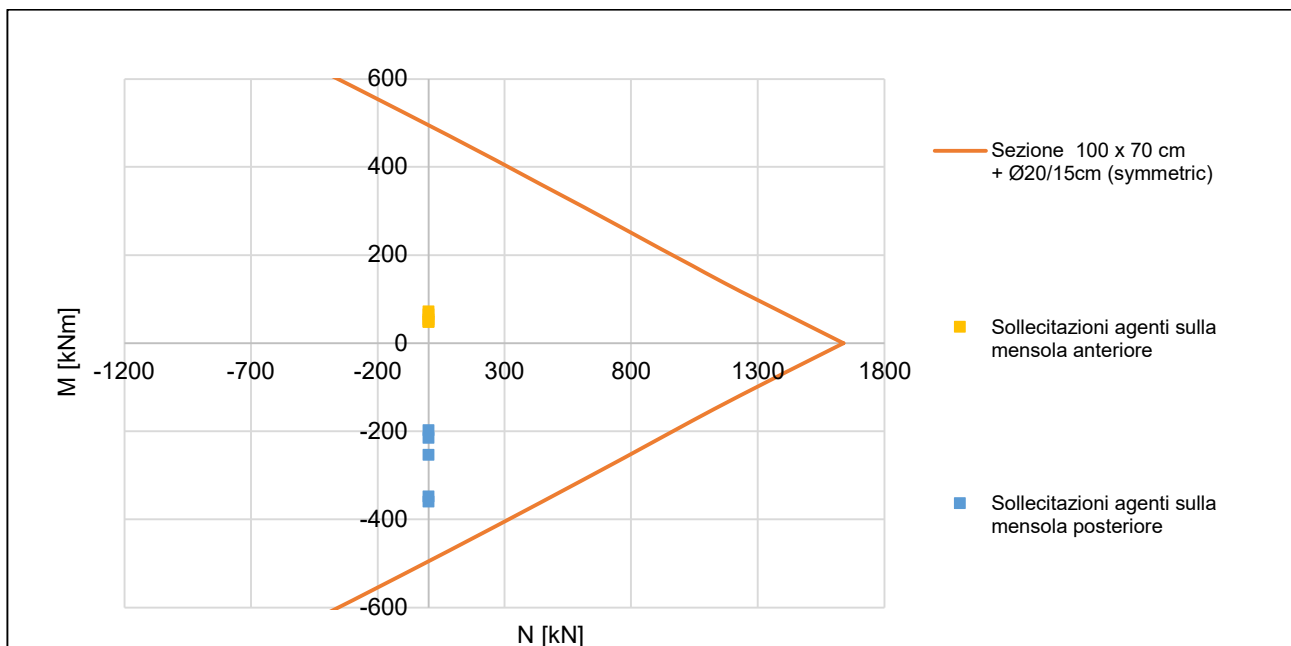


Figura 28: Verifica a pressoflessione della fondazione del Muro Tipo 4.

13.5.3 Verifica a taglio (SLU)

Si effettuano le verifiche nei confronti dell'azione tagliante a Stato Limite Ultimo, cautelativamente, senza considerare il contributo dell'armatura trasversale resistente a taglio in base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.3.5.1:

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	161.9	162.6	105.9	95.2
V_{Rd}	[kN]	240.9	240.9	240.9	240.9

Tabella 77 – Verifica a taglio della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 4.

		Comb SLU_F1	Comb SLU_F2	Comb SLV_SISM ↓	Comb SLV_SISM ↑
V_{Ed}	[kN]	157.8	173.7	116.6	118.5
V_{Rd}	[kN]	240.9	240.9	240.9	240.9

Tabella 78 – Verifica a taglio della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 4.

La verifica nei confronti delle azioni taglianti risulta soddisfatta poiché le massime azioni risultano inferiori alle resistenze a taglio.

13.5.4 Verifica di limitazione delle tensioni (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di limitazione delle tensioni:

	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{c,lim}$	$\sigma_{s,MAX}$	$\sigma_{s,lim}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
SLE_QP	-4.19	-11.21	215.91	360.00
SLE_CAR	-4.91	-14.94	252.94	360.00
SLD_SISM ↓	-3.79	-14.94	195.04	360.00
SLD_SISM ↑	-3.57	-14.94	184.01	360.00

Tabella 79 – Verifica di limitazione delle tensioni della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 4.

	$\sigma_{c,MAX}$	$\sigma_{c,lim}$	$\sigma_{s,MAX}$	$\sigma_{s,lim}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
SLE_QP	-0.95	-11.21	49.04	360.00
SLE_CAR	-1.03	-14.94	53.22	360.00
SLD_SISM ↓	-0.89	-14.94	45.84	360.00
SLD_SISM ↑	-0.90	-14.94	46.30	360.00

Tabella 80 – Verifica di limitazione delle tensioni della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 4.

La verifica di limitazione delle tensioni risulta soddisfatta poiché le massime tensioni risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

13.5.5 Verifica di fessurazione (SLE)

In base a quanto esposto in D.M. 14/01/2008 paragrafo 4.1.2.2.4.5, si effettuano le verifiche nei confronti dello Stato Limite di Esercizio di fessurazione.

Dato che, per il calcestruzzo costituente la fondazione, è prevista la classe di esposizione XC2 nelle Tabella 81 e Tabella 82 sono riportati i limiti di fessurazione associati alla categoria di condizioni ambientali ordinarie.

	W_k	W_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.269	0.300
SLE_FR	0.281	0.400

Tabella 81 – Verifica a fessurazione della mensola posteriore di fondazione del Muro Tipo 4.

	W_k	W_{lim}
	[mm]	[mm]
SLE_QP	0.061	0.300
SLE_FR	0.062	0.400

Tabella 82 – Verifica a fessurazione della mensola anteriore di fondazione del Muro Tipo 4.

La verifica a fessurazione risulta soddisfatta poiché le massime ampiezze delle fessure risultano inferiori ai limiti imposti da normativa.

14 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

La verifica di stabilità globale si esegue in accordo con le NTC 2008 seguendo la metodologia descritta nel capitolo "Muri di sostegno" della Relazione Geotecnica Generale [1] alla quale si rimanda.

Le analisi sono state eseguite a lungo termine, considerando i parametri del terreno in condizioni drenate. Le verifiche sono state eseguite in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

La verifica di stabilità globale in condizioni statiche è stata effettuata secondo l'Approccio 1, Combinazione 2:

A2+M2+R2

Il coefficiente parziale sulla resistenza R2 è pari a 1.1 (come riportato nella Tabella 6.8.I delle NTC2008), mentre i coefficienti A2 e M2 sono riportati rispettivamente nella Tabella 6.2.I e Tabella 6.2.II delle NTC 2008.

Nella verifica di stabilità in condizioni sismiche si pongono pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e si impiegano le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Le verifiche del raggiungimento della condizione di Stato Limite Ultimo (SLU) sono state quindi sviluppate considerando le seguenti condizioni di analisi:

Condizione statica

- Sovraccarico stradale pari al valore caratteristico 20 KPa amplificato per il coefficiente A2 corrispondente ai carichi variabili sfavorevoli (carico totale: $20 \times 1.3 = 26$ KPa).

Condizione sismica: SISMA +

- Accelerazione sismica orizzontale e accelerazione sismica verticale diretta verso il basso (forza inerziale diretta verso l'alto);
- Sovraccarico stradale pari al valore caratteristico di 20 KPa.

Condizione sismica: SISMA -

- Accelerazione sismica orizzontale e accelerazione sismica verticale diretta verso l'alto (forza inerziale diretta verso il basso);
- Sovraccarico stradale pari al valore caratteristico di 20 KPa.

La verifica di stabilità in condizioni sismiche è stata eseguita secondo il metodo pseudostatico che consente di rappresentare l'azione sismica mediante un'azione statica equivalente, costante nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLV) le componenti orizzontali e verticali di tale forza possono essere definite come di seguito indicato:

$$F_h = k_h \cdot W$$
$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale calcolati in base all'azione sismica di progetto definita al Cap. 8 e considerando a favore di sicurezza un fattore di riduzione $\beta_s = 0.38$.

- $k_h = \beta_s a_{\max}/g = 0.0274$;
- $k_v = \pm 0.5 k_h = 0.0137$

La verifica di stabilità è stata condotta con il programma di calcolo *SLIDE 6.0*, che utilizza, nell'ambito dei metodi all'equilibrio limite per concii, diversi modelli di calcolo, sulla base dei quali il programma

consente di calcolare il coefficiente di sicurezza per una singola superficie di rottura imposta dall'utente, oppure di ricercare in maniera automatica la superficie critica, mediante una tecnica di generazione casuale.

Al fine di valutare le condizioni di stabilità dei rilevati le analisi sono state condotte con il *metodo di Bishop*, basato sull'equilibrio dei momenti e delle forze verticali, con risultante delle forze tra i conci contigui assunta orizzontale. Le analisi sono state condotte con ricerca automatica della superficie critica.

Per quanto riguarda i muri di sottoscampa la verifica di stabilità globale è stata svolta in corrispondenza della Sezione 1 (identificata nella tavola di progetto [3]), ritenuta la più critica.

In aggiunta è stata effettuata anche la verifica di stabilità globale relativa all'opera di sostegno provvisoria di cui al Cap. 9.

Si riportano in Tabella 83 i parametri geotecnici di riferimento che caratterizzano la stratigrafia in esame e nelle Figura 29 e Figura 33 i modelli utilizzati per effettuare le analisi con il software Slide.

Parametro	Materiali di riporto/rilevato		Basalti alterati (Ba)		Basalti (B)	
	A2-M2-R2	sisma	A2-M2-R2	sisma	A2-M2-R2	sisma
γ [kN]	20	20	20	20	22	22
ϕ' [°]	29	35	28	34	34	40
c' [kPa]	0	0	0	0	40	50

Tabella 83 – Stratigrafia – parametri geotecnici

Verifica di stabilità: muro di sottoscampa

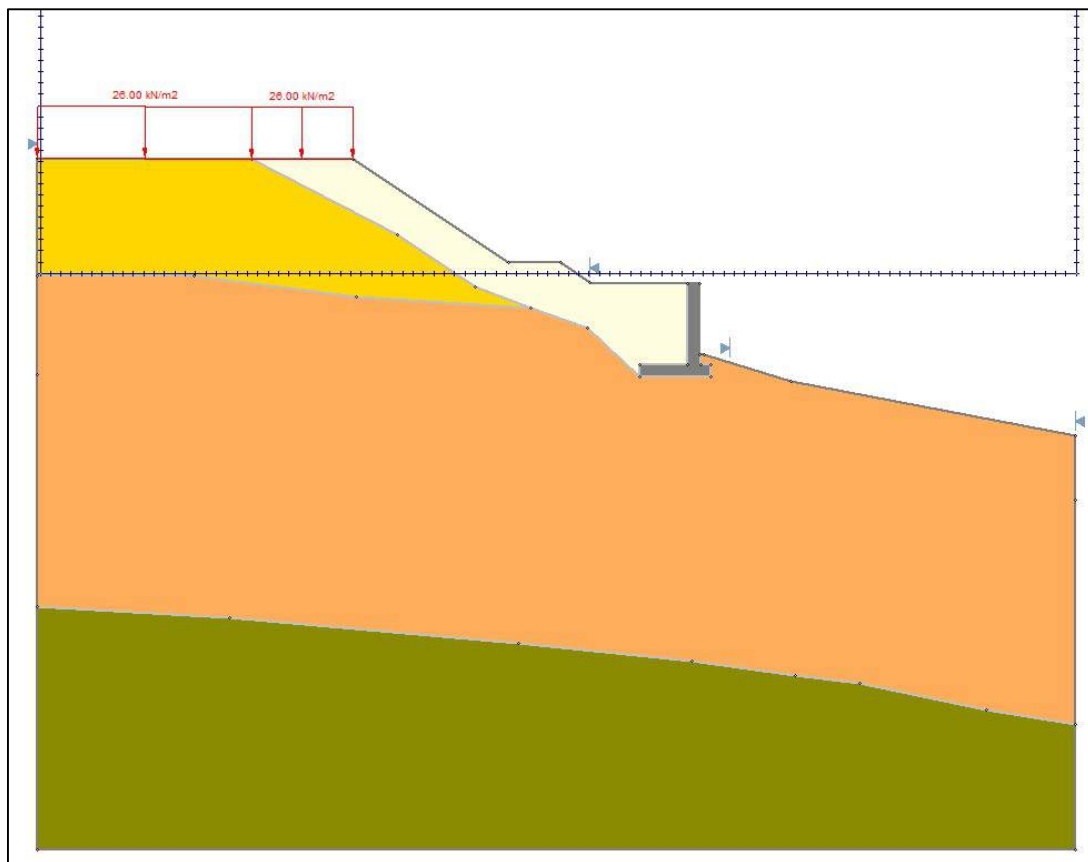


Figura 29 – Sezione 1 – Modello Slide

Si riportano nelle seguenti figure i risultati ottenuti dalle analisi. Tutte le verifiche di stabilità risultano soddisfatte in quanto:

- in condizioni statiche A2-M2-R2 risulta $F_s = 1.298 > 1.1$;
- in condizioni sismiche risulta F_s (sisma +) = 1.528 > 1.2 e F_s (sisma -) = 1.532 > 1.2.

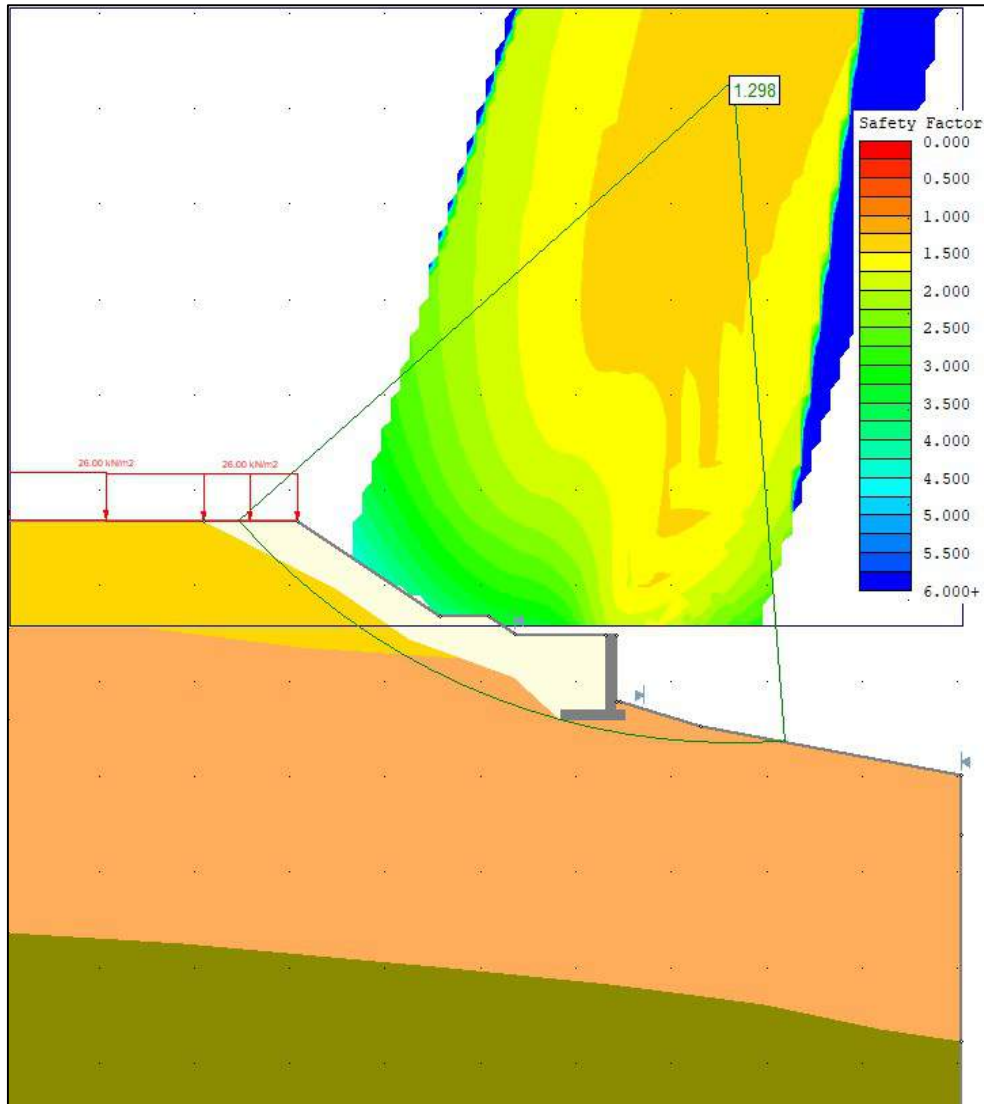


Figura 30 – Sezione 1 – verifica in condizioni statiche A2-M2-R2

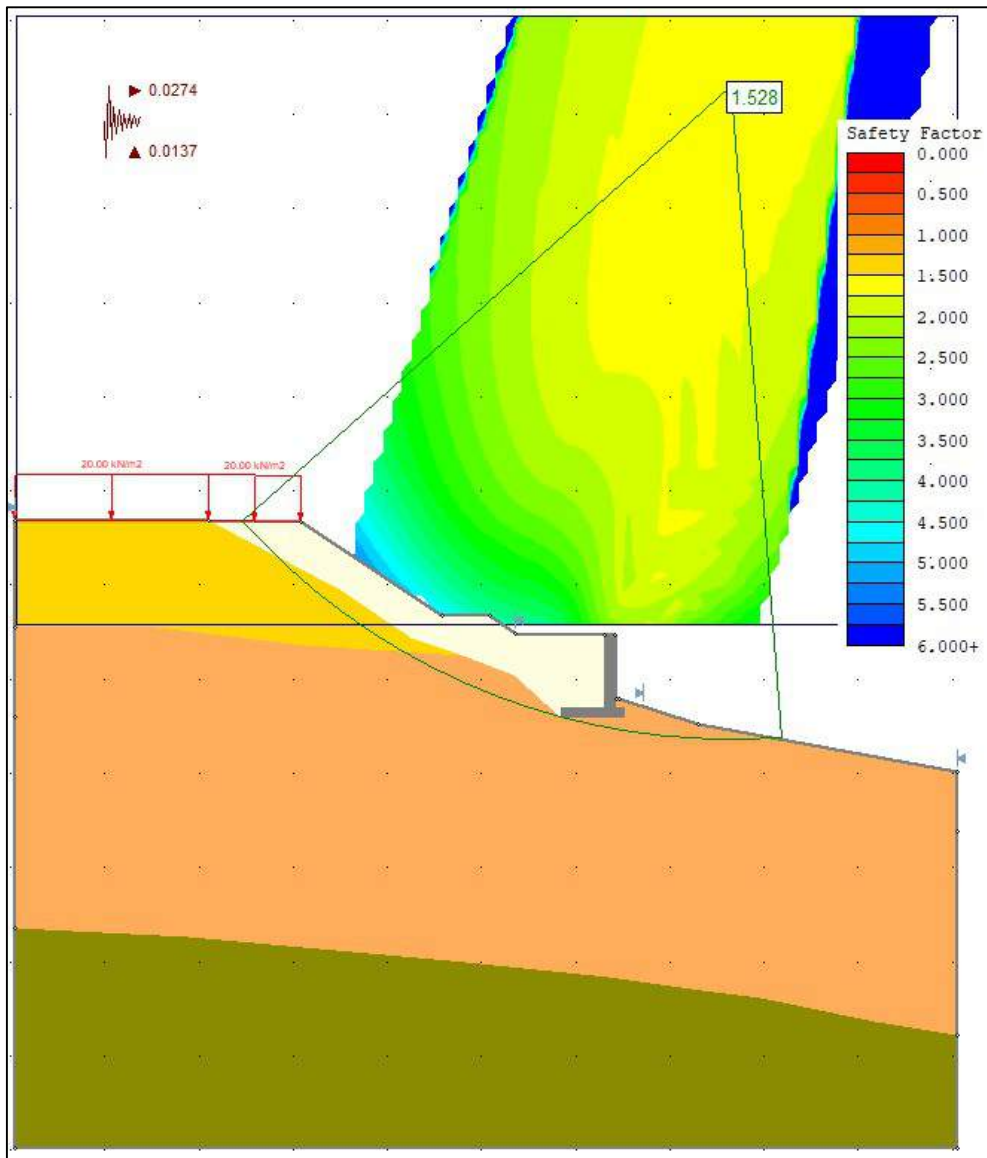


Figura 31 – Sezione 1 – verifica in condizioni sismiche (forza d'inerzia diretta verso l'alto)

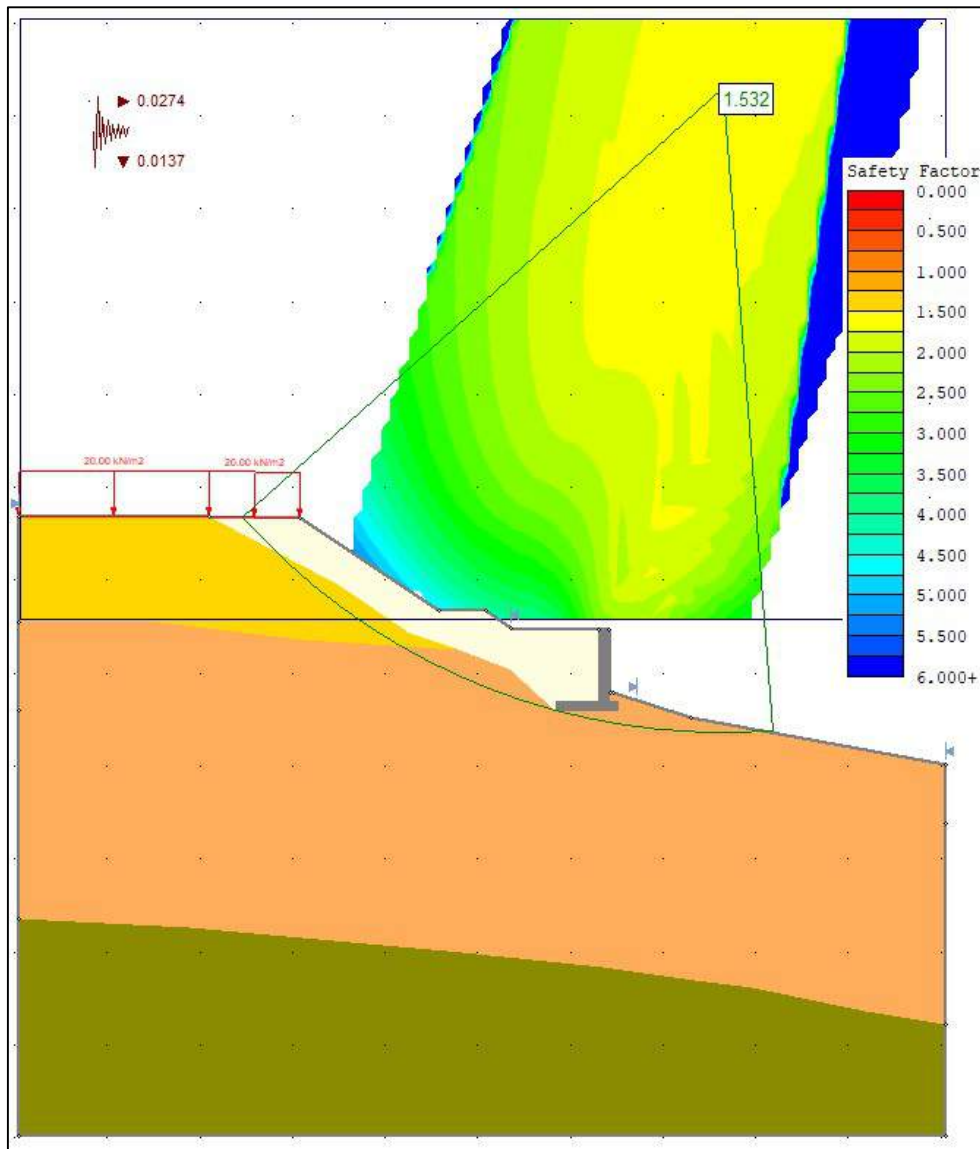


Figura 32 – Sezione 1 – verifica in condizioni sismiche (forza d'inerzia diretta verso il basso)

Verifica di stabilità: opera di sostegno provvisoriale

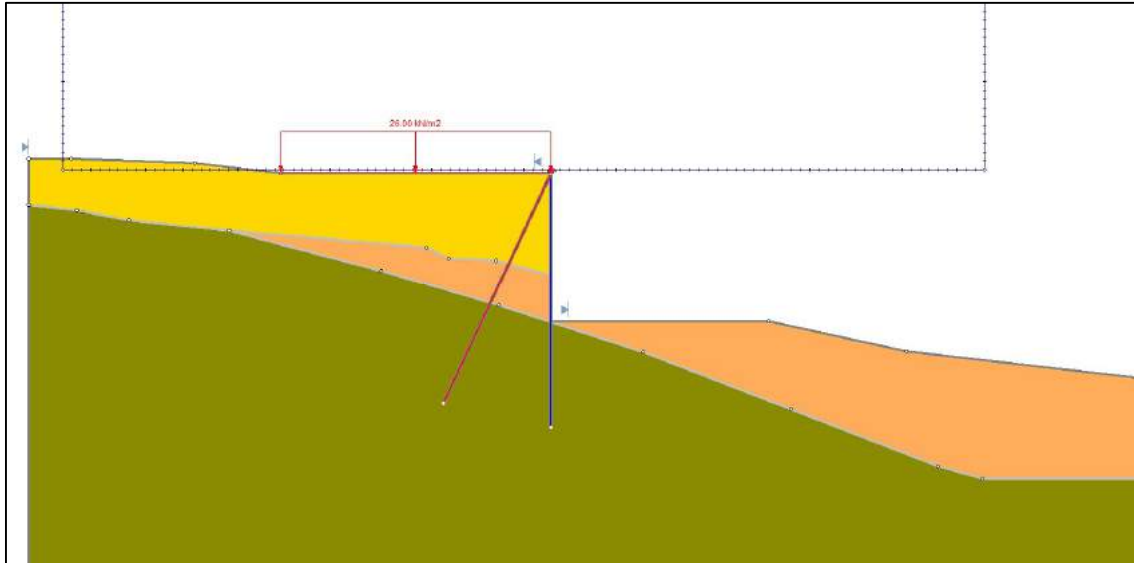


Figura 33 – Opera di sostegno provvisoriale – modello Slide

Si riportano nelle seguenti figure i risultati ottenuti dalle analisi. Tutte le verifiche di stabilità risultano soddisfatte in quanto:

- in condizioni statiche A2-M2-R2 risulta $F_s = 3.337 > 1.1$;
- in condizioni sismiche risulta F_s (sisma +) = 3.999 > 1.2 e F_s (sisma -) = 3.984 > 1.2.

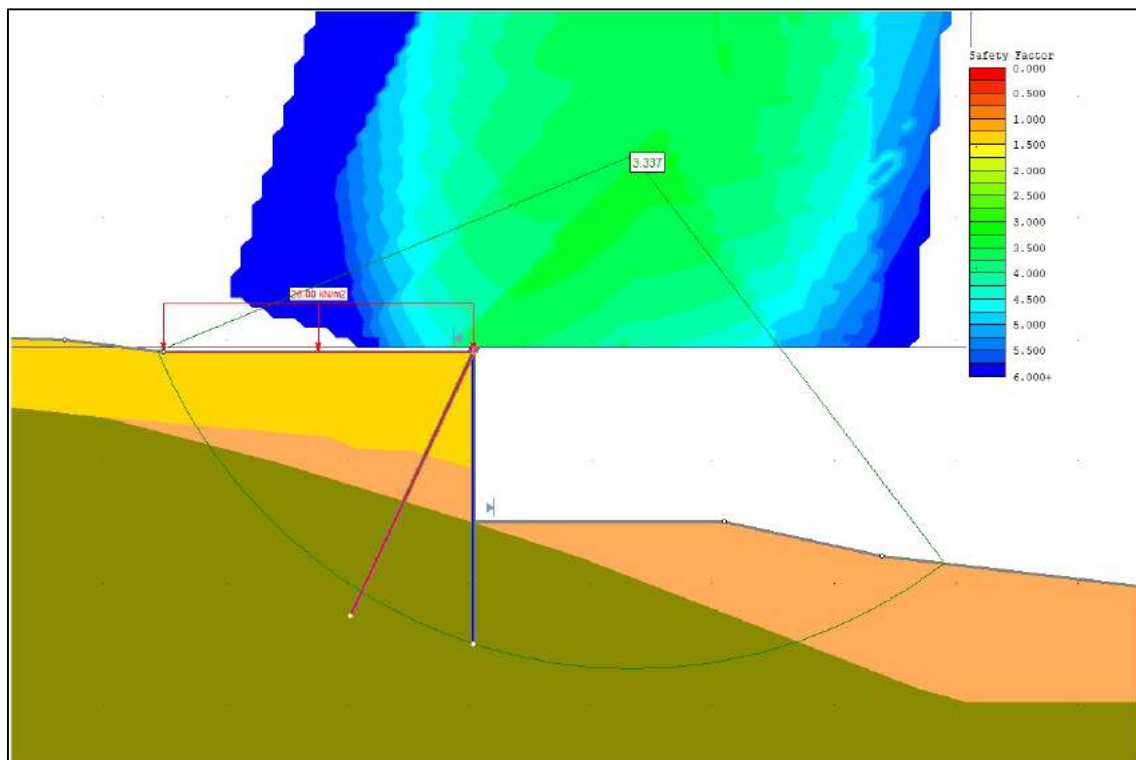


Figura 34 – Opera di sostegno provvisoriale – verifica in condizioni statiche A2-M2-R2

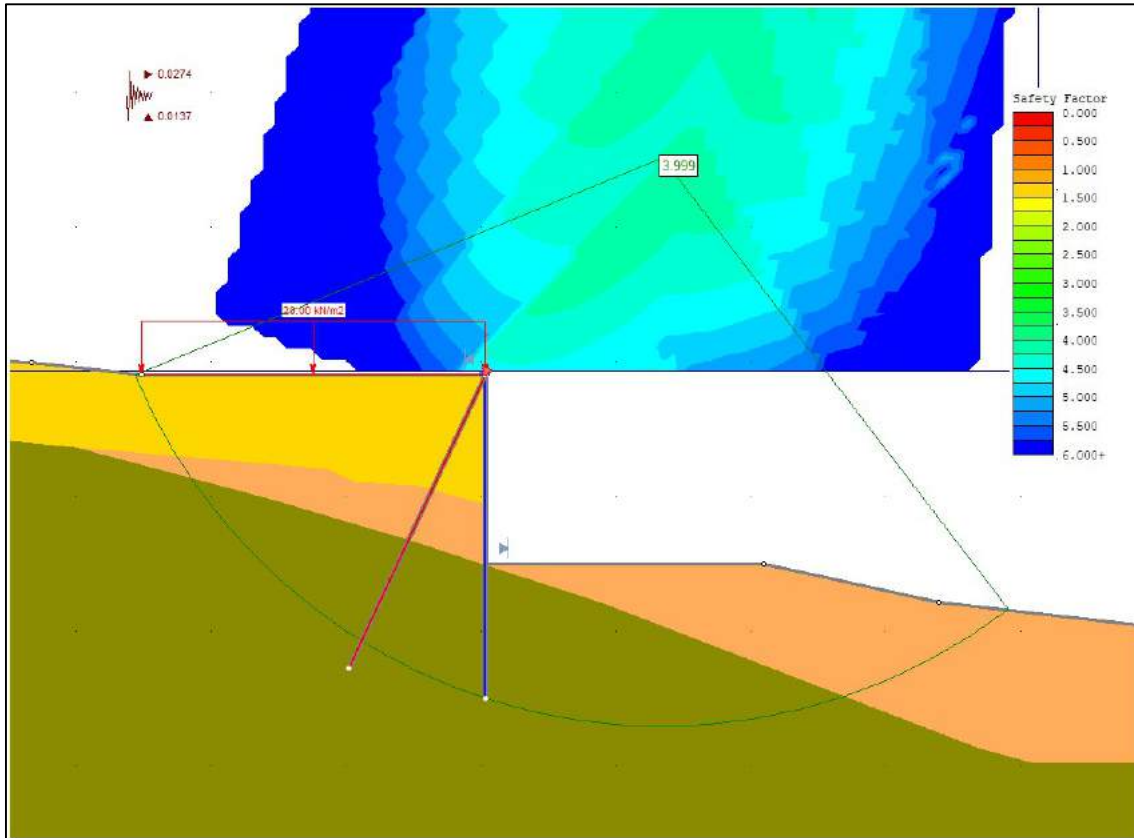


Figura 35 – Opera di sostegno provvisoria – verifica in condizioni sismiche (forza d'inerzia diretta verso l'alto)

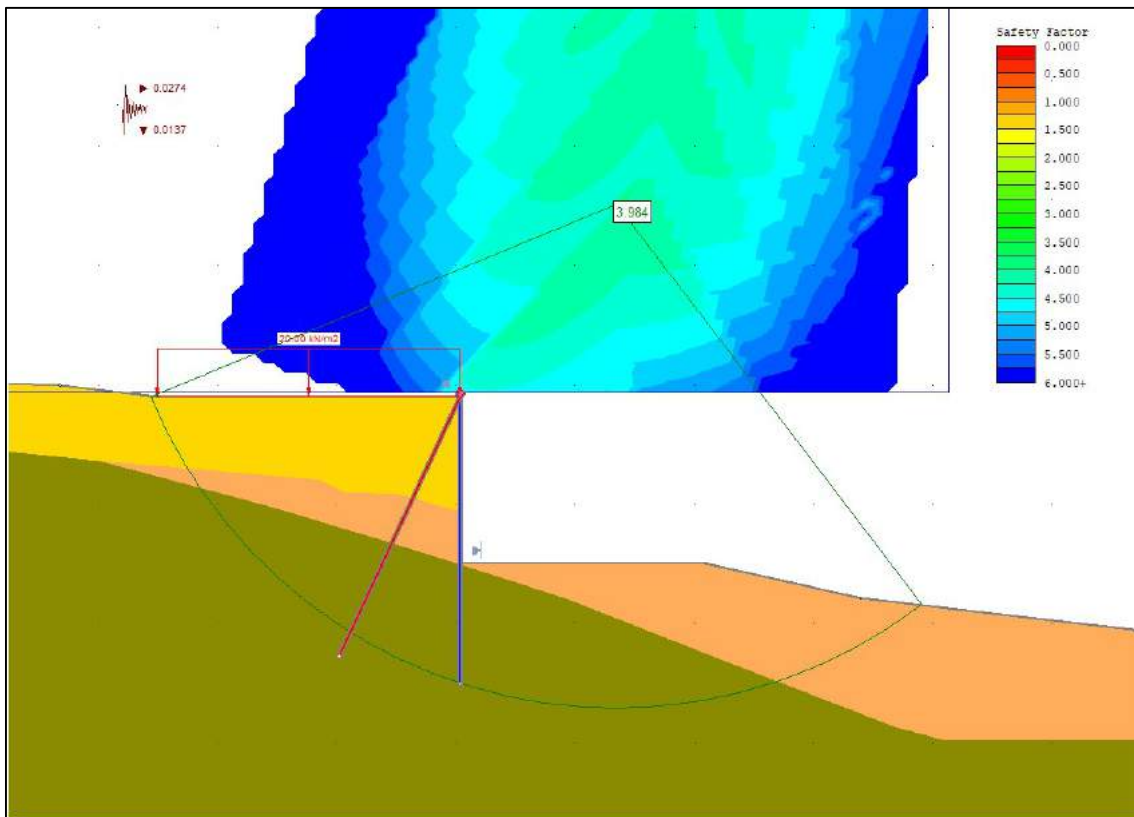


Figura 36 – Opera di sostegno provvisoria – verifica in condizioni sismiche (forza d'inerzia diretta verso il basso)

15 INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO AL PIEDE DELLA SCARPATA

Nel presente paragrafo sono riportate le verifiche di stabilità dei piedi delle scarpate situate nel tratto di strada in trincea, tra le sezioni A1 e A12 della rampa A (in entrata all'area archeologica di S. Barbara) e le sezioni O36 e O41 della rampa O (in uscita all'area archeologica di S. Barbara).

