

S.G.C. E78 GROSSETO - FANO

Tratto Selci Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa.
Adeguamento a 2 corsie del tratto della Variante di Urbania

PROGETTO DEFINITIVO

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Claudio Muller</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti cocoprogetti</p> <p>(Mandante)</p> <p>engeko</p> <p>(Mandante)</p> <p>AIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 2):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO PARATIE

Paratia dal km 3+747 al km 3+900
Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00OS03STRRE01_B		
DPAN247	D	22	CODICE ELAB. T00OS03STRRE01	B	-
D					
C					
B	Rev. Ist.U.0039705 24/01/22 e Ist.U.0057794 01/02/22	Feb.'22	Cori	Muller	Guiducci
A	EMISSIONE	Ottobre '21	Cori	Muller	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

<u>1</u>	<u>INTRODUZIONE.....</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</u>	<u>4</u>
<u>3</u>	<u>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</u>	<u>5</u>
3.1	CALCESTRUZZO.....	5
3.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	5
3.3	ACCIAIO ARMONICO PER TREFOLI.....	5
3.4	ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONE	5
3.5	MISCELE DI INIEZIONE	6
3.6	DRENAGGI.....	6
<u>4</u>	<u>CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA (SLU).....</u>	<u>7</u>
4.1	INTRODUZIONE	7
4.2	OPERE DI SOSTEGNO – PARATIE	9
4.2.1	<i>4.2.1 Criteri di analisi.....</i>	<i>9</i>
<u>5</u>	<u>AZIONE SISMICA.....</u>	<u>11</u>
<u>6</u>	<u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOTECNICO.....</u>	<u>12</u>
<u>7</u>	<u>METODOLOGIE DI ANALISI.....</u>	<u>13</u>
7.1	ANALISI DELL’INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	13
7.2	ANALISI DI STABILITA’	15
<u>8</u>	<u>SEZIONI DI CALCOLO 3 ORDINI DI TIRANTI.....</u>	<u>16</u>
8.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA STRUTTURA E SOVRACCARICHI	16
8.2	MODELLO DI CALCOLO.....	17
8.3	FASI DI CALCOLO	18
8.4	RISULTATI	19
<u>9</u>	<u>SEZIONI DI CALCOLO 2 ORDINI DI TIRANTI.....</u>	<u>25</u>
9.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA STRUTTURA E SOVRACCARICHI	25
9.2	MODELLO DI CALCOLO.....	26
9.3	FASI DI CALCOLO	27
9.4	RISULTATI	28
<u>10</u>	<u>VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE SEZIONE 3 ORDINI DI TIRANTI.....</u>	<u>34</u>
10.1	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO	34
10.2	VERIFICHE SLE DEL PALO.....	36
10.3	VERIFICHE SUI TIRANTI	37
10.4	VERIFICHE GEOTECNICHE A SFILAMENTO DEI TIRANTI	39

PROGETTAZIONE ATI:

10.5	VERIFICHE A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO	40
10.6	VERIFICHE STRUTTURALI A ROTTURA DEI TIRANTI	41
10.7	VERIFICHE DI GERARCHIA DELLE RESISTENZE	42
10.8	VERIFICHE STRUTTURALI SULLA TRAVE DI RIPARTIZIONE DEI TIRANTI	43
10.9	VERIFICA DELLA PROFONDITÀ DI INFSSIONE	45
10.10	VERIFICA DI STABILITÀ.....	47
10.10.1	<i>Globale</i>	48
11	<u>VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE SEZIONE 2 ORDINI DI TIRANTI.....</u>	51
11.1	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO	51
11.2	VERIFICHE SLE DEL PALO.....	53
11.3	VERIFICHE SUI TIRANTI	54
11.4	VERIFICHE GEOTECNICHE A SFILAMENTO DEI TIRANTI	56
11.5	VERIFICHE A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO	57
11.6	VERIFICHE STRUTTURALI A ROTTURA DEI TIRANTI	58
11.7	VERIFICHE DI GERARCHIA DELLE RESISTENZE	59
11.8	VERIFICHE STRUTTURALI SULLA TRAVE DI RIPARTIZIONE DEI TIRANTI	59
11.9	VERIFICA DELLA PROFONDITÀ DI INFSSIONE	61
11.10	VERIFICA DI STABILITÀ.....	63
11.10.1	<i>Globale</i>	64
12	<u>ALLEGATO REPORT SOFTWARE PARATIE PLUS-SEZIONE 3 ORDINI DI TIRANTI</u>	67
13	<u>ALLEGATO REPORT SOFTWARE PARATIE PLUS-SEZIONE 2 ORDINI DI TIRANTI</u>	136

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta nell'ambito della redazione del Progetto Definitivo dell'asse viario S.G.C. E78 GROSSETO-FANO – Tronco Selci Lama – S.Stefano di Gaifa – Lotto 7”.

In questa relazione si riportano i calcoli relativi al dimensionamento ed alle verifiche di una paratia di pali di linea, posta tra le progr. Km 3+747 - Km 3+900.

L'opera di sostegno è realizzata mediante pali trivellati in c.a. aventi diametro $D=800\text{mm}$ ed interasse $i=950\text{mm}$ e presenta più livelli di ancoraggio con tiranti in trefoli di acciaio armonico.

Le verifiche e i dimensionamenti sono stati condotti con riferimento al D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni, considerando per le opere una vita nominale di 50 anni e una classe d'uso IV.

Si riporta la sviluppata dell'opera:

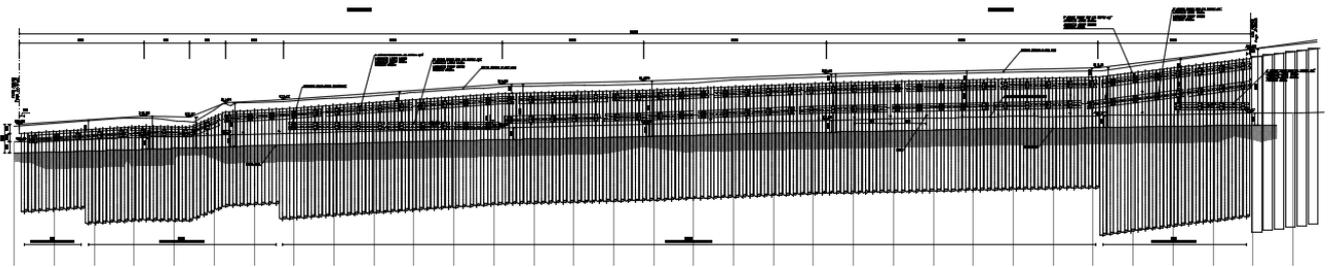


Figura 1: sviluppata della paratia di pali L=154 m

PROGETTAZIONE ATI:

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le norme e circolari seguenti:

- D.M. Infrastrutture del 17.01.2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- UNI EN 1537:2002 – Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Tiranti di ancoraggio.
- UNI EN 206:2016 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1

PROGETTAZIONE ATI:

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO

CALCESTRUZZO PER MAGRONE:

CALCESTRUZZO UNI EN 206 – 1

Classe di resistenza: C12/15

Classe di esposizione X0 (I)

CALCESTRUZZO PER PALI E TRAVI:

CALCESTRUZZO UNI EN 206 – 1

- Classe di resistenza: C28/35
- Classe di consistenza: S5 (per i pali)
S3 (per le travi di coronamento)
- Classe di esposizione: XC2 (I)
- Rapporto max a/c: 0.55
- Diametro max inerti: 32 mm
- Copriferro minimo: 75 mm
- Classe di contenuto di cloruri conforme a UNI EN 206 – 1

CALCESTRUZZO PROIETTATO

CALCESTRUZZO UNI 10834

- 1 Classe di resistenza: CP20
- 2 Classe di consistenza: S4/S5
- 3 Classe di esposizione: XC2
- 4 Diametro max inerti: 12 mm

3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Si impiegano barre in acciaio B450C controllato in stabilimento, caratterizzato dalle seguenti proprietà fondamentali:

$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1.15 = 391.3 \text{ MPa}$$

Il legame costitutivo adottato è quello di cui al § 4.1.2.1.2.2 – NTC 2018, curva b. Si assume $E_s = 200000 \text{ MPa}$.

3.3 ACCIAIO ARMONICO PER TREFOLI

Si impiegano trefoli di acciaio armonico con diametro da $\varnothing 0.6''$ e con le seguenti proprietà fondamentali:

- Tensione caratteristica di rottura, $f_{ptk}=1860 \text{ MPa}$
- Tensione caratteristica corrisp. ad una deformazione dell'1% sotto carico, $f_{p(1)k}=1670 \text{ MPa}$

3.4 ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONE

Per le travi di ripartizione si utilizzano due profili HEB180 accoppiati di acciaio S355, con spessore minore di 40 mm e caratterizzato dalle seguenti proprietà fondamentali:

PROGETTAZIONE ATI:

- 1 Resistenza caratteristica allo snervamento $f_{yk}=355$ MPa;
- 2 Resistenza caratteristica ultima $f_{uk}=510$ MPa;
- 3 Modulo elastico $E=210000$ MPa;
- 4 Coefficiente di Poisson $\nu=0.3$;
- 5 Coefficiente di espansione termica lineare $\alpha=12 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- 6 Densità $\rho=7850$ kg/cm³.

3.5 MISCELE DI INIEZIONE

Si utilizzano miscele cementizie per le iniezioni dei tiranti, con le seguenti caratteristiche:

Cemento tipo II A-L 42,5R con filler

Rapporto a/c ≤ 0.5

Classe C20/25

Additivo antiritiro

3.6 DRENAGGI

Si utilizzano tubi in PVC, rivestiti con tessuto – non – tessuto 500 gr/mq.

4 CRITERI DI VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA (SLU)

4.1 INTRODUZIONE

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito da una delle seguenti espressioni:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, definito come:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Dove $\gamma_F F_k$, X_k/γ_M e a_d rappresentano rispettivamente le azioni di progetto, i parametri geotecnici di progetto e i parametri geometrici di progetto.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Azioni

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I delle NTC-2018. Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel § 2.6.1 delle NTC-2018. Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza.

Nella valutazione della combinazione delle azioni i coefficienti di combinazione ψ_{ij} devono essere assunti come specificato nel Cap. 2 delle NTC-2018.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_Q

Figura 2: tabella contenete i coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

PROGETTAZIONE ATI:

In caso di analisi in condizione sismica, si adottano i seguenti coefficienti parziali

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00

Resistenze

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva Tab. 6.2.II delle NTC-2018 e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Figura 3: tabella contenete i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale q_u deve essere applicato un coefficiente parziale $\gamma_{qu}=1,6$.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

In caso di analisi in condizione sismica, si adottano i seguenti coefficienti parziali

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00

Nelle sezioni che seguono saranno descritte in maggiore dettaglio le metodologie applicate ai casi esaminati: stabilità globale dell'insieme terreno - opera e opere di sostegno.

4.2 OPERE DI SOSTEGNO – PARATIE

4.2.1 CRITERI DI ANALISI

Le analisi sono condotte con riferimento alle Norme Tecniche 2018.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera è effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e adottando valori unitari per i coefficienti γ_R del gruppo R1.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli ancoraggi.

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I.

Tab. 6.6.I - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

Figura 4: tabella contenete i coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

La resistenza caratteristica allo sfilamento R_{ak} dell'ancoraggio può essere dedotta da:

- risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova;
- metodi di calcolo analitici, dove R_{ak} è calcolata a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Nel caso in esame si è utilizzato l'approccio b), in cui il valore della resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo.

Per la valutazione dei fattori ξ_{a3} e ξ_{a4} , si deve tenere conto che i profili di indagine sono solo quelli che consentono la completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo per il terreno di fondazione dell'ancoraggio.

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{\text{medio}}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{a,c})_{\text{min}}}{\xi_{a4}} \right\}$$

Tab. 6.6.II

Numero degli ancoraggi di prova	1	2	> 2
ξ_{a1}	1,5	1,4	1,3
ξ_{a2}	1,5	1,3	1,2

Figura 5: tabella contenete i fattori di correlazione da applicare al valor medio e al valor minimo delle resistenze di calcolo

Nel caso in esame è stato considerato 1 profilo di indagine ed è stato assunto $\xi_{a3} = 1.80$ e $\xi_{a4} = 1.80$.

Per la valutazione della resistenza caratteristica allo sfilamento, si è fatto ricorso al metodo di Bustamante e Doix.

La resistenza laterale R_k è così determinata:

$$R_k = \tau_{lim} \cdot \pi \cdot D_e \cdot L$$

in cui:

τ_{lim} = resistenza caratteristica lungo la superficie laterale del bulbo;

$$D_e = \alpha D$$

D = diametro di perforazione

α = coefficiente che tiene conto dell'amplificazione del bulbo per effetto dell'iniezione

L = lunghezza del bulbo

Per i terreni in cui ricade l'opera in oggetto si adottano i seguenti parametri :

$$\tau_{lim} = 150 \text{ kPa}$$

$$D = 14 \text{ cm}$$

$$\alpha = 1.4$$

$$L = 12 \text{ m}$$

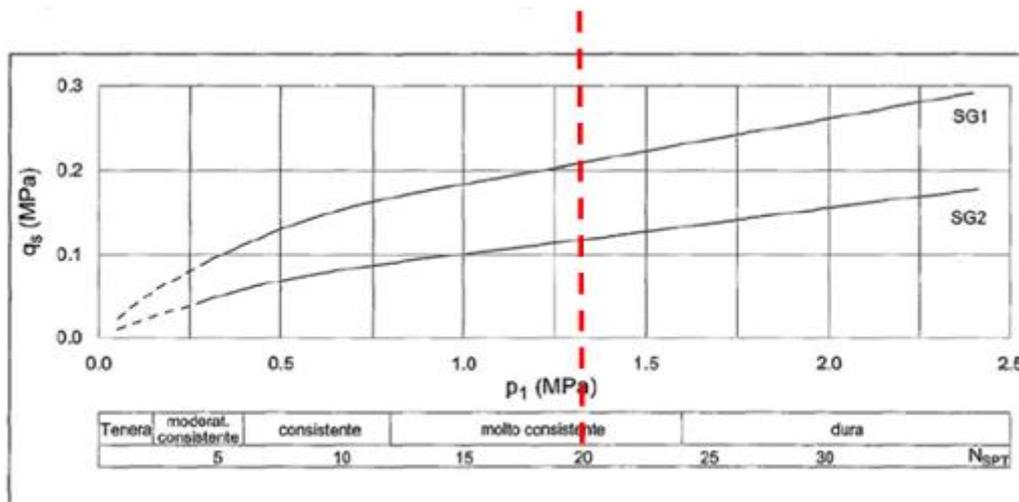


Figura 6: Resistenza unitaria limite per terreni a grana fine (AGI, AICAP, 2012)

5 AZIONE SISMICA

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Il periodo di riferimento V_R è dato per ciascun tipo di costruzione dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

dove:

V_N vita nominale della costruzione;
 C_U coefficiente d'uso, definito al variare della classe d'uso.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Figura 7: tabella vita nominale della costruzione

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 8: per il coefficiente definito dalla classe d'uso della costruzione

L'accelerazione di picco a_{max} , è espressa dalla relazione:

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

con

S_S coefficiente che tiene conto dell'amplificazione stratigrafica;
 S_T coefficiente di amplificazione topografica;
 a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento.

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima è valutato in funzione della ubicazione geografica del sito (Lat. 43,656864 Long. 12,524026) e in funzione del periodo di riferimento V_R (pari al prodotto della vita nominale V_N per il coefficiente di utilizzo C_U).

Nel caso in esame si ha:

Vita nominale	50
Classe d'uso	IV
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

Le verifiche dell'opera sono state svolte nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) caratterizzato da tempo di ritorno $T_R = 949$ anni.

Per la valutazione dell'azione sismica è stato utilizzato il metodo di Wood.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOTECNICO

Ai fini dei calcoli progettuali delle opere in esame è stata utilizzata la seguente caratterizzazione geotecnica delle unità geotecniche interessate dalle opere.