Attualmente ad entrambi lati della carreggiata oggetto di studio sono presenti scarpate definitive con pendenza costante del 1/1 e altezza variabile fino a raggiungere valori massimi di circa 18-19 metri. Sull'intera estensione delle scarpate risulta già presente un consolidamento costituito da una rete con maglia esagonale, chiodature e funi metalliche.

Al fine di permettere l'ampliamento della carreggiata, così come previsto in progetto, la parte terminale di tali scarpate, fino a un'altezza massima non superiore a 5 metri, dovrà essere riprofilata in modo da incrementarne la pendenza fino a 5/1. Pertanto, a tale scopo, si prevede, sulla parte terminale della scarpata, la realizzazione di un intervento di consolidamento, così come mostrato nella sezione d'esempio in Figura 37.

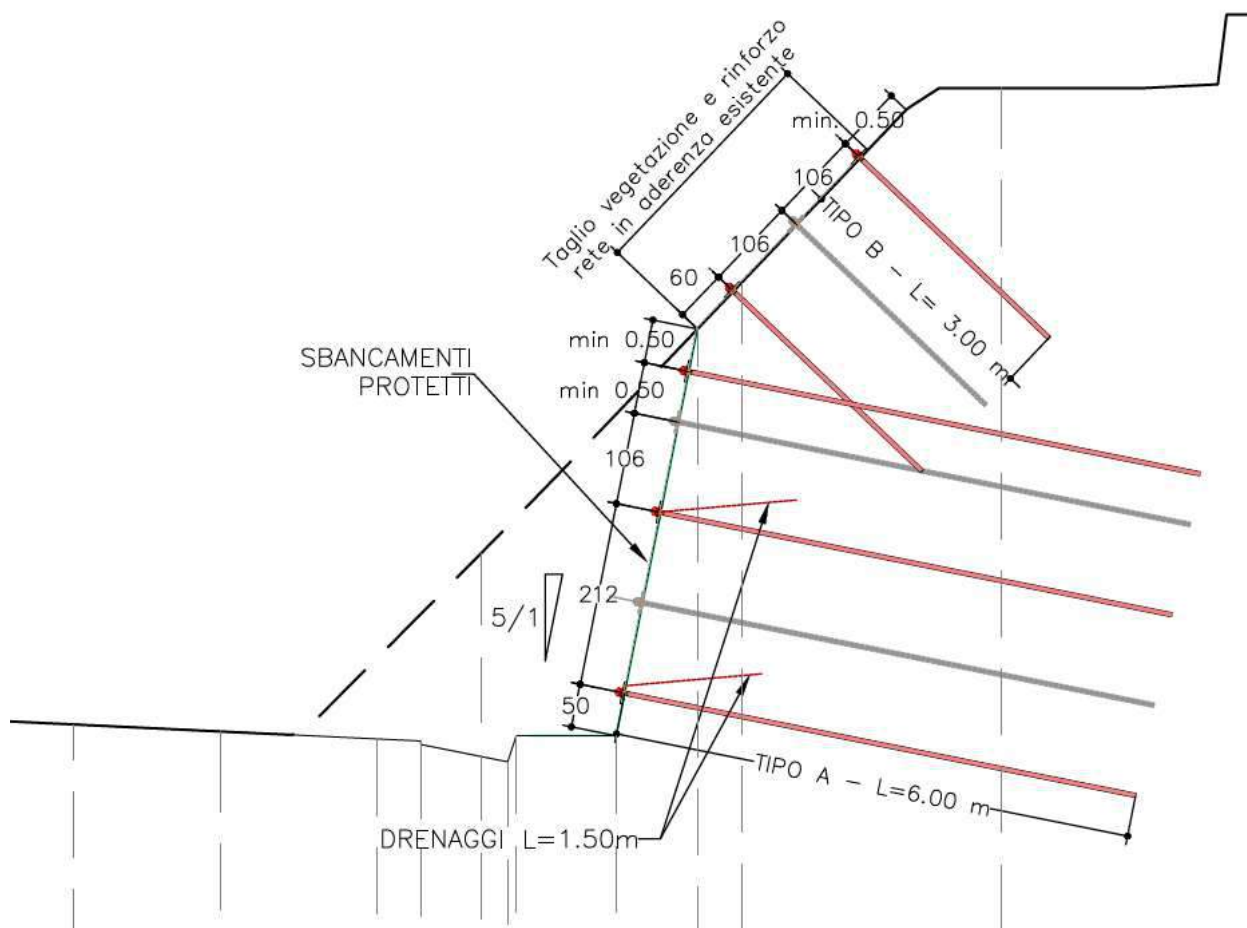


Figura 37 – Sezione O36: intervento di consolidamento al piede della scarpata

La stabilità del piede della scarpata verrà garantita mediante l'utilizzo di barre auto-perforanti con $D_{est} = 32$ mm, $D_{int} = 24$ mm, tensione di snervamento $f_{yk} = 230$ MPa e diametro minimo di perforazione $D_{perf} = 50$ mm, disposte con maglia quadrata di lato 1.5 m (per le caratteristiche delle barre e della malta cementizia di ancoraggio si vedano i paragrafi 4.7 e 4.8).

Inoltre, l'intervento di stabilizzazione proposto prevede la posa in opera di:

- 1) rete a doppia torsione a maglia esagonale 8x10cm in filo d'acciaio $\phi 2.7\text{mm}$ (minimo carico a rottura per trazione 50 kN/m).
- 2) Funi metalliche di rinforzo $\phi 0.6''$ a trefoli di acciaio ($f_{ptk} \geq 1800\text{ MPa}$, $f_{pyk} \geq 1600\text{ MPa}$) disposte in senso diagonale rispetto alla maglia dei chiodi.

L'intervento di consolidamento sopra descritto prevederà l'utilizzo di barre auto-perforanti con lunghezza di 6 m nella parte inferiore della scarpata con pendenza 5/1, le quali avranno funzione di stabilizzazione del versante, mentre, sul tratto di scarpata appena soprastante, con pendenza 1/1, verranno applicate barre auto-perforanti di lunghezza 3 m al fine di collegare e rendere il nuovo intervento di consolidamento collaborante con quello già presente sulla scarpata. Pertanto, le chiodature di lunghezza 3 m non verranno considerate nelle analisi di stabilità in quanto non hanno funzione di stabilizzazione del versante.

Le barre verranno posizionate con direzione ortogonale al versante in modo da semplificarne l'installazione e massimizzarne l'efficienza.

Nel seguito si procederà con lo studio della scarpata considerandone l'effettiva geometria in corrispondenza della sezione A3 alla progressiva di progetto 40+00 con riferimento alla Rampa A (Figura 38). Tale sezione, infatti, risulta essere la più gravosa in quanto presenta altezze elevate sia relativamente alla scarpata (di circa 17 m) che al tratto soggetto a riprofilatura (di circa 4 m).

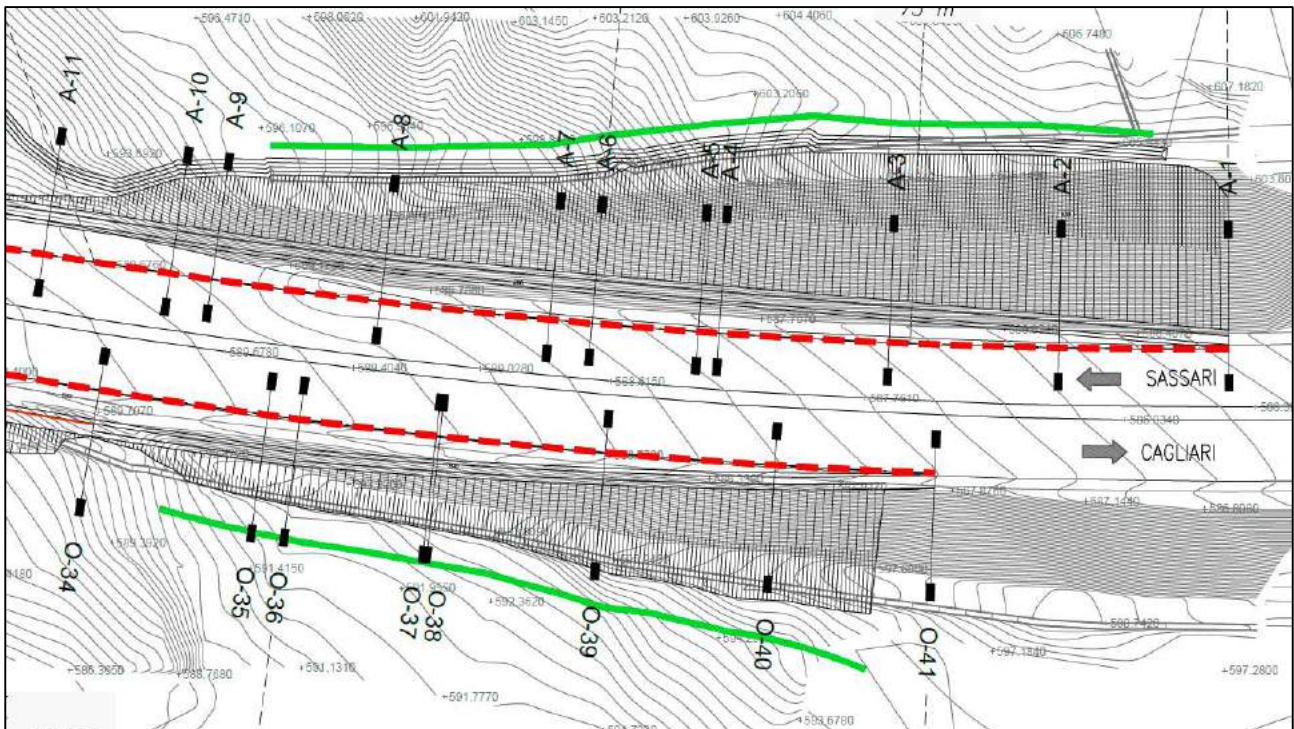


Figura 38 – Vista planimetrica: identificazione della sezione di studio A3

15.1 Parametri geotecnici – sezione di calcolo

La stratigrafia considerata per la sezione di studio è riportata nella seguente tabella.

Formazione	Profondità da piano campagna [m]	Parametri geotecnici					
		Combinazioni A1-M1-R1 (R3) e sismica			Combinazione A2-M2-R2		
		γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Basalto alterato (BA)	3	20	34.0	0	20	28.4	0
Basalto (B)	-	22	40.0	20	22	33.9	16

Tabella 84 – Stratigrafia di calcolo: parametri geotecnici di progetto considerati nell'analisi di stabilità

La stratigrafia di calcolo riportata in Tabella 84 è stata ottenuta considerando i risultati dei sondaggi S37 e S38 maggiormente prossimi all'area in oggetto di studio i quali indicano la presenza di un strato di basalto alterato al di sopra del substrato di basalto sano.

I parametri geotecnici utilizzati per caratterizzare le due formazioni in Tabella 84 sono i medesimi di cui al Capitolo 4 della presente, a eccezione del valore della coesione dello strato di basalto sano che è stato cautelativamente ridotto dal progettista a 20 kPa per tenere conto dell'incertezze dovute alla scarsa quantità di sondaggi svolti nella zona in esame.

15.2 Verifica di stabilità della scarpata

Le verifiche di stabilità della scarpata sono state effettuate mediante il programma di calcolo Slide il quale, utilizzando il metodo dell'equilibrio limite dei conci, permette di identificare, fra le superfici di scorrimento considerate, quella a cui è associato il valore minore del coefficiente di sicurezza F_s tenendo conto della presenza delle barre di ancoraggio disposte al piede della scarpata.

Per il calcolo si è fatto riferimento al metodo dell'equilibrio limite dei conci di Bishop semplificato. Nel seguito si riportano in Tabella 85 le caratteristiche della sezione studiata e in Figura 39 il modello di calcolo utilizzato nel programma Slide.

N. ordine barre	Quota misurata a partire dal piede della scarpata (m)	Lunghezza barra (m)	Inclinazione sull'orizzontale (°)	Interasse (m)
1	0.5	6	10	2.12
2	1.56	6	10	2.12
3	2.62	6	10	2.12
4	3.68	6	10	2.12

Tabella 85 – Caratteristiche della sezione di studio

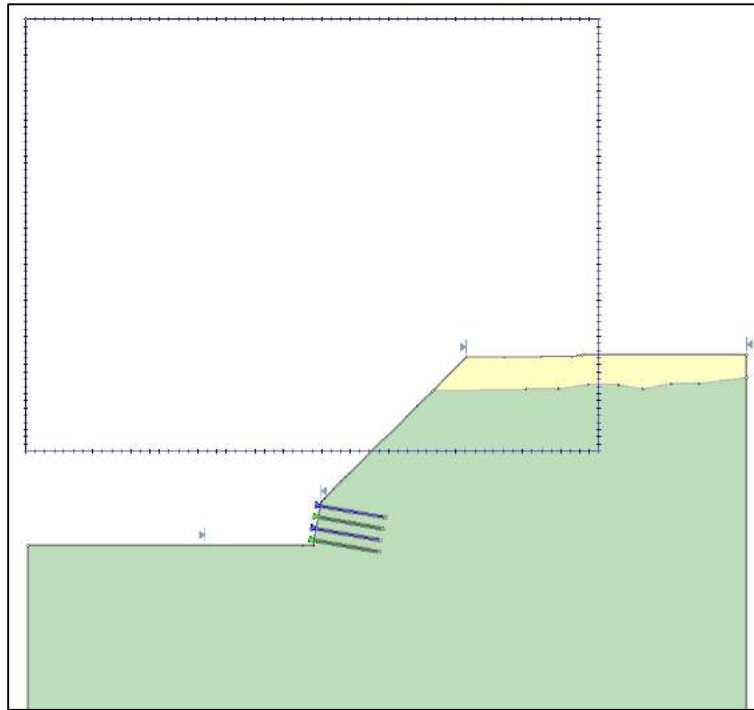


Figura 39 – Modello della sezione di calcolo in Slide

Nel seguito si riportano i risultati delle analisi svolte nelle seguenti combinazioni di calcolo:

- SLU-STR (A1-M1-R1) (R3 nel caso di verifica delle barre di ancoraggio);
- SLU-GEO (A2-M2-R2);
- Sisma SLV con componente verticale della forza d'inerzia rivolta verso l'alto
- Sisma SLV con componente verticale della forza d'inerzia rivolta verso il basso.

Nelle analisi è stata considerata come effettivamente lavorante solo la parte della barra che non ricade all'interno della superficie di scivolamento.

I valori di k_h e k_v utilizzati per le verifiche sismiche riportate nel seguito sono i medesimi calcolati al capitolo 14 della presente relazione:

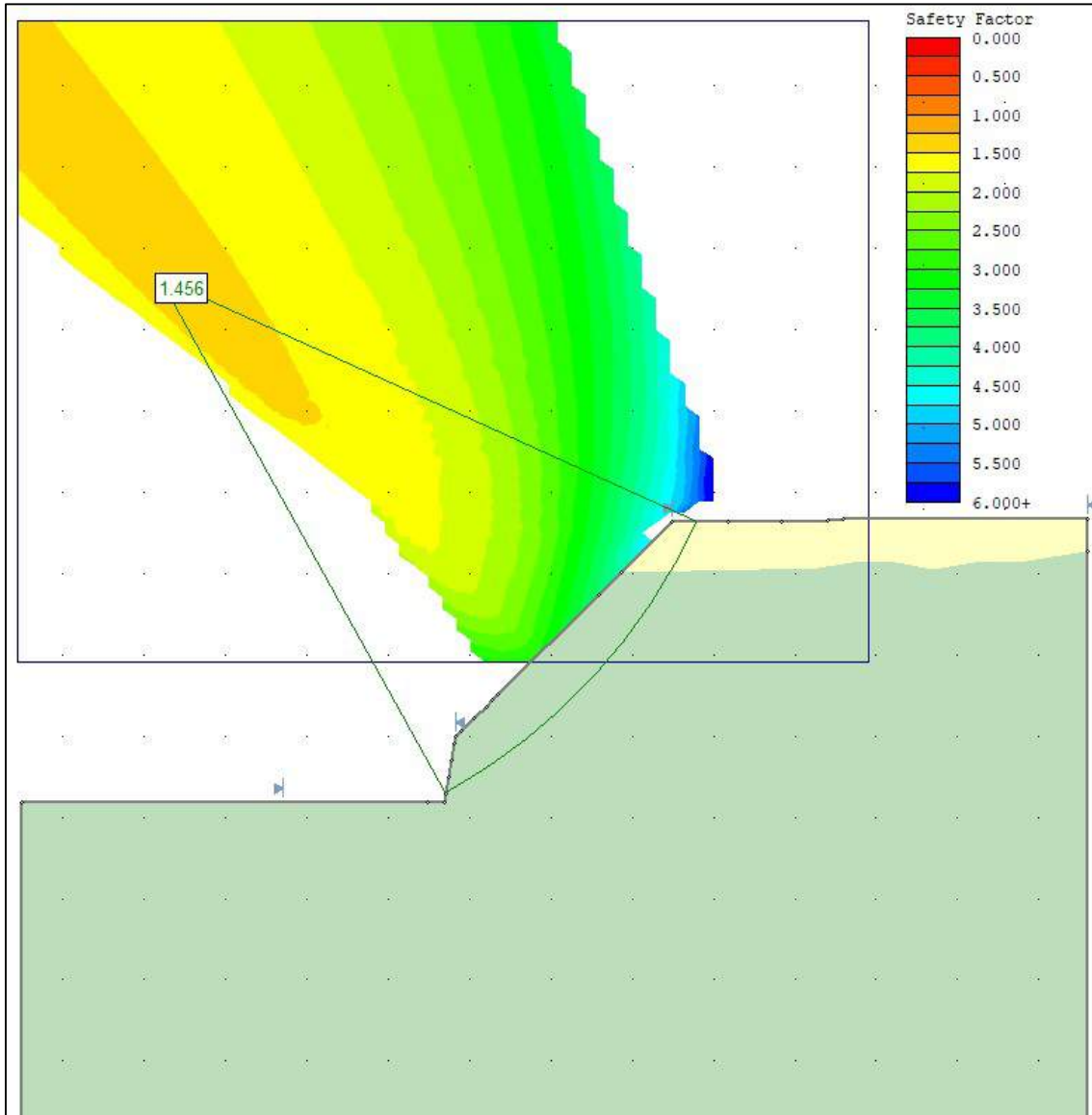
- $k_h = \beta_s a_{max}/g = 0.0274$;
- $k_v = \pm 0.5 k_h = 0.0137$

Dove:

$$\beta_s = 0.38$$

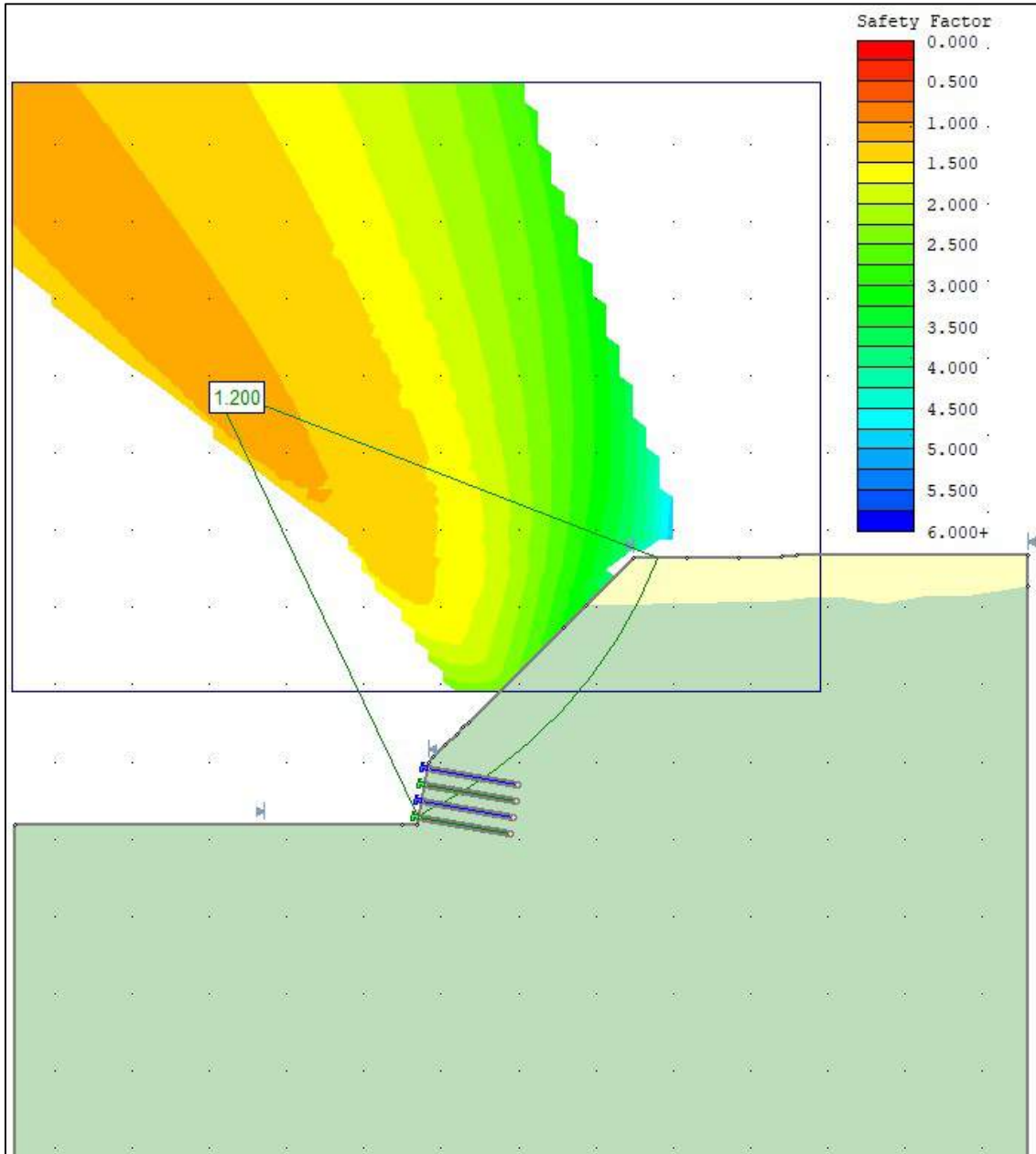
$$a_{max} = 0.072 \text{ g.}$$

SLU-STR



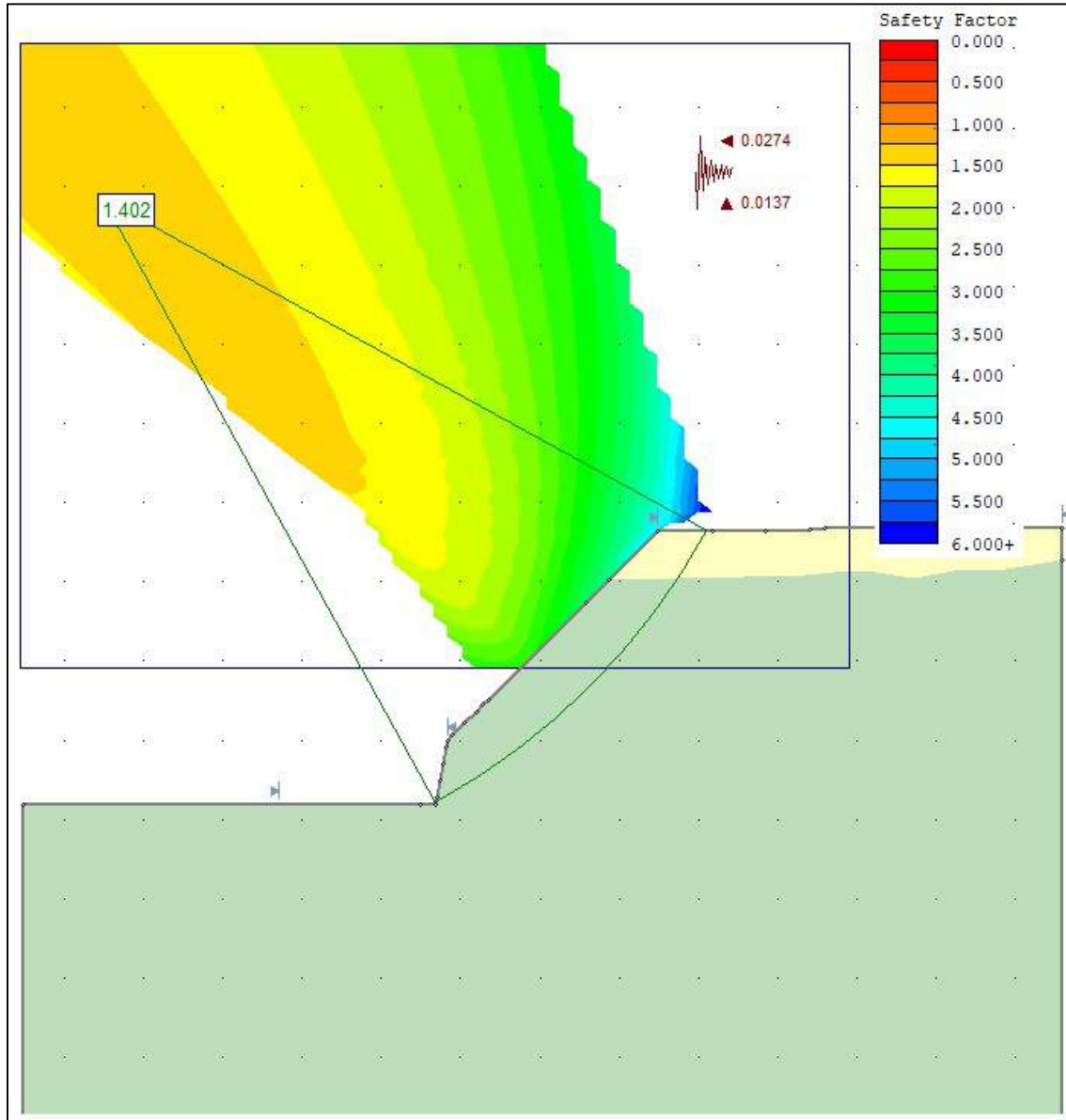
La verifica è soddisfatta in quanto $F_{s,min} = 1.456 > 1$.