Parametri geotecnici caratteristici	CdF	E/C	SUB
Peso di volume γ [kN/m ³]	19.0	20.0	24.0
Angolo di resistenza a taglio ϕ [°]	15	25	28
Coesione efficace c [kPa]	0	20	40
Modulo di Young E [MPa]	15	20	300

Figura 11: tabella riassuntiva caratteristiche meccaniche terreni in sito

La stratigrafia di calcolo, a partire dal piano campagna, è costituita da:

Nella zona centrale della paratia (caratterizzata da sezioni con 2 ordini di tiranti)

Unità CdF, con spessore di circa 6 m;
Unità E/C, con spessore di circa 9 m;

- Unità SUB;

Nella zona terminale della paratia, in prossimità della galleria (caratterizzata da sezioni con 3 ordini di tiranti)

Unità CdF, con spessore di circa 1,5 m;
Unità E/C, con spessore di circa 16,5 m;

- Unità SUB;

In considerazione della presenza dei dreni suborizzontali, la spinta a tergo dovuta alla falda si applica, nel modello di calcolo, ad una quota di scarico coincidente con la cunetta stradale.

7 METODOLOGIE DI ANALISI

7.1 ANALISI DELL'INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

L'interazione terreno struttura è stata analizzata mediante un modello del tipo "trave su molle" attraverso il codice di calcolo Paratie Plus (v. 22.0).

Le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale EJ, mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie: ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi di terreno (Figura 1).

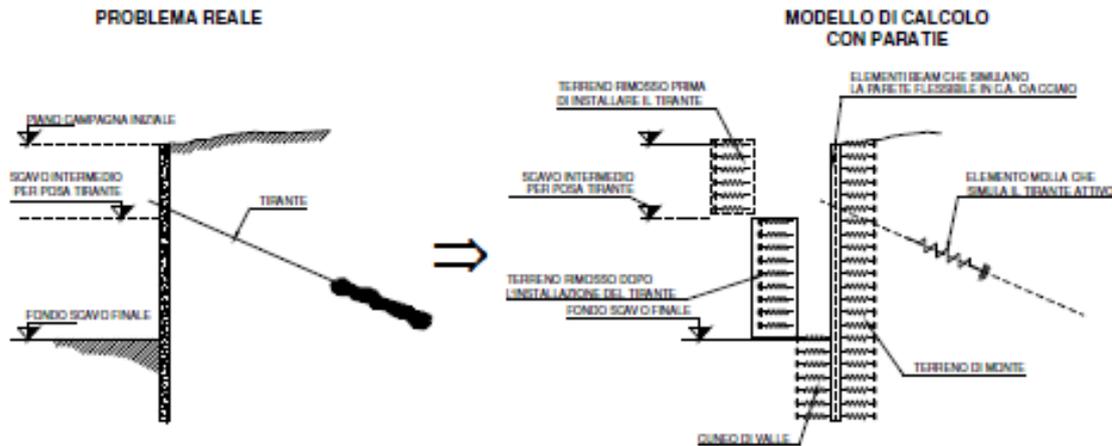
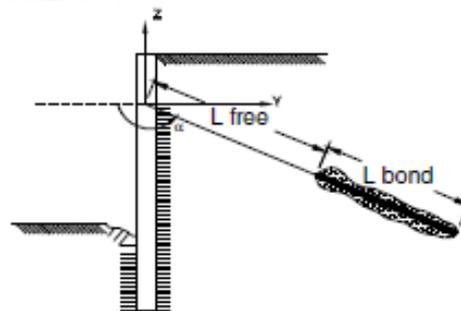


Figura 1 - Modellazione dell'interazione terreno-struttura

Elementi molla vengono utilizzati anche per simulare eventuali tiranti, questi sono caratterizzati da una rigidità assiale EA/L , dove E è il modulo elastico del materiale costituente il tirante, A l'area per unità di larghezza del tirante nel tratto deformabile e L la lunghezza del tratto deformabile del tirante, che può essere stimata come indicato nella Figura 2; il coefficiente η in Figura 2 è stato assunto pari a 0,5 nella presente relazione.



$$L = L_{free} + L_{bond} \times \eta \quad (\eta < 1)$$

Figura 2 - Lunghezza deformabile del tirante

I tiranti provocano nel modello due effetti: un supporto attivo già presente subito dopo l'installazione (forza di pretensione) nel caso di tiranti attivi; una forza dovuta allo spostamento della testa del tirante, proporzionale allo spostamento e alla sua rigidità assiale.

Il pendio eventualmente presente a monte della paratia è rappresentato mediante sovraccarico su terreno orizzontale, la cui entità viene valutata interpolando le quote intermedie della superficie inclinata con un passo di discretizzazione costante ed assegnando il rispettivo peso per unità di volume. Il sovraccarico presente a monte provoca una variazione alla Boussinesq di tensioni verticali efficaci all'interno del terreno.

PROGETTAZIONE ATI:

La tensione verticale efficace σ'_{vo} nel terreno è calcolata in Paratie Plus indipendentemente dalle deformazioni alle quali la parete è soggetta attraverso semplici formule che tengono conto, fase per fase, della quota del piano campagna e dei sovraccarichi.

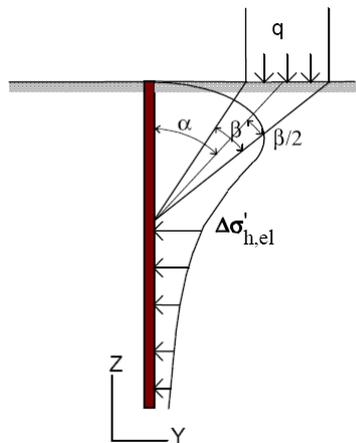
Nella fase iniziale (prima dello scavo), la tensione orizzontale efficace nel generico elemento terreno è calcolata come segue:

$\sigma'_{ho} = K_0 \sigma'_{vo}$ in assenza di carichi di superficie;

$\sigma'_{ho} = K_0 \sigma'_{vo} + \Delta\sigma'_{ho}$ in presenza di carichi di superficie;

dove K_0 è il coefficiente di spinta a riposo, $\Delta\sigma'_{ho}$ è l'incremento di sforzo efficace dovuto al sovraccarico. Quest'ultimo è calcolato attraverso la soluzione del semispazio elastico sollecitato da un carico nastriforme; la formula è applicata ipotizzando il piano libero del semispazio elastico coincidente con la quota di imposta del sovraccarico

Lo sforzo orizzontale varia durante le analisi in funzione degli spostamenti della paratia.



$$\Delta\sigma'_{h,el} = \frac{q}{\pi} (\beta - \text{sen}\beta\cos 2\alpha)$$

$$\Delta\sigma'_{v,el} = \frac{q}{\pi} (\beta + \text{sen}\beta\cos 2\alpha)$$

Figura 3 – Distribuzione degli sforzi sulla paratia

7.2 ANALISI DI STABILITA'

Le analisi di stabilità globale dell'opera di stabilità locale delle scarpate sono state condotte con il metodo all'equilibrio limite di Bishop attraverso il software Paratie Plus.

La superficie di scorrimento critica associata al coefficiente di sicurezza minimo è stata determinata dal programma analizzando numerose superficie di scorrimento aventi i centri contenuti all'interno di una griglia fitta determinata all'interno delle proprietà di analisi.

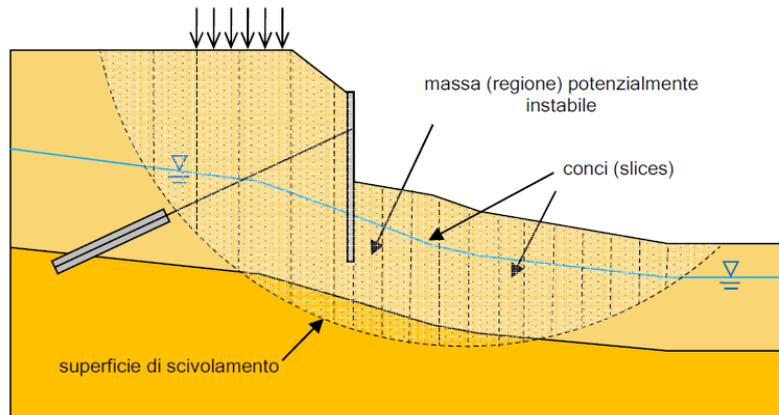


Figura 4 – Paratie plus – verifica di stabilità globale

Un tirante/chiodo può costituire un contributo ai fini della stabilità della massa potenzialmente instabile.

Paratie Plus include tale contributo nel seguente modo:

1. determina la resistenza di calcolo F_{anchor} disponibile, pari al minimo tra
 - 7 la resistenza strutturale
 - 8 la resistenza del tratto ancorato al terreno, per la sola quota-parte della fondazione esterna alla superficie di scivolamento (LB_{avl} in figura)
2. individua il concio la cui base contiene l'intersezione tra la superficie di scivolamento e il tirante;
3. nel risolvere le condizioni di equilibrio locale di quel concio, aggiunge il contributo F_{anchor} ;
4. assembla il contributo del concio, dipendente quindi anche dalla resistenza di calcolo del tirante.

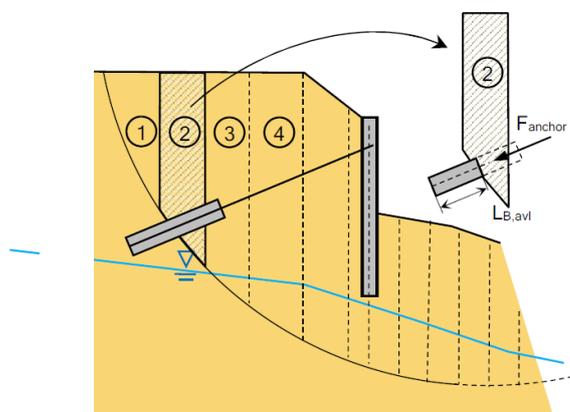


Figura 5 – Paratie plus – inserimento tirante/chiodo

8 SEZIONI DI CALCOLO 3 ORDINI DI TIRANTI

8.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA STRUTTURA E SOVRACCARICHI

Nella **Tabella 1** sono riportate le caratteristiche geometriche della struttura ed i sovraccarichi.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'OPERA E SOVRACCARICHI	
Tipologia	Pali $\phi 800$ passo 0.95 m
Armatura	Armatura Longitudinale: 16 $\phi 20$ Armatura a Taglio: $\phi 12/15$
Altezza totale paratia H	20 m
Altezza di scavo paratia	9.5 m
Ordini di tiranti (n°)	3
Passo orizzontale tiranti	2.85 m
Inclinazione piano campagna a monte	-
Inclinazione piano campagna a valle	-
Sovraccarichi permanenti a monte	-
Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	-
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tabella 1 - Caratteristiche geometriche della struttura e sovraccarichi

8.2 MODELLO DI CALCOLO

La Figura 6 mostra il modello di calcolo dell'opera in corrispondenza della Sezione di verifica 2 nella configurazione finale. La quota di falda si trova al livello del fondo scavo.

	Terreni	c' [kPa]	φ' [°]
	TERRENO FRANOSO Sabbia / Ghiaia	0	15
	E/C Sabbia / Ghiaia	20	25
	SUB Sabbia / Ghiaia	40	28

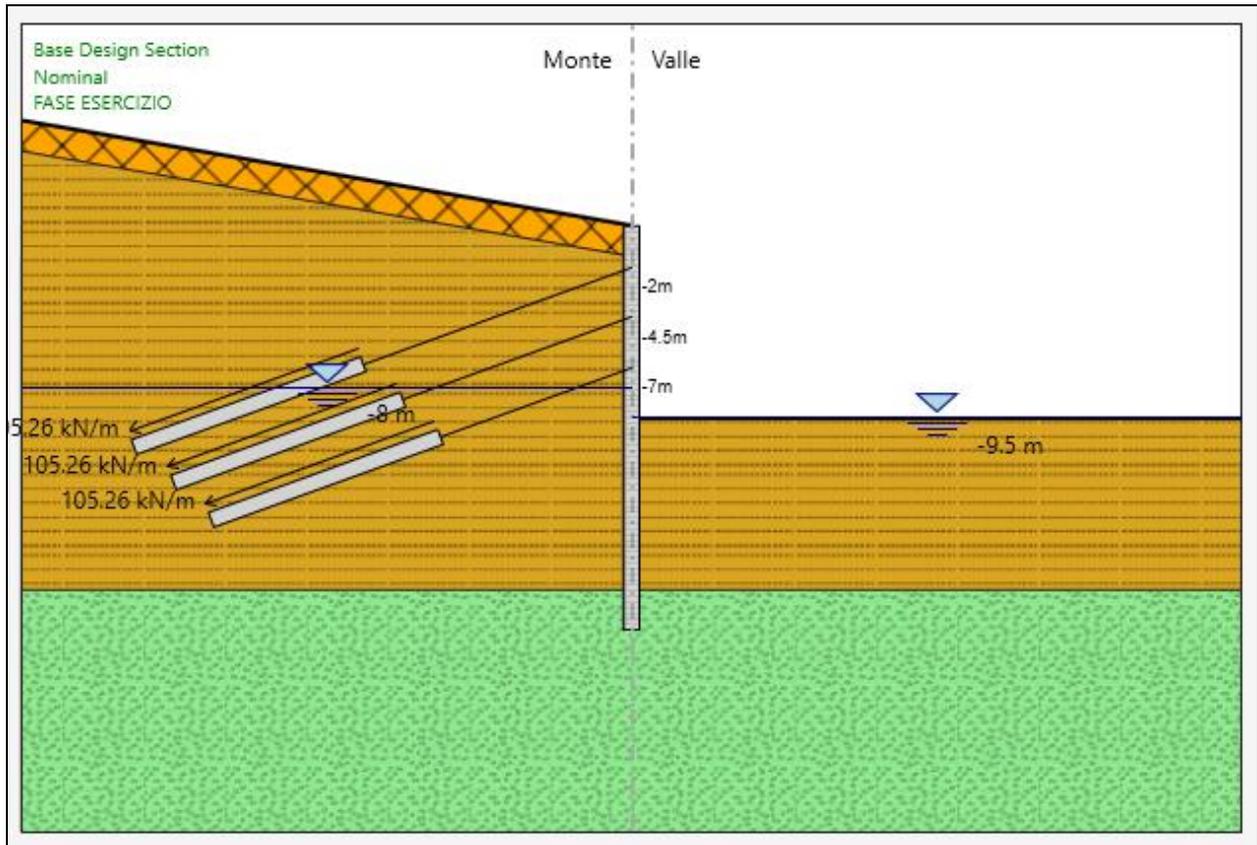


Figura 6 - Modello di calcolo

8.3 FASI DI CALCOLO

Le fasi di calcolo sono le seguenti:

FASI DI CALCOLO
Fase 1 – Step geostatico
Fase 2 - Simulazione della paratia di pali;
Fase 3 – Realizzazione scavo a -3.00 m da piano campagna;
Fase 4 – Installazione del primo ordine di tiranti e pretiro dello stesso;
Fase 5 – Realizzazione scavo a -5.5 m da piano campagna;
Fase 6 – Installazione del secondo ordine di tiranti e pretiro dello stesso;
Fase 7 – Realizzazione scavo a -8.0 m da piano campagna;
Fase 8 – Installazione del terzo ordine di tiranti e pretiro dello stesso;
Fase 9 – Scavo fino alla quota di fondo scavo pari a quota -9.5 m;
Fase 10 – Risalita della falda di monte in fase di esercizio;
Fase 10 – Applicazione della forza sismica con procedura automatica mediante incremento di spinta valutato secondo la teoria di Wood.

Tabella 2 - Fasi di calcolo.

8.4 RISULTATI

Nelle figure seguenti si riporta:

1. Momento flettente sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 7);
2. Involuppo del momento flettente sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 8);
3. Momento flettente sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Figura 9);
4. Sforzo di taglio sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 10);
5. Involuppo dello sforzo di taglio sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 11);
6. Sforzo di taglio sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Figura 12);
7. Tiro nei tiranti per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 13);
8. Involuppo dello sforzo assiale sui tiranti in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 14);
9. Sforzo assiale sui tiranti in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Figura 15).

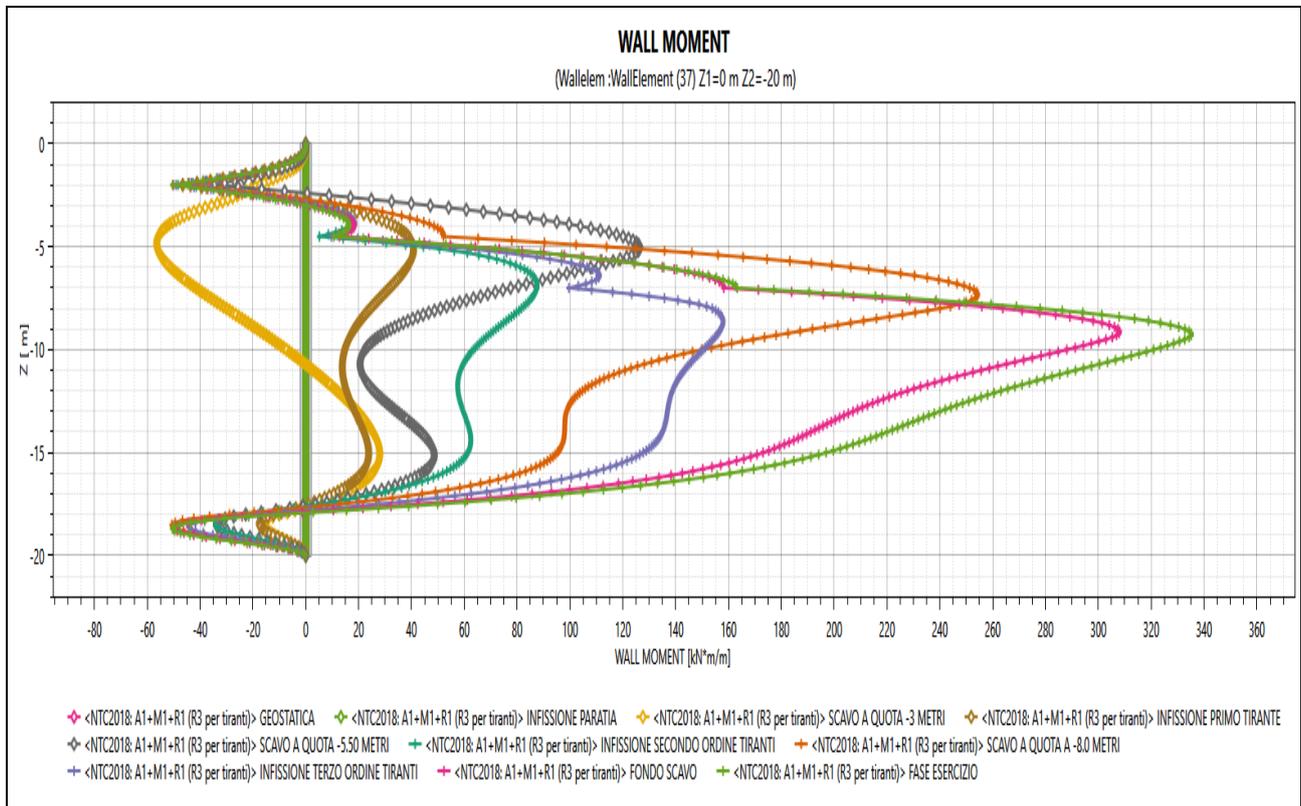


Figura 7 - Momento flettente sulla paratia per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR)

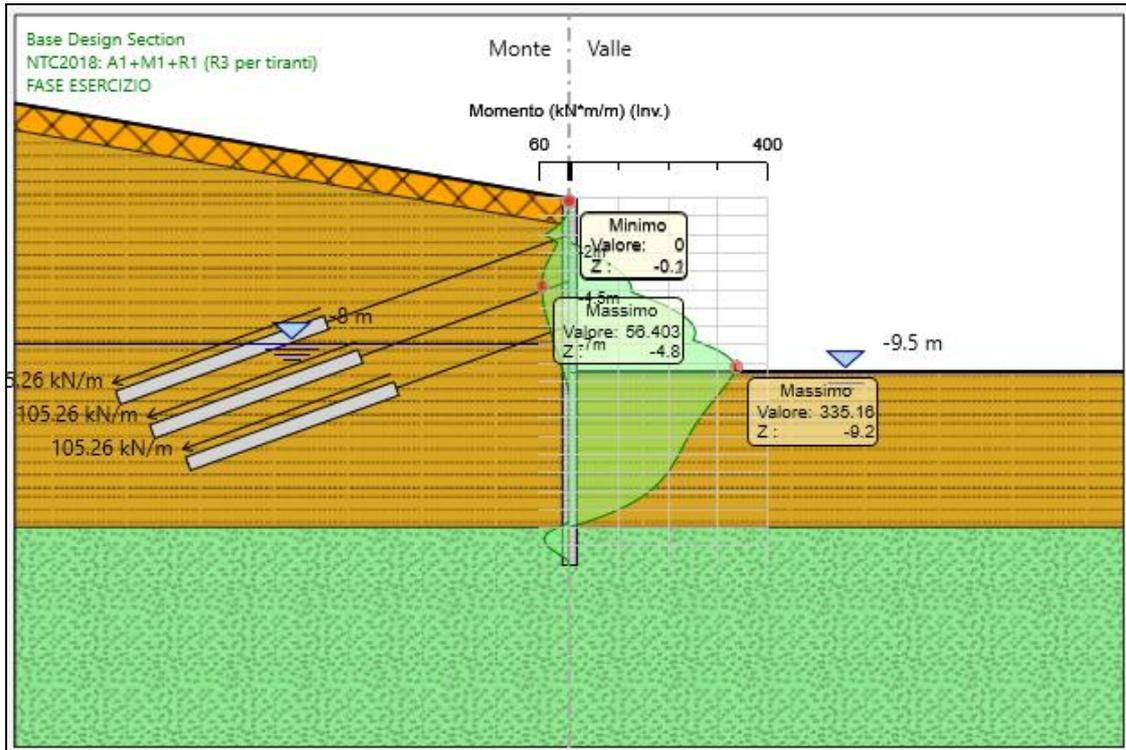


Figura 8 - Involuppo del momento flettente in condizioni statiche (SLU-STR)

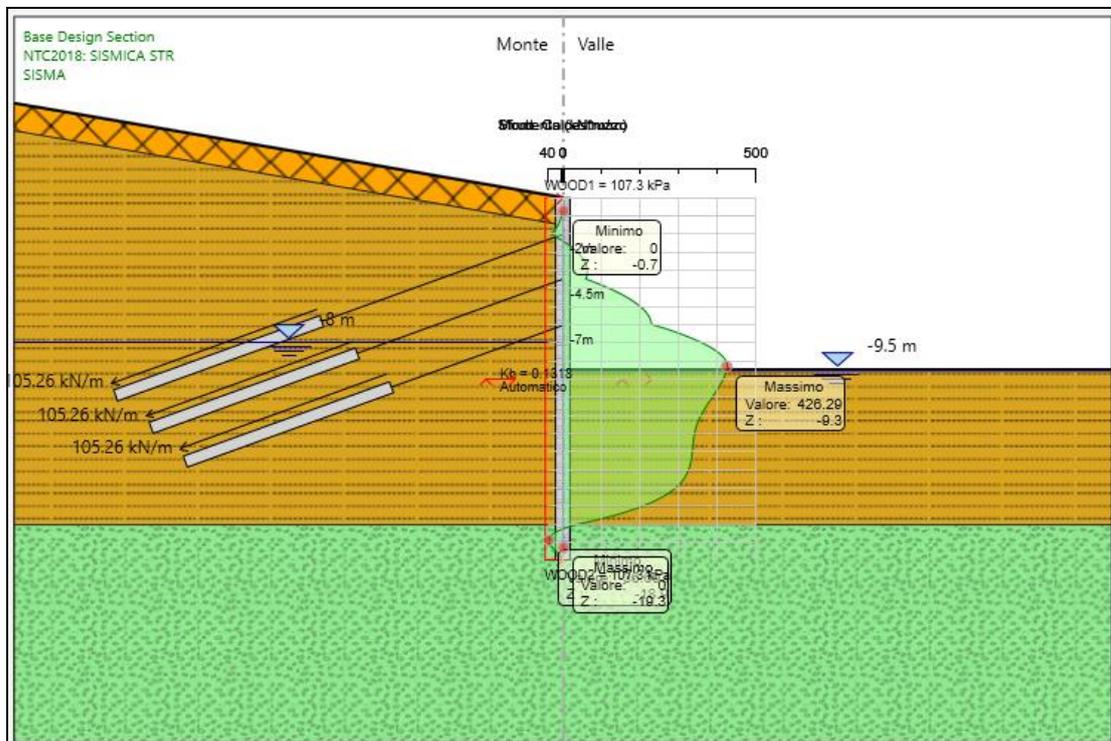


Figura 9 - Momento flettente sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR)

PROGETTAZIONE ATI:

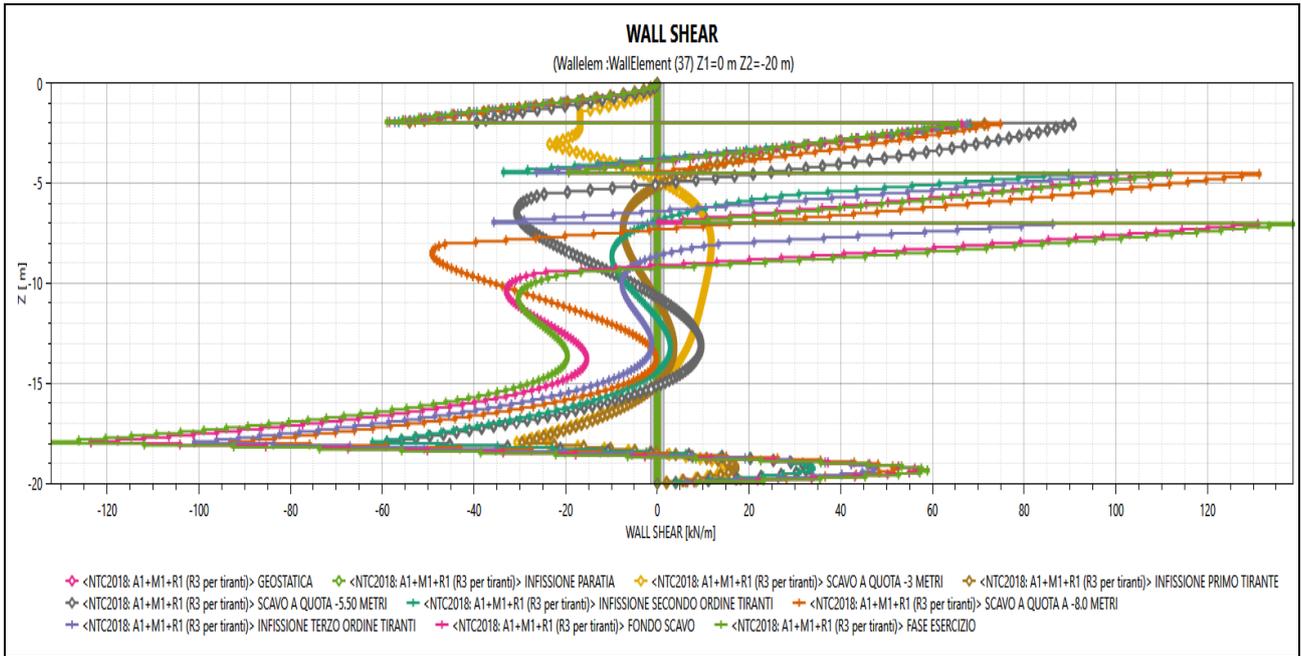


Figura 10 - Sforzo di taglio sulla paratia per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR)

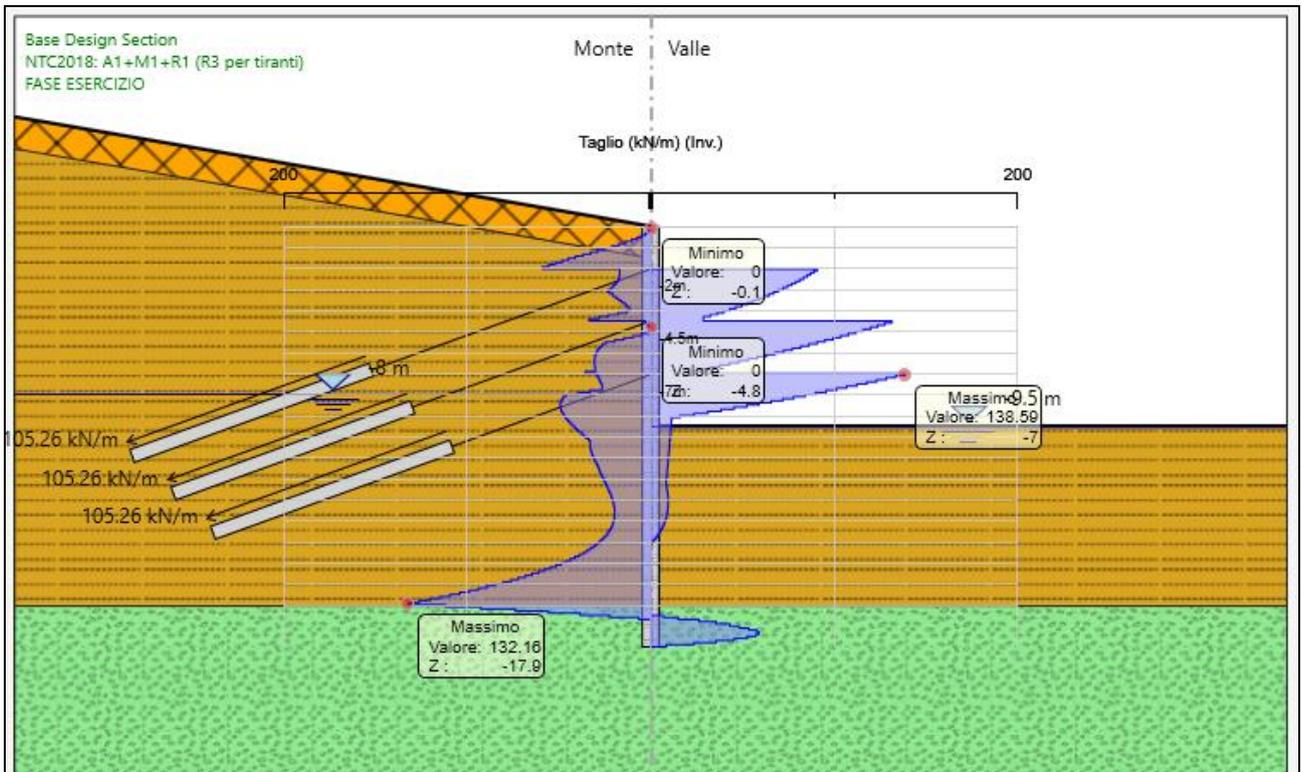


Figura 11 - Involuppo dello sforzo di taglio sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR)

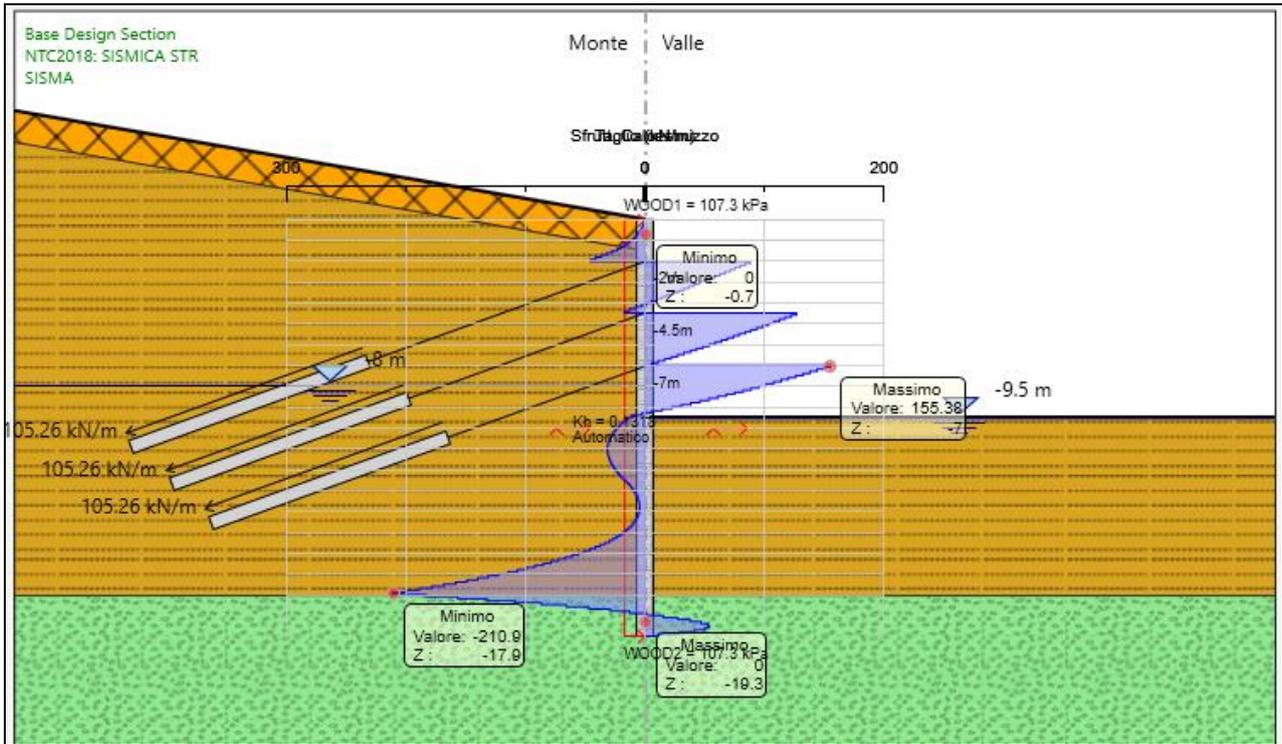


Figura 12 - Sforzo di taglio sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR)