SLU-GEO



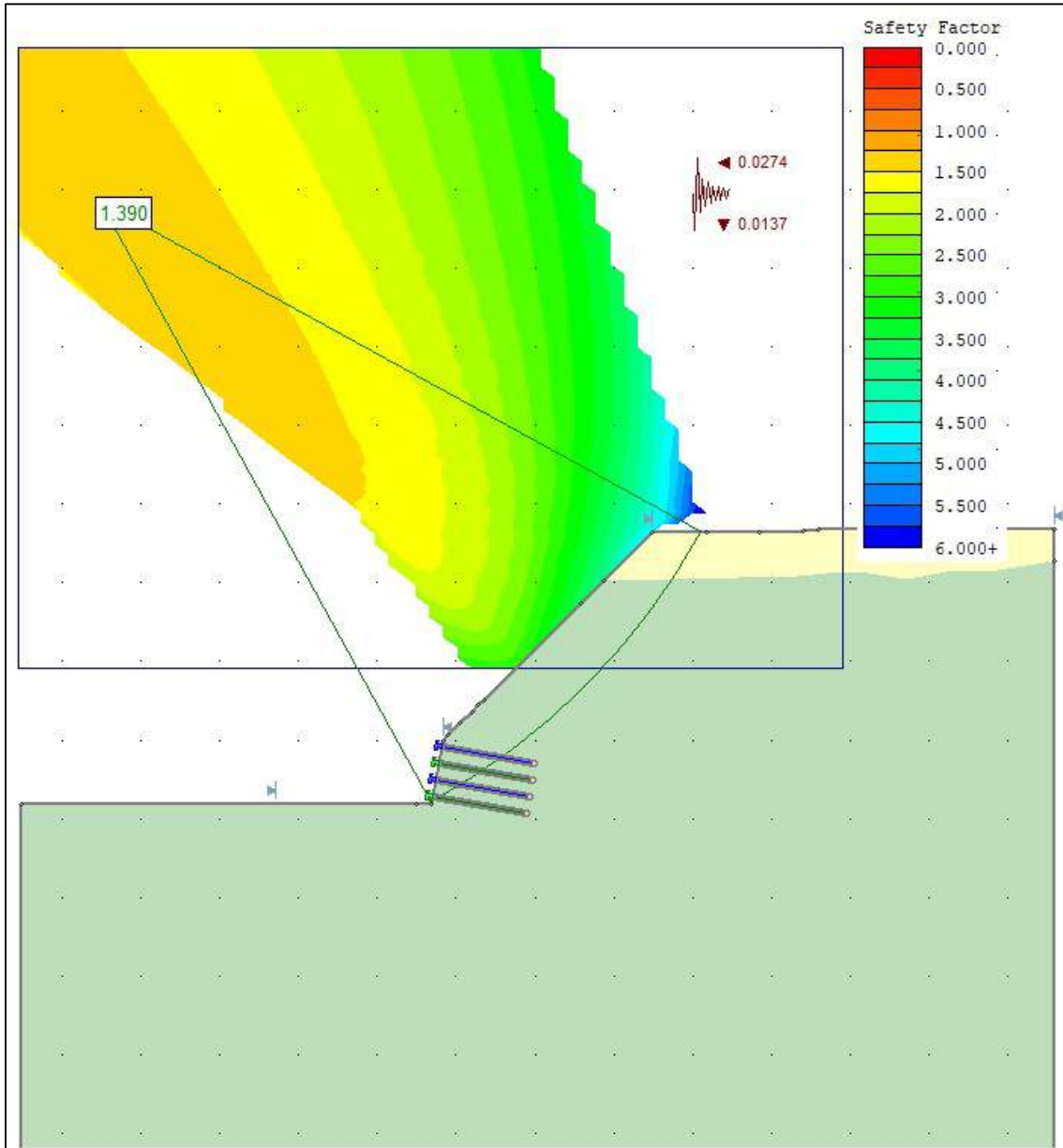
La verifica è soddisfatta in quanto $F_{s,min} = 1.200 > 1.1$.

SLU-SLV (forza d'inerzia verso l'alto)



La verifica è soddisfatta in quanto $F_{s,min} = 1.402 > 1.2$.

SLU-SLV (forza d'inerzia verso il basso)



La verifica è soddisfatta in quanto $F_{s,min} = 1.390 > 1.2$.

15.3 Verifica di sfilamento degli ancoraggi

Per la verifica di sfilamento degli ancoraggi si fa riferimento alla combinazione di calcolo A1-M1-R3.

Si riportano in Figura 40 le sollecitazioni negli ancoraggi calcolate con il programma Slide con riferimento alla combinazione SLU-STR (A1-M1-R3) corrispondenti al cinematismo più critico già mostrato al paragrafo precedente.

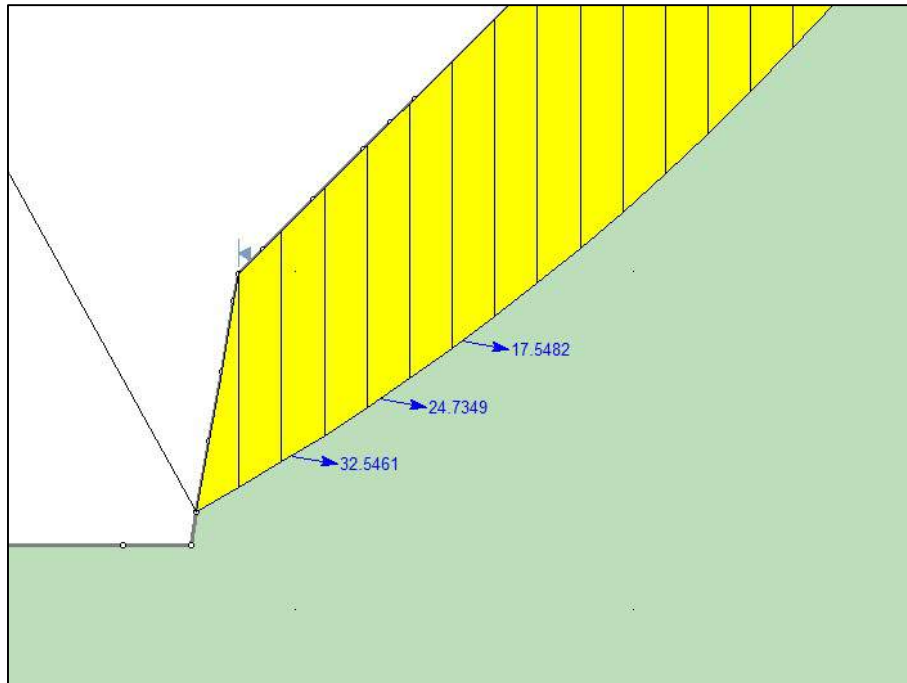


Figura 40 – Sollecitazioni negli ancoraggi – combinazione A1-M1-R3

Si precisa che le forze mostrate in Figura 40 sono solamente 3 in quanto la superficie di scivolamento considerata non coinvolge il primo ordine di chiodature (posto a +0.5 m dal piede della scarpata).

15.3.1 Aderenza malta cementizia – terreno

La resistenza per metro lineare presente al contatto malta cementizia – terreno è condizionata da numerosi fattori tra cui la tipologia dei materiali, le caratteristiche fisico meccaniche dei terreni, i metodi di perforazione, etc.

Pertanto, nel seguito, considerando che la stratigrafia in esame è costituita da basalti alterati e basalti sani e che per l'iniezione della malta cementizia si utilizza una metodologia del tipo IGU (globale unica del bulbo), si assumono cautelativamente un valore delle tensione limite di aderenza malta cementizia – terreno pari a $\tau=0.2$ MPa e un valore del coefficiente di sbulbamento $\alpha=1.0$.

Considerato quanto sopra, si ottiene una resistenza a metro lineare di fondazione dell'ancoraggio pari a:

$$R_{\text{terreno-malta}} = D_{\text{perf}} \pi T / (\gamma_R \xi_i) = 14.5 \text{ kN/m}$$

Dove:

$D_{\text{perf}} = 0.05$ m è il diametro di perforazione;

$T = 200$ kPa;

$\gamma_R = 1.2$;

$\xi_i = 1.8$.

Le verifiche dell'ancoraggio malta cementizia – terreno risultano implicitamente soddisfatta dato che nel modello di calcolo sopra considerato è stato imposto che la massima tensione tangenziale per metro lineare di barra, sviluppabile al contatto fra gli ancoraggi e il terreno, sia uguale al valore sopra calcolato pari a 14.5 kN/m.

15.3.2 Aderenza acciaio – malta cementizia

Il valore di aderenza fra acciaio e malta cementizia può essere calcolato mediante la seguente formula:

$$f_{bk} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctk}$$

Dove:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot (0.83 R_{ck})^{(2/3)} = 1.59 \text{ MPa (considerando } R_{ck} = 25 \text{ MPa);}$$

$$\eta_1 = 0.7;$$

$$\eta_2 = 1;$$

Si ottiene quindi $f_{bk} = 2.5 \text{ MPa}$

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M = 1.67 \text{ MPa (considerando } \gamma_M = 1.5);$$

Pertanto risulta:

$$R_{\text{malta-acciaio}} = D_{\text{barra}} \pi f_{bd} / \gamma_R = 139.5 \text{ kN/m}$$

Dove:

$$D_{\text{barra}} = 0.032 \text{ m}$$

$$\gamma_R = 1.2.$$

Dal momento che $R_{\text{malta-acciaio}}$ è maggiore di $R_{\text{terreno-malta}}$ anche questa verifica è implicitamente soddisfatta.

15.3.3 Rottura dell'ancoraggio lato acciaio

La sollecitazione di progetto necessaria per provocare lo snervamento della barra può essere calcolata mediante la seguente espressione:

$$F_{s,yd} = A_{\text{barra}} \cdot f_{yk} / \gamma_S = 92 \text{ kN}$$

Dove:

$$A_{\text{barra}} = 458 \text{ mm}^2$$

$$f_{yk} = 230 \text{ MPa}$$

$$\gamma_S = 1.15$$

La verifica di rottura dell'ancoraggio lato acciaio risulta soddisfatta in quanto il valore resistente $F_{s,yd} = 92 \text{ kN}$ sopra calcolato è maggiore dei valori delle azioni sollecitanti mostrati in Figura 40.

ALLEGATO 1: REPORT DI CALCOLO ANALISI PARATIE PLUS

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it



Report di Calcolo

Nome Progetto: New Project

Autore: Ingegnere

Jobname: Hscavo=7m-carico 0.5m terreno OK per relazione.pplus

Data: 21/04/2021 13:01:40

Design Section: Base Design Section

Descrizione del Software	3
Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno	4
Descrizione Pareti.....	5
Fasi di Calcolo	6
0	6
0	6
-1.....	7
-1.....	7
cavalletto	8
cavalletto	8
-2.5.....	10
-2.5.....	10
-4.....	12
-4.....	12
-5.5.....	14
-5.5.....	14
-7.....	16
-7.....	16
Tabella Configurazione Stage (Nominal)	18
Descrizione Coefficienti Design Assumption	20
Risultati NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	21
Tabella Grafici dei Risultati	21
Risultati Elementi strutturali - NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente).....	27
Risultati NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti).....	29
Tabella Grafici dei Risultati	29
Risultati Elementi strutturali - NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	35
Risultati NTC2018: A2+M2+R1	37
Tabella Grafici dei Risultati	37
Risultati Elementi strutturali - NTC2018: A2+M2+R1.....	43

Descrizione del Software

ParatiePlus è un codice agli elementi finiti che simula il problema di uno scavo sostenuto da diaframmi flessibili e permette di valutare il comportamento della parete di sostegno durante tutte le fasi intermedie e nella configurazione finale.

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0.5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -7 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -10 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry kN/m ³	γ sat kN/m ³	ϕ' °	ϕ °	ϕ_p °	c' kPa	Su kPa	Modulo Elastico kPa	Eu kPa	Evc kPa	Eur kPa	Ah kPa	Avexp kPa	Pa kPa	Rur/Rvc kPa	Rvc kPa	Ku kPa	Kvc kN/m ³	Kur kN/m ³
1	rilevato	20	20	35			0		Winkler										16300	48900
2	Basalti alterati	20	20	34			0		Winkler										37600	112800
3	Basalti	22	22	40			50		Winkler										110100	330300

Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Muro di sinistra

Sezione : micropali

Area equivalente : 0.021763662924913 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.5 m

Diametro : 0.3 m

Efficacia : 0.5

Materiale acciaio : S355

Sezione : 0.2191x0.01

Tipo sezione : O

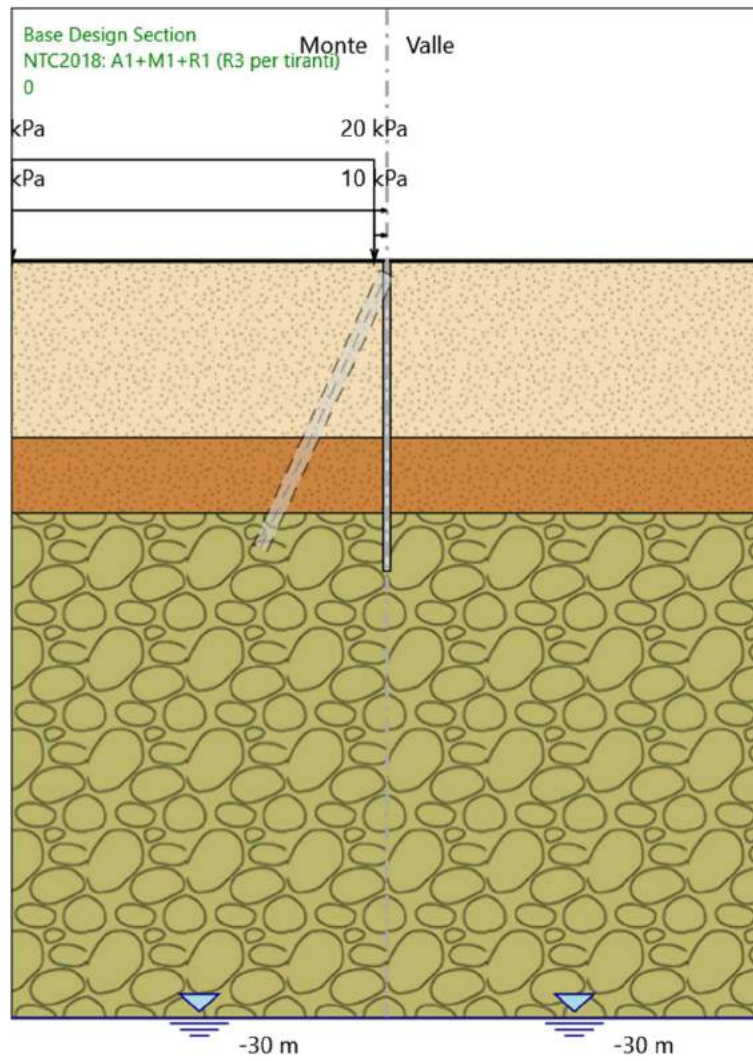
Spaziatura : 0.5 m

Spessore : 0.01 m

Diametro : 0.2191 m

Fasi di Calcolo

0



0

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

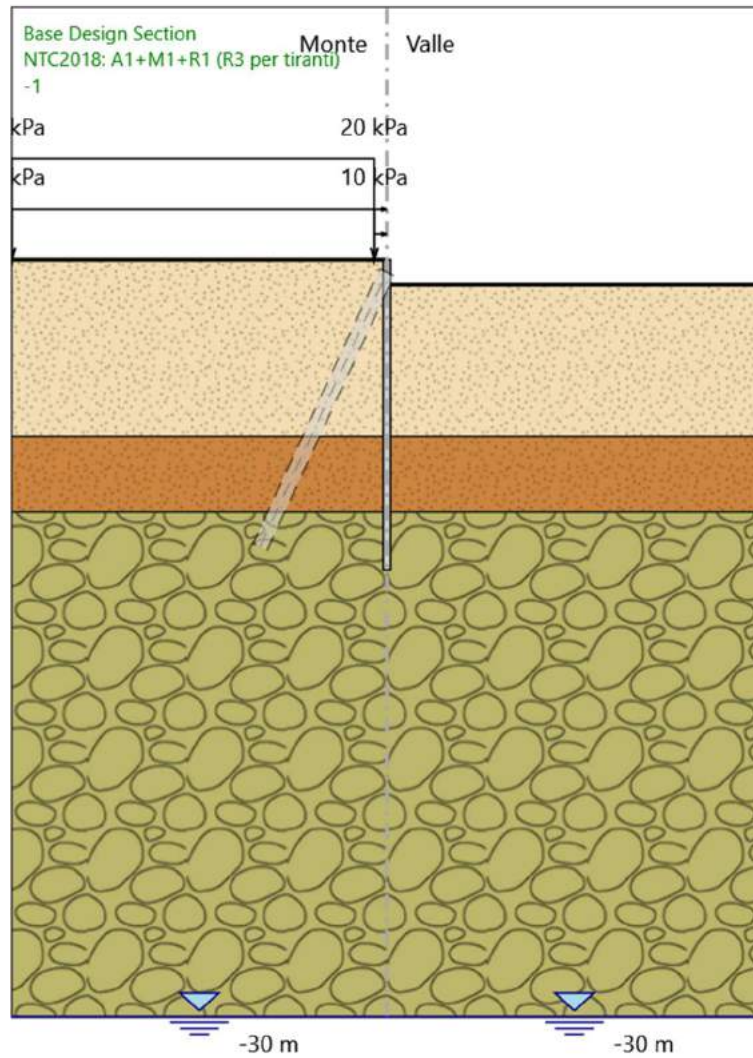
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Sezione : micropali

-1



-1

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

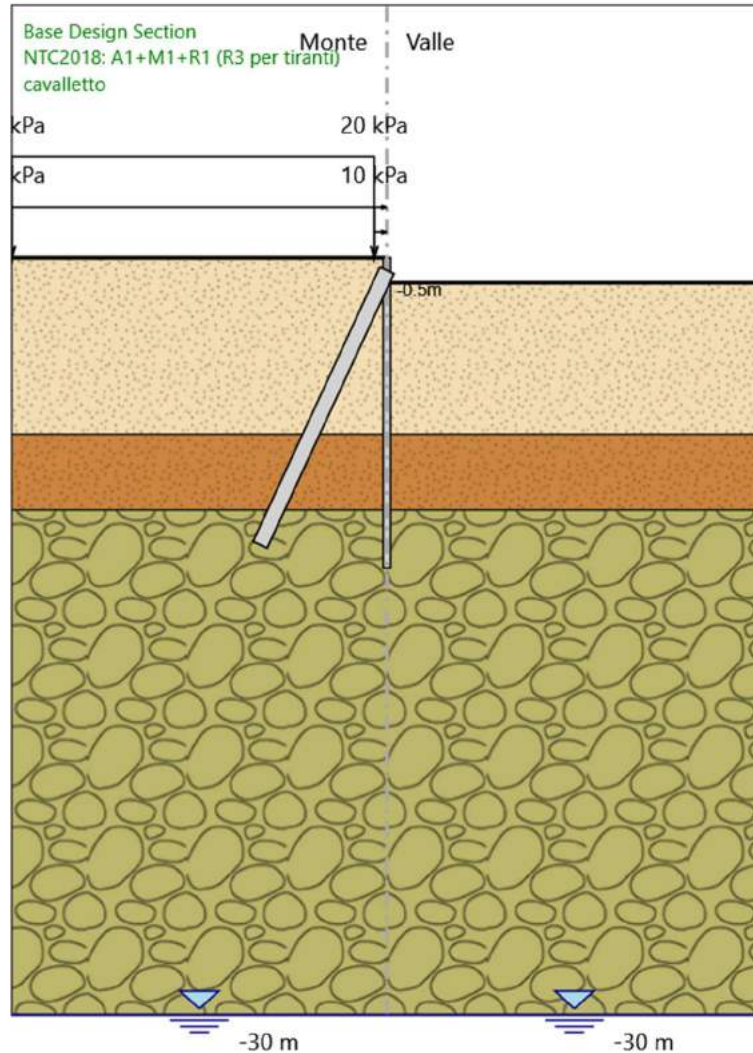
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Sezione : micropali

cavalletto



cavalletto

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Sezione : micropali

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

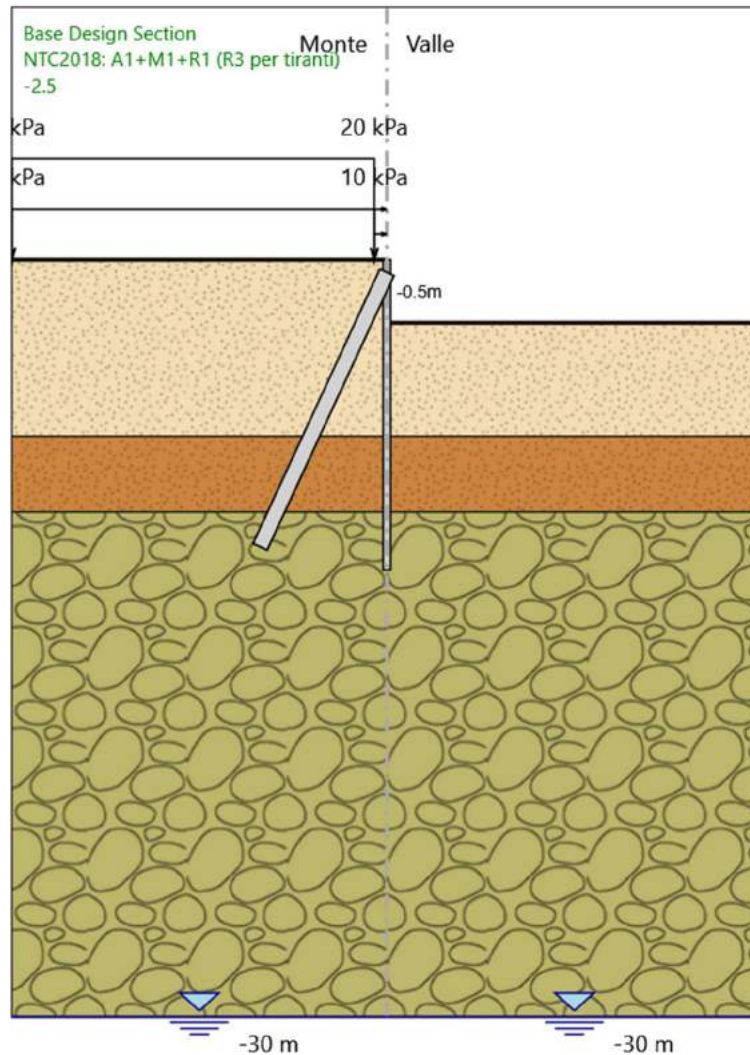
Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.3 m

Lunghezza libera : 0 m

Spaziatura orizzontale : 1 m
Precarico : 0 kN
Angolo : 65 °
Sezione : micropalo
Area : 0.006569 m²

-2.5



-2.5

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Sezione : micropali

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

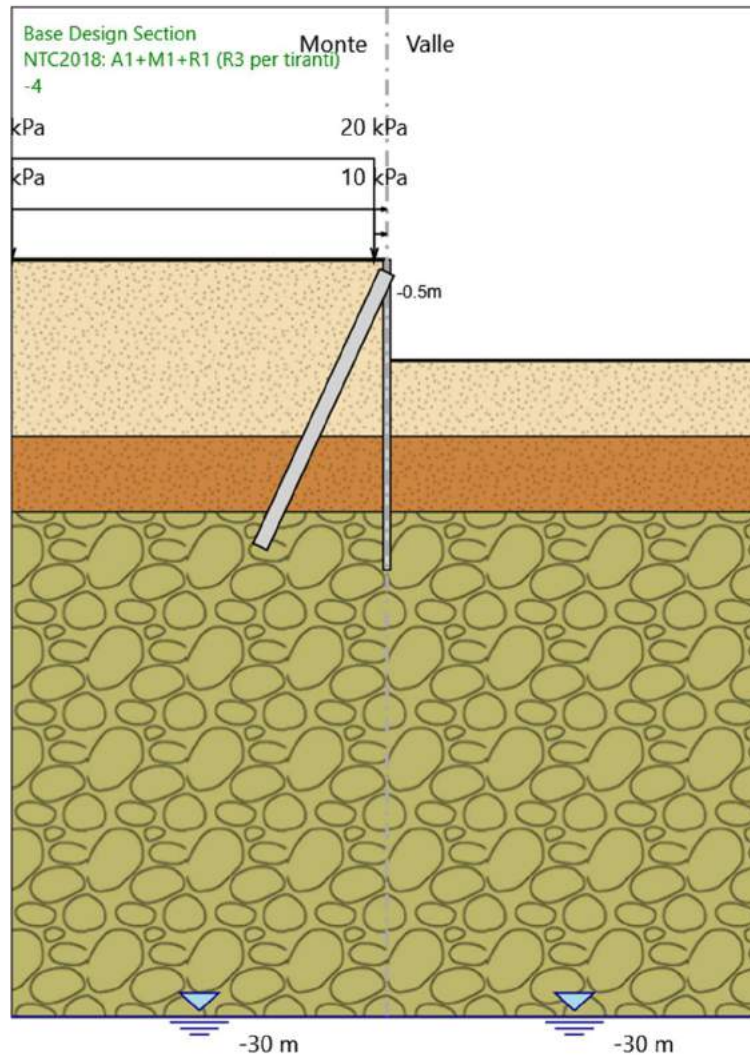
Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.3 m

Lunghezza libera : 0 m

Spaziatura orizzontale : 1 m
Precarico : 0 kN
Angolo : 65 °
Sezione : micropalo
Area : 0.006569 m²

-4



-4

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Sezione : micropali

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

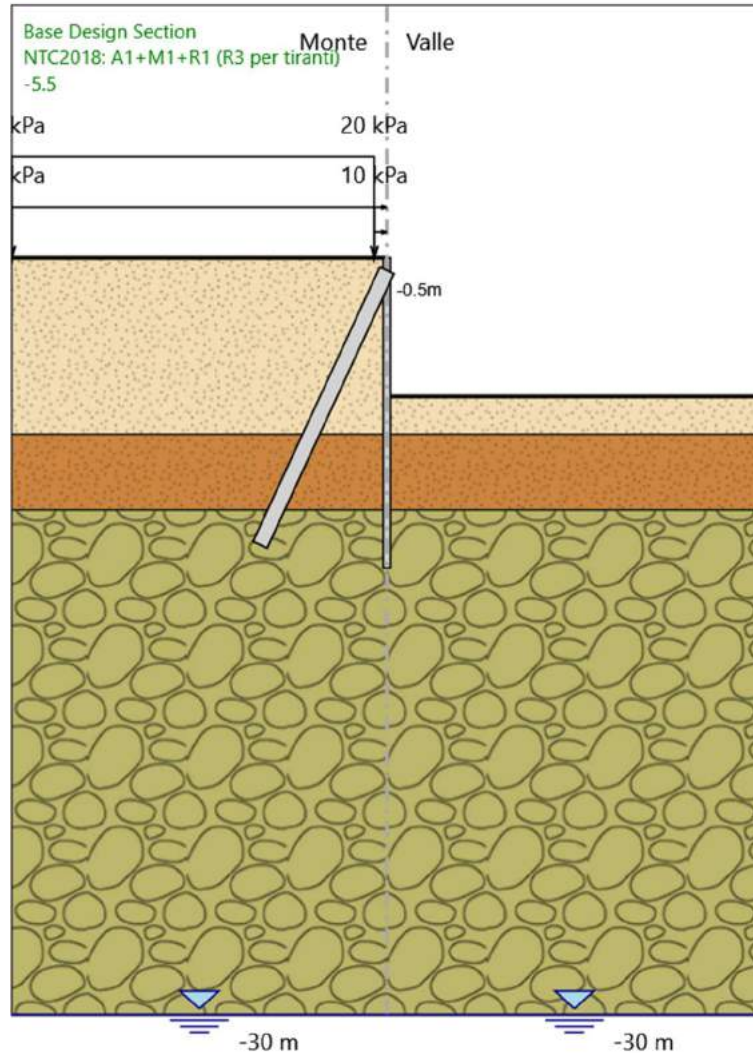
Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.3 m

Lunghezza libera : 0 m

Spaziatura orizzontale : 1 m
Precarico : 0 kN
Angolo : 65 °
Sezione : micropalo
Area : 0.006569 m²

-5.5



-5.5

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Sezione : micropali

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

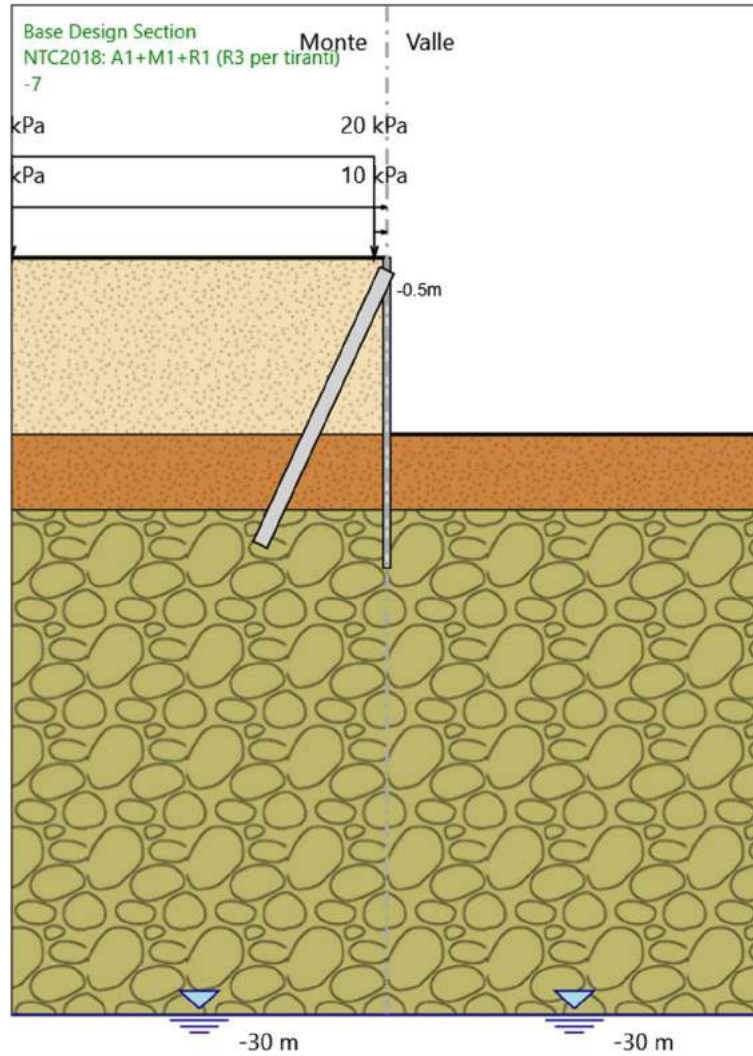
Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.3 m

Lunghezza libera : 0 m

Spaziatura orizzontale : 1 m
Precarico : 0 kN
Angolo : 65 °
Sezione : micropalo
Area : 0.006569 m²

-7



-7

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12.3 m

Sezione : micropali

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -0.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

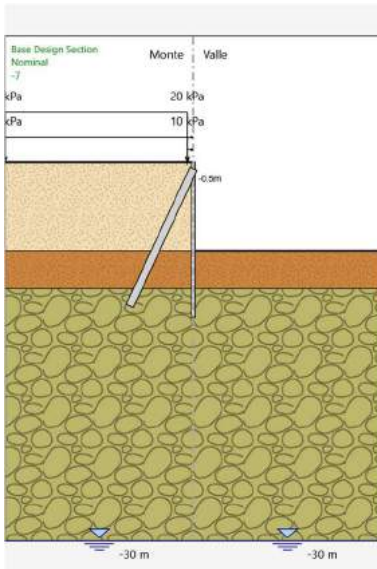
Diametro bulbo : 0.3 m

Lunghezza libera : 0 m

Spaziatura orizzontale : 1 m
Precarico : 0 kN
Angolo : 65 °
Sezione : micropalo
Area : 0.006569 m²

Tabella Configurazione Stage (Nominal)





Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

Nome	Carichi Per- manenti (F_dead_lo ad_unfa- vour)	Carichi Per- manenti (F_dead_lo ad_favour)	Carichi Va- riabili Sfa- vorevoli (F_live_loa d_unfa- vour)	Carichi Va- riabili Fa- vorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Si- smico (F_seism_ load)	Pres sioni Lato Mon te (F_ Wa- terD R)	Pres sioni Lato Vall e (F_ Wa- ter Res)	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_UPL_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_UPL_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_UPL_Q DStab)	Carichi Perma- nenti De- stabiliz- zanti (F_HYD_G DStab)	Carichi Perma- nenti Sta- bilizzanti (F_HYD_G Stab)	Carichi Va- riabili De- stabiliz- zanti (F_HYD_Q DStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018 : SLE (Rara/Fr equente /Quasi Perma- nente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018 : A1+M1+ R1 (R3 per ti- ranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018 : A2+M2+ R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Coefficienti M

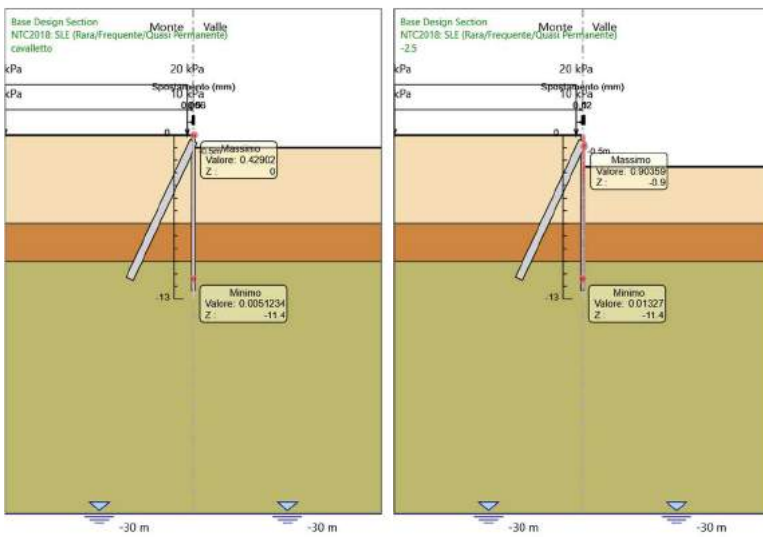
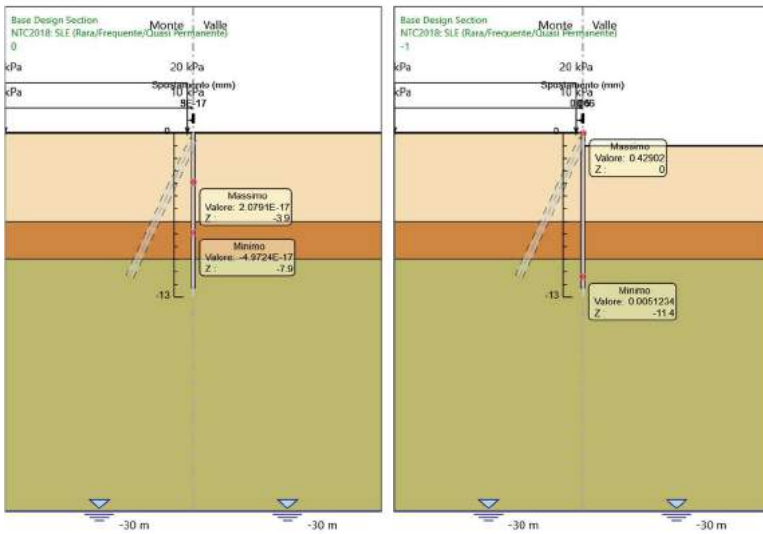
Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su q_u (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

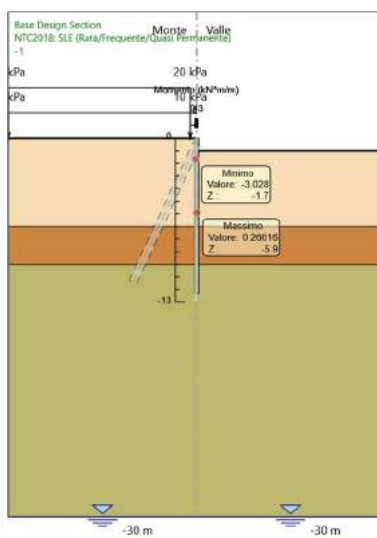
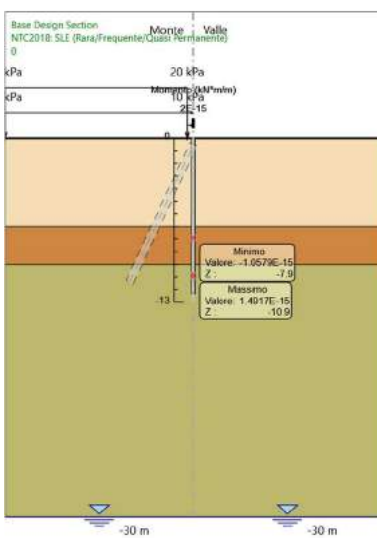
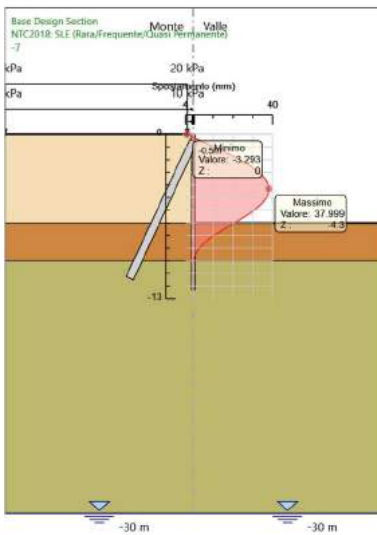
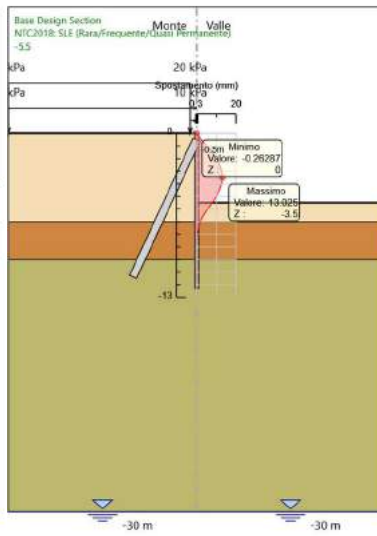
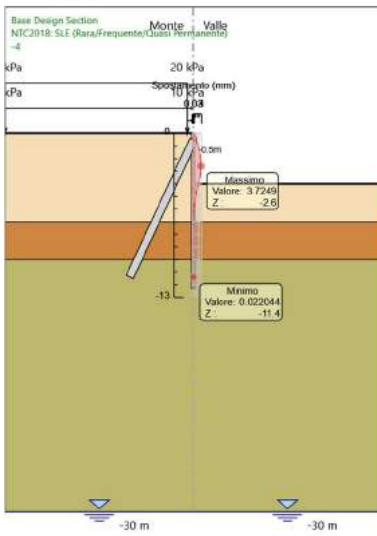
Coefficienti R

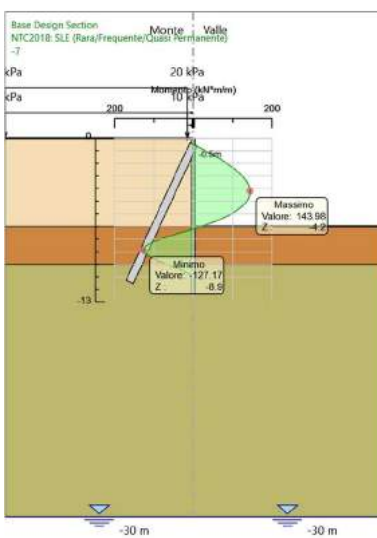
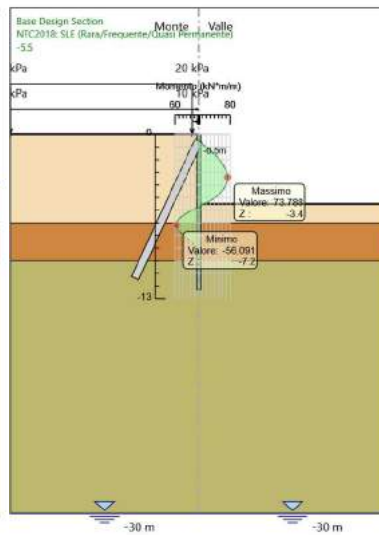
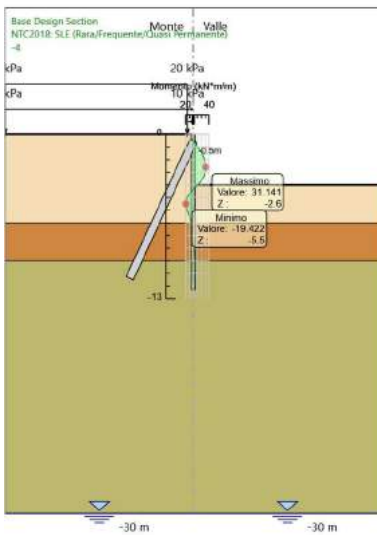
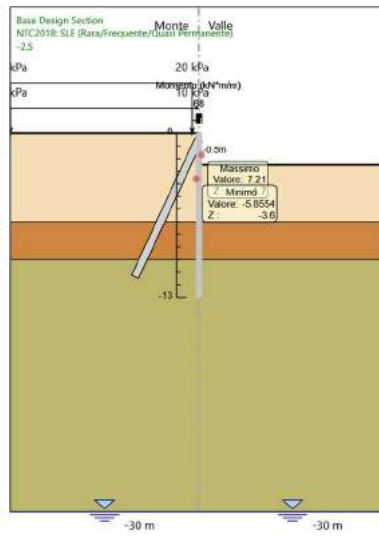
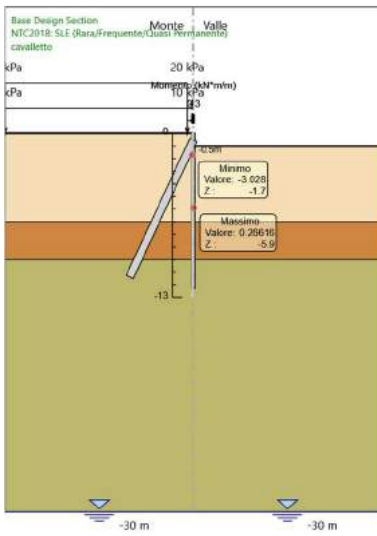
Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Fre- quente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

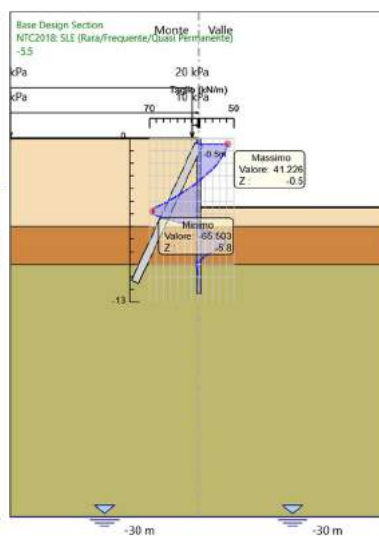
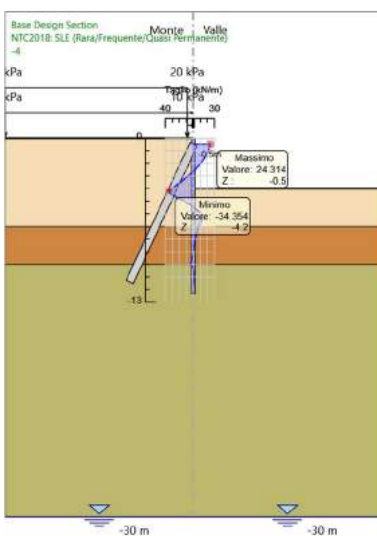
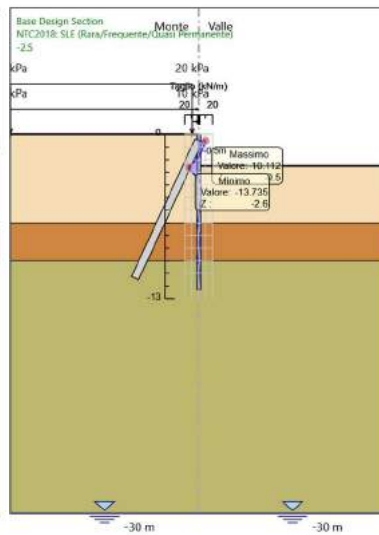
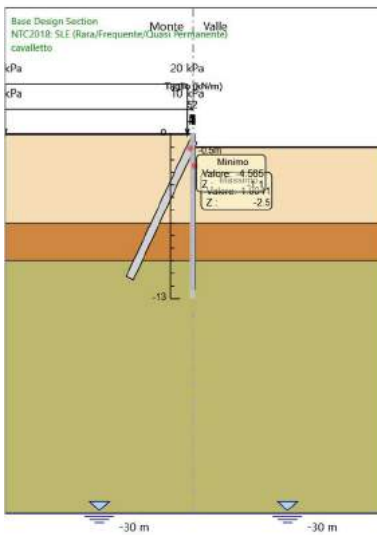
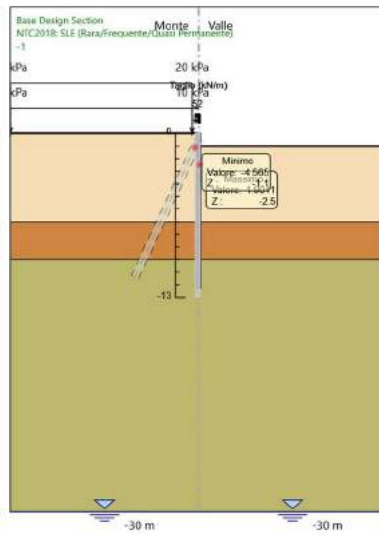
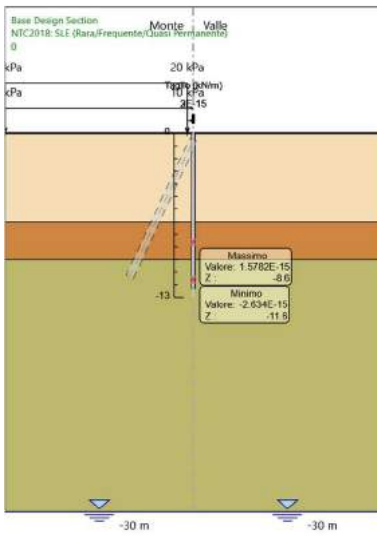
Risultati NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

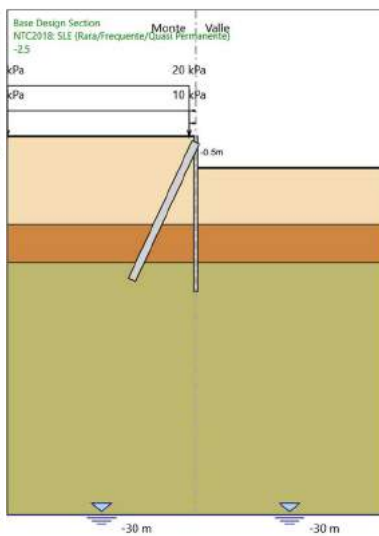
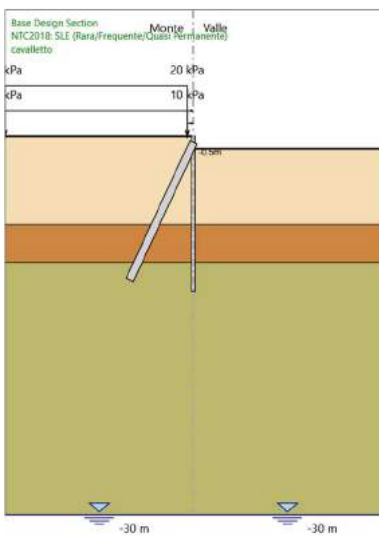
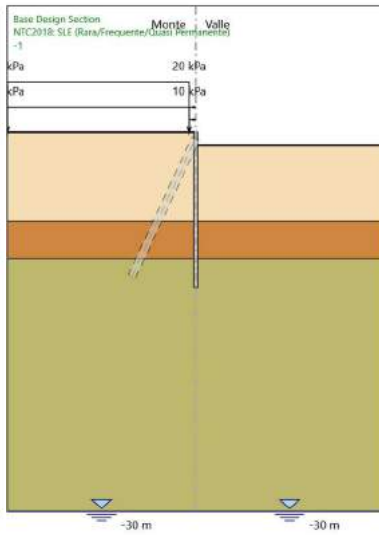
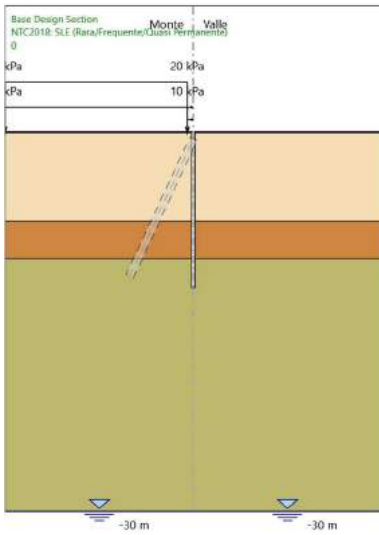
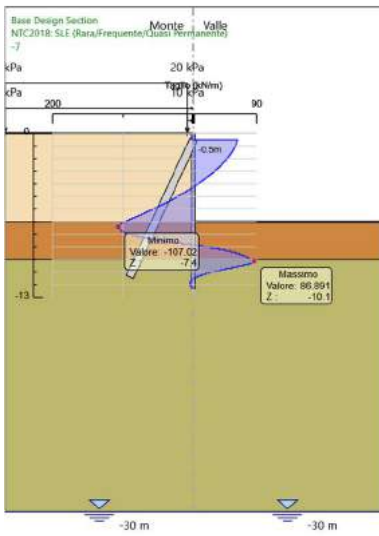
Tabella Grafici dei Risultati

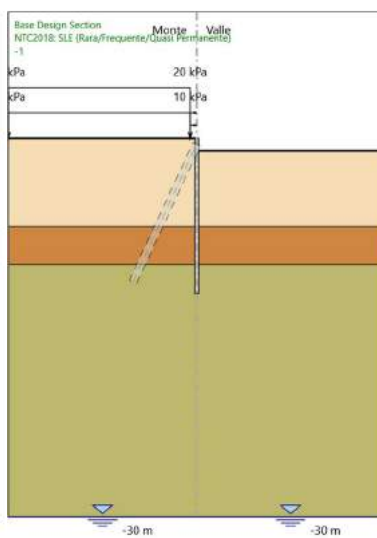
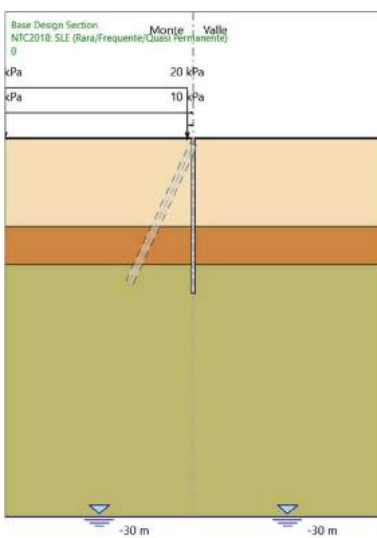
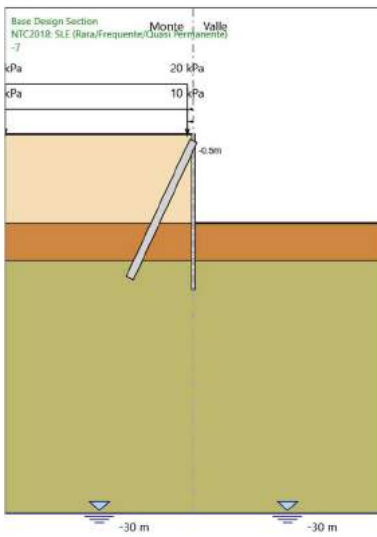
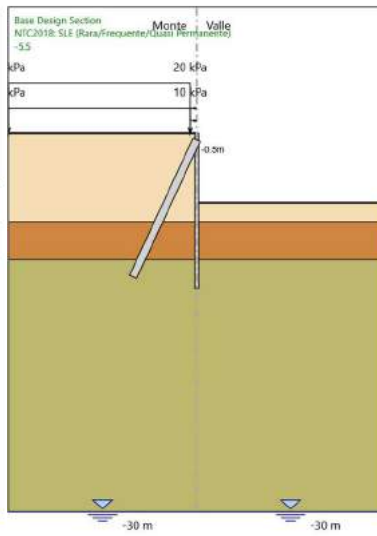
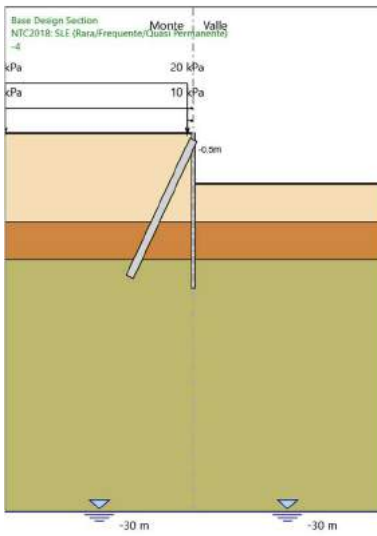


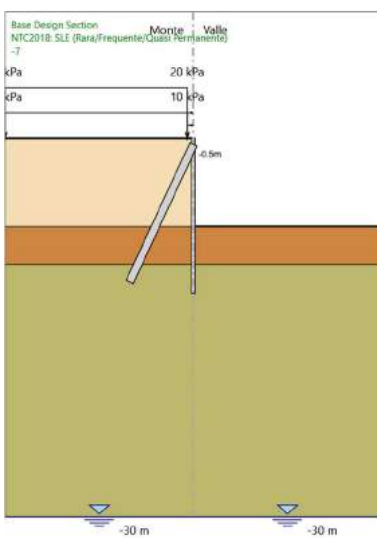
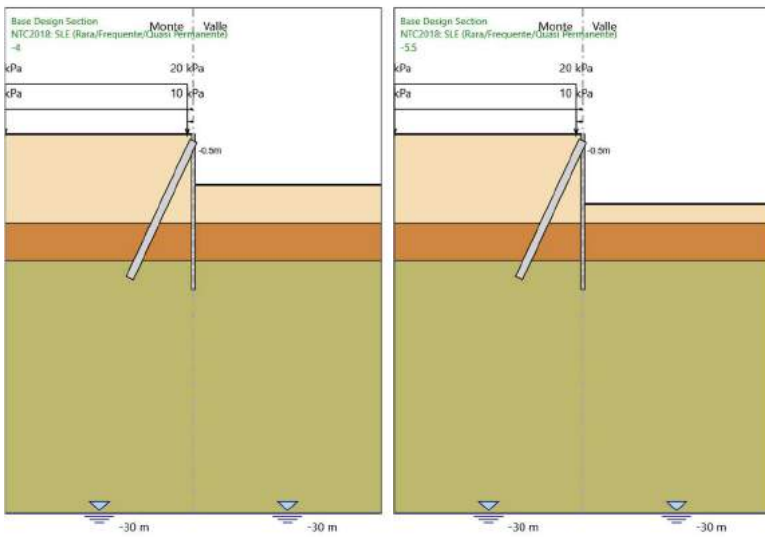
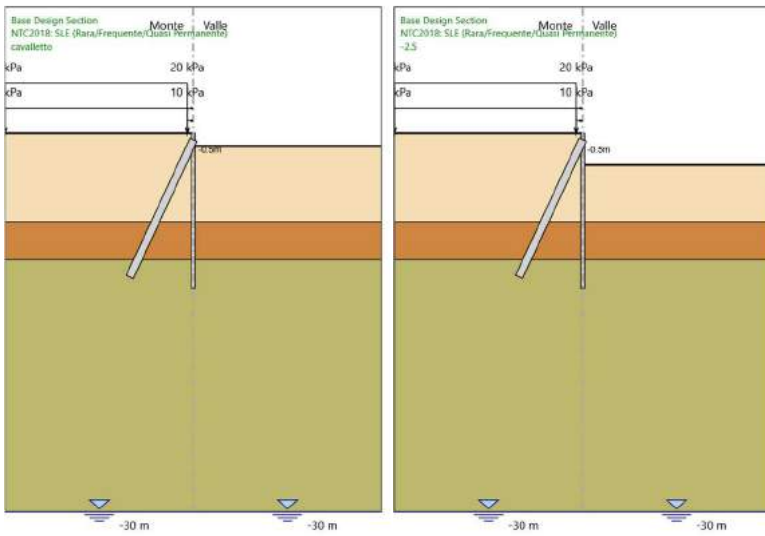












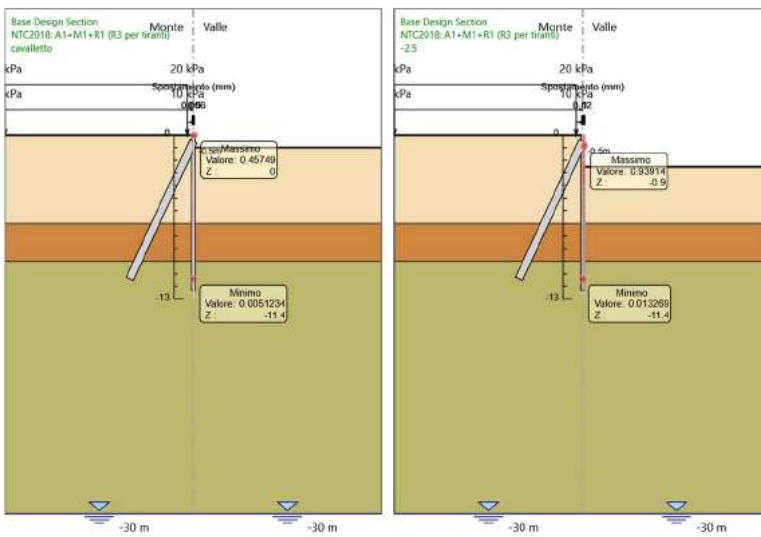
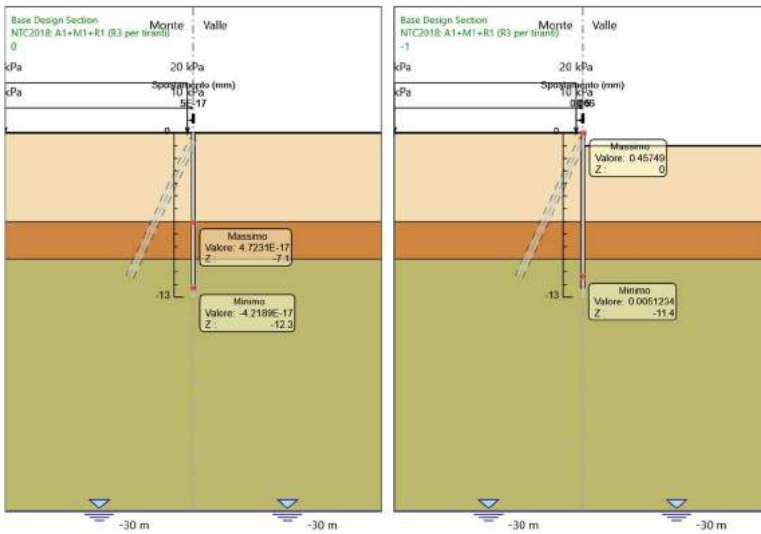
Risultati Elementi strutturali - NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

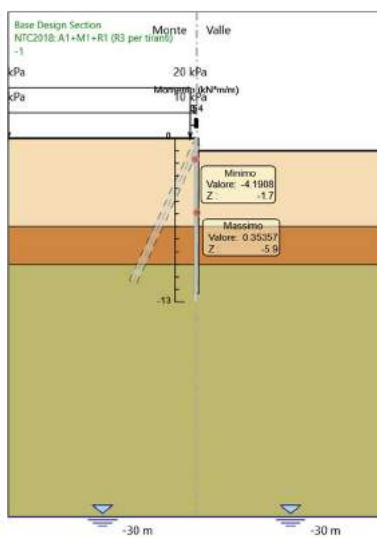
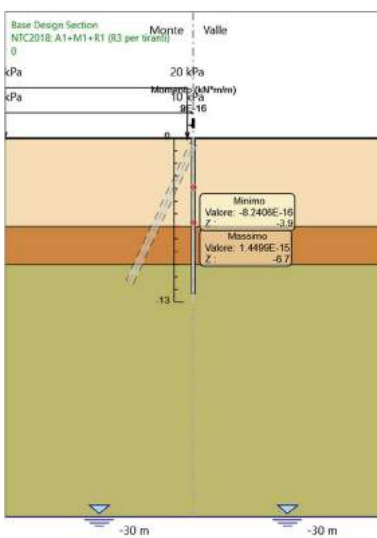
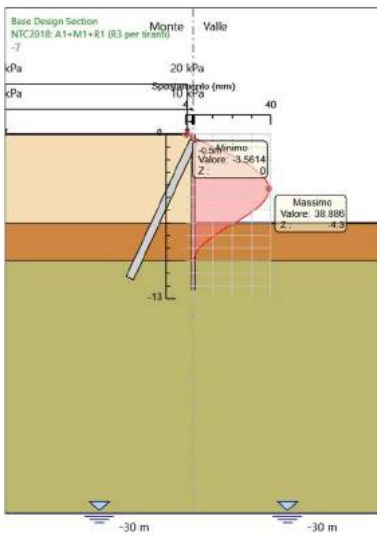
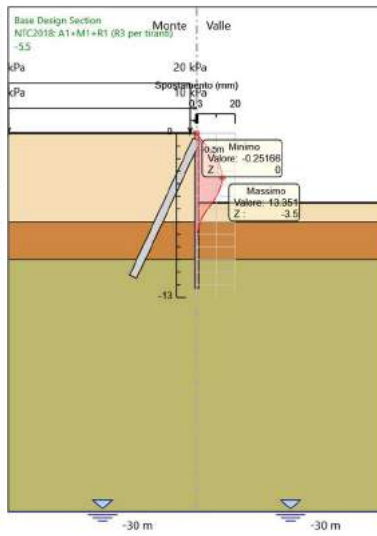
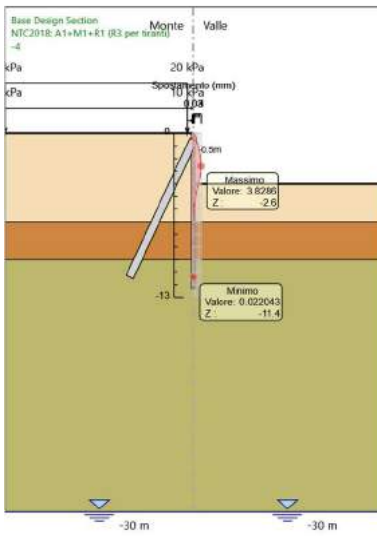
Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) Sollecitazione Tieback