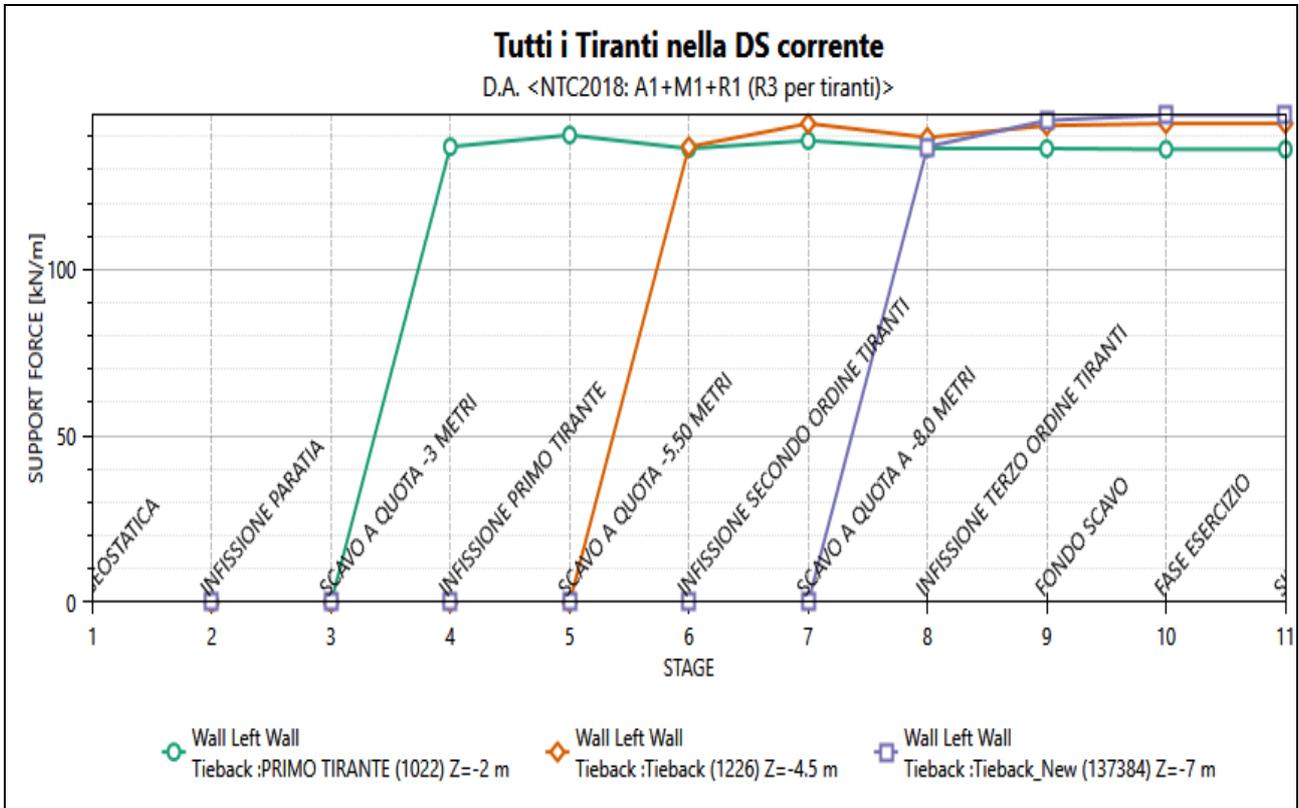


Figura 13 - Tiro nei tiranti per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR)

PROGETTAZIONE ATI:

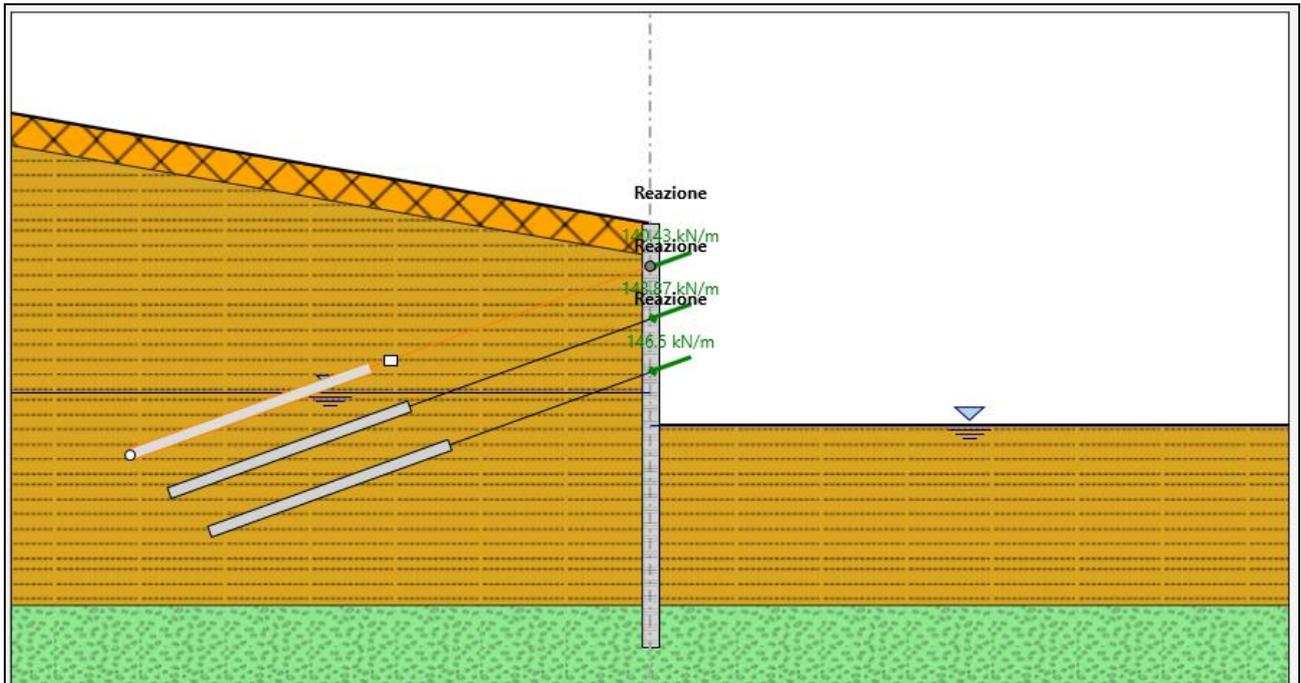


Figura 14 - Involuppo del tiro nei tiranti in condizioni statiche (SLU-STR)

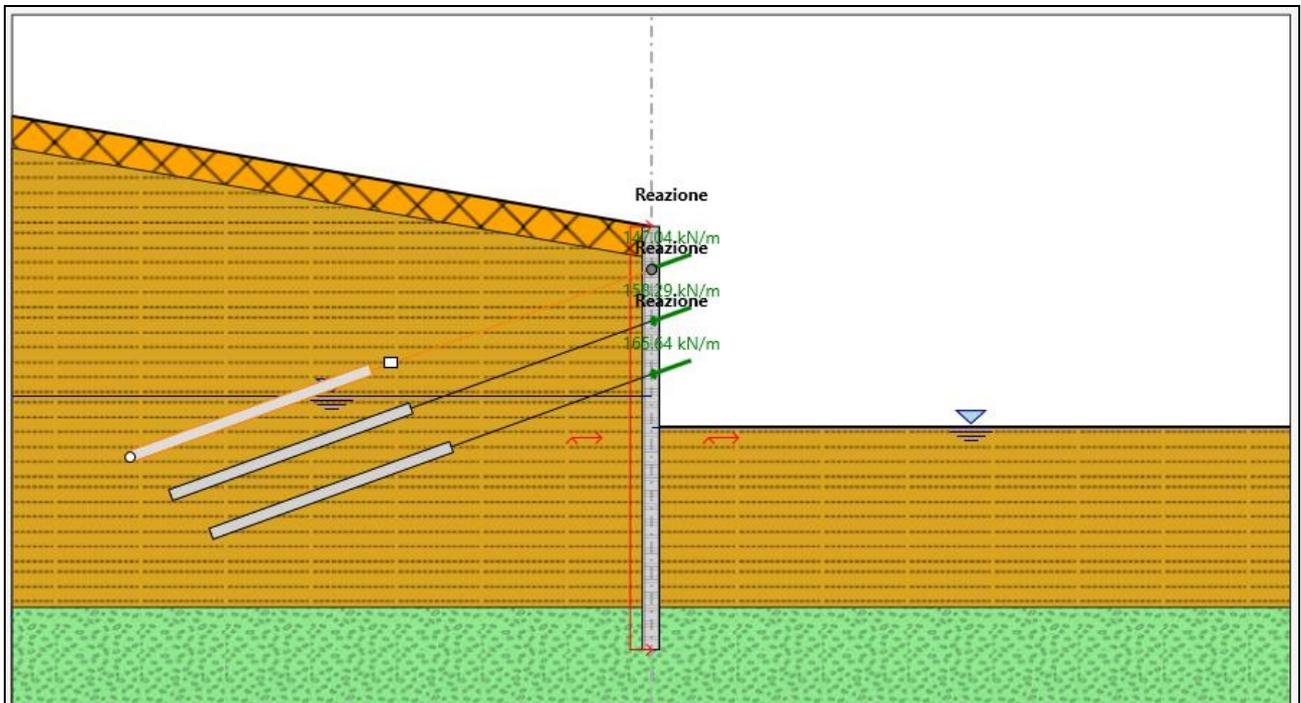


Figura 15 – Sforzo assiale nei tiranti in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR)

In sintesi le tabelle seguenti mostrano:

- Valori massimo e minimo dei momenti flettenti sulla paratia (Tabella 3);
- Valori massimo e minimo degli sforzi di taglio sulla paratia (Tabella 4);
- Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti (Tabella 5).

Condizione di carico	Momento flettente massimi	Momento flettente minimo
(-)	(kN/m*m)	(kN/m*m)
Statica (SLU STR)	335.16	-56.403
Sismica (SLV STR)	426.29	-36.693

Tabella 3 – Valori massimo e minimo del momento flettente sulla paratia

Condizione di carico	Taglio massimo	Taglio minimo
(-)	(kN/m)	(kN/m)
Statica (SLU STR)	138.59	-132.16
Sismica (SLV STR)	155.38	-210.9

Tabella 4 – Valori massimo e minimo di sforzo di taglio sulla paratia

Ordine	D _p	n _{tr}	A _{tr}	L _p	L _a	i	α	Pretensione	Cond.	T _{max}
(-)	(mm)	(-)	(mm ²)	(m)	(m)	(m)	(°)	(kN)	(-)	(kN/m)
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLU STR	140.43
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00		143.87
3.00		4.00		10.00	12.00	2.85	20.00	300.00		146.50
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLV STR	147.04
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00		158.29
3.00		4.00		10.00	12.00	2.85	20.00	300.00		165.64

Tabella 5 – Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti

PROGETTAZIONE ATI:

9 SEZIONI DI CALCOLO 2 ORDINI DI TIRANTI

9.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA STRUTTURA E SOVRACCARICHI

Nella **Tabella 1** sono riportate le caratteristiche geometriche della struttura ed i sovraccarichi.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELL'OPERA E SOVRACCARICHI	
Tipologia	Pali $\phi 800$ passo 0.95 m
Armatura	Armatura Longitudinale: 16 $\phi 20$ Armatura a Taglio: $\phi 12/15$
Altezza totale paratia H	14 m
Altezza di scavo paratia	7.0 m
Ordini di tiranti (n°)	2
Passo orizzontale tiranti	2.85 m
Inclinazione piano campagna a monte	-
Inclinazione piano campagna a valle	-
Sovraccarichi permanenti a monte	-
Sovraccarichi permanenti a valle	-
Sovraccarichi variabili a monte	-
Sovraccarichi variabili a valle	-

Tabella 6 – Caratteristiche geometriche della struttura e sovraccarichi

9.2 MODELLO DI CALCOLO

La Figura 6 mostra il modello di calcolo dell'opera in corrispondenza della Sezione di verifica 2 nella configurazione finale. La quota di falda si trova allivello del fondo scavo.

	Terreni	c' [kPa]	ϕ' [°]
	TERRENO FRANOSO Sabbia / Ghiaia	0	15
	E/C Sabbia / Ghiaia	20	25
	SUB Sabbia / Ghiaia	40	28

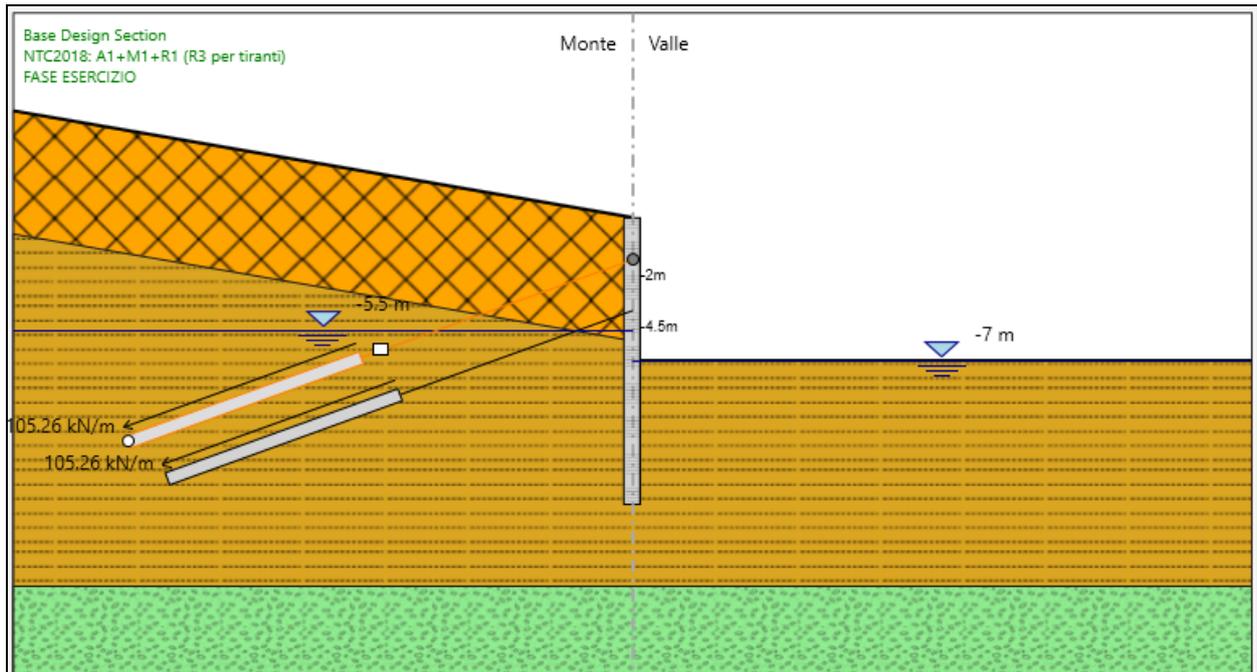


Figura 16 – Modello di calcolo

9.3 FASI DI CALCOLO

Le fasi di calcolo sono le seguenti:

FASI DI CALCOLO
Fase 1 – Step geostatico
Fase 2 – Simulazione della paratia di pali;
Fase 3 – Realizzazione scavo a -3.00 m da piano campagna;
Fase 4 – Installazione del primo ordine di tiranti e pretiro dello stesso;
Fase 5 – Realizzazione scavo a -5.5 m da piano campagna;
Fase 6 – Installazione del secondo ordine di tiranti e pretiro dello stesso;
Fase 7 – Scavo fino alla quota di fondo scavo pari a quota -7.0 m
Fase 8 – Innalzamento della quota di falda a monte nella fase di esercizio
Fase 9 – Applicazione della forza sismica con procedura automatica mediante incremento di spinta valutato secondo la teoria di Wood.

Tabella 7 - Fasi di calcolo.

PROGETTAZIONE ATI:

9.4 RISULTATI

Nelle figure seguenti si riporta:

10. Momento flettente sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 7);
11. Involuppo del momento flettente sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 8);
12. Momento flettente sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Figura 9);
13. Sforzo di taglio sulla paratia in tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 10);
14. Involuppo dello sforzo di taglio sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 11);
15. Sforzo di taglio sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Figura 12);
16. Tiro nei tiranti per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 13);
17. Involuppo dello sforzo assiale sui tiranti in condizioni statiche (SLU-STR) (Figura 14);
18. Sforzo assiale sui tiranti in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR) (Figura 15).

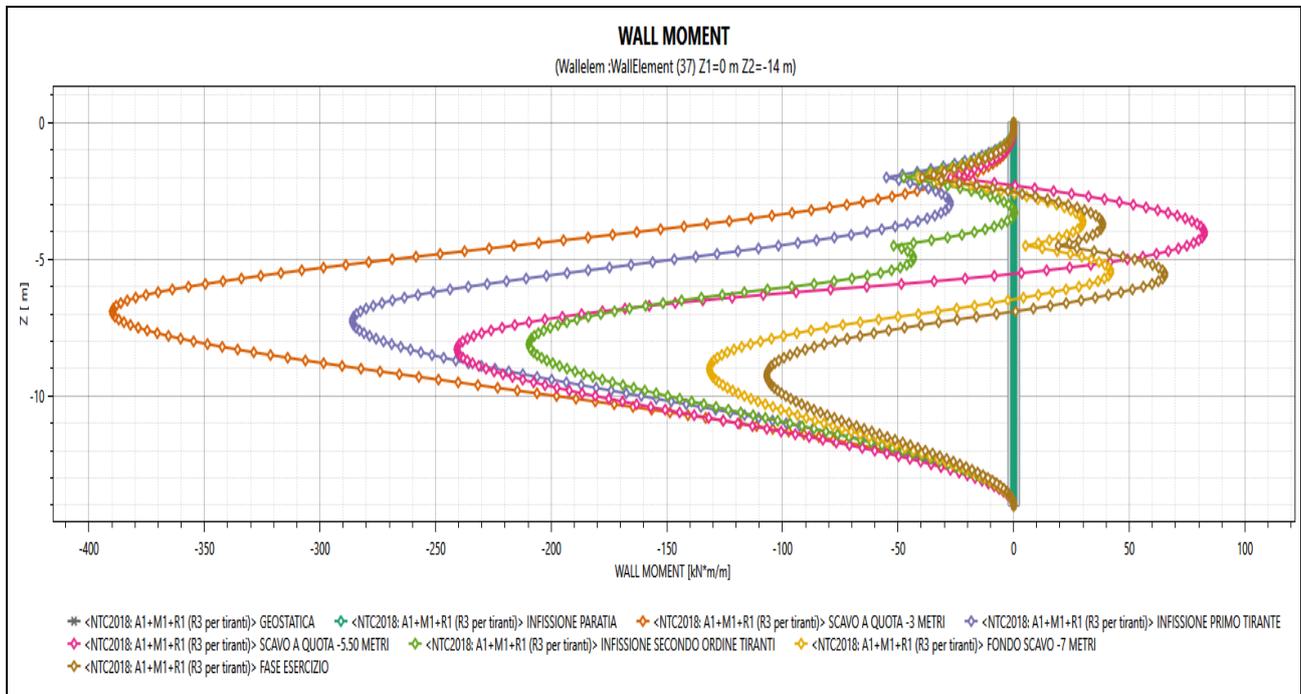


Figura 17 – Momento flettente sulla paratia per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR)

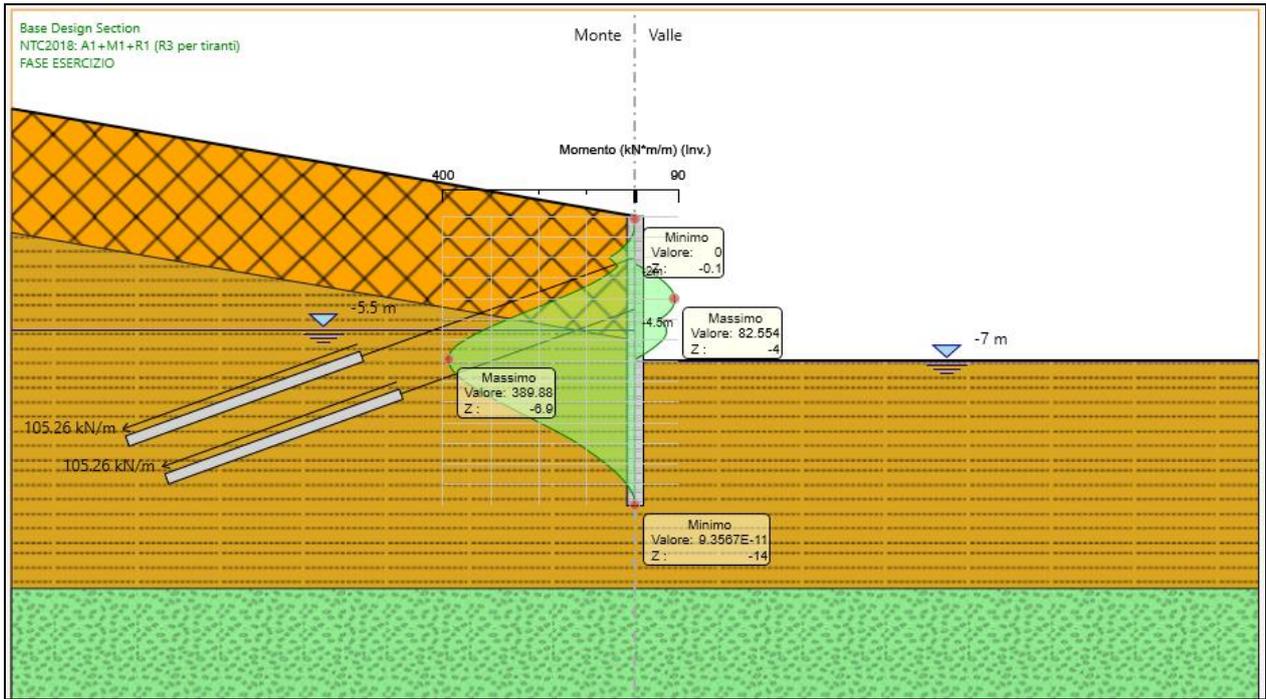


Figura 18 – Involuppo del momento flettente in condizioni statiche (SLU-STR)

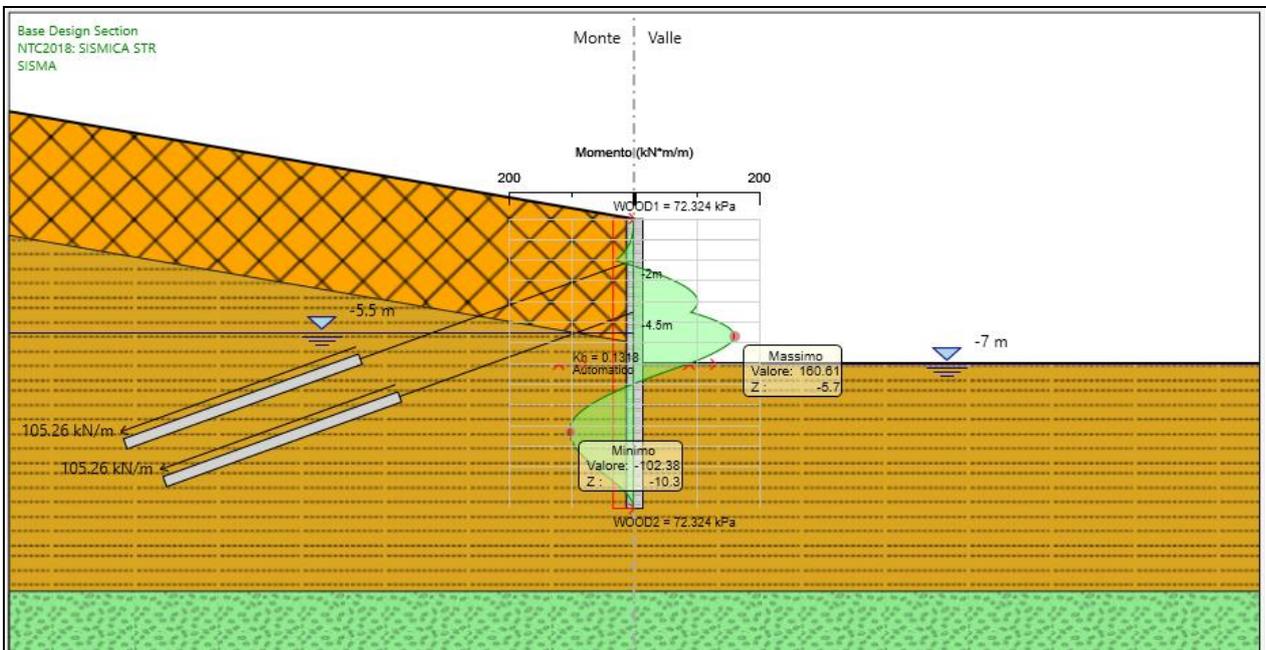


Figura 19 – Momento flettente sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR)

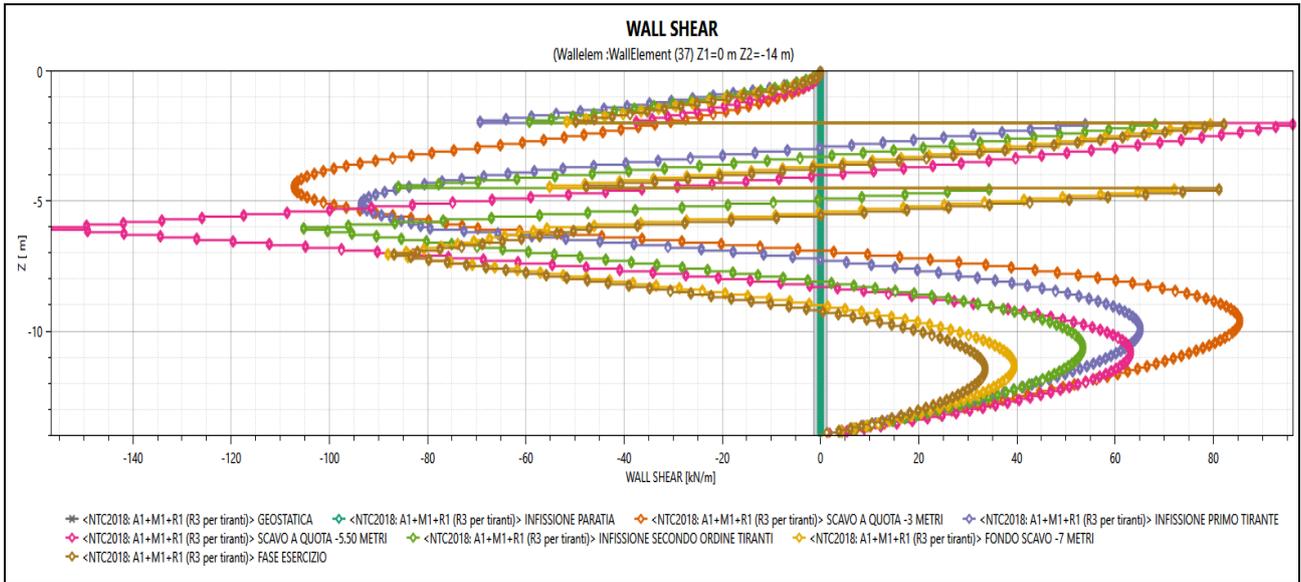


Figura 20 – Sforzo di taglio sulla paratia per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR)

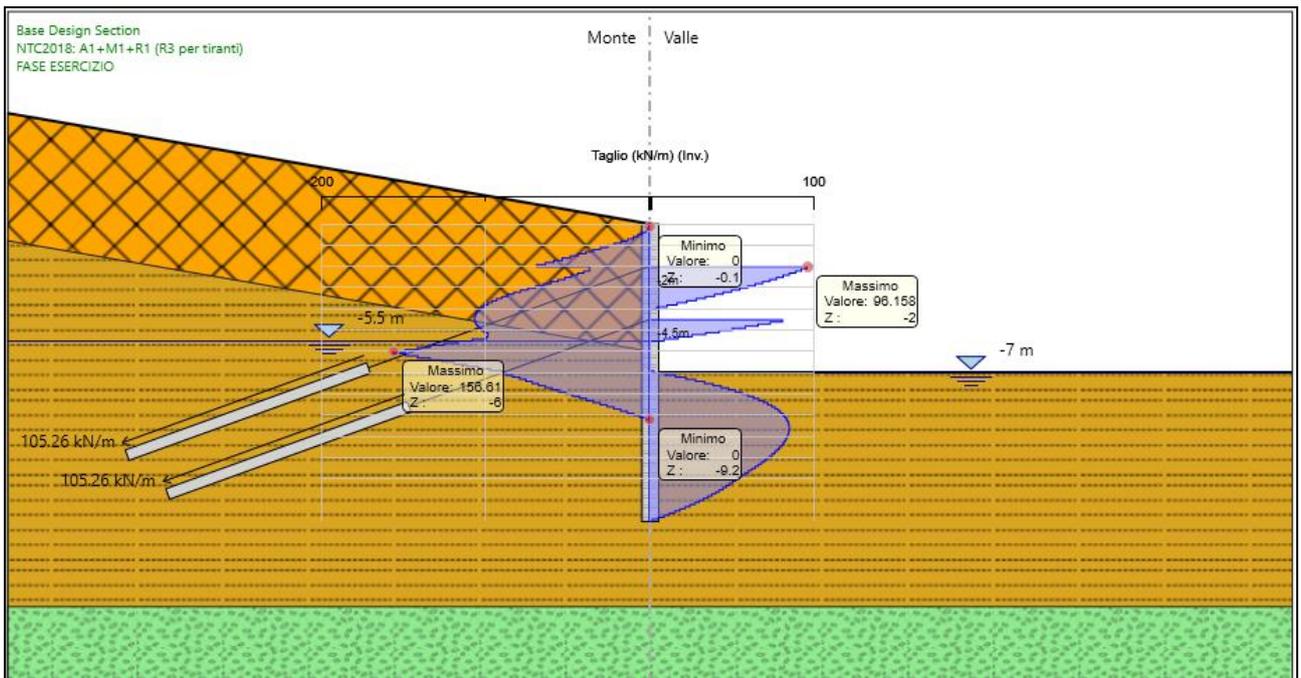


Figura 21 – Involuppo dello sforzo di taglio sulla paratia in condizioni statiche (SLU-STR)