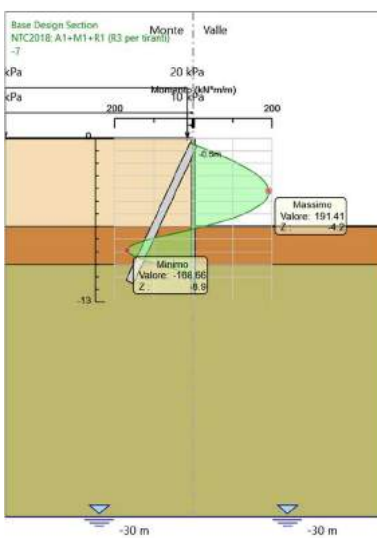
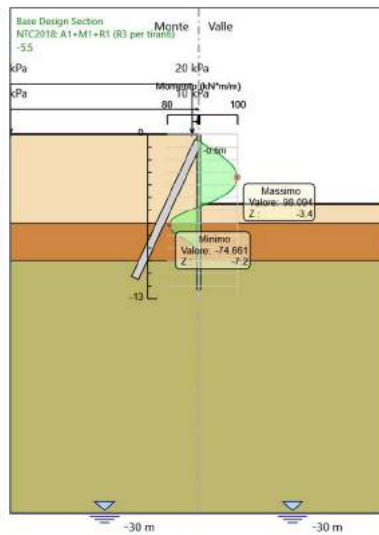
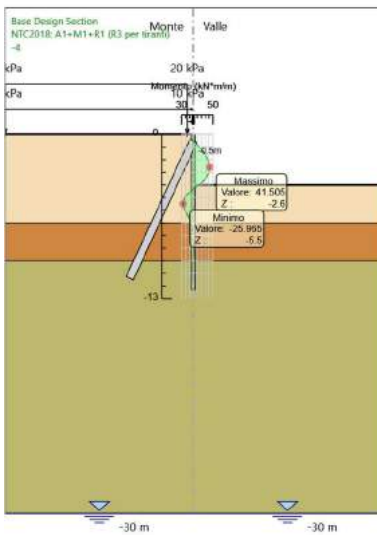
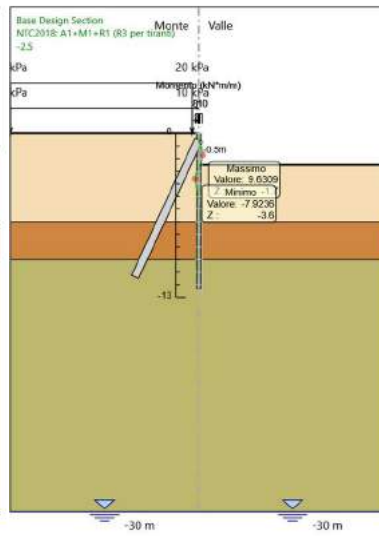
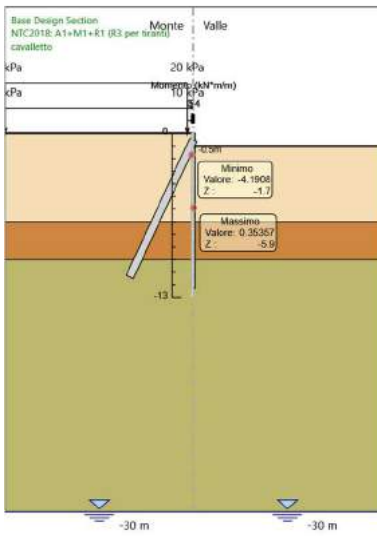
Stage	Forza (kN/m)
cavalletto	3.36531E-12
-2.5	26.22577
-4	59.86473
-5.5	101.3319
-7	157.5376

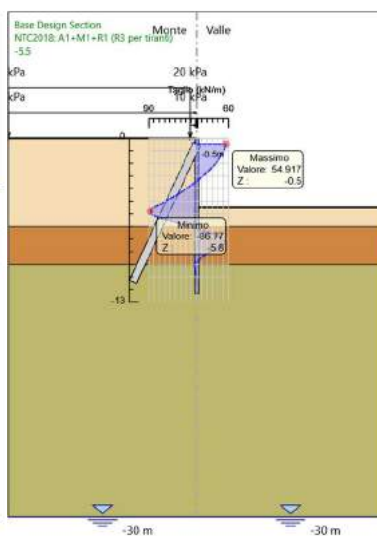
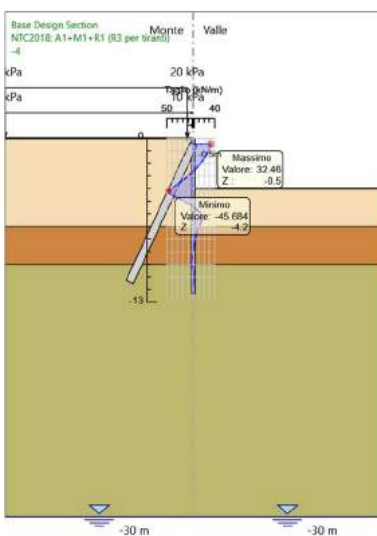
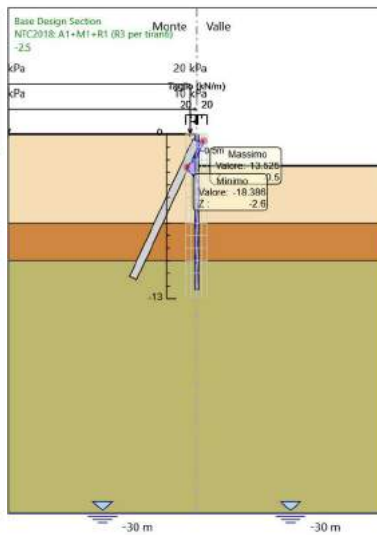
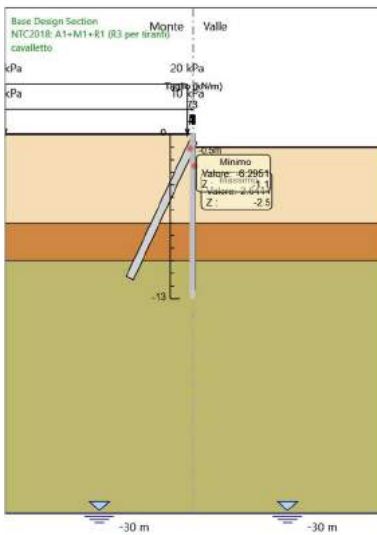
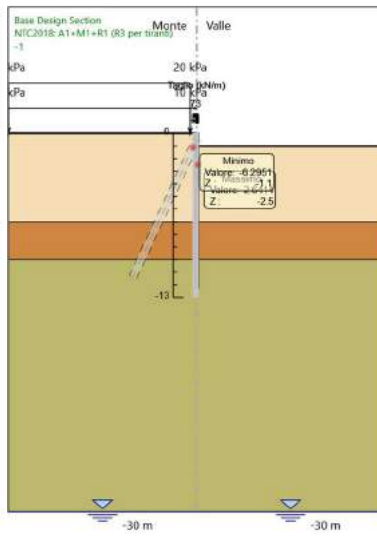
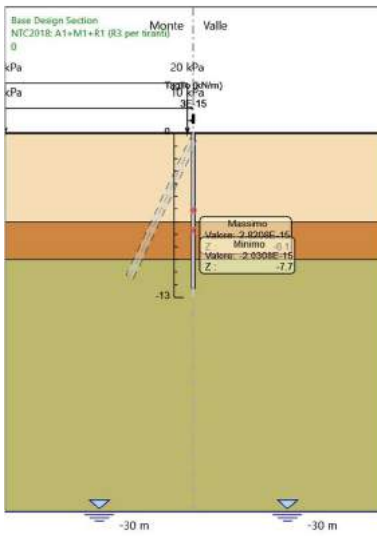
Risultati NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

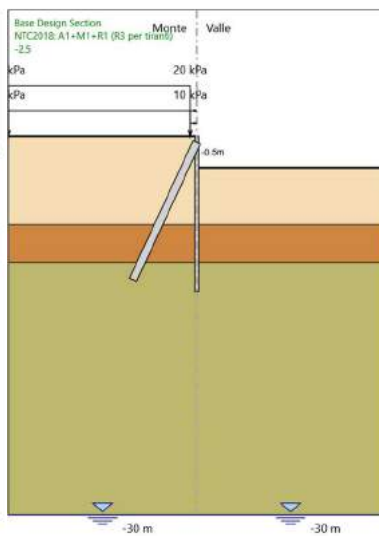
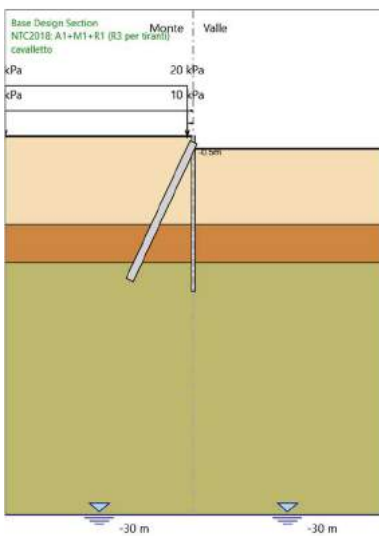
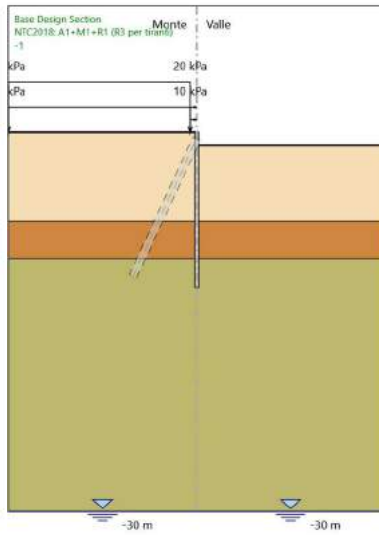
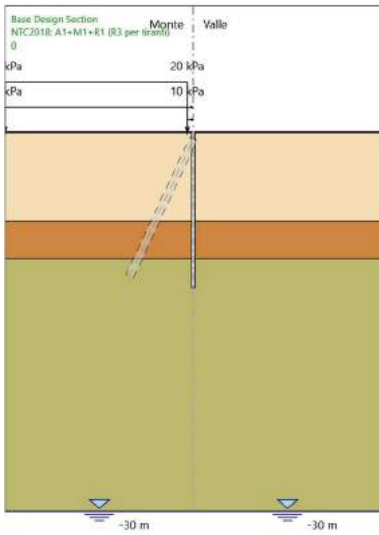
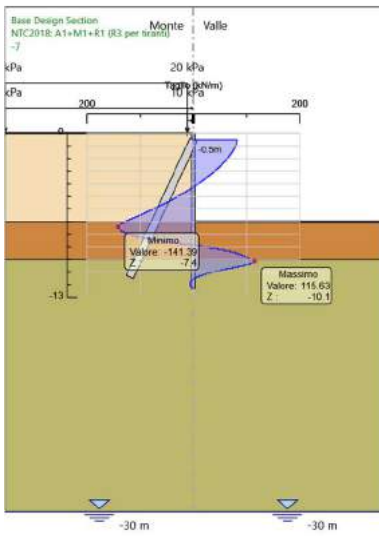
Tabella Grafici dei Risultati

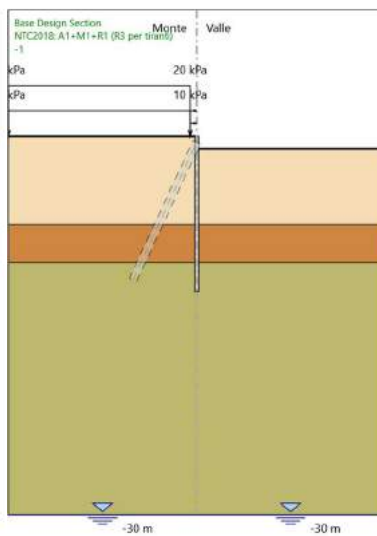
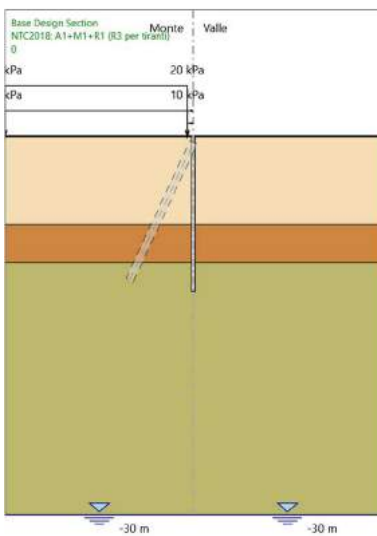
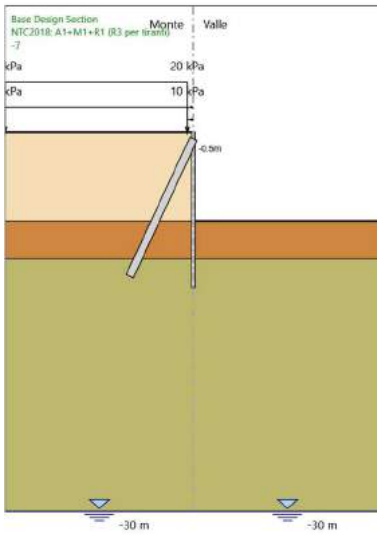
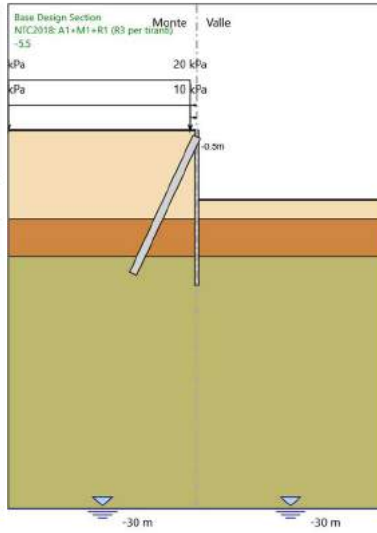
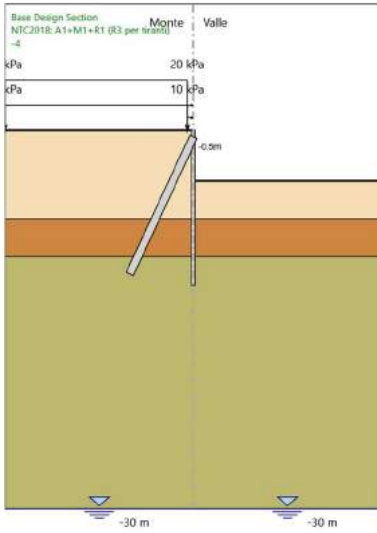


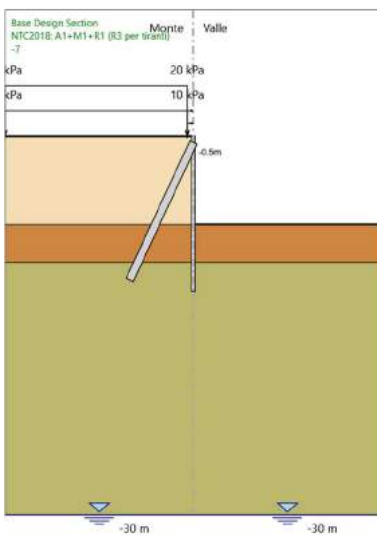
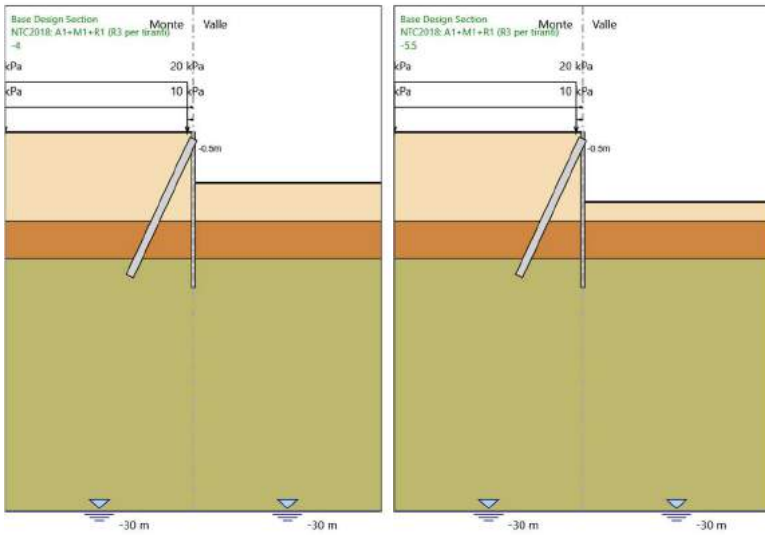
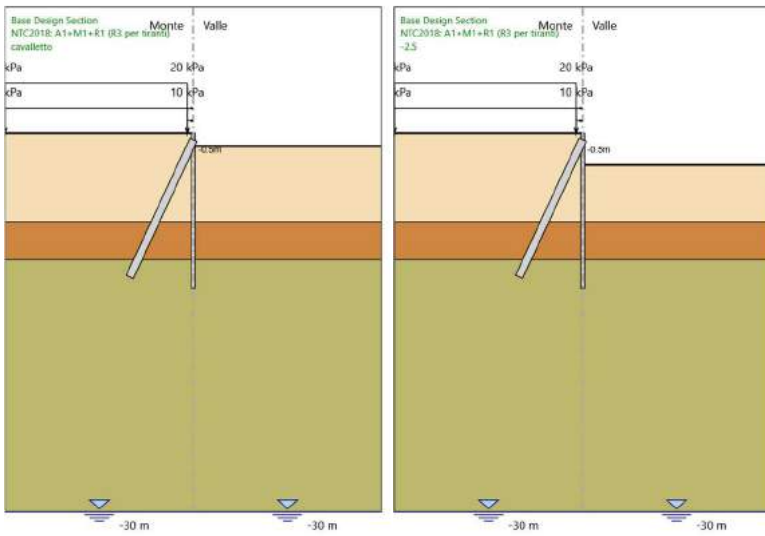












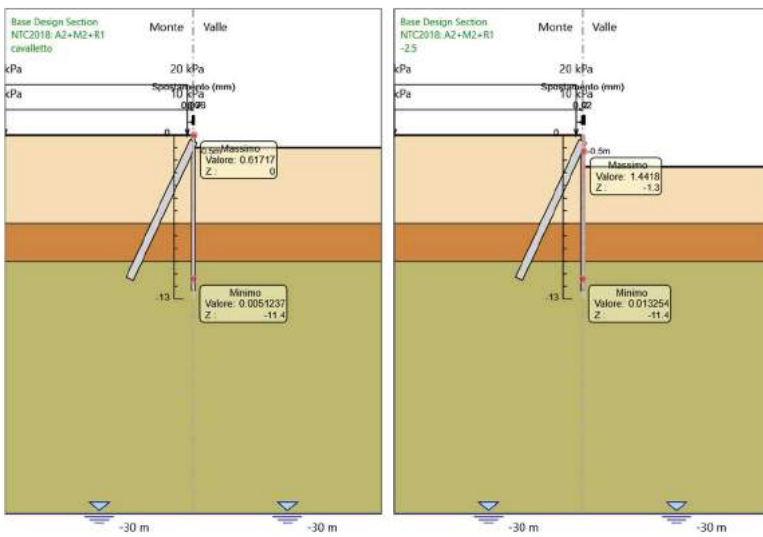
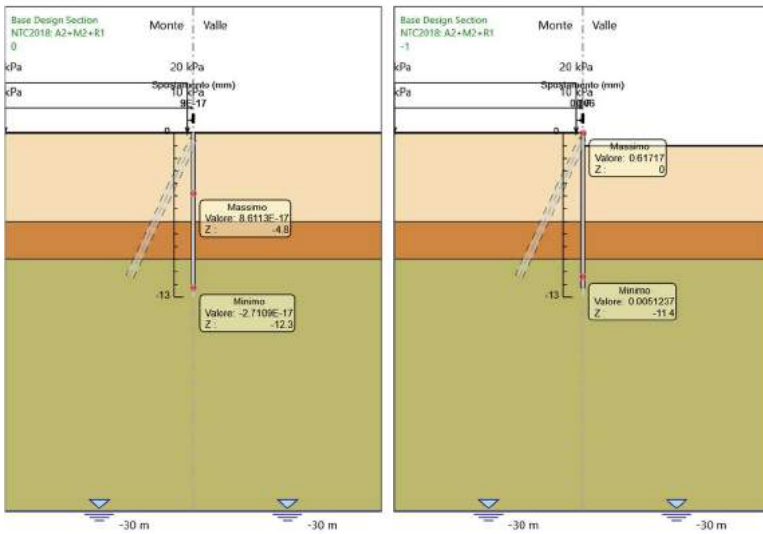
Risultati Elementi strutturali - NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

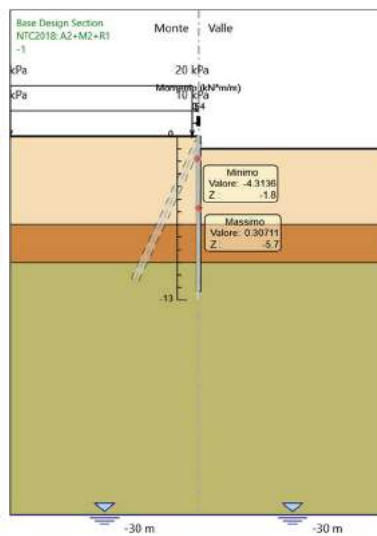
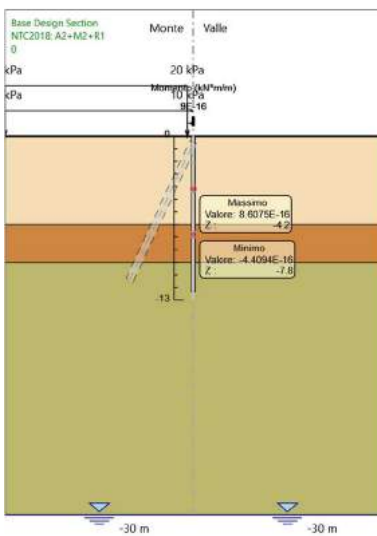
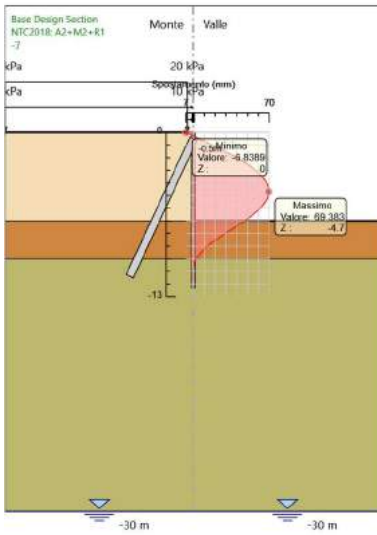
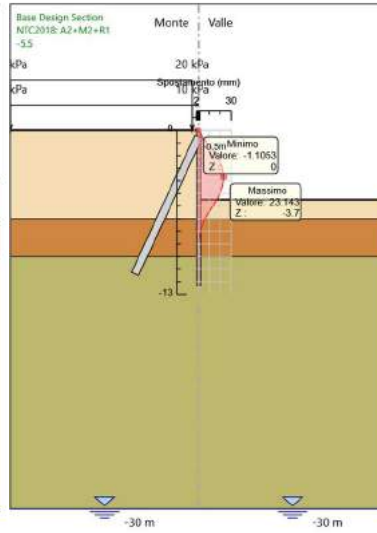
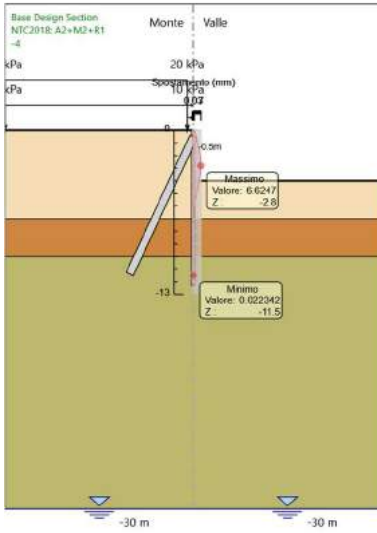
Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) Sollecitazione Tieback

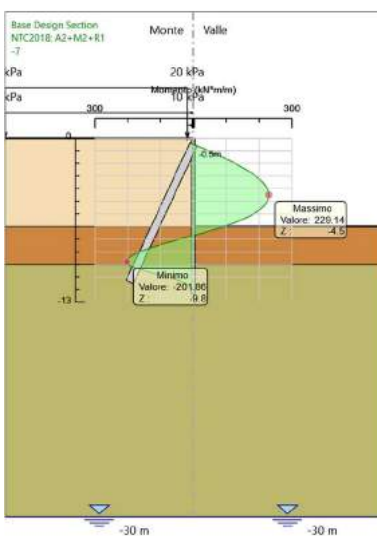
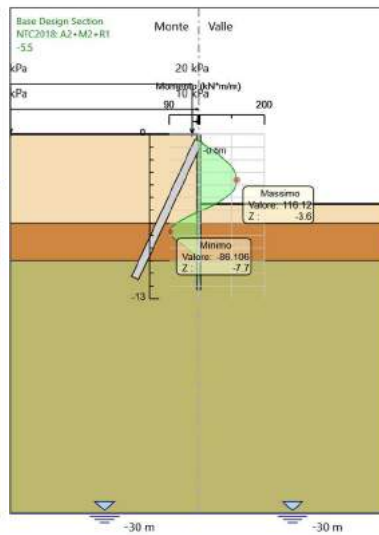
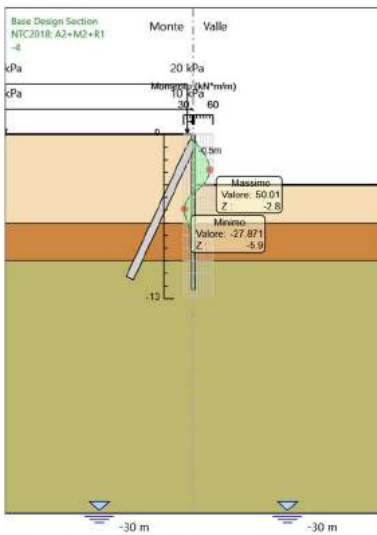
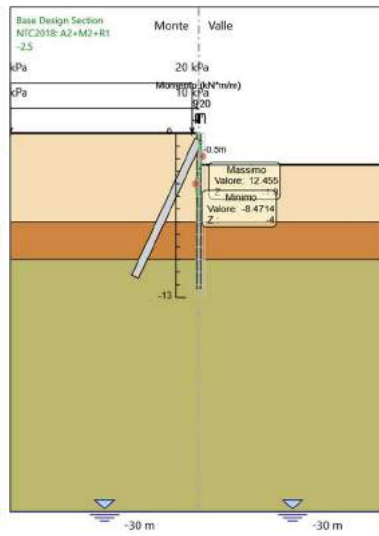
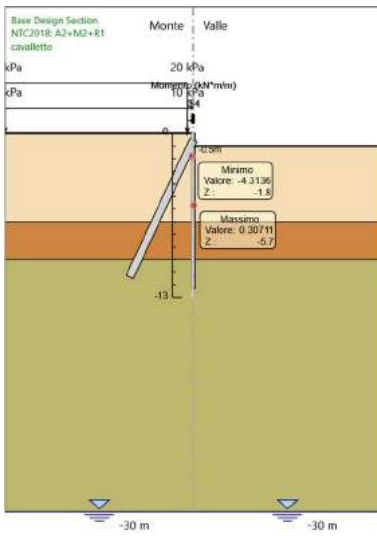
Stage	Forza (kN/m)
cavalletto	5.41561423E-13
-2.5	35.040837
-4	79.895231
-5.5	135.06766
-7	198.9143

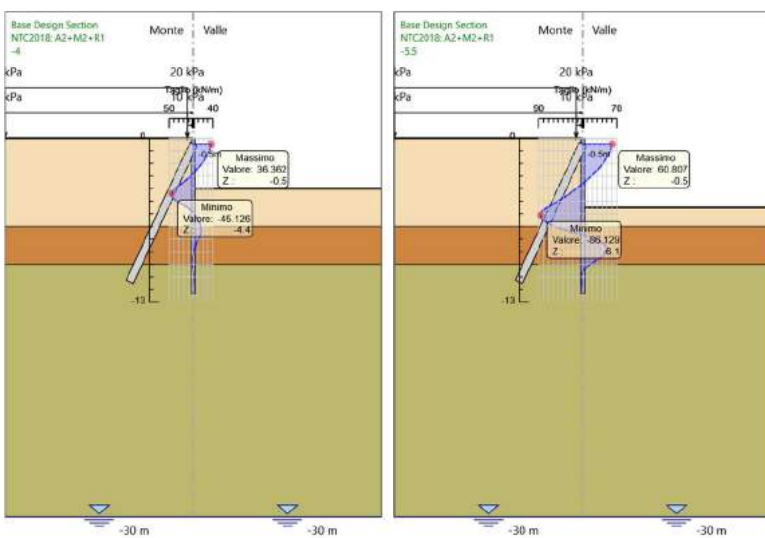
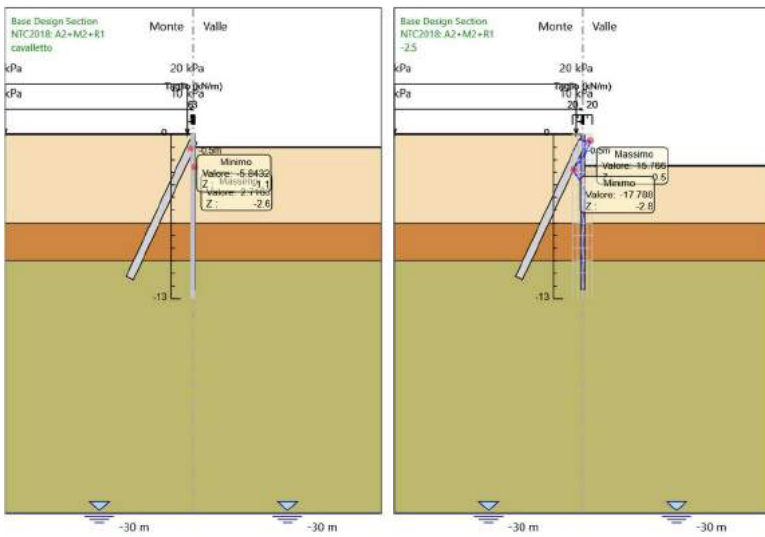
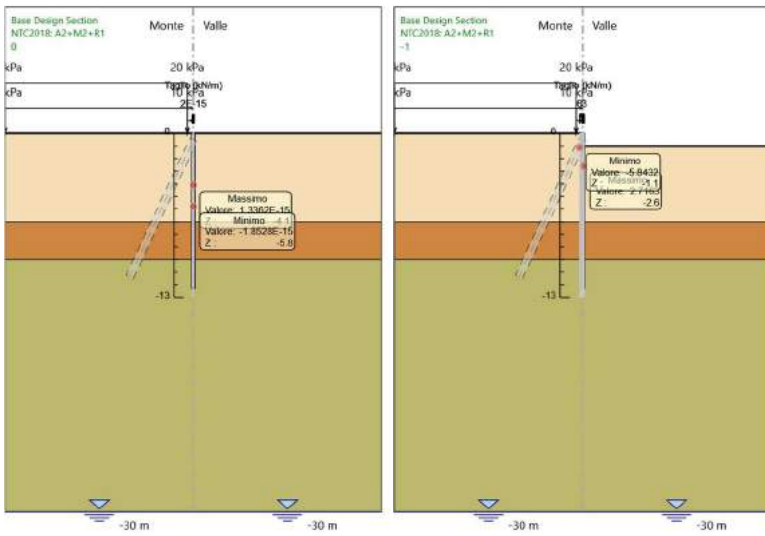
Risultati NTC2018: A2+M2+R1