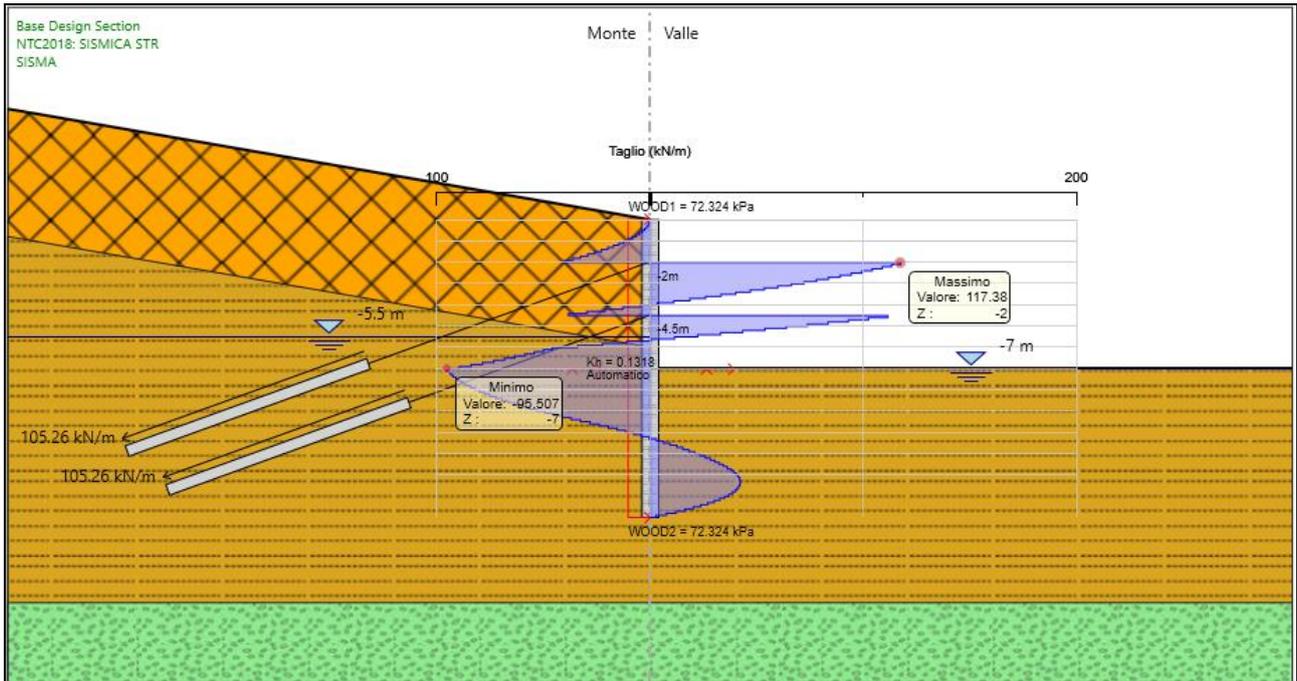


Figura 22 – Sforzo di taglio sulla paratia in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR)

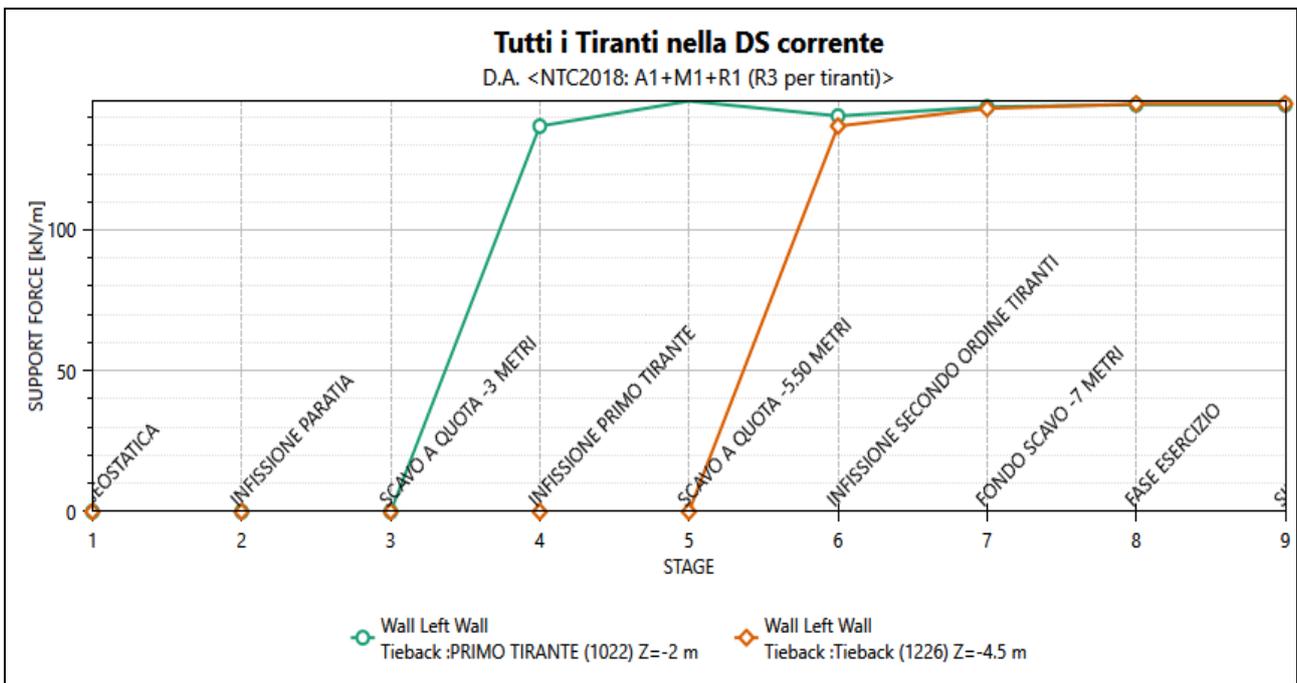


Figura 23 – Tiro nei tiranti per tutte le fasi in condizioni statiche (SLU-STR)

PROGETTAZIONE ATI:

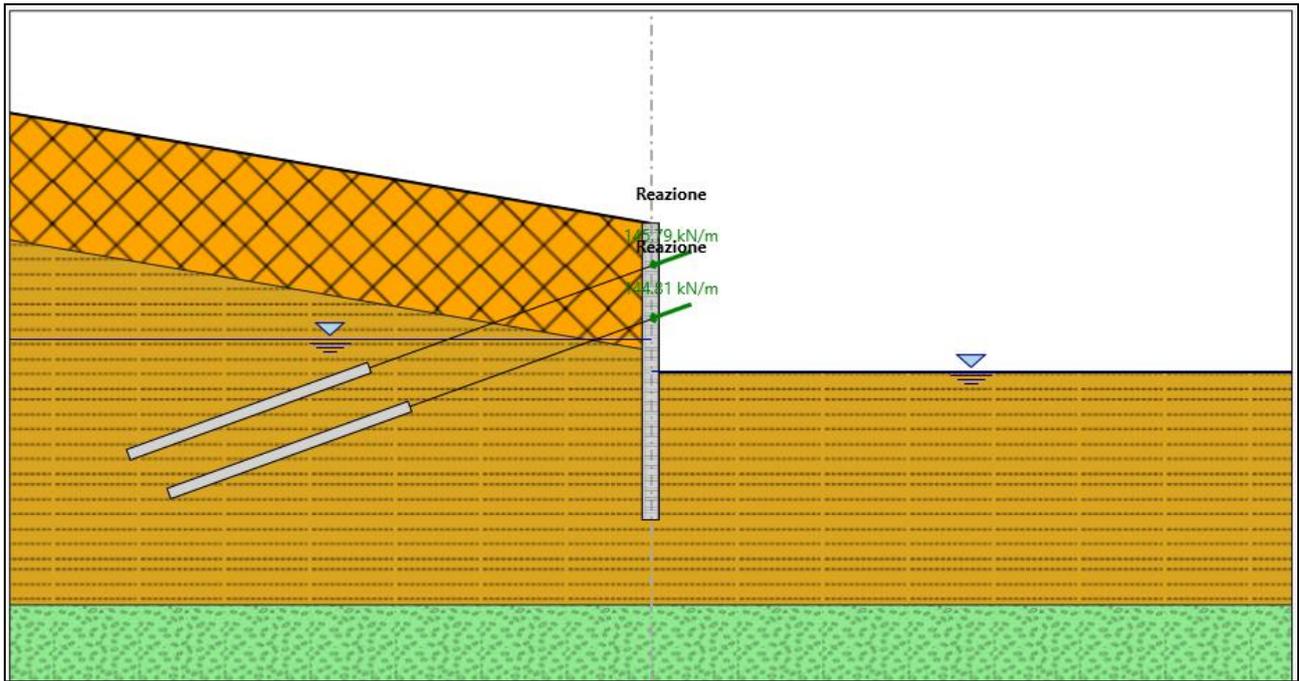


Figura 24 – Involuppo del tiro nei tiranti in condizioni statiche (SLU-STR)

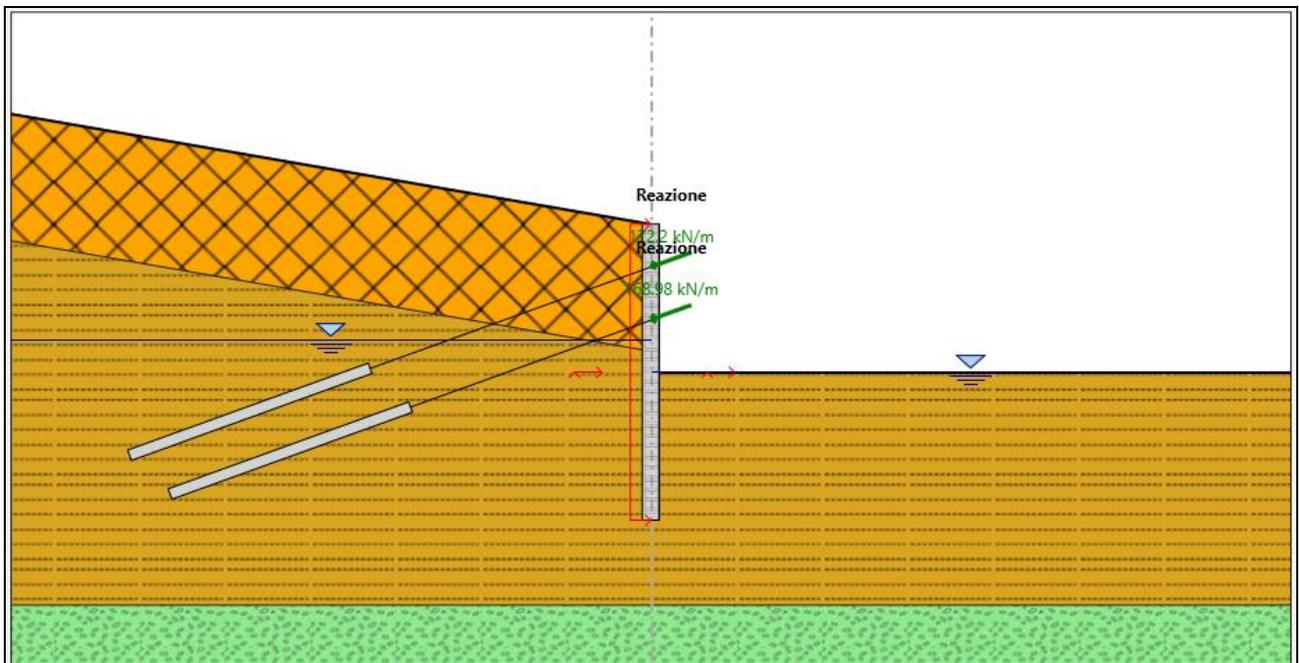


Figura 25 – Sforzo assiale nei tiranti in condizioni sismiche in fase finale (SLV-STR)

PROGETTAZIONE ATI:

In sintesi le tabelle seguenti mostrano:

- Valori massimo e minimo dei momenti flettenti sulla paratia (Tabella 3);
- Valori massimo e minimo degli sforzi di taglio sulla paratia (Tabella 4);
- Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti (Tabella 5).

Condizione di carico	Momento flettente massimi	Momento flettente minimo
(-)	(Kn/m*m)	(Kn/m*m)
Statica (SLU STR)	78.622	-251.06
Sismica (SLV STR)	177.28	-326.13

Tabella 8 – Valori massimo e minimo del momento flettente sulla paratia

Condizione di carico	Taglio massimo	Taglio minimo
(-)	(Kn/m)	(Kn/m)
Statica (SLU STR)	105.96	-138.08
Sismica (SLV STR)	134.08	-215.87

Tabella 9 – Valori massimo e minimo di sforzo di taglio sulla paratia

Ordine	D _p	n _{tr}	A _{tr}	L _p	L _a	i	α	Pretensione	Cond.	T _{max}
(-)	(mm)	(-)	(mm ²)	(m)	(m)	(m)	(°)	(Kn)	(-)	(Kn/m)
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLU	145.79
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00	STR	144.81
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLV	172.2
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00	STR	168.98

Tabella 10 – Valore massimo dello sforzo assiale sui tiranti

PROGETTAZIONE ATI:

10 VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE SEZIONE 3 ORDINI DI TIRANTI

10.1 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO

Le verifiche a flessione e a taglio del palo sono stata effettuata mediante il software RC-SEC della GEOSTRU.

Le verifiche sono state condotte per lo stato limite ultimo e per lo stato limite di salvaguardia della vita rispettivamente per le sezioni con taglio maggiore e le sezioni con momento maggiore.

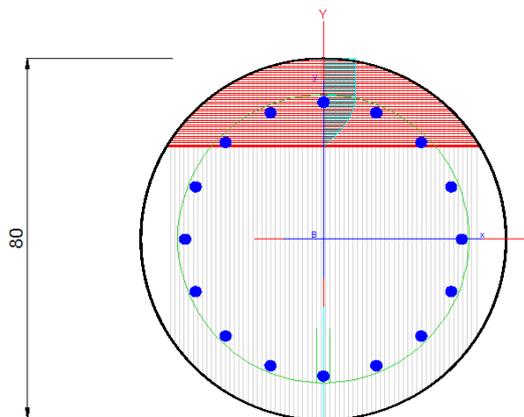
Il palo è stato armato a flessione mediante $16\phi 20$ ed a taglio mediante spirale $\phi 12/15$.

Di seguito sono riportate le verifiche.

	M [kNm]	T [Kn]
T_{max} SLU	238.76	131.66
M_{max} SLU	318.40	43.56
T_{max} SLV	82.20	200.36
M_{max} SLV	404.98	10.72

Tabella 11-Sollecitazioni di calcolo

Nome sezione: PALO FONDAZIONE Comb. n. 4 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 8.7 cm Coprif. netto staffe: 7.5 cm



sezione verificata

Tipo Combinazione	N.Comb.	C. Non Ver.
S.L.U. Comb.Ultime (Calcolo Resistenza)	4	
S.L.E. Comb. Rare (Esercizio)	1	
S.L.E. Comb. Frequenti (Esercizio)	1	
S.L.E. Comb. Quasi Permanenti (Esercizio)	1	

Combinazione N° **4** Combinazione verificata

Resistenza Fless.Composta: Misura sic.=1.37 [OK se > 1.0]

i	Sforzi resistenti	Deform. unit. alla massima
N Res	= 0.09 kN	Def.max Cls =0.0035
Mx Res	= 553.96 kNm	Def.min Cls =-0.0108
Curv.Max	=0.000179210 1/cm	Def.max Fe =0.0018
As tesa	= 34.6 cm²	Def.min Fe =-0.0091
As compr.	= 15.7 cm²	Asse neutro: Y = 20.5 cm
		x/d = 0.00

Taglio (SLU): Misura sicurezza = 0.012 [OK se <= 1.0]

Sforzi Dati/Ultimi	Staffe di Comb.	Staffe Inviluppo
TAGLIO:	As St.= 0.2cm²/m	Astaffe=15.1 cm²/m
Vy = 10.72 kN		Diam.Staffe:Ø12 mm
VSdu = 10.72 kN		Passo Staffe = 15.0 cm
VRcd = 889.79 kN		N° bracci Staffe = 2
VRwd = 810.67 kN		
bw = 66.3 cm		
d = 64.7 cm		

Figura 26-Verifica a flessione e taglio

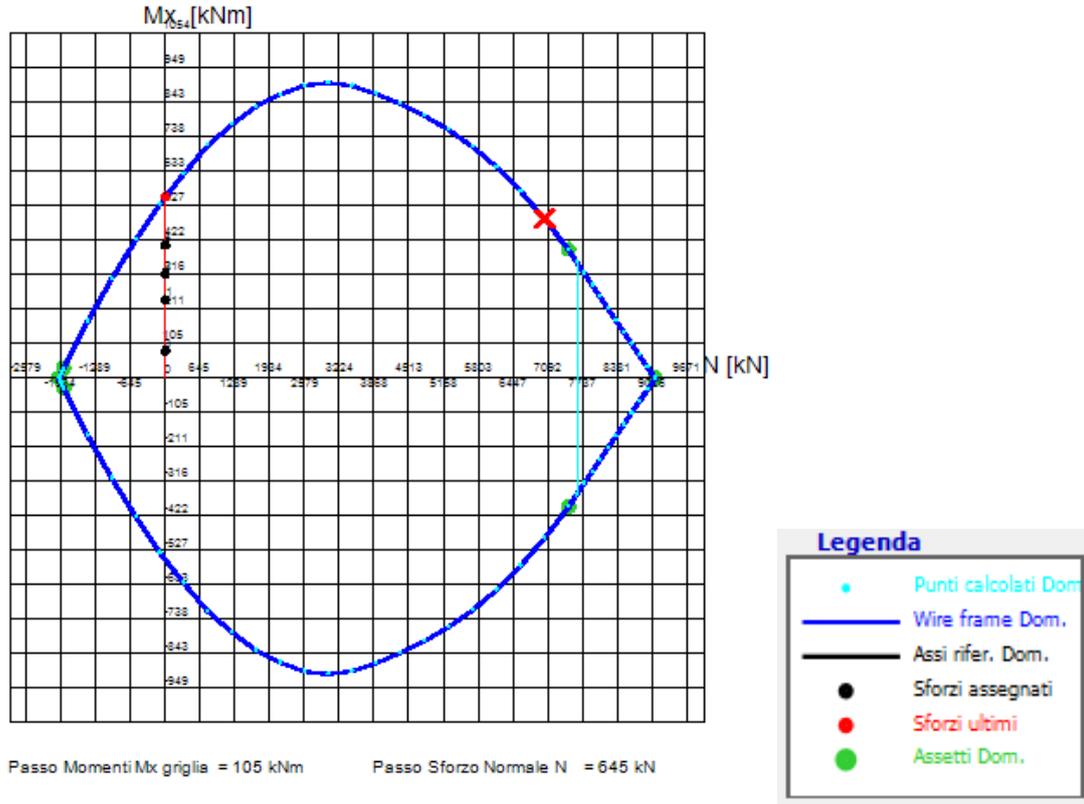


Figura 27-Dominio M-N

10.2 VERIFICHE SLE DEL PALO

Le verifiche a esercizio del palo sono state effettuate mediante il software RC-SEC della GEOSTRU.