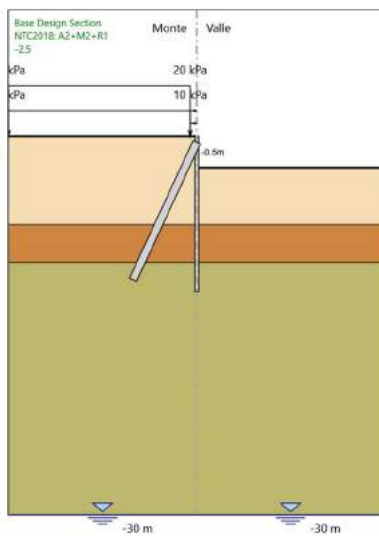
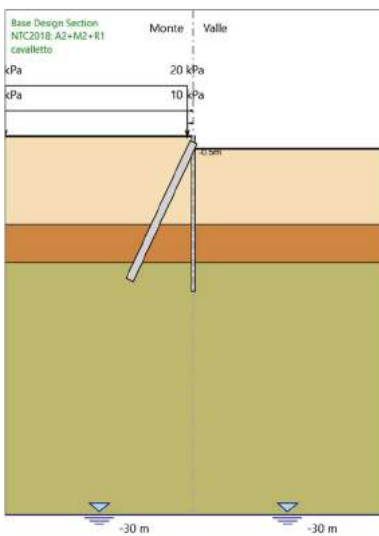
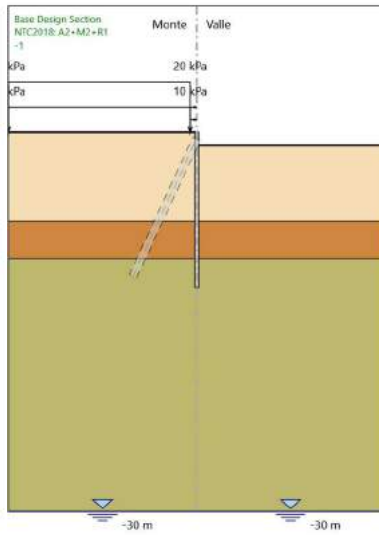
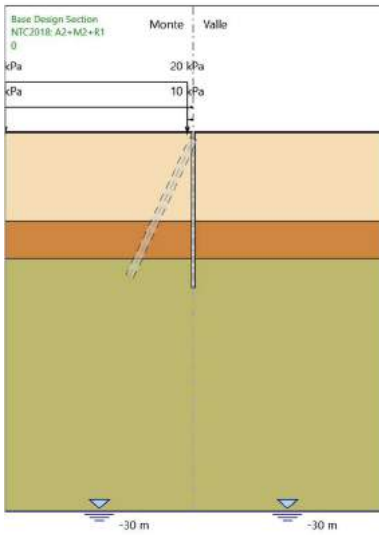
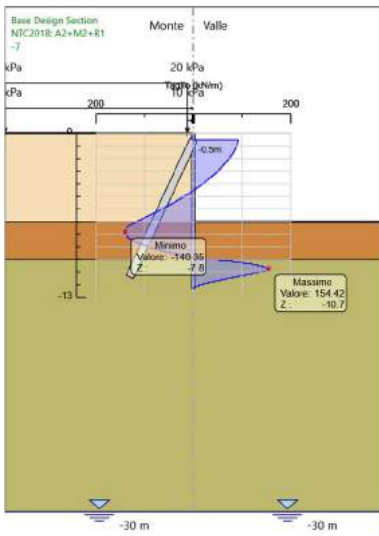
Tabella Grafici dei Risultati

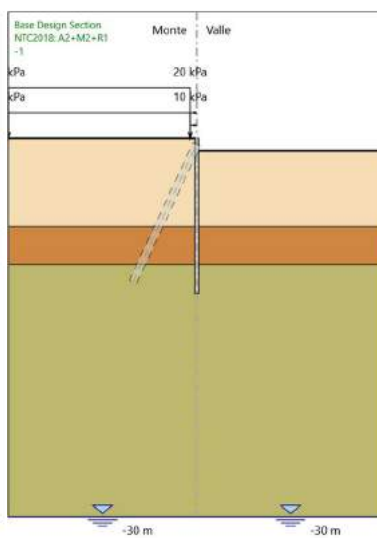
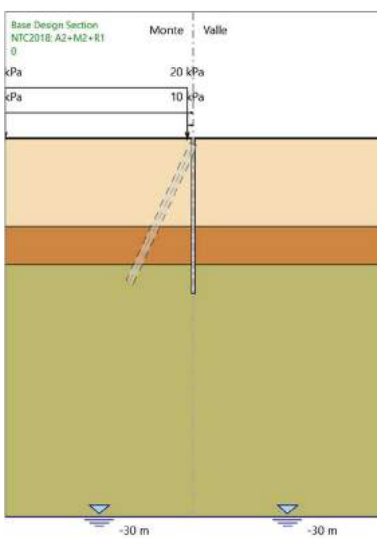
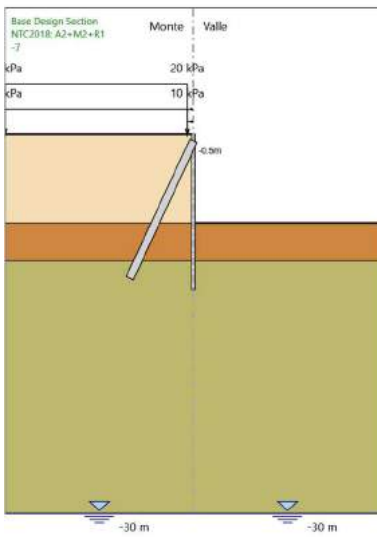
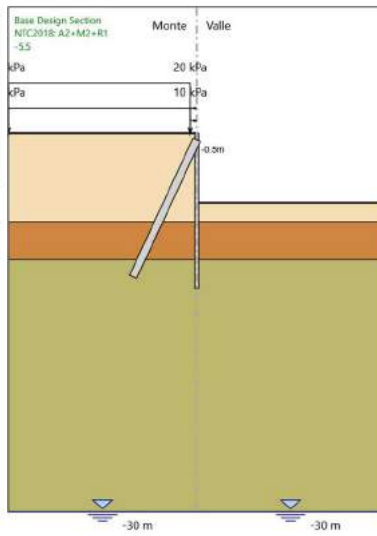
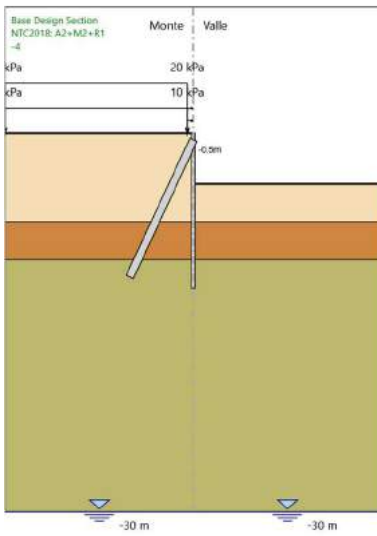


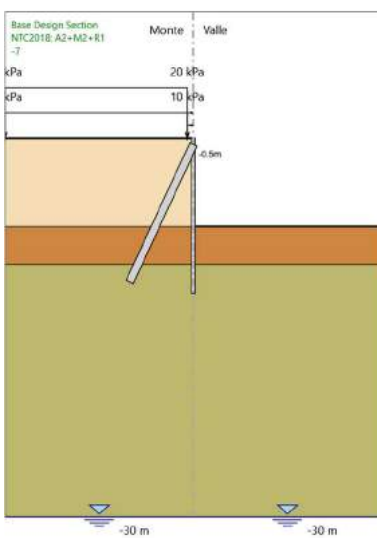
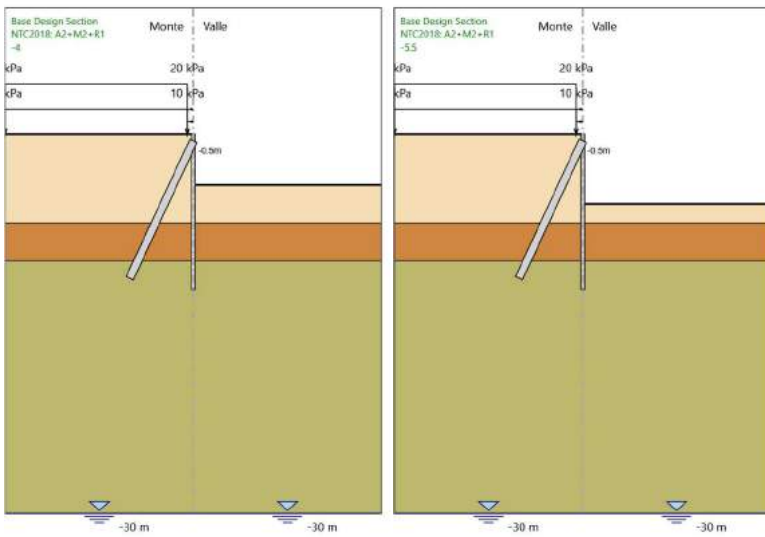
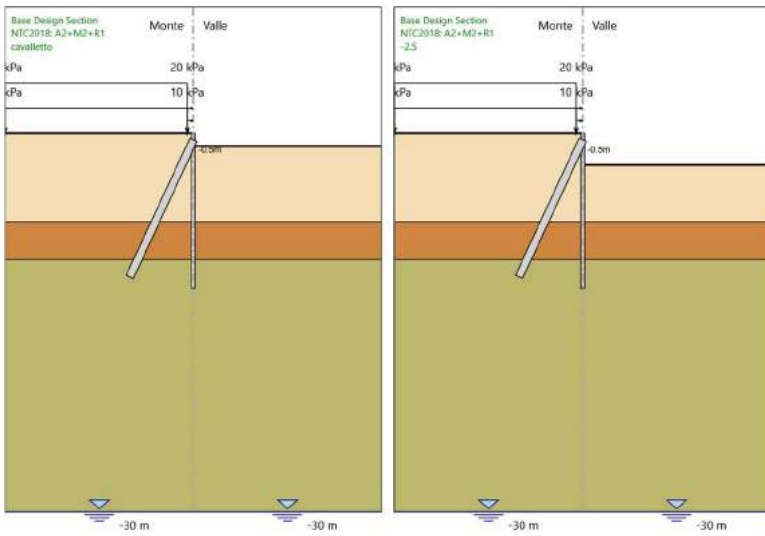












Risultati Elementi strutturali - NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption: NTC2018: A2+M2+R1 Sollecitazione Tieback

Stage	Forza (kN/m)
cavalletto	2.8558707E-12
-2.5	40.31091
-4	89.23876
-5.5	148.0076
-7	224.3734

ALLEGATO 2: REPORT DI CALCOLO ANALISI NUMERICHE SLIDE

RTI di progettazione:



Mandataria

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Mandante

Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: paratia A2-M2-R2.slim
Slide Modeler Version: 6.008
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/05/2020, 11:45:12

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i>	paratia A2-M2-R2.slim

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined




Loading

1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 26
Orientation: Vertical

Material Properties

Property	riporto	basalti alterati	basalti
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	22
Cohesion [kPa]	0.001	0.001	40
Friction Angle [deg]	29	28	34
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0


Support Properties

paratia di micropali

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 0.5 m
Pile Shear Strength: 816 kN
Force Direction: Parallel to Surface

micropalo inclinato

Support Type: Soil Nail

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i> paratia A2-M2-R2.slim	

Force Application: Active
 Out-of-Plane Spacing: 1 m
 Tensile Capacity: 2221 kN
 Plate Capacity: 2221 kN
 Bond Strength: 88.7 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 3.337160
 Center: 31.740, 32.570
 Radius: 21.132
 Left Slip Surface Endpoint: 12.197, 24.529
 Right Slip Surface Endpoint: 44.582, 15.787
 Resisting Moment=87302.5 kN-m
 Driving Moment=26160.7 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 38737
 Number of Invalid Surfaces: 29034

Error Codes:

Error Code -101 reported for 766 surfaces
 Error Code -103 reported for 490 surfaces
 Error Code -112 reported for 1125 surfaces
 Error Code -1000 reported for 26653 surfaces


Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.33716


	Base	Base	Effective
	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i> paratia A2-M2-R2.slim	

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Cohesion [kPa]	Friction Angle [degrees]	Stress [kPa]	Strength [kPa]	Normal Stress [kPa]	Pressure [kPa]	Normal Stress [kPa]
1	1.5448	46.0286	riporto	0.001	29	6.46523	21.5755	38.9216	0	38.9216
2	0.519939	35.4205	basalti alterati	0.001	28	12.0357	40.1649	75.5372	0	75.5372
3	1.34894	128.603	basalti	40	34	28.8435	96.2554	83.4021	0	83.4021
4	1.34894	175.504	basalti	40	34	35.7733	119.381	117.687	0	117.687
5	1.34894	213.985	basalti	40	34	41.7359	139.279	147.187	0	147.187
6	1.34894	246.041	basalti	40	34	46.9231	156.59	172.851	0	172.851
7	1.34894	272.972	basalti	40	34	63.4183	211.637	254.462	0	254.462
8	1.34894	295.57	basalti	40	34	55.4612	185.083	215.095	0	215.095
9	1.34894	314.36	basalti	40	34	58.9543	196.74	232.376	0	232.376
10	1.34894	329.694	basalti	40	34	61.9868	206.86	247.38	0	247.38
11	1.34894	170.592	basalti	40	34	35.8829	119.747	118.23	0	118.23
12	1.34894	162.356	basalti	40	34	34.7257	115.885	112.504	0	112.504
13	1.34894	168.893	basalti	40	34	36.1333	120.583	119.469	0	119.469
14	1.34894	172.717	basalti	40	34	37.1643	124.023	124.569	0	124.569
15	1.34894	173.772	basalti	40	34	37.8009	126.147	127.719	0	127.719
16	1.34894	172.249	basalti	40	34	38.0622	127.02	129.012	0	129.012
17	1.34894	168.158	basalti	40	34	37.9414	126.617	128.414	0	128.414
18	1.34894	161.181	basalti	40	34	37.3796	124.742	125.635	0	125.635
19	1.34894	146.022	basalti	40	34	35.5327	118.578	116.498	0	116.498
20	1.34894	125.978	basalti	40	34	32.8754	109.711	103.35	0	103.35
21	1.20776	94.5518	basalti alterati	0.001	28	13.2645	44.2656	83.25	0	83.25
22	1.20776	76.2321	basalti alterati	0.001	28	10.8269	36.1312	67.9511	0	67.9511
23	1.20776	55.7528	basalti alterati	0.001	28	8.02659	26.786	50.3752	0	50.3752
24	1.20776	34.7475	basalti alterati	0.001	28	5.07947	16.951	31.8784	0	31.8784
25	1.20776	12.0619	basalti alterati	0.001	28	1.79468	5.98912	11.262	0	11.262

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.33716

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	12.1972	24.5295	0	0	0
2	13.742	21.4955	108.108	0	0
3	14.2619	20.6919	162.56	0	0
4	15.6109	18.9162	271.775	0	0
5	16.9598	17.4663	394.195	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/05/2020, 11:45:12		File Name
			paratia A2-M2-R2.slim

6	18.3087	16.2551	516.226	0	0
7	19.6577	15.2324	629.759	0	0
8	21.0066	14.3664	722.633	0	0
9	22.3555	13.6357	805.059	0	0
10	23.7045	13.025	867.509	0	0
11	25.0534	12.5234	908.05	0	0
12	26.4024	12.1229	907.044	0	0
13	27.7513	11.8175	894.595	0	0
14	29.1002	11.6032	871.5	0	0
15	30.4492	11.4771	837.113	0	0
16	31.7981	11.4377	791.194	0	0
17	33.1471	11.4846	733.854	0	0
18	34.496	11.6182	665.561	0	0
19	35.8449	11.8402	587.284	0	0
20	37.1939	12.1536	502.885	0	0
21	38.5428	12.5626	416.304	0	0
22	39.7506	13.0148	362.649	0	0
23	40.9583	13.5543	312.925	0	0
24	42.1661	14.1888	271.279	0	0
25	43.3738	14.9284	241.571	0	0
26	44.5816	15.7871	0	0	0


List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
12.446	24.4999
25.1786	24.4999

External Boundary

X	Y
25.1787	19.7095
25.1786	24.4999
12.446	24.4999
8.3817	24.983
2.53208	25.2082
0.545981	25.2082
0.545981	23.0357
0.545981	23.0357
0.545981	0.0285465
60	0.0285465
60	10.0906

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
	Analysis Description			
	Drawn By	Scale	Company	
	Date	11/05/2020, 11:45:12	File Name	paratia A2-M2-R2.slim

60	14
41.965	16.0904
35.4813	17.4999
25.1788	17.4999
25.1787	19.4819
25.1787	19.7095

Material Boundary

X	Y
0.545981	23.0357
0.545981	23.0357
2.81709	22.8011
3.09239	22.7182
5.26727	22.2932

Material Boundary

X	Y
9.9922	21.8183
17.1814	19.9216
22.7367	18.2521
25.1786	17.4645
29.5498	16.0546
43.4485	10.6578
45.546	10.0906

Material Boundary


X	Y
2.81709	22.8011
5.26727	22.2932
9.9922	21.8183

Material Boundary

X	Y
25.1786	12.4999
25.1786	17.4645
25.1787	19.4819

Material Boundary

X	Y
29.5498	16.0546

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i>	paratia A2-M2-R2.slim

36.4991	13.3562
43.4485	10.6578

Material Boundary

X	Y
9.9922	21.8183
19.3126	21.016
20.3637	20.5134
22.61	20.4155
25.1787	19.7095

Material Boundary

X	Y
45.546	10.0906
60	10.0906



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			<i>File Name</i>		
11/05/2020, 11:45:12			paratia A2-M2-R2.slim		

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: paratia sisma F verso alto.slim
Slide Modeler Version: 6.008
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/05/2020, 11:45:12

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i> paratia sisma F verso alto.slim	

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined




Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0274
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0137
1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Vertical

Material Properties


Property	riporto	basalti alterati	basalti
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	22
Cohesion [kPa]	0.001	0.001	50
Friction Angle [deg]	35	34	40
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

Support Properties

paratia di micropali

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 0.5 m
Pile Shear Strength: 816 kN
Force Direction: Parallel to Surface

micropalo inclinato

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i> paratia sisma F verso alto.slim	

Support Type: Soil Nail
 Force Application: Active
 Out-of-Plane Spacing: 1 m
 Tensile Capacity: 2221 kN
 Plate Capacity: 2221 kN
 Bond Strength: 88.7 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 3.998520
 Center: 31.740, 32.570
 Radius: 21.132
 Left Slip Surface Endpoint: 12.197, 24.529
 Right Slip Surface Endpoint: 44.582, 15.787
 Resisting Moment=106063 kN-m
 Driving Moment=26525.6 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 38918
 Number of Invalid Surfaces: 28853

Error Codes:

Error Code -101 reported for 766 surfaces
 Error Code -103 reported for 490 surfaces
 Error Code -112 reported for 944 surfaces
 Error Code -1000 reported for 26653 surfaces


Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.99852


	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/05/2020, 11:45:12	File Name	paratia sisma F verso alto.slim

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.5448	46.0286	riporto	0.001	35	6.01753	24.0612	34.3616	0	34.3616
2	0.519939	35.4205	basalti alterati	0.001	34	11.6693	46.66	69.1748	0	69.1748
3	1.34894	128.603	basalti	50	40	28.5554	114.179	76.4856	0	76.4856
4	1.34894	175.504	basalti	50	40	35.608	142.38	110.093	0	110.093
5	1.34894	213.985	basalti	50	40	41.6884	166.692	139.068	0	139.068
6	1.34894	246.041	basalti	50	40	46.9864	187.876	164.315	0	164.315
7	1.34894	272.972	basalti	50	40	63.9889	255.861	245.336	0	245.336
8	1.34894	295.57	basalti	50	40	55.7256	222.82	205.959	0	205.959
9	1.34894	314.36	basalti	50	40	59.3082	237.145	223.031	0	223.031
10	1.34894	329.694	basalti	50	40	62.4236	249.602	237.876	0	237.876
11	1.34894	170.592	basalti	50	40	36.7799	147.065	115.678	0	115.678
12	1.34894	162.356	basalti	50	40	35.7212	142.832	110.632	0	110.632
13	1.34894	168.893	basalti	50	40	37.181	148.669	117.589	0	117.589
14	1.34894	172.717	basalti	50	40	38.2564	152.969	122.714	0	122.714
15	1.34894	173.772	basalti	50	40	38.9297	155.661	125.922	0	125.922
16	1.34894	172.249	basalti	50	40	39.2193	156.819	127.302	0	127.302
17	1.34894	168.158	basalti	50	40	39.1185	156.416	126.822	0	126.822
18	1.34894	161.181	basalti	50	40	38.5665	154.209	124.191	0	124.191
19	1.34894	146.022	basalti	50	40	36.6969	146.733	115.282	0	115.282
20	1.34894	125.978	basalti	50	40	33.995	135.93	102.407	0	102.407
21	1.20776	94.5518	basalti alterati	0.001	34	13.9027	55.5902	82.4141	0	82.4141
22	1.20776	76.2321	basalti alterati	0.001	34	11.3566	45.4097	67.3213	0	67.3213
23	1.20776	55.7528	basalti alterati	0.001	34	8.42652	33.6936	49.9514	0	49.9514
24	1.20776	34.7475	basalti alterati	0.001	34	5.3378	21.3433	31.6413	0	31.6413
25	1.20776	12.0619	basalti alterati	0.001	34	1.88808	7.54953	11.1911	0	11.1911

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.99852

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	12.1972	24.5295	0	0	0
2	13.742	21.4955	96.2279	0	0
3	14.2619	20.6919	146.73	0	0
4	15.6109	18.9162	247.587	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/05/2020, 11:45:12		File Name
			paratia sisma F verso alto.slim

5	16.9598	17.4663	364.043	0	0
6	18.3087	16.2551	482.182	0	0
7	19.6577	15.2324	593.659	0	0
8	21.0066	14.3664	685.365	0	0
9	22.3555	13.6357	768.88	0	0
10	23.7045	13.025	833.782	0	0
11	25.0534	12.5234	878.026	0	0
12	26.4024	12.1229	879.478	0	0
13	27.7513	11.8175	869.578	0	0
14	29.1002	11.6032	849.31	0	0
15	30.4492	11.4771	817.964	0	0
16	31.7981	11.4377	775.23	0	0
17	33.1471	11.4846	721.145	0	0
18	34.496	11.6182	656.102	0	0
19	35.8449	11.8402	580.977	0	0
20	37.1939	12.1536	499.405	0	0
21	38.5428	12.5626	415.166	0	0
22	39.7506	13.0148	363.715	0	0
23	40.9583	13.5543	315.784	0	0
24	42.1661	14.1888	275.455	0	0
25	43.3738	14.9284	246.564	0	0
26	44.5816	15.7871	0	0	0

List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
12.446	24.4999
25.1786	24.4999

External Boundary

X	Y
25.1787	19.7095
25.1786	24.4999
12.446	24.4999
8.3817	24.983
2.53208	25.2082
0.545981	25.2082
0.545981	23.0357
0.545981	23.0357
0.545981	0.0285465
60	0.0285465



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			11/05/2020, 11:45:12		<i>File Name</i>
			paratia sisma F verso alto.slim		

60	10.0906
60	14
41.965	16.0904
35.4813	17.4999
25.1788	17.4999
25.1787	19.4819
25.1787	19.7095

Material Boundary

X	Y
0.545981	23.0357
0.545981	23.0357
2.81709	22.8011
3.09239	22.7182
5.26727	22.2932

Material Boundary

X	Y
9.9922	21.8183
17.1814	19.9216
22.7367	18.2521
25.1786	17.4645
29.5498	16.0546
43.4485	10.6578
45.546	10.0906

Material Boundary

X	Y
2.81709	22.8011
5.26727	22.2932
9.9922	21.8183

Material Boundary

X	Y
25.1786	12.4999
25.1786	17.4645
25.1787	19.4819

Material Boundary

X	Y



<i>Project</i>		
SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>		
<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i> paratia sisma F verso alto.slim

29.5498	16.0546
---------	---------

36.4991	13.3562
---------	---------

43.4485	10.6578
---------	---------

Material Boundary

X	Y
9.9922	21.8183
19.3126	21.016
20.3637	20.5134
22.61	20.4155
25.1787	19.7095

Material Boundary

X	Y
45.546	10.0906
60	10.0906



Project

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Analysis Description

Drawn By

Scale

Company

Date

11/05/2020, 11:45:12

File Name

paratia sisma F verso alto.slim

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: paratia sisma F verso basso.slim
Slide Modeler Version: 6.008
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/05/2020, 11:45:12

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i> paratia sisma F verso basso.slim	

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined




Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0274
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0137
1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Vertical

Material Properties


Property	riporto	basalti alterati	basalti
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	20	22
Cohesion [kPa]	0.001	0.001	50
Friction Angle [deg]	35	34	40
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

Support Properties

paratia di micropali

Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 0.5 m
Pile Shear Strength: 816 kN
Force Direction: Parallel to Surface

micropalo inclinato

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/05/2020, 11:45:12	File Name	paratia sisma F verso basso.slim

Support Type: Soil Nail
 Force Application: Active
 Out-of-Plane Spacing: 1 m
 Tensile Capacity: 2221 kN
 Plate Capacity: 2221 kN
 Bond Strength: 88.7 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 3.984250
 Center: 31.740, 32.570
 Radius: 21.132
 Left Slip Surface Endpoint: 12.197, 24.529
 Right Slip Surface Endpoint: 44.582, 15.787
 Resisting Moment=108044 kN-m
 Driving Moment=27117.8 kN-m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 38926
 Number of Invalid Surfaces: 28845

Error Codes:

Error Code -101 reported for 766 surfaces
 Error Code -103 reported for 490 surfaces
 Error Code -112 reported for 936 surfaces
 Error Code -1000 reported for 26653 surfaces


Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.98425


	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/05/2020, 11:45:12	File Name	paratia sisma F verso basso.slim

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.5448	46.0286	riporto	0.001	35	6.14025	24.4643	34.937	0	34.937
2	0.519939	35.4205	basalti alterati	0.001	34	11.953	47.6236	70.6034	0	70.6034
3	1.34894	128.603	basalti	50	40	29.0662	115.807	78.4261	0	78.4261
4	1.34894	175.504	basalti	50	40	36.3243	144.725	112.889	0	112.889
5	1.34894	213.985	basalti	50	40	42.5839	169.665	142.611	0	142.611
6	1.34894	246.041	basalti	50	40	48.0394	191.401	168.515	0	168.515
7	1.34894	272.972	basalti	50	40	65.2198	259.852	250.091	0	250.091
8	1.34894	295.57	basalti	50	40	57.0398	227.261	211.251	0	211.251
9	1.34894	314.36	basalti	50	40	60.7301	241.964	228.773	0	228.773
10	1.34894	329.694	basalti	50	40	63.9388	254.748	244.01	0	244.01
11	1.34894	170.592	basalti	50	40	37.5907	149.771	118.902	0	118.902
12	1.34894	162.356	basalti	50	40	36.5062	145.45	113.753	0	113.753
13	1.34894	168.893	basalti	50	40	38.0089	151.437	120.888	0	120.888
14	1.34894	172.717	basalti	50	40	39.1155	155.846	126.142	0	126.142
15	1.34894	173.772	basalti	50	40	39.807	158.601	129.425	0	129.425
16	1.34894	172.249	basalti	50	40	40.1032	159.781	130.832	0	130.832
17	1.34894	168.158	basalti	50	40	39.9962	159.355	130.324	0	130.324
18	1.34894	161.181	basalti	50	40	39.4237	157.074	127.606	0	127.606
19	1.34894	146.022	basalti	50	40	37.4918	149.377	118.433	0	118.433
20	1.34894	125.978	basalti	50	40	34.7007	138.256	105.18	0	105.18
21	1.20776	94.5518	basalti alterati	0.001	34	14.3436	57.1483	84.7241	0	84.7241
22	1.20776	76.2321	basalti alterati	0.001	34	11.7174	46.6849	69.2117	0	69.2117
23	1.20776	55.7528	basalti alterati	0.001	34	8.69466	34.6417	51.3569	0	51.3569
24	1.20776	34.7475	basalti alterati	0.001	34	5.50801	21.9453	32.5338	0	32.5338
25	1.20776	12.0619	basalti alterati	0.001	34	1.94843	7.76302	11.5077	0	11.5077

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 3.98425

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	12.1972	24.5295	0	0	0
2	13.742	21.4955	97.7848	0	0
3	14.2619	20.6919	149.288	0	0
4	15.6109	18.9162	252.901	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/05/2020, 11:45:12		File Name
		paratia sisma F verso basso.slim	

5	16.9598	17.4663	372.444	0	0
6	18.3087	16.2551	493.668	0	0
7	19.6577	15.2324	608.021	0	0
8	21.0066	14.3664	702.186	0	0
9	22.3555	13.6357	787.797	0	0
10	23.7045	13.025	854.289	0	0
11	25.0534	12.5234	899.567	0	0
12	26.4024	12.1229	901.217	0	0
13	27.7513	11.8175	891.212	0	0
14	29.1002	11.6032	870.535	0	0
15	30.4492	11.4771	838.464	0	0
16	31.7981	11.4377	794.685	0	0
17	33.1471	11.4846	739.243	0	0
18	34.496	11.6182	672.549	0	0
19	35.8449	11.8402	595.51	0	0
20	37.1939	12.1536	511.879	0	0
21	38.5428	12.5626	425.555	0	0
22	39.7506	13.0148	372.527	0	0
23	40.9583	13.5543	323.14	0	0
24	42.1661	14.1888	281.596	0	0
25	43.3738	14.9284	251.84	0	0
26	44.5816	15.7871	0	0	0


List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
12.446	24.4999
25.1786	24.4999

External Boundary

X	Y
25.1787	19.7095
25.1786	24.4999
12.446	24.4999
8.3817	24.983
2.53208	25.2082
0.545981	25.2082
0.545981	23.0357
0.545981	23.0357
0.545981	0.0285465
60	0.0285465

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/05/2020, 11:45:12		<i>File Name</i> paratia sisma F verso basso.slim

60	10.0906
60	14
41.965	16.0904
35.4813	17.4999
25.1788	17.4999
25.1787	19.4819
25.1787	19.7095

Material Boundary

X	Y
0.545981	23.0357
0.545981	23.0357
2.81709	22.8011
3.09239	22.7182
5.26727	22.2932

Material Boundary

X	Y
9.9922	21.8183
17.1814	19.9216
22.7367	18.2521
25.1786	17.4645
29.5498	16.0546
43.4485	10.6578
45.546	10.0906

Material Boundary

X	Y
2.81709	22.8011
5.26727	22.2932
9.9922	21.8183

Material Boundary

X	Y
25.1786	12.4999
25.1786	17.4645
25.1787	19.4819

Material Boundary

X	Y



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			11/05/2020, 11:45:12		<i>File Name</i>
			paratia sisma F verso basso.slim		


29.5498	16.0546
36.4991	13.3562
43.4485	10.6578

Material Boundary

X	Y
9.9922	21.8183
19.3126	21.016
20.3637	20.5134
22.61	20.4155
25.1787	19.7095

Material Boundary

X	Y
45.546	10.0906
60	10.0906

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/05/2020, 11:45:12	<i>File Name</i>	paratia sisma F verso basso.slim

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: V10 sez1 A2 M2 R2.slim
Slide Modeler Version: 6.008
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 08/05/2020, 10:52:09

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i> V10 sez1 A2 M2 R2.slim	

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined






Loading

1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 26
Orientation: Normal to boundary


Material Properties

Property	cls	riporto	rilevato	basalti alterati	Basalti
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	25	20	20	20	22
Cohesion [kPa]	7000	0.001	0.001	0.001	40
Friction Angle [deg]	1	29.3	29.3	28.4	33.9
Water Surface	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.298170
Center: 38.278, 56.477
Radius: 34.774
Left Slip Surface Endpoint: 12.268, 33.397
Right Slip Surface Endpoint: 40.957, 21.806
Resisting Moment=29491.7 kN-m
Driving Moment=22717.9 kN-m