Il momento massimo agente allo SLE è pari a 244.93 kNm.

Di seguito si riporta la verifica.

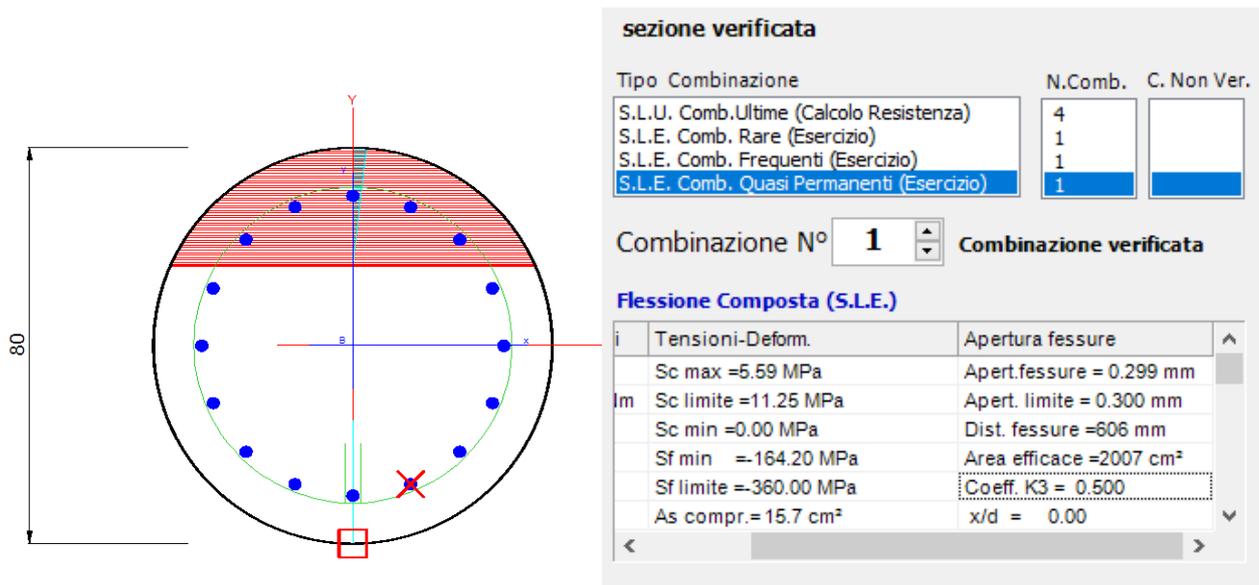


Figura 28-Verifica tensioni di esercizio

10.3 VERIFICHE SUI TIRANTI

Nel prospetto che segue, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli sforzi di calcolo massimi tra le combinazioni statica e sismica. Si sottolinea che la lunghezza libera del tirante, riportata in tabella è da intendersi comprensiva dell'incremento valutato in condizioni sismiche secondo la formulazione (D.M.14/01/2018 nel § 7.11.6.4) funzione della massima accelerazione sismica di progetto.

Ordine	D _p	n _{tr}	A _{tr}	L _p	L _a	i	α	Pretensione	Cond.	T _{max}
(-)	(mm)	(-)	(mm ²)	(m)	(m)	(m)	(°)	(kN)	(-)	(kN/m)
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLU STR	140.43
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00		143.87
3.00		4.00		10.00	12.00	2.85	20.00	300.00		146.50
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLV STR	147.04
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00		158.29
3.00		4.00		10.00	12.00	2.85	20.00	300.00		165.64

Tabella 12- Caratteristiche geometriche dei tiranti e risultati ottenuti dalle analisi

Dove:

- D_p: diametro di perforazione della fondazione del tirante
- N_{tr}: numero di trefoli per tirante
- A_{tr}: area del singolo trefolo
- L_p: lunghezza libera del tirante
- L_a: lunghezza della fondazione del tirante
- l: interasse orizzontale dei tiranti
- α: inclinazione sull' orizzontale del tirante
- N_{s,d}: azione sollecitante sui tiranti

Affinché i tiranti di ancoraggio assolvano al meglio la loro funzione statica di sostegno della parete, è opportuno che il bulbo di fondazione si trovi completamente all'esterno del cuneo di spinta attiva che può nascere a tergo della paratia durante le fasi di costruzione e di esercizio dell'opera.

La geometria del cuneo di spinta attiva nel caso delle paratie multi ancorate può essere determinata secondo vari criteri, nel seguito si fa riferimento allo schema secondo cui il cuneo di spinta è delimitato da una retta inclinata sull'orizzontale di un angolo pari a $(\pi/4 + \varphi/2)$, traslata verso il basso di una quantità pari a $0.1 \cdot H_{\text{Scavo}}$ e traslata verso monte di una quantità pari al massimo tra $0,2 \cdot H_{\text{Scavo}}$ e 1,5 m.

La seguente figura rappresenta graficamente il criterio geometrico adottato per la determinazione del valore minimo del tratto libero d'ancoraggio.

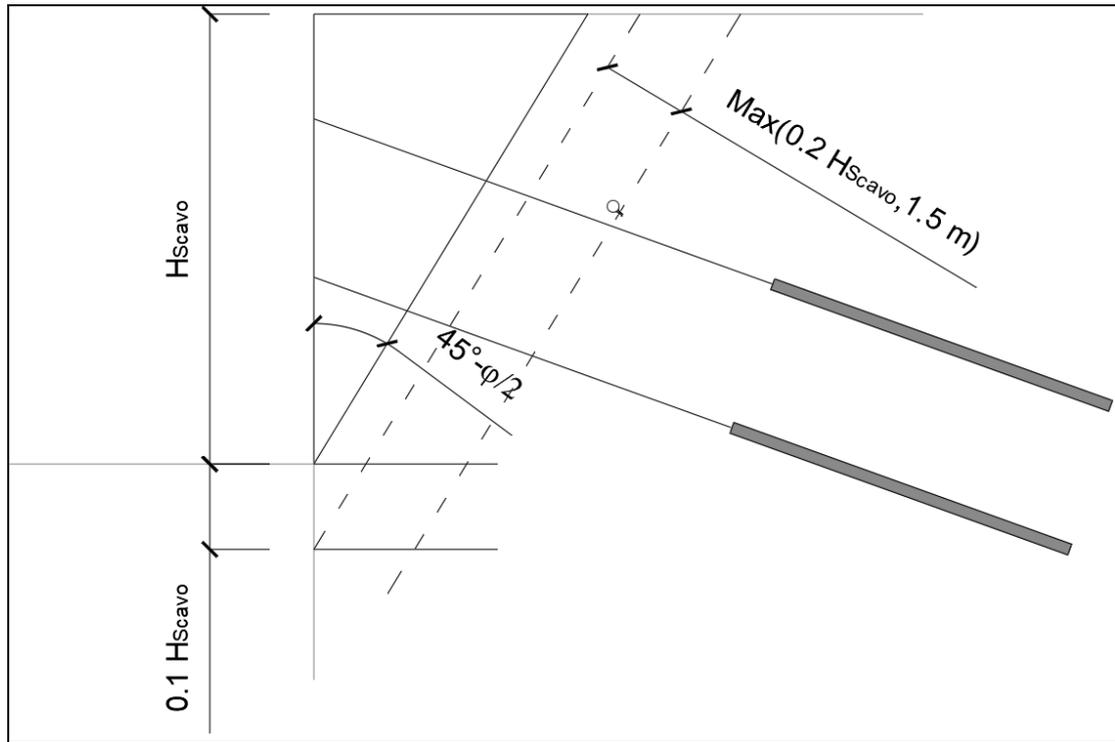


Figura 29 - Criterio per la determinazione del tratto libero d'ancoraggio dei tiranti

Nella

Ordine Tiranti [-]	H [m]	α [°]	φ [°]	Infissione [m]	h_t [m]	a_{max}/g [-]	Lunghezza Libera Cond. Statiche [m]	Lunghezza Libera Cond. Sismiche [m]	Lunghezza Libera di progetto [m]
1	9.5	20	25	10.5	2	0.264	6.596546174	9.208778459	14
2	9.5	20	25	10.5	4.5	0.264	5.220683719	7.288074472	12
3	9.5	20	25	10.5	7	0.264	3.844821265	5.367370485	10

Tabella 13, in funzione del criterio sopra esposto, si riporta la lunghezza libera in condizioni statiche, la lunghezza libera in condizioni sismiche e la lunghezza libera di progetto.

Ordine Tiranti [-]	H [m]	α [°]	φ [°]	Infissione [m]	h_t [m]	a_{max}/g [-]	Lunghezza Libera Cond. Statiche [m]	Lunghezza Libera Cond. Sismiche [m]	Lunghezza Libera di progetto [m]
1	9.5	20	25	10.5	2	0.264	6.596546174	9.208778459	14
2	9.5	20	25	10.5	4.5	0.264	5.220683719	7.288074472	12
3	9.5	20	25	10.5	7	0.264	3.844821265	5.367370485	10

Tabella 13-Sezione-Lunghezza libera tiranti

Dove:

- α rappresenta l'angolo di inclinazione del tirante;
- H rappresenta la profondità di scavo
- h_t rappresenta la profondità di installazione del tirante rispetto al piano campagna.

10.4 VERIFICHE GEOTECNICHE A SFILAMENTO DEI TIRANTI

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 e Viggiani '99. Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto per i tiranti ricadenti nel litotipo E/C un valore caratteristico pari a 150kPa. La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{(\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a)}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

Dove:

- $N_{R,ad}$: la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- D_p : diametro di perforazione della fondazione del tirante;
- α : coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell' ancoraggio e del cotesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.4 in funzione del tipo di iniezione (IRS);
- τ_{ak} : tensione resistente a sfilamento caratteristica dell' interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- L_a : lunghezza della fondazione del tirante;
- $\gamma_{Ra,p}$: coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;
- ξ : è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .
- La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:
- $N_{R,ad} \geq N_{S,d}$
- Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sui tiranti.

Nelle tabelle seguente sono riassunte le verifiche a sfilamento per lo SLU e SLV:

VERIFICA SFILAMENTO BULBO SLU-STR													
Ordine Tiranti [-]	Diametro Perforazione [mm]	Lunghezza Libera Tirante [m]	Lunghezza Bulbo [m]	Interasse [m]	α [-]	τ_{ak} [kPa]	$\gamma_{Ra,p}$ [-]	ξ [-]	$N_{R,ad}$ [kN]	t_{max} [kN/m]	$N_{S,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	140	14	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	140.43	400.2255	0.780	Ns,d < NR,ad VERIFICA SODDISFATTA
2	140	12	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	143.87	410.0295	0.799	Ns,d < NR,ad VERIFICA SODDISFATTA
3	140	10	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	146.5	417.525	0.814	Ns,d < NR,ad VERIFICA SODDISFATTA

Tabella 14 – Verifica resistenza a sfilamento degli ancoraggi SLU

PROGETTAZIONE ATI:

VERIFICA SFILAMENTO BULBO SLV-STR													
Ordine Titanti [-]	Diametro Perforazione [mm]	Lunghezza Libera Tirante [m]	Lunghezza Bulbo [m]	Interasse [m]	α [-]	τ_{ak} [kPa]	$\gamma_{Ra,p}$ [-]	ξ [-]	$N_{R,ad}$ [kN]	t_{max} [kN/m]	$N_{s,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	140	14	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	147.04	419.064	0.817	$N_{s,d} < N_{R,ad}$ VERIFICA SODDISFATTA
2	140	12	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	158.29	451.1265	0.879	$N_{s,d} < N_{R,ad}$ VERIFICA SODDISFATTA
3	140	10	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	165.64	472.074	0.920	$N_{s,d} < N_{R,ad}$ VERIFICA SODDISFATTA

Tabella 15-Verifica resistenza a sfilamento degli ancoraggi SLV

10.5 VERIFICHE A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO

La resistenza a sfilamento malta-acciaio, può essere calcolata con l'espressione seguente:

$$R_{sd} = \pi \cdot d \cdot L_s \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \tau_{CLS}$$

Dove:

- d rappresenta la somma dei diametri dei fili, trefoli, barre contenuti in unica guaina o perforazione;
- γ rappresenta un coefficiente correttivo dipendente dallo stato delle superfici e dall'eventuale presenza di dispositivi di ancoraggio profondi;
- δ rappresenta un coefficiente correttivo dipendente dal numero di tiranti elementari contenuti in ciascuna guaina o perforazione;
- L_s rappresenta la lunghezza di ancoraggio;
- τ_{CLS} rappresenta la resistenza tangenziale della malta.

Il valore di γ può essere ricavato mediante la tabella seguente.

TIPOLOGIA	γ
filo liscio, trefoli compatti, puliti allo stato naturale	1,3
trefolo normale o barre corrugate pulite allo stato naturale	2
fili lisci, barre lisce, trefoli compatti, unti o verniciati	0,75 - 0,85
fili lisci con ringrossi o "compression grip" alla estremità profonda, barre lisce con dado e rondella alla estremità profonda	1,7
trefoli normali con "compression grip" alla estremità profonda	2,5

Tabella 16-Valori del coefficiente correttivo γ

Il valore di δ dipendente da n (numero dei trefoli) può essere valutato mediante la tabella seguente.

n	1	2	3	4
δ	1	0,8	0,6	0,5

Tabella 17-Valori del coefficiente correttivo δ

Nel caso in esame, avendo trefoli normali γ assume valore pari a 2.

Di seguito si riportano i risultati della verifica a sfilamento malta-acciaio.

VERIFICA A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO												
Ordine Tiranti [-]	Tipo Malta [-]	τ _{CLS} [N/mm ²]	Tipo Trefolo [-]	Numero Trefoli [-]	d [mm]	L _s [m]	γ [-]	δ [-]	R _{sd} [kN]	N _{s,d} [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	400.23	0.10	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta
2	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	410.03	0.11	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta
3	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	417.53	0.11	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta

Tabella 18-Verifica a sfilamento malta-acciaio SLU

VERIFICA A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO												
Ordine Tiranti [-]	Tipo Malta [-]	τ _{CLS} [N/mm ²]	Tipo Trefolo [-]	Numero Trefoli [-]	d [mm]	L _s [m]	γ [-]	δ [-]	R _{sd} [kN]	N _{s,d} [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	419.06	0.11	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta
2	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	451.13	0.12	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta
3	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	472.07	0.12	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta

Tabella 19-Verifica a sfilamento malta-acciaio SLV

10.6 VERIFICHE STRUTTURALI A ROTTURA DEI TIRANTI

La resistenza a trazione dei tiranti viene valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{tr} \cdot n_{tr}}{\gamma_s}$$

Dove:

- N_{R,pd}: la resistenza a rottura per trazione;
- f_{p(1)k}: la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;
- A_{tr}: area del singolo trefolo;
- n_{tr}: numero di trefoli per singolo tirante;
- γ_s: coefficiente parziale dell'acciaio;

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

PROGETTAZIONE ATI:

Dove $N_{s,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sul tirante.