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date		08/05/2020, 10:52:09		File Name

Method: Janbu Simplified

FS: 1.224280
Center: 35.782, 51.621
Radius: 29.458
Left Slip Surface Endpoint: 12.639, 33.395
Right Slip Surface Endpoint: 38.439, 22.283
Resisting Horizontal Force=721.724 kN
Driving Horizontal Force=589.51 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: Bishop Simplified

Number of Valid Surfaces: 29812
Number of Invalid Surfaces: 37959

Error Codes:

Error Code -101 reported for 859 surfaces
Error Code -103 reported for 131 surfaces
Error Code -112 reported for 603 surfaces
Error Code -1000 reported for 36366 surfaces

Method: Janbu Simplified

Number of Valid Surfaces: 30290
Number of Invalid Surfaces: 37481


Error Codes:

Error Code -101 reported for 859 surfaces
Error Code -103 reported for 131 surfaces
Error Code -108 reported for 26 surfaces
Error Code -112 reported for 99 surfaces
Error Code -1000 reported for 36366 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:


- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i>	V10 sez1 A2 M2 R2.slim

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.29817


Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.68675	29.7576	riporto	0.001	29.3	12.9831	16.8543	30.0323	0	30.0323
2	1.13706	52.165	rilevato	0.001	29.3	22.1337	28.7333	51.2003	0	51.2003
3	1.13706	70.5826	rilevato	0.001	29.3	21.7463	28.2304	50.3042	0	50.3042
4	1.13706	75.2025	rilevato	0.001	29.3	21.3511	27.7174	49.39	0	49.39
5	1.13706	77.4869	rilevato	0.001	29.3	22.4645	29.1628	51.9657	0	51.9657
6	1.13706	78.1804	rilevato	0.001	29.3	23.113	30.0046	53.4659	0	53.4659
7	1.13706	77.4098	rilevato	0.001	29.3	23.3108	30.2614	53.9233	0	53.9233
8	1.1211	74.2469	basalti alterati	0.001	28.4	22.3907	29.0669	53.7562	0	53.7562
9	1.1211	71.0338	basalti alterati	0.001	28.4	21.767	28.2573	52.2589	0	52.2589
10	1.1211	76.4764	basalti alterati	0.001	28.4	23.7976	30.8933	57.1341	0	57.1341
11	1.1211	87.6547	basalti alterati	0.001	28.4	27.6837	35.9382	66.4645	0	66.4645
12	1.1211	91.6339	basalti alterati	0.001	28.4	29.3603	38.1146	70.4896	0	70.4896
13	1.1211	87.3119	basalti alterati	0.001	28.4	28.3709	36.8303	68.1144	0	68.1144
14	1.1211	93.8978	basalti alterati	0.001	28.4	30.933	40.1563	74.2656	0	74.2656
15	1.1211	102.257	basalti alterati	0.001	28.4	34.1447	44.3256	81.9766	0	81.9766
16	1.1211	110.116	basalti alterati	0.001	28.4	37.2616	48.3719	89.4599	0	89.4599
17	1.1211	123.864	basalti alterati	0.001	28.4	42.4699	55.1332	101.965	0	101.965
18	1.1211	52.2764	basalti alterati	0.001	28.4	18.1609	23.5759	43.6009	0	43.6009
19	1.1211	33.9797	basalti alterati	0.001	28.4	11.9599	15.526	28.7128	0	28.7128
20	1.1211	29.1283	basalti alterati	0.001	28.4	10.3871	13.4842	24.9367	0	24.9367
21	1.1211	23.4536	basalti alterati	0.001	28.4	8.47385	11.0005	20.3431	0	20.3431
22	1.1211	18.3734	basalti alterati	0.001	28.4	6.72658	8.73225	16.1481	0	16.1481
23	1.1211	14.1077	basalti alterati	0.001	28.4	5.23427	6.79497	12.5652	0	12.5652
24	1.1211	9.03309	basalti alterati	0.001	28.4	3.39724	4.4102	8.15465	0	8.15465

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	08/05/2020, 10:52:09		File Name
			V10 sez1 A2 M2 R2.slim

25	1.1211	3.14654	basalti alterati	0.001	28.4	1.20022	1.55809	2.87978	0	2.87978
----	--------	---------	------------------	-------	------	---------	---------	---------	---	---------

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.22428

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.84687	8.66499	riporto	0.001	29.3	10.6762	13.0706	23.2897	0	23.2897
2	0.84687	25.2536	riporto	0.001	29.3	16.9643	20.7691	37.0084	0	37.0084
3	1.02523	50.7462	rilevato	0.001	29.3	23.6493	28.9534	51.5927	0	51.5927
4	1.02523	64.4078	rilevato	0.001	29.3	20.5343	25.1397	44.7965	0	44.7965
5	1.02523	68.8574	rilevato	0.001	29.3	22.2599	27.2524	48.5615	0	48.5615
6	1.02523	71.6722	rilevato	0.001	29.3	23.7445	29.0699	51.8002	0	51.8002
7	1.02523	73.0252	rilevato	0.001	29.3	24.7478	30.2982	53.9889	0	53.9889
8	1.02523	73.0491	rilevato	0.001	29.3	25.2865	30.9578	55.1645	0	55.1645
9	1.09594	76.719	basalti alterati	0.001	28.4	24.6253	30.1483	55.7563	0	55.7563
10	1.09594	73.9703	basalti alterati	0.001	28.4	24.2147	29.6456	54.8266	0	54.8266
11	1.09594	74.8566	basalti alterati	0.001	28.4	24.9692	30.5693	56.5349	0	56.5349
12	1.09594	85.2091	basalti alterati	0.001	28.4	28.9396	35.4302	65.5249	0	65.5249
13	1.09594	92.8158	basalti alterati	0.001	28.4	32.0777	39.2721	72.6303	0	72.6303
14	1.09594	87.7492	basalti alterati	0.001	28.4	30.8456	37.7636	69.8404	0	69.8404
15	1.09594	90.1129	basalti alterati	0.001	28.4	32.2063	39.4295	72.9216	0	72.9216
16	1.09594	96.184	basalti alterati	0.001	28.4	34.9413	42.7779	79.1142	0	79.1142
17	1.02074	97.2557	basalti alterati	0.001	28.4	38.5283	47.1694	87.236	0	87.236
18	1.02074	100.904	basalti alterati	0.001	28.4	40.5732	49.6729	91.8663	0	91.8663
19	1.02074	102.794	basalti alterati	0.001	28.4	41.9513	51.3601	94.9866	0	94.9866
20	1.02074	31.1345	basalti alterati	0.001	28.4	12.897	15.7895	29.2003	0	29.2003
21	1.02074	25.398	basalti alterati	0.001	28.4	10.679	13.0741	24.1782	0	24.1782
22	1.02074	19.9437	basalti alterati	0.001	28.4	8.51292	10.4222	19.2736	0	19.2736
23	1.02074	13.7657	basalti alterati	0.001	28.4	5.96621	7.30431	13.5072	0	13.5072
24	1.02074	7.85447	basalti alterati	0.001	28.4	3.45759	4.23306	7.82703	0	7.82703
			basalti							

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			08/05/2020, 10:52:09		File Name
V10 sez1 A2 M2 R2.slim						


Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.29817

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	12.2682	33.3968	0	0	0
2	13.9549	31.6255	31.1515	0	0
3	15.092	30.5614	60.3881	0	0
4	16.229	29.5873	84.6731	0	0
5	17.3661	28.6938	104.569	0	0
6	18.5031	27.8733	121.709	0	0
7	19.6402	27.1197	135.767	0	0
8	20.7772	26.428	146.609	0	0
9	21.8983	25.8025	155.178	0	0
10	23.0194	25.2296	160.754	0	0
11	24.1405	24.7067	164.003	0	0
12	25.2616	24.2311	164.63	0	0
13	26.3827	23.8009	162.098	0	0
14	27.5038	23.4143	156.682	0	0
15	28.6249	23.0697	147.654	0	0
16	29.746	22.766	134.344	0	0
17	30.8671	22.5019	116.27	0	0
18	31.9882	22.2766	91.7164	0	0
19	33.1093	22.0893	79.5596	0	0
20	34.2304	21.9393	70.4801	0	0
21	35.3515	21.8263	61.6743	0	0
22	36.4726	21.7498	53.7471	0	0
23	37.5937	21.7096	46.8683	0	0
24	38.7148	21.7056	41.061	0	0
25	39.8359	21.7378	36.9969	0	0
26	40.957	21.8062	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.22428

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	12.6394	33.3953	0	0	0
2	13.4863	32.3685	14.7798	0	0
3	14.3331	31.4293	35.0809	0	0
4	15.3584	30.3929	64.1987	0	0
5	16.3836	29.4521	85.2896	0	0
6	17.4088	28.5952	104.081	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	08/05/2020, 10:52:09		File Name
			V10 sez1 A2 M2 R2.slim

7	18.434	27.8133	120.247	0	0
8	19.4593	27.099	133.442	0	0
9	20.4845	26.4467	143.506	0	0
10	21.5804	25.8125	151.879	0	0
11	22.6764	25.2391	156.784	0	0
12	23.7723	24.7225	158.63	0	0
13	24.8682	24.2595	157.258	0	0
14	25.9642	23.8474	152.038	0	0
15	27.0601	23.4839	143.62	0	0
16	28.1561	23.1673	131.416	0	0
17	29.252	22.896	114.595	0	0
18	30.2727	22.6828	93.8653	0	0
19	31.2935	22.507	68.6071	0	0
20	32.3142	22.3679	39.0097	0	0
21	33.335	22.2649	28.8554	0	0
22	34.3557	22.1976	19.5831	0	0
23	35.3764	22.1658	11.5072	0	0
24	36.3972	22.1694	5.36928	0	0
25	37.4179	22.2084	1.53506	0	0
26	38.4386	22.283	0	0	0

List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
15.3905	33.3837
10.5262	33.4042
0.222344	33.4476

External Boundary

X	Y
0.222307	0.0520852
50.2223	0.0520852
50.2223	6.12509
50.2223	16.9551
50.2223	20.0521
36.5135	22.6475
32.356	23.9374
32.1523	23.9445
32.1105	27.3757
31.5523	27.3757
26.8164	27.4491



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			08/05/2020, 10:52:09		<i>File Name</i>
			V10 sez1 A2 M2 R2.slim		

25.4198	28.3777
22.9117	28.3794
15.3905	33.3837
10.5262	33.4042
0.222344	33.4476
0.222338	27.7416
0.222332	22.989
0.22232	11.8187

Material Boundary

X	Y
31.5523	27.3757
31.5352	23.4957
29.2523	23.4957
29.2523	22.8957
32.6523	22.8957
32.6523	23.4957
32.1645	23.4957
32.1523	23.9445

Material Boundary


X	Y
10.5262	33.4042
17.5593	29.7557
21.2859	27.2125
24.0005	26.2227
26.7151	25.2329
29.2523	22.8957

Material Boundary

X	Y
0.222338	27.7416
7.7523	27.7416
15.5708	26.7597
24.0005	26.2227

Material Boundary

X	Y
0.22232	11.8187
9.46673	11.2743
23.3925	10.0081

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	08/05/2020, 10:52:09	File Name	V10 sez1 A2 M2 R2.slim

31.7585	9.15779
36.76	8.49019
39.8573	8.09043
45.9394	6.79998
50.2223	6.12509



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>		08/05/2020, 10:52:09		<i>File Name</i>	
				V10 sez1 A2 M2 R2.slim	

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: V10 sez1 sisma F alto.slim
Slide Modeler Version: 6.008
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 08/05/2020, 10:52:09

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i> V10 sez1 sisma F alto.slim	

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined






Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0274
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0137
1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Normal to boundary


Material Properties

Property	cls	riporto	rilevato	basalti alterati	Basalti
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	25	20	20	20	22
Cohesion [kPa]	7000	0.001	0.001	0.001	50
Friction Angle [deg]	1	35	35	34	40
Water Surface	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.528050
Center: 38.278, 56.477
Radius: 34.774
Left Slip Surface Endpoint: 12.268, 33.397
Right Slip Surface Endpoint: 40.957, 21.806
Resisting Moment=35522.8 kN-m
Driving Moment=23247.1 kN-m

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date		08/05/2020, 10:52:09		File Name

Method: janbu simplified

FS: 1.441510
Center: 37.779, 53.240
Radius: 31.614
Left Slip Surface Endpoint: 13.171, 33.393
Right Slip Surface Endpoint: 41.029, 21.793
Resisting Horizontal Force=859.095 kN
Driving Horizontal Force=595.967 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 29922
Number of Invalid Surfaces: 37849

Error Codes:

Error Code -101 reported for 859 surfaces
Error Code -103 reported for 131 surfaces
Error Code -112 reported for 493 surfaces
Error Code -1000 reported for 36366 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 30344
Number of Invalid Surfaces: 37427


Error Codes:

Error Code -101 reported for 859 surfaces
Error Code -103 reported for 131 surfaces
Error Code -108 reported for 30 surfaces
Error Code -112 reported for 41 surfaces
Error Code -1000 reported for 36366 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:


- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i>	V10 sez1 sisma F alto.slim

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.52805


Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.68675	29.7576	riporto	0.001	35	11.5745	17.6864	25.2574	0	25.2574
2	1.13706	52.165	rilevato	0.001	35	20.9321	31.9853	45.6783	0	45.6783
3	1.13706	70.5826	rilevato	0.001	35	21.8808	33.4349	47.7485	0	47.7485
4	1.13706	75.2025	rilevato	0.001	35	21.9838	33.5924	47.9735	0	47.9735
5	1.13706	77.4869	rilevato	0.001	35	23.1522	35.3777	50.5232	0	50.5232
6	1.13706	78.1804	rilevato	0.001	35	23.8421	36.4319	52.0288	0	52.0288
7	1.13706	77.4098	rilevato	0.001	35	24.067	36.7756	52.5195	0	52.5195
8	1.1211	74.2469	basalti alterati	0.001	34	23.1402	35.3594	52.4209	0	52.4209
9	1.1211	71.0338	basalti alterati	0.001	34	22.5133	34.4015	51.0008	0	51.0008
10	1.1211	76.4764	basalti alterati	0.001	34	24.6324	37.6396	55.8015	0	55.8015
11	1.1211	87.6547	basalti alterati	0.001	34	28.6765	43.8191	64.963	0	64.963
12	1.1211	91.6339	basalti alterati	0.001	34	30.4357	46.5073	68.9484	0	68.9484
13	1.1211	87.3119	basalti alterati	0.001	34	29.4318	44.9732	66.674	0	66.674
14	1.1211	93.8978	basalti alterati	0.001	34	32.113	49.0703	72.7482	0	72.7482
15	1.1211	102.257	basalti alterati	0.001	34	35.473	54.2045	80.36	0	80.36
16	1.1211	110.116	basalti alterati	0.001	34	38.7393	59.1956	87.7599	0	87.7599
17	1.1211	123.864	basalti alterati	0.001	34	44.1864	67.5191	100.099	0	100.099
18	1.1211	52.2764	basalti alterati	0.001	34	18.9087	28.8934	42.8347	0	42.8347
19	1.1211	33.9797	basalti alterati	0.001	34	12.4616	19.0419	28.2292	0	28.2292
20	1.1211	29.1283	basalti alterati	0.001	34	10.8309	16.5502	24.5352	0	24.5352
21	1.1211	23.4536	basalti alterati	0.001	34	8.84264	13.512	20.0309	0	20.0309
22	1.1211	18.3734	basalti alterati	0.001	34	7.02484	10.7343	15.9127	0	15.9127
23	1.1211	14.1077	basalti alterati	0.001	34	5.47067	8.35946	12.3919	0	12.3919
			basalti							

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By		Scale		Company	
	Date			File Name		
08/05/2020, 10:52:09			V10 sez1 sisma F alto.slim			

			alterati							
25	1.1211	3.14654	basalti alterati	0.001	34	1.25641	1.91985	2.84482	0	2.84482

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.44151

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.14956	15.4223	riporto	0.001	35	10.29	14.8331	21.1824	0	21.1824
2	1.14956	44.6217	riporto	0.001	35	18.3074	26.3903	37.6879	0	37.6879
3	1.11733	59.2065	rilevato	0.001	35	17.3807	25.0544	35.7799	0	35.7799
4	1.11733	65.1952	rilevato	0.001	35	19.707	28.4078	40.5691	0	40.5691
5	1.11733	69.1418	rilevato	0.001	35	21.4645	30.9413	44.1874	0	44.1874
6	1.11733	71.2666	rilevato	0.001	35	22.675	32.6862	46.6792	0	46.6792
7	1.11733	71.7435	rilevato	0.001	35	23.3561	33.6681	48.0817	0	48.0817
8	1.10956	70.229	basalti alterati	0.001	34	22.8485	32.9363	48.8286	0	48.8286
9	1.10956	68.7259	basalti alterati	0.001	34	22.8054	32.8742	48.7364	0	48.7364
10	1.10956	77.7387	basalti alterati	0.001	34	26.2873	37.8934	56.1777	0	56.1777
11	1.10956	89.2127	basalti alterati	0.001	34	30.7192	44.2821	65.6494	0	65.6494
12	1.10956	90.345	basalti alterati	0.001	34	31.6596	45.6376	67.6591	0	67.6591
13	1.10956	88.5144	basalti alterati	0.001	34	31.5516	45.482	67.4283	0	67.4283
14	1.10956	96.1162	basalti alterati	0.001	34	34.837	50.2179	74.4496	0	74.4496
15	1.10956	105.055	basalti alterati	0.001	34	38.7048	55.7934	82.7156	0	82.7156
16	1.10956	112.273	basalti alterati	0.001	34	42.0368	60.5965	89.8364	0	89.8364
17	1.10956	127.352	basalti alterati	0.001	34	48.4509	69.8424	103.544	0	103.544
18	1.10956	41.0934	basalti alterati	0.001	34	15.8848	22.8981	33.9463	0	33.9463
19	1.10956	35.6104	basalti alterati	0.001	34	13.9856	20.1604	29.8875	0	29.8875
20	1.10956	30.6424	basalti alterati	0.001	34	12.2275	17.6261	26.1302	0	26.1302
21	1.10956	24.806	basalti alterati	0.001	34	10.0584	14.4993	21.4947	0	21.4947
22	1.10956	19.7816	basalti alterati	0.001	34	8.15208	11.7513	17.4206	0	17.4206
23	1.10956	15.1819	basalti alterati basalti	0.001	34	6.36016	9.16823	13.591	0	13.591

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	08/05/2020, 10:52:09		File Name
		V10 sez1 sisma F alto.slim	

			alterati							
25	1.10956	3.38409	basalti alterati	0.001	34	1.46698	2.11466	3.13363	0	3.13363


Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.52805

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	12.2682	33.3968	0	0	0
2	13.9549	31.6255	25.9076	0	0
3	15.092	30.5614	52.0707	0	0
4	16.229	29.5873	75.635	0	0
5	17.3661	28.6938	95.5878	0	0
6	18.5031	27.8733	112.865	0	0
7	19.6402	27.1197	127.132	0	0
8	20.7772	26.428	138.244	0	0
9	21.8983	25.8025	147.152	0	0
10	23.0194	25.2296	153.098	0	0
11	24.1405	24.7067	156.789	0	0
12	25.2616	24.2311	157.966	0	0
13	26.3827	23.8009	156.051	0	0
14	27.5038	23.4143	151.257	0	0
15	28.6249	23.0697	142.929	0	0
16	29.746	22.766	130.411	0	0
17	30.8671	22.5019	113.216	0	0
18	31.9882	22.2766	89.6751	0	0
19	33.1093	22.0893	77.953	0	0
20	34.2304	21.9393	69.1593	0	0
21	35.3515	21.8263	60.5997	0	0
22	36.4726	21.7498	52.8705	0	0
23	37.5937	21.7096	46.1455	0	0
24	38.7148	21.7056	40.4545	0	0
25	39.8359	21.7378	36.4632	0	0
26	40.957	21.8062	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.44151

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	13.1706	33.393	0	0	0
2	14.3202	32.0466	17.0197	0	0
3	15.4698	30.8397	42.5978	0	0
4	16.5871	29.7798	62.7265	0	0

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			08/05/2020, 10:52:09		File Name
					V10 sez1 sisma F alto.slim	

5	17.7044	28.8169	81.5645	0	0
6	18.8217	27.9398	98.238	0	0
7	19.9391	27.1398	112.2	0	0
8	21.0564	26.4102	123.156	0	0
9	22.166	25.7497	131.986	0	0
10	23.2755	25.1485	137.872	0	0
11	24.3851	24.6028	141.495	0	0
12	25.4947	24.1096	142.242	0	0
13	26.6042	23.6662	139.597	0	0
14	27.7138	23.2704	133.71	0	0
15	28.8234	22.9203	123.761	0	0
16	29.9329	22.6144	109.006	0	0
17	31.0425	22.3514	89.081	0	0
18	32.152	22.1301	61.7344	0	0
19	33.2616	21.9497	51.3626	0	0
20	34.3712	21.8095	41.0144	0	0
21	35.4807	21.7089	30.9175	0	0
22	36.5903	21.6476	21.7568	0	0
23	37.6999	21.6253	13.6434	0	0
24	38.8094	21.642	6.77705	0	0
25	39.919	21.6977	1.9584	0	0
26	41.0285	21.7927	0	0	0


List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
15.3905	33.3837
10.5262	33.4042
0.222344	33.4476

External Boundary

X	Y
0.222307	0.0520852
50.2223	0.0520852
50.2223	6.12509
50.2223	16.9551
50.2223	20.0521
36.5135	22.6475
32.356	23.9374
32.1523	23.9445
32.1105	27.3757

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i> V10 sez1 sisma F alto.slim	

31.5523	27.3757
26.8164	27.4491
25.4198	28.3777
22.9117	28.3794
15.3905	33.3837
10.5262	33.4042
0.222344	33.4476
0.222338	27.7416
0.222332	22.989
0.22232	11.8187

Material Boundary

X	Y
31.5523	27.3757
31.5352	23.4957
29.2523	23.4957
29.2523	22.8957
32.6523	22.8957
32.6523	23.4957
32.1645	23.4957
32.1523	23.9445

Material Boundary


X	Y
10.5262	33.4042
17.5593	29.7557
21.2859	27.2125
24.0005	26.2227
26.7151	25.2329
29.2523	22.8957

Material Boundary


X	Y
0.222338	27.7416
7.7523	27.7416
15.5708	26.7597
24.0005	26.2227

Material Boundary

X	Y
0.22232	11.8187

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	08/05/2020, 10:52:09	File Name	V10 sez1 sisma F alto.slim

9.46673	11.2743
23.3925	10.0081
31.7585	9.15779
36.76	8.49019
39.8573	8.09043
45.9394	6.79998
50.2223	6.12509

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i>	V10 sez1 sisma F alto.slim

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: V10 sez1 sisma F basso.slim
Slide Modeler Version: 6.008
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 08/05/2020, 10:52:09

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i> V10 sez1 sisma F basso.slim	

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined






Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0274
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0137
1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 20
Orientation: Normal to boundary


Material Properties

Property	cls	riporto	rilevato	basalti alterati	Basalti
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	25	20	20	20	22
Cohesion [kPa]	7000	0.001	0.001	0.001	50
Friction Angle [deg]	1	35	35	34	40
Water Surface	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.531980
Center: 38.278, 56.477
Radius: 34.774
Left Slip Surface Endpoint: 12.268, 33.397
Right Slip Surface Endpoint: 40.957, 21.806
Resisting Moment=36484.2 kN-m
Driving Moment=23815.2 kN-m

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program	
	Analysis Description				
	Drawn By		Scale	Company	
	Date	08/05/2020, 10:52:09		File Name	V10 sez1 sisma F basso.slim

Total Slice Area=77.0558 m2

Method: janbu simplified

FS: 1.445230
Center: 37.779, 53.240
Radius: 31.614
Left Slip Surface Endpoint: 13.171, 33.393
Right Slip Surface Endpoint: 41.029, 21.793
Resisting Horizontal Force=882.773 kN
Driving Horizontal Force=610.818 kN
Total Slice Area=74.0357 m2

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 29918
Number of Invalid Surfaces: 37853

Error Codes:

Error Code -101 reported for 859 surfaces
Error Code -103 reported for 131 surfaces
Error Code -112 reported for 497 surfaces
Error Code -1000 reported for 36366 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 30340
Number of Invalid Surfaces: 37431


Error Codes:

Error Code -101 reported for 859 surfaces
Error Code -103 reported for 131 surfaces
Error Code -108 reported for 32 surfaces
Error Code -112 reported for 43 surfaces
Error Code -1000 reported for 36366 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1+\tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep


	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i> V10 sez1 sisma F basso.slim	

seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
 -1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.53198


Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.68675	29.7576	riporto	0.001	35	11.7037	17.9299	25.6052	0	25.6052
2	1.13706	52.165	rilevato	0.001	35	21.297	32.6266	46.5943	0	46.5943
3	1.13706	70.5826	rilevato	0.001	35	22.3992	34.3152	49.0057	0	49.0057
4	1.13706	75.2025	rilevato	0.001	35	22.5519	34.5491	49.3398	0	49.3398
5	1.13706	77.4869	rilevato	0.001	35	23.7495	36.3837	51.9599	0	51.9599
6	1.13706	78.1804	rilevato	0.001	35	24.4562	37.4664	53.5061	0	53.5061
7	1.13706	77.4098	rilevato	0.001	35	24.686	37.8184	54.0088	0	54.0088
8	1.1211	74.2469	basalti alterati	0.001	34	23.7341	36.3601	53.9045	0	53.9045
9	1.1211	71.0338	basalti alterati	0.001	34	23.0903	35.3739	52.4424	0	52.4424
10	1.1211	76.4764	basalti alterati	0.001	34	25.2629	38.7022	57.3768	0	57.3768
11	1.1211	87.6547	basalti alterati	0.001	34	29.4095	45.0547	66.7948	0	66.7948
12	1.1211	91.6339	basalti alterati	0.001	34	31.2125	47.817	70.8902	0	70.8902
13	1.1211	87.3119	basalti alterati	0.001	34	30.182	46.2382	68.5495	0	68.5495
14	1.1211	93.8978	basalti alterati	0.001	34	32.9305	50.4489	74.792	0	74.792
15	1.1211	102.257	basalti alterati	0.001	34	36.3749	55.7256	82.615	0	82.615
16	1.1211	110.116	basalti alterati	0.001	34	39.723	60.8548	90.2196	0	90.2196
17	1.1211	123.864	basalti alterati	0.001	34	45.3069	69.4093	102.902	0	102.902
18	1.1211	52.2764	basalti alterati	0.001	34	19.3875	29.7013	44.0325	0	44.0325
19	1.1211	33.9797	basalti alterati	0.001	34	12.7767	19.5736	29.0176	0	29.0176
20	1.1211	29.1283	basalti alterati	0.001	34	11.1045	17.0118	25.2195	0	25.2195
21	1.1211	23.4536	basalti alterati	0.001	34	9.06565	13.8884	20.5889	0	20.5889
22	1.1211	18.3734	basalti alterati	0.001	34	7.20173	11.0329	16.3555	0	16.3555

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By		Scale		Company	
	Date			File Name		
08/05/2020, 10:52:09			V10 sez1 sisma F basso.slim			

			alterati								
24	1.1211	9.03309	basalti alterati	0.001	34	3.64276	5.58063	8.27214	0	8.27214	
25	1.1211	3.14654	basalti alterati	0.001	34	1.28789	1.97302	2.92364	0	2.92364	

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.44523

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.14956	15.4223	riporto	0.001	35	10.3867	15.0112	21.4368	0	21.4368
2	1.14956	44.6217	riporto	0.001	35	18.6178	26.907	38.4257	0	38.4257
3	1.11733	59.2065	rilevato	0.001	35	17.832	25.7713	36.8038	0	36.8038
4	1.11733	65.1952	rilevato	0.001	35	20.2177	29.2192	41.7279	0	41.7279
5	1.11733	69.1418	rilevato	0.001	35	22.0197	31.8235	45.4473	0	45.4473
6	1.11733	71.2666	rilevato	0.001	35	23.2604	33.6166	48.008	0	48.008
7	1.11733	71.7435	rilevato	0.001	35	23.9581	34.6249	49.4481	0	49.4481
8	1.10956	70.229	basalti alterati	0.001	34	23.4359	33.8703	50.2132	0	50.2132
9	1.10956	68.7259	basalti alterati	0.001	34	23.3907	33.805	50.1166	0	50.1166
10	1.10956	77.7387	basalti alterati	0.001	34	26.961	38.9648	57.7662	0	57.7662
11	1.10956	89.2127	basalti alterati	0.001	34	31.5054	45.5325	67.5032	0	67.5032
12	1.10956	90.345	basalti alterati	0.001	34	32.4685	46.9245	69.567	0	69.567
13	1.10956	88.5144	basalti alterati	0.001	34	32.3566	46.7627	69.3271	0	69.3271
14	1.10956	96.1162	basalti alterati	0.001	34	35.7245	51.6301	76.5433	0	76.5433
15	1.10956	105.055	basalti alterati	0.001	34	39.6893	57.3602	85.0385	0	85.0385
16	1.10956	112.273	basalti alterati	0.001	34	43.1045	62.2959	92.3559	0	92.3559
17	1.10956	127.352	basalti alterati	0.001	34	49.6796	71.7984	106.444	0	106.444
18	1.10956	41.0934	basalti alterati	0.001	34	16.287	23.5384	34.8957	0	34.8957
19	1.10956	35.6104	basalti alterati	0.001	34	14.3392	20.7234	30.7222	0	30.7222
20	1.10956	30.6424	basalti alterati	0.001	34	12.5361	18.1176	26.859	0	26.859
21	1.10956	24.806	basalti alterati	0.001	34	10.3119	14.9031	22.0932	0	22.0932
22	1.10956	19.7816	basalti alterati basalti	0.001	34	8.35715	12.078	17.9049	0	17.9049

	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			08/05/2020, 10:52:09		File Name V10 sez1 sisma F basso.slim

			alterati							
24	1.10956	9.71707	basalti alterati	0.001	34	4.24337	6.13264	9.09051	0	9.09051
25	1.10956	3.38409	basalti alterati	0.001	34	1.50366	2.17314	3.22034	0	3.22034


Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.53198

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	12.2682	33.3968	0	0	0
2	13.9549	31.6255	26.3059	0	0
3	15.092	30.5614	53.0291	0	0
4	16.229	29.5873	77.229	0	0
5	17.3661	28.6938	97.7573	0	0
6	18.5031	27.8733	115.535	0	0
7	19.6402	27.1197	130.218	0	0
8	20.7772	26.428	141.657	0	0
9	21.8983	25.8025	150.828	0	0
10	23.0194	25.2296	156.954	0	0
11	24.1405	24.7067	160.762	0	0
12	25.2616	24.2311	161.99	0	0
13	26.3827	23.8009	160.04	0	0
14	27.5038	23.4143	155.131	0	0
15	28.6249	23.0697	146.591	0	0
16	29.746	22.766	133.749	0	0
17	30.8671	22.5019	116.102	0	0
18	31.9882	22.2766	91.9371	0	0
19	33.1093	22.0893	79.9032	0	0
20	34.2304	21.9393	70.8747	0	0
21	35.3515	21.8263	62.0861	0	0
22	36.4726	21.7498	54.1498	0	0
23	37.5937	21.7096	47.2445	0	0
24	38.7148	21.7056	41.4009	0	0
25	39.8359	21.7378	37.3025	0	0
26	40.957	21.8062	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.44523

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	13.1706	33.393	0	0	0
2	14.3202	32.0466	17.2511	0	0

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	08/05/2020, 10:52:09		File Name
			V10 sez1 sisma F basso.slim

3	15.4698	30.8397	43.363	0	0
4	16.5871	29.7798	64.0729	0	0
5	17.7044	28.8169	83.4564	0	0
6	18.8217	27.9398	100.615	0	0
7	19.9391	27.1398	114.986	0	0
8	21.0564	26.4102	126.267	0	0
9	22.166	25.7497	135.36	0	0
10	23.2755	25.1485	141.426	0	0
11	24.3851	24.6028	145.169	0	0
12	25.4947	24.1096	145.958	0	0
13	26.6042	23.6662	143.262	0	0
14	27.7138	23.2704	137.234	0	0
15	28.8234	22.9203	127.033	0	0
16	29.9329	22.6144	111.897	0	0
17	31.0425	22.3514	91.4506	0	0
18	32.152	22.1301	63.3829	0	0
19	33.2616	21.9497	52.7362	0	0
20	34.3712	21.8095	42.1128	0	0
21	35.4807	21.7089	31.747	0	0
22	36.5903	21.6476	22.3418	0	0
23	37.6999	21.6253	14.0117	0	0
24	38.8094	21.642	6.96196	0	0
25	39.919	21.6977	2.01456	0	0
26	41.0285	21.7927	0	0	0


List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
15.3905	33.3837
10.5262	33.4042
0.222344	33.4476

External Boundary

X	Y
0.222307	0.0520852
50.2223	0.0520852
50.2223	6.12509
50.2223	16.9551
50.2223	20.0521
36.5135	22.6475
32.356	23.9374

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	08/05/2020, 10:52:09	File Name	V10 sez1 sisma F basso.slim

32.1523	23.9445
32.1105	27.3757
31.5523	27.3757
26.8164	27.4491
25.4198	28.3777
22.9117	28.3794
15.3905	33.3837
10.5262	33.4042
0.222344	33.4476
0.222338	27.7416
0.222332	22.989
0.22232	11.8187

Material Boundary

X	Y
31.5523	27.3757
31.5352	23.4957
29.2523	23.4957
29.2523	22.8957
32.6523	22.8957
32.6523	23.4957
32.1645	23.4957
32.1523	23.9445

Material Boundary

X	Y
10.5262	33.4042
17.5593	29.7557
21.2859	27.2125
24.0005	26.2227
26.7151	25.2329
29.2523	22.8957

Material Boundary

X	Y
0.222338	27.7416
7.7523	27.7416
15.5708	26.7597
24.0005	26.2227

Material Boundary

--



<i>Project</i>		
SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>		
<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	08/05/2020, 10:52:09	<i>File Name</i> V10 sez1 sisma F basso.slim

X	Y
0.22232	11.8187
9.46673	11.2743
23.3925	10.0081
31.7585	9.15779
36.76	8.49019
39.8573	8.09043
45.9394	6.79998
50.2223	6.12509



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			08/05/2020, 10:52:09		<i>File Name</i>
					V10 sez1 sisma F basso.slim

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: 2.comb A2 M2 R2_c'=16.slim
Slide Modeler Version: 6.039
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/06/2020, 10:12:35

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers



Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 2.comb A2 M2 R2_c'=16.slim	

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Basalti alterati	Basalti sani
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	22
Cohesion [kPa]	0	16
Friction Angle [deg]	28.4	33.9
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

Support Properties

chiodatura


Support Type: Soil Nail
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 17.5 kN/m

chiodatura 2

Support Type: Soil Nail
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 17.5 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
Drawn By	Scale	Company	
Date	11/06/2020, 10:12:35	File Name 2.comb A2 M2 R2_c'=16.slim	

FS: 1.199740
 Center: 580.273, 54.293
 Radius: 30.842
 Left Slip Surface Endpoint: 593.524, 26.442
 Right Slip Surface Endpoint: 609.040, 43.170
 Resisting Moment=35296.7 kN-m
 Driving Moment=29420.2 kN-m
 Total Slice Area=66.2497 m²

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 21636
 Number of Invalid Surfaces: 19295

Error Codes:

Error Code -101 reported for 492 surfaces
 Error Code -103 reported for 244 surfaces
 Error Code -104 reported for 37 surfaces
 Error Code -105 reported for 16 surfaces
 Error Code -112 reported for 240 surfaces
 Error Code -113 reported for 94 surfaces
 Error Code -1000 reported for 18172 surfaces

Error Codes


The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 104 = Same as -102. Surface / nonslope intersections also exist, but these points lie outside the arc defined by the two surface / slope intersections.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F) < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 113 = Surface intersects outside slope limits.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19974

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.615746	21.4456	Basalti sani	16	33.9	25.792	30.9437	22.2385	0	22.2385


	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program							
	Analysis Description									
	Drawn By					Scale		Company		
	Date					11/06/2020, 10:12:35			File Name	

2	0.615746	45.5875	Basalti sani	16	33.9	42.5145	51.0064	52.0951	0	52.0951
3	0.615746	49.4437	Basalti sani	16	33.9	49.3048	59.153	64.2184	0	64.2184
4	0.615746	53.0465	Basalti sani	16	33.9	46.5843	55.889	59.3612	0	59.3612
5	0.615746	56.3932	Basalti sani	16	33.9	51.5337	61.827	68.1978	0	68.1978
6	0.615746	59.4757	Basalti sani	16	33.9	49.6636	59.5834	64.8589	0	64.8589
7	0.615746	62.2798	Basalti sani	16	33.9	52.9477	63.5235	70.7223	0	70.7223
8	0.615746	64.7912	Basalti sani	16	33.9	51.7307	62.0634	68.5495	0	68.5495
9	0.615746	66.9946	Basalti sani	16	33.9	52.372	62.8328	69.6946	0	69.6946
10	0.615746	68.8729	Basalti sani	16	33.9	52.7443	63.2795	70.3594	0	70.3594
11	0.615746	70.4065	Basalti sani	16	33.9	52.8408	63.3952	70.5316	0	70.5316
12	0.615746	71.5733	Basalti sani	16	33.9	52.6536	63.1706	70.1972	0	70.1972
13	0.615746	72.3476	Basalti sani	16	33.9	52.1736	62.5947	69.3403	0	69.3403
14	0.615746	72.6996	Basalti sani	16	33.9	51.3906	61.6554	67.9425	0	67.9425
15	0.615746	72.5947	Basalti sani	16	33.9	50.2929	60.3384	65.9826	0	65.9826
16	0.615746	71.9965	Basalti sani	16	33.9	48.8694	58.6306	63.4411	0	63.4411
17	0.615746	70.8657	Basalti sani	16	33.9	47.1098	56.5195	60.2994	0	60.2994
18	0.615746	69.0506	Basalti sani	16	33.9	44.9457	53.9231	56.4354	0	56.4354
19	0.615746	66.0028	Basalti sani	16	33.9	42.1111	50.5224	51.3748	0	51.3748
20	0.615746	62.0771	Basalti sani	16	33.9	38.8346	46.5914	45.5248	0	45.5248
21	0.615746	57.2627	Basalti sani	16	33.9	35.1474	42.1678	38.9418	0	38.9418
22	0.615746	51.404	Basalti sani	16	33.9	31.0198	37.2157	31.5722	0	31.5722
23	0.615746	43.5479	Basalti sani	16	33.9	26.0853	31.2956	22.7622	0	22.7622
24	0.676674	31.2581	Basalti alterati	0	28.4	10.7959	12.9523	23.9548	0	23.9548
25	0.676674	10.9037	Basalti alterati	0	28.4	3.50658	4.20698	7.78065	0	7.78065

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.19974

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	593.524	26.4424	0	0	0
2	594.14	26.7438	9.1345	0	0
3	594.756	27.0625	18.6396	0	0
4	595.372	27.399	64.726	0	0
5	595.987	27.7541	72.253	0	0
6	596.603	28.1285	105.616	0	0
7	597.219	28.523	110.523	0	0
8	597.835	28.9386	131.729	0	0
9	598.45	29.3763	133.487	0	0
10	599.066	29.8374	133.511	0	0
11	599.682	30.3231	131.722	0	0
12	600.298	30.8351	128.06	0	0


	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/06/2020, 10:12:35	File Name	2.comb A2 M2 R2_c'=16.slim

13	600.913	31.375	122.491	0	0
14	601.529	31.9449	115.01	0	0
15	602.145	32.5472	105.648	0	0
16	602.761	33.1845	94.4747	0	0
17	603.376	33.8603	81.6112	0	0
18	603.992	34.5784	67.2366	0	0
19	604.608	35.3437	51.6461	0	0
20	605.224	36.1621	35.4582	0	0
21	605.839	37.0412	19.2829	0	0
22	606.455	37.9908	3.88484	0	0
23	607.071	39.0241	-9.69086	0	0
24	607.687	40.1594	-19.515	0	0
25	608.363	41.5572	-45.7135	0	0
26	609.04	43.1697	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
632.964	0.94969
632.964	41.3342
632.964	43.3856
617.964	43.3856
617.02	43.2487
614.187	43.2196
610.885	43.1728
607.414	43.1669
604.323	40.0873
602.957	38.7265
596.762	32.5682
596.406	32.2143
596.01	31.821
595.258	31.0739
594.506	30.3268
594.152	29.9744
594.08	29.573
593.895	28.5293
593.71	27.4857
593.524	26.442
593.437	25.9497
592.437	25.9497
567.437	25.9497
567.437	0.94969

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 2.comb A2 M2 R2_c'=16.slim	

Material Boundary

X	Y
593.524	26.442
599.432	25.393

Material Boundary

X	Y
593.71	27.4857
599.617	26.4367

Material Boundary

X	Y
593.895	28.5293
599.803	27.4803

Material Boundary

X	Y
594.08	29.573
595.507	29.3197
597.321	28.9975
599.988	28.524

Material Boundary

X	Y
604.323	40.0873
612.895	40.271

Material Boundary

X	Y
612.895	40.271
615.787	40.271
618.585	40.641
621.25	40.641
623.541	40.268
626.099	40.695
628.684	40.695
632.964	41.3342



<i>Project</i>		
SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>		
<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 2.comb A2 M2 R2_c'=16.slim

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: 3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim
Slide Modeler Version: 6.039
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/06/2020, 10:12:35

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers



Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim	

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Basalti alterati	Basalti sani
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	22
Cohesion [kPa]	0	20
Friction Angle [deg]	34	40
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

Support Properties

chiodatura


Support Type: Soil Nail
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 14.5 kN/m

chiodatura 2

Support Type: Soil Nail
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 14.5 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
Drawn By	Scale	Company	
Date	11/06/2020, 10:12:35	File Name 3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim	

FS: 1.455870
 Center: 575.913, 58.237
 Radius: 36.344
 Left Slip Surface Endpoint: 593.525, 26.446
 Right Slip Surface Endpoint: 608.986, 43.170
 Resisting Moment=46853.4 kN-m
 Driving Moment=32182.4 kN-m
 Total Slice Area=60.2222 m²

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 21636
 Number of Invalid Surfaces: 19295

Error Codes:

Error Code -101 reported for 492 surfaces
 Error Code -103 reported for 244 surfaces
 Error Code -104 reported for 37 surfaces
 Error Code -105 reported for 16 surfaces
 Error Code -112 reported for 240 surfaces
 Error Code -113 reported for 94 surfaces
 Error Code -1000 reported for 18172 surfaces

Error Codes


The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 104 = Same as -102. Surface / nonslope intersections also exist, but these points lie outside the arc defined by the two surface / slope intersections.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 112 = The coefficient $M\text{-}\alpha = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)/F) < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 113 = Surface intersects outside slope limits.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.45587

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.63244	22.2808	Basalti sani	20	40	25.6564	37.3524	20.6798	0	20.6798


	Project		SLIDE - An Interactive Slope Stability Program									
	Analysis Description											
	Drawn By					Scale		Company				
	Date					11/06/2020, 10:12:35			File Name			3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim

2	0.63244	45.944	Basalti sani	20	40	41.4248	60.3091	48.0386	0	48.0386
3	0.63244	49.3366	Basalti sani	20	40	47.0278	68.4663	57.7599	0	57.7599
4	0.63244	52.4789	Basalti sani	20	40	44.768	65.1764	53.8392	0	53.8392
5	0.63244	55.3613	Basalti sani	20	40	48.9252	71.2287	61.0519	0	61.0519
6	0.63244	57.9754	Basalti sani	20	40	47.1904	68.7031	58.0421	0	58.0421
7	0.63244	60.3065	Basalti sani	20	40	50.0044	72.7999	62.9244	0	62.9244
8	0.63244	62.34	Basalti sani	20	40	48.6656	70.8508	60.6016	0	60.6016
9	0.63244	64.0607	Basalti sani	20	40	49.0365	71.3907	61.245	0	61.245
10	0.63244	65.4515	Basalti sani	20	40	49.156	71.5647	61.4524	0	61.4524
11	0.63244	66.4929	Basalti sani	20	40	49.0183	71.3643	61.2136	0	61.2136
12	0.63244	67.163	Basalti sani	20	40	48.6168	70.7798	60.5171	0	60.5171
13	0.63244	67.4368	Basalti sani	20	40	47.9442	69.8005	59.3499	0	59.3499
14	0.63244	67.2855	Basalti sani	20	40	46.992	68.4142	57.6977	0	57.6977
15	0.63244	66.6759	Basalti sani	20	40	45.7508	66.6072	55.5442	0	55.5442
16	0.63244	65.5815	Basalti sani	20	40	44.2168	64.3739	52.8827	0	52.8827
17	0.63244	63.9528	Basalti sani	20	40	42.3758	61.6937	49.6886	0	49.6886
18	0.63244	61.3919	Basalti sani	20	40	40.0345	58.285	45.6263	0	45.6263
19	0.63244	57.7239	Basalti sani	20	40	37.1357	54.0647	40.5967	0	40.5967
20	0.63244	53.3085	Basalti sani	20	40	33.901	49.3555	34.9846	0	34.9846
21	0.63244	48.0458	Basalti sani	20	40	30.3155	44.1354	28.7634	0	28.7634
22	0.63244	41.7991	Basalti sani	20	40	26.3583	38.3742	21.8975	0	21.8975
23	0.515826	26.2868	Basalti alterati	0	34	12.861	18.7239	27.7594	0	27.7594
24	0.515826	16.3346	Basalti alterati	0	34	7.72741	11.2501	16.679	0	16.679
25	0.515826	5.58908	Basalti alterati	0	34	2.54313	3.70247	5.48913	0	5.48913

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.45587

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	593.525	26.4458	0	0	0
2	594.157	26.8045	8.80791	0	0
3	594.79	27.1802	16.9574	0	0
4	595.422	27.5735	56.0236	0	0
5	596.055	27.9852	62.1713	0	0
6	596.687	28.4159	91.1672	0	0
7	597.32	28.8666	94.8519	0	0
8	597.952	29.3382	114.081	0	0
9	598.585	29.8316	114.954	0	0
10	599.217	30.3482	114.331	0	0
11	599.849	30.889	112.179	0	0


	Project			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description					
	Drawn By			Scale		Company
	Date			11/06/2020, 10:12:35		File Name 3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim

12	600.482	31.4558	108.486	0	0
13	601.114	32.05	103.27	0	0
14	601.747	32.6737	96.5732	0	0
15	602.379	33.3291	88.4787	0	0
16	603.012	34.0187	79.1095	0	0
17	603.644	34.7455	68.6363	0	0
18	604.276	35.5131	57.2924	0	0
19	604.909	36.3259	45.5284	0	0
20	605.541	37.1889	33.9759	0	0
21	606.174	38.1088	23.2343	0	0
22	606.806	39.0936	14.0786	0	0
23	607.439	40.1541	7.52671	0	0
24	607.954	41.0847	-11.6723	0	0
25	608.47	42.0852	-24.3744	0	0
26	608.986	43.1696	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
632.964	0.94969
632.964	41.3342
632.964	43.3856
617.964	43.3856
617.02	43.2487
614.187	43.2196
610.885	43.1728
607.414	43.1669
604.323	40.0873
602.957	38.7265
596.762	32.5682
596.406	32.2143
596.01	31.821
595.258	31.0739
594.506	30.3268
594.152	29.9744
594.08	29.573
593.895	28.5293
593.71	27.4857
593.524	26.442
593.437	25.9497
592.437	25.9497
567.437	25.9497

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/06/2020, 10:12:35		<i>File Name</i> 3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim

567.437 0.94969

Material Boundary

X	Y
593.524	26.442
599.432	25.393

Material Boundary

X	Y
593.71	27.4857
599.617	26.4367

Material Boundary

X	Y
593.895	28.5293
599.803	27.4803

Material Boundary

X	Y
594.08	29.573
595.507	29.3197
597.321	28.9975
599.988	28.524

Material Boundary

X	Y
604.323	40.0873
612.895	40.271

Material Boundary

X	Y
612.895	40.271
615.787	40.271
618.585	40.641
621.25	40.641
623.541	40.268
626.099	40.695
628.684	40.695
632.964	41.3342



<i>Project</i>		
SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>		
<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>		11/06/2020, 10:12:35		<i>File Name</i> 3.comb A1 M1 R1 (R3)_c'=20.slim	

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: 4.comb sisma F su_c'=20.slim
Slide Modeler Version: 6.039
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/06/2020, 10:12:35

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 4.comb sisma F su_c'=20.slim	



Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0274
Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0137

Material Properties

Property	Basalti alterati	Basalti sani
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	22
Cohesion [kPa]	0	20
Friction Angle [deg]	34	40
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0


Support Properties

chiodatura

Support Type: Soil Nail
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 14.5 kN/m

chiodatura 2

Support Type: Soil Nail
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 14.5 kN/m

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/06/2020, 10:12:35	File Name	4.comb sisma F su_c'=20.slim

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.402380
Center: 572.424, 64.153
Radius: 43.557
Left Slip Surface Endpoint: 593.447, 26.005
Right Slip Surface Endpoint: 610.596, 43.172
Resisting Moment=66736.6 kN-m
Driving Moment=47588.2 kN-m
Total Slice Area=76.835 m²

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 21681
Number of Invalid Surfaces: 19250

Error Codes:


Error Code -101 reported for 492 surfaces
Error Code -103 reported for 244 surfaces
Error Code -104 reported for 37 surfaces
Error Code -105 reported for 16 surfaces
Error Code -112 reported for 195 surfaces
Error Code -113 reported for 94 surfaces
Error Code -1000 reported for 18172 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 104 = Same as -102. Surface / nonslope intersections also exist, but these points lie outside the arc defined by the two surface / slope intersections.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 113 = Surface intersects outside slope limits.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 4.comb sisma F su_c'=20.slim	


Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.40238

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.697553	27.1286	Basalti sani	20	40	32.0241	44.91	29.6866	0	29.6866
2	0.697553	56.947	Basalti sani	20	40	46.1955	64.7837	53.3711	0	53.3711
3	0.697553	61.158	Basalti sani	20	40	51.4679	72.1776	62.1828	0	62.1828
4	0.697553	65.0894	Basalti sani	20	40	50.144	70.3209	59.9701	0	59.9701
5	0.697553	68.7355	Basalti sani	20	40	54.0379	75.7817	66.478	0	66.478
6	0.697553	72.0873	Basalti sani	20	40	53.1462	74.5311	64.9877	0	64.9877
7	0.697553	75.1293	Basalti sani	20	40	55.7477	78.1795	69.3357	0	69.3357
8	0.697553	77.8482	Basalti sani	20	40	55.1808	77.3844	68.388	0	68.388
9	0.697553	80.2294	Basalti sani	20	40	55.8257	78.2889	69.4661	0	69.4661
10	0.697553	82.2566	Basalti sani	20	40	56.2172	78.8379	70.1203	0	70.1203
11	0.697553	83.9117	Basalti sani	20	40	56.3503	79.0245	70.3428	0	70.3428
12	0.697553	85.1746	Basalti sani	20	40	56.2199	78.8416	70.1246	0	70.1246
13	0.697553	86.0228	Basalti sani	20	40	55.82	78.2808	69.4563	0	69.4563
14	0.697553	86.4323	Basalti sani	20	40	55.145	77.3342	68.3282	0	68.3282
15	0.697553	86.3913	Basalti sani	20	40	54.1965	76.0041	66.743	0	66.743
16	0.697553	85.7743	Basalti sani	20	40	52.9183	74.2115	64.6067	0	64.6067
17	0.697553	83.9133	Basalti sani	20	40	50.9846	71.4998	61.375	0	61.375
18	0.697553	81.3012	Basalti sani	20	40	48.6733	68.2584	57.512	0	57.512
19	0.697553	78.0528	Basalti sani	20	40	46.0601	64.5938	53.1448	0	53.1448
20	0.697553	74.1069	Basalti sani	20	40	43.1345	60.491	48.2553	0	48.2553
21	0.697553	64.7705	Basalti sani	20	40	37.7483	52.9374	39.2533	0	39.2533
22	0.697553	49.5162	Basalti sani	20	40	29.8645	41.8814	26.0773	0	26.0773
23	0.600884	30.2595	Basalti alterati	0	34	13.6475	19.139	28.3748	0	28.3748
24	0.600884	18.6668	Basalti alterati	0	34	8.20812	11.5109	17.0656	0	17.0656
25	0.600884	6.35083	Basalti alterati	0	34	2.71488	3.80729	5.64455	0	5.64455

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.40238

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	593.447	26.0049	0	0	0
2	594.144	26.3977	46.7065	0	0
3	594.842	26.8076	55.4894	0	0
4	595.539	27.2353	91.6556	0	0
5	596.237	27.6813	98.1005	0	0


	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/06/2020, 10:12:35		File Name
			4.comb sisma F su_c'=20.slim

6	596.934	28.1464	123.88	0	0
7	597.632	28.6312	127.467	0	0
8	598.33	29.1367	143.004	0	0
9	599.027	29.6637	143.323	0	0
10	599.725	30.2131	141.895	0	0
11	600.422	30.7862	138.669	0	0
12	601.12	31.3842	133.614	0	0
13	601.817	32.0084	126.724	0	0
14	602.515	32.6604	118.016	0	0
15	603.212	33.342	107.541	0	0
16	603.91	34.0552	95.378	0	0
17	604.608	34.8023	81.6744	0	0
18	605.305	35.5859	66.8443	0	0
19	606.003	36.4091	51.2207	0	0
20	606.7	37.2757	35.1582	0	0
21	607.398	38.1899	19.1023	0	0
22	608.095	39.1569	5.70017	0	0
23	608.793	40.1831	-1.58665	0	0
24	609.394	41.1207	-20.8184	0	0
25	609.995	42.1144	-33.3569	0	0
26	610.596	43.1724	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
632.964	0.94969
632.964	41.3342
632.964	43.3856
617.964	43.3856
617.02	43.2487
614.187	43.2196
610.885	43.1728
607.414	43.1669
604.323	40.0873
602.957	38.7265
596.762	32.5682
596.406	32.2143
596.01	31.821
595.258	31.0739
594.506	30.3268
594.152	29.9744
594.08	29.573

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i>	4.comb sisma F su_c'=20.slim

593.895	28.5293
593.71	27.4857
593.524	26.442
593.437	25.9497
592.437	25.9497
567.437	25.9497
567.437	0.94969

Material Boundary

X	Y
593.524	26.442
599.432	25.393

Material Boundary

X	Y
593.71	27.4857
599.617	26.4367

Material Boundary

X	Y
593.895	28.5293
599.803	27.4803

Material Boundary


X	Y
594.08	29.573
595.507	29.3197
597.321	28.9975
599.988	28.524

Material Boundary

X	Y
604.323	40.0873
612.895	40.271

Material Boundary

X	Y
612.895	40.271
615.787	40.271

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i>	4.comb sisma F su_c'=20.slim

618.585	40.641
621.25	40.641
623.541	40.268
626.099	40.695
628.684	40.695
632.964	41.3342



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			<i>File Name</i>		
11/06/2020, 10:12:35			4.comb sisma F su_c'=20.slim		

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: 5.comb sisma F giù_c'=20.slim
Slide Modeler Version: 6.039
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/06/2020, 10:12:35

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

Bishop simplified


Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

	<i>Project</i>		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
<i>Date</i>	11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 5.comb sisma F giù_c'=20.slim	



Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius Increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0274
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0137

Material Properties

Property	Basalti alterati	Basalti sani
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20	22
Cohesion [kPa]	0	20
Friction Angle [deg]	34	40
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0


Support Properties

chiodatura

Support Type: Soil Nail
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 14.5 kN/m

chiodatura 2

Support Type: Soil Nail
Force Application: Active
Out-of-Plane Spacing: 2.12 m
Tensile Capacity: 92 kN
Plate Capacity: 92 kN
Bond Strength: 14.5 kN/m

	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/06/2020, 10:12:35	File Name	5.comb sisma F giu_c'=20.slim

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.389710
Center: 572.424, 64.153
Radius: 43.557
Left Slip Surface Endpoint: 593.447, 26.005
Right Slip Surface Endpoint: 610.596, 43.172
Resisting Moment=67993.4 kN-m
Driving Moment=48926.3 kN-m
Total Slice Area=76.835 m²

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 21681
Number of Invalid Surfaces: 19250

Error Codes:


Error Code -101 reported for 492 surfaces
Error Code -103 reported for 244 surfaces
Error Code -104 reported for 37 surfaces
Error Code -105 reported for 16 surfaces
Error Code -112 reported for 195 surfaces
Error Code -113 reported for 94 surfaces
Error Code -1000 reported for 18172 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.
- 103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
- 104 = Same as -102. Surface / nonslope intersections also exist, but these points lie outside the arc defined by the two surface / slope intersections.
- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
- 113 = Surface intersects outside slope limits.
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 5.comb sisma F giu_c'=20.slim	


Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.38971

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.697553	27.1286	Basalti sani	20	40	32.7222	45.4743	30.3591	0	30.3591
2	0.697553	56.947	Basalti sani	20	40	47.5033	66.0158	54.8396	0	54.8396
3	0.697553	61.158	Basalti sani	20	40	52.869	73.4726	63.7261	0	63.7261
4	0.697553	65.0894	Basalti sani	20	40	51.5875	71.6917	61.6037	0	61.6037
5	0.697553	68.7355	Basalti sani	20	40	55.5514	77.2004	68.1688	0	68.1688
6	0.697553	72.0873	Basalti sani	20	40	54.6918	76.0057	66.745	0	66.745
7	0.697553	75.1293	Basalti sani	20	40	57.3408	79.6871	71.1323	0	71.1323
8	0.697553	77.8482	Basalti sani	20	40	56.7942	78.9275	70.2271	0	70.2271
9	0.697553	80.2294	Basalti sani	20	40	57.4602	79.853	71.3301	0	71.3301
10	0.697553	82.2566	Basalti sani	20	40	57.8638	80.4139	71.9985	0	71.9985
11	0.697553	83.9117	Basalti sani	20	40	58.0002	80.6035	72.2244	0	72.2244
12	0.697553	85.1746	Basalti sani	20	40	57.8642	80.4144	71.999	0	71.999
13	0.697553	86.0228	Basalti sani	20	40	57.4495	79.8381	71.3122	0	71.3122
14	0.697553	86.4323	Basalti sani	20	40	56.7505	78.8667	70.1546	0	70.1546
15	0.697553	86.3913	Basalti sani	20	40	55.7689	77.5026	68.5289	0	68.5289
16	0.697553	85.7743	Basalti sani	20	40	54.4467	75.6651	66.3391	0	66.3391
17	0.697553	83.9133	Basalti sani	20	40	52.4474	72.8867	63.0279	0	63.0279
18	0.697553	81.3012	Basalti sani	20	40	50.0583	69.5665	59.071	0	59.071
19	0.697553	78.0528	Basalti sani	20	40	47.3579	65.8137	54.5987	0	54.5987
20	0.697553	74.1069	Basalti sani	20	40	44.3353	61.6132	49.5927	0	49.5927
21	0.697553	64.7705	Basalti sani	20	40	38.7718	53.8816	40.3786	0	40.3786
22	0.697553	49.5162	Basalti sani	20	40	30.6306	42.5677	26.8952	0	26.8952
23	0.600884	30.2595	Basalti alterati	0	34	14.0994	19.5941	29.0494	0	29.0494
24	0.600884	18.6668	Basalti alterati	0	34	8.47882	11.7831	17.4692	0	17.4692
25	0.600884	6.35083	Basalti alterati	0	34	2.80402	3.89677	5.77721	0	5.77721

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.38971

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	593.447	26.0049	0	0	0
2	594.144	26.3977	46.9292	0	0
3	594.842	26.8076	56.0223	0	0
4	595.539	27.2353	92.5058	0	0
5	596.237	27.6813	99.229	0	0


	Project		
	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	Analysis Description		
	Drawn By	Scale	Company
Date	11/06/2020, 10:12:35		File Name
		5.comb sisma F giu_c'=20.slim	

6	596.934	28.1464	125.278	0	0
7	597.632	28.6312	129.091	0	0
8	598.33	29.1367	144.831	0	0
9	599.027	29.6637	145.306	0	0
10	599.725	30.2131	143.995	0	0
11	600.422	30.7862	140.841	0	0
12	601.12	31.3842	135.812	0	0
13	601.817	32.0084	128.898	0	0
14	602.515	32.6604	120.117	0	0
15	603.212	33.342	109.517	0	0
16	603.91	34.0552	97.1768	0	0
17	604.608	34.8023	83.2452	0	0
18	605.305	35.5859	68.1402	0	0
19	606.003	36.4091	52.1993	0	0
20	606.7	37.2757	35.7822	0	0
21	607.398	38.1899	19.3413	0	0
22	608.095	39.1569	5.56502	0	0
23	608.793	40.1831	-2.02677	0	0
24	609.394	41.1207	-21.6196	0	0
25	609.995	42.1144	-34.3964	0	0
26	610.596	43.1724	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
632.964	0.94969
632.964	41.3342
632.964	43.3856
617.964	43.3856
617.02	43.2487
614.187	43.2196
610.885	43.1728
607.414	43.1669
604.323	40.0873
602.957	38.7265
596.762	32.5682
596.406	32.2143
596.01	31.821
595.258	31.0739
594.506	30.3268
594.152	29.9744
594.08	29.573

	<i>Project</i> SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
	<i>Analysis Description</i>		
	<i>Drawn By</i>	<i>Scale</i>	<i>Company</i>
	<i>Date</i> 11/06/2020, 10:12:35	<i>File Name</i> 5.comb sisma F giu_c'=20.slim	

593.895	28.5293
593.71	27.4857
593.524	26.442
593.437	25.9497
592.437	25.9497
567.437	25.9497
567.437	0.94969

Material Boundary

X	Y
593.524	26.442
599.432	25.393

Material Boundary

X	Y
593.71	27.4857
599.617	26.4367

Material Boundary

X	Y
593.895	28.5293
599.803	27.4803

Material Boundary

X	Y
594.08	29.573
595.507	29.3197
597.321	28.9975
599.988	28.524

Material Boundary

X	Y
604.323	40.0873
612.895	40.271

Material Boundary

X	Y
612.895	40.271
615.787	40.271



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			<i>File Name</i>		
11/06/2020, 10:12:35			5.comb sisma F giu_c'=20.slim		

618.585	40.641
621.25	40.641
623.541	40.268
626.099	40.695
628.684	40.695
632.964	41.3342



<i>Project</i>			SLIDE - An Interactive Slope Stability Program		
<i>Analysis Description</i>					
<i>Drawn By</i>		<i>Scale</i>		<i>Company</i>	
<i>Date</i>			11/06/2020, 10:12:35		<i>File Name</i>
					5.comb sisma F giu_c'=20.slim