Nelle tabelle seguenti è riportata la verifica a rottura per trazione del tirante per SLU ed SLV:

VERIFICA A ROTTURA PER TRAZIONE SLU-STR											
Ordine Tiranti [-]	Tipo Trefolo [-]	Area Trefolo [mm ²]	Numero Trefoli [-]	Area Totale Trefoli [mm ²]	$f_{p(1\%),k}$ [MPa]	γ_s [-]	$N_{R,pk}$ [kN]	$N_{R,pd}$ [kN]	$N_{s,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	400.23	0.50	NR,pd>Ns,d Verifica Superata
2	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	410.03	0.51	NR,pd>Ns,d Verifica Superata
3	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	417.53	0.52	NR,pd>Ns,d Verifica Superata

Tabella 20 – Verifiche resistenza a trazione dei tiranti SLU

VERIFICA A ROTTURA PER TRAZIONE SLV-STR											
Ordine Tiranti [-]	Tipo Trefolo [-]	Area Trefolo [mm ²]	Numero Trefoli [-]	Area Totale Trefoli [mm ²]	$f_{p(1\%),k}$ [MPa]	γ_s [-]	$N_{R,pk}$ [kN]	$N_{R,pd}$ [kN]	$N_{s,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	419.06	0.52	NR,pd>Ns,d Verifica Superata
2	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	451.13	0.56	NR,pd>Ns,d Verifica Superata
3	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	472.07	0.58	NR,pd>Ns,d Verifica Superata

Tabella 21-Verifiche Resistenza a trazione dei tiranti SLV

10.7 VERIFICHE DI GERARCHIA DELLE RESISTENZE

Per quanto riguarda i tiranti a trefoli, con riferimento al criterio della gerarchia delle resistenze e quid evitare rotture di tipo fragile, la circolare 21 gennaio 2019, al paragrafo C6.6.2 impone che, quando l'armatura è realizzata mediante trefoli di acciaio armonico, la resistenza a snervamento dell'armatura sia sempre maggiore della resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. In tutti i casi la verifica risulta sempre soddisfatta perché dai risultati si evince che $N_{R,pd} > N_{R,ad}$.

VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE			
Ordine Tiranti [-]	$N_{R,pd}$ [kN]	$N_{R,ad}$ [kN]	VERIFICA
1	807.41	513.127	$N_{R,pd} > N_{R,ad}$ Verifica Superata
2	807.41	513.127	$N_{R,pd} > N_{R,ad}$ Verifica Superata
3	807.41	513.127	$N_{R,pk} > N_{R,ak}$ Verifica Superata

Tabella 22 – Verifica di gerarchia delle resistenze

10.8 VERIFICHE STRUTTURALI SULLA TRAVE DI RIPARTIZIONE DEI TIRANTI

Per la ripartizione sulla paratia dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono state utilizzate coppie di profilati metallici del tipo HEB180 (acciaio S275).

La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su infiniti appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, uguale all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi.

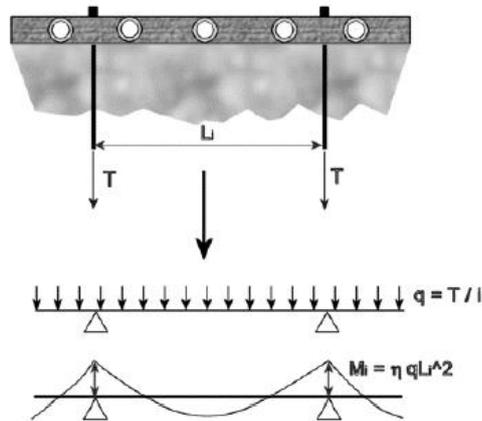


Figura 30 - Trave di ripartizione: schema statico

Le sollecitazioni sulla trave si determinano considerando lo schema di trave su infiniti appoggi:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{10} \quad V = 0.6 \cdot q \cdot L$$

essendo:

- L = luce della campata, ovvero interasse tra i tiranti
- tmax = reazione del tirante a metro lineare

Di seguito vengono riportate le tabelle con le verifiche delle travi di ripartizioni per SLU ed SLV.

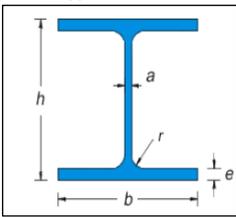
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLU-STR								
Materiale S275 -								
f_{yk}	275	N/mm ²	f_{yd}	261.90	N/mm ²			
f_{tk}	430	N/mm ²						
Y_{M0}	1.05	-						
Y_{M1}	1.05	-						
Profilo HEB180			Proprietà Sezione					
			a	8.5	mm	J_x	3831	cm ⁴
			b	180	mm	J_y	1363	cm ⁴
			e	14	mm	$W_{el,x}$	425.7	cm ³
			r	15	mm	$W_{el,y}$	151.4	cm ³
			h	180	mm	$W_{pl,x}$	686.9504	cm ³
			Area	65.25	cm ²	$W_{pl,y}$	231.0135	cm ³
			Peso	51.2	kg/m			
VERIFICHE SEZIONI:								
TAGLIO								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V_{ed} [kN]	A_v [cm ²]	$V_{C,Rd}$ [kN]	FS [-]			
1	SLU-STR	120.07	20.24	306.05	0.39	$V_{C,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLU-STR	123.01	20.24	306.05	0.40	$V_{C,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
3	SLU-STR	125.26	20.24	306.05	0.41	$V_{C,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
NB: con $V_{ed} \leq 0.5V_{C,Rd}$ la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione								
MOMENTO FLETTENTE								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M_{ed} [kNm]	$W_{el,x}$ [cm ³]	$M_{C,Rd}$ [kNm]	FS [-]			
1	SLU-STR	57.03	425.70	111.49	0.51	$M_{C,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLU-STR	58.43	425.70	111.49	0.52	$M_{C,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	
3	SLU-STR	59.50	425.70	111.49	0.53	$M_{C,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	

Tabella 23-Verifica Trave di Ripartizione SLU

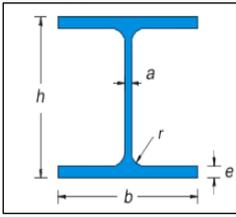
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLV-STR								
Materiale S275 -								
f_{yk}	275	N/mm ²	f_{yd}	261.90	N/mm ²			
f_{tk}	430	N/mm ²						
Y_{M0}	1.05	-						
Y_{M1}	1.05	-						
Profilo HEB180			Proprietà Sezione					
			a	8.5	mm	J_x	3831	cm ⁴
			b	180	mm	J_y	1363	cm ⁴
			e	14	mm	$W_{el,x}$	425.7	cm ³
			r	15	mm	$W_{el,y}$	151.4	cm ³
			h	180	mm	$W_{pl,x}$	686.9504	cm ³
			Area	65.25	cm ²	$W_{pl,y}$	231.0135	cm ³
			Peso	51.2	kg/m			
VERIFICHE SEZIONI:								
TAGLIO								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V_{ed} [kN]	A_v [cm ²]	$V_{C,Rd}$ [kN]	FS [-]			
1	SLV-STR	125.72	20.24	306.05	0.41	$V_{C,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLV-STR	135.34	20.24	306.05	0.44	$V_{C,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
3	SLV-STR	141.62	20.24	306.05	0.46	$V_{C,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
NB: con $V_{ed} \leq 0.5V_{C,Rd}$ la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione								
MOMENTO FLETTENTE								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M_{ed} [kNm]	$W_{el,x}$ [cm ³]	$M_{C,Rd}$ [kNm]	FS [-]			
1	SLV-STR	59.72	425.70	111.49	0.54	$M_{C,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLV-STR	64.29	425.70	111.49	0.58	$M_{C,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	
3	SLV-STR	67.27	425.70	111.49	0.60	$M_{C,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	

Tabella 24-Verifica Trave di Ripartizione SLV

PROGETTAZIONE ATI:

10.9 VERIFICA DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE

La profondità d'infiissione della paratia nel terreno è stata definita in modo da assicurare un idoneo incastro nei confronti delle spinte orizzontali.

Nel calcolo dell'opera effettuato agli Stati Limite Ultimi, l'avvenuta convergenza del calcolo all'ultimo step di calcolo già garantisce di per sé la stabilità dell'opera nei riguardi della deformazione rotazionale della paratia:

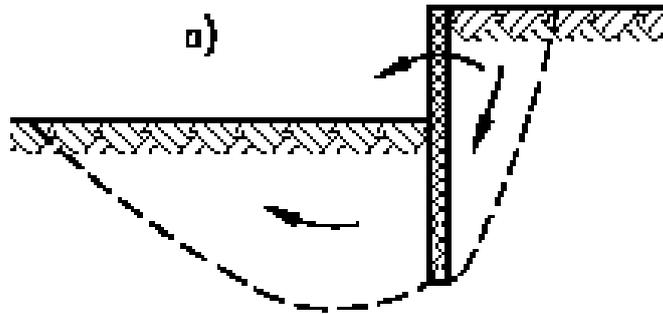


Figura 31 - Meccanismo di collasso

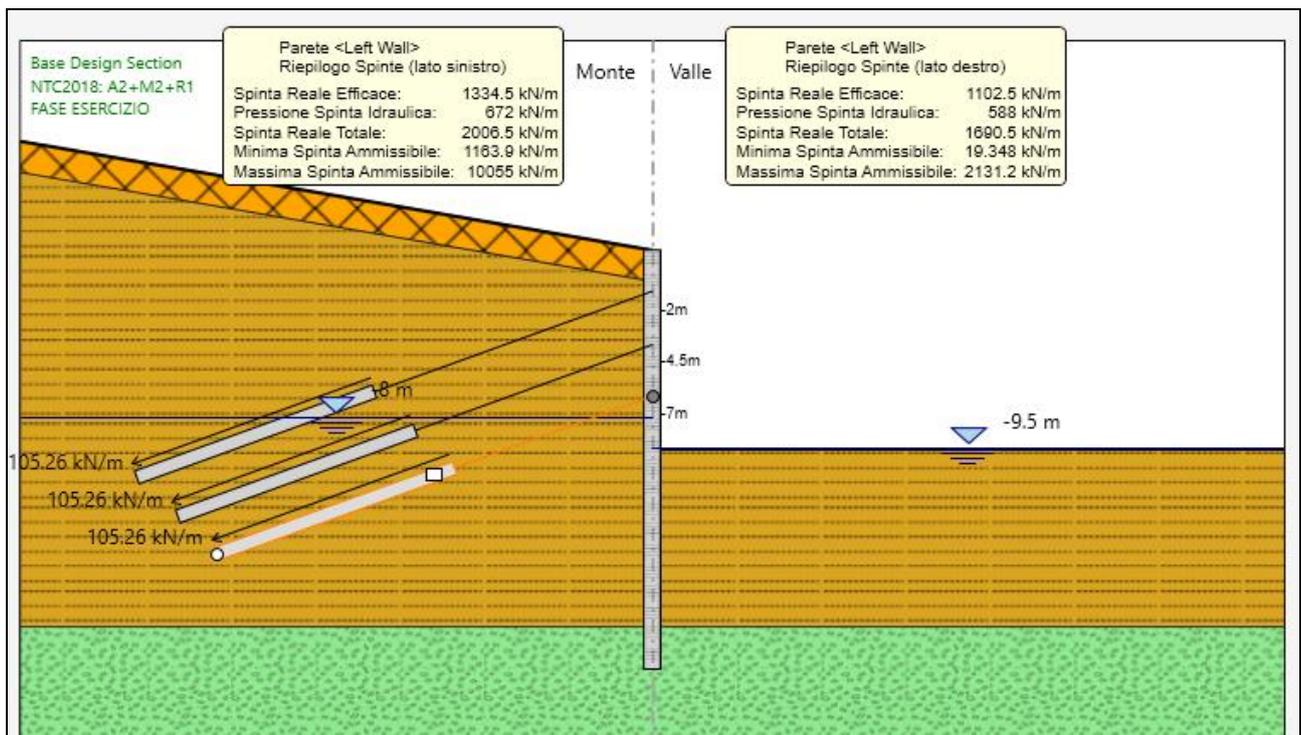


Figura 32 - Mobilitazione spinte- SLU GEO

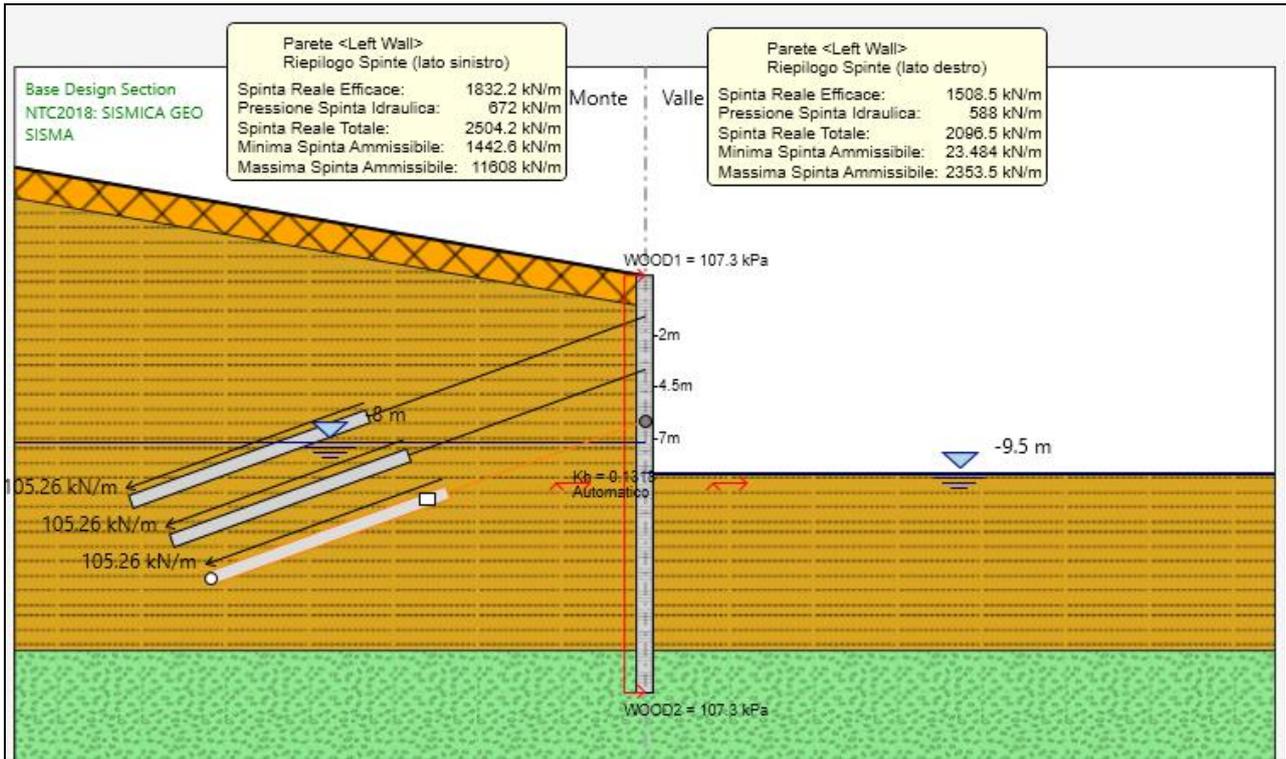


Figura 33 - Mobilitazione spinte- SLV GEO

Condizione	FASE	S_{eff}	S_{pass}	S_{eff}/S_{pass}
SLU GEO	10	1102.5	2131.2	0.52
SLV GEO	11	1508.5	2353.5	0.64

Tabella 25 – Risultati delle analisi di verifica della profondità di infissione

10.10 VERIFICA DI STABILITÀ

Al fine di verificare l'adeguatezza dell'intervento progettato, sono state eseguite le opportune verifiche di stabilità:

- Globale: in relazione alle condizioni generali del versante, si è individuando il meccanismo di collasso che coinvolge il sistema terreno - opera di sostegno provvisoria.

La verifica è stata svolta utilizzando il metodo di Bishop semplificato e considerando una griglia di centri fitta per avere maggiore precisione e determinata nelle proprietà di analisi della stabilità.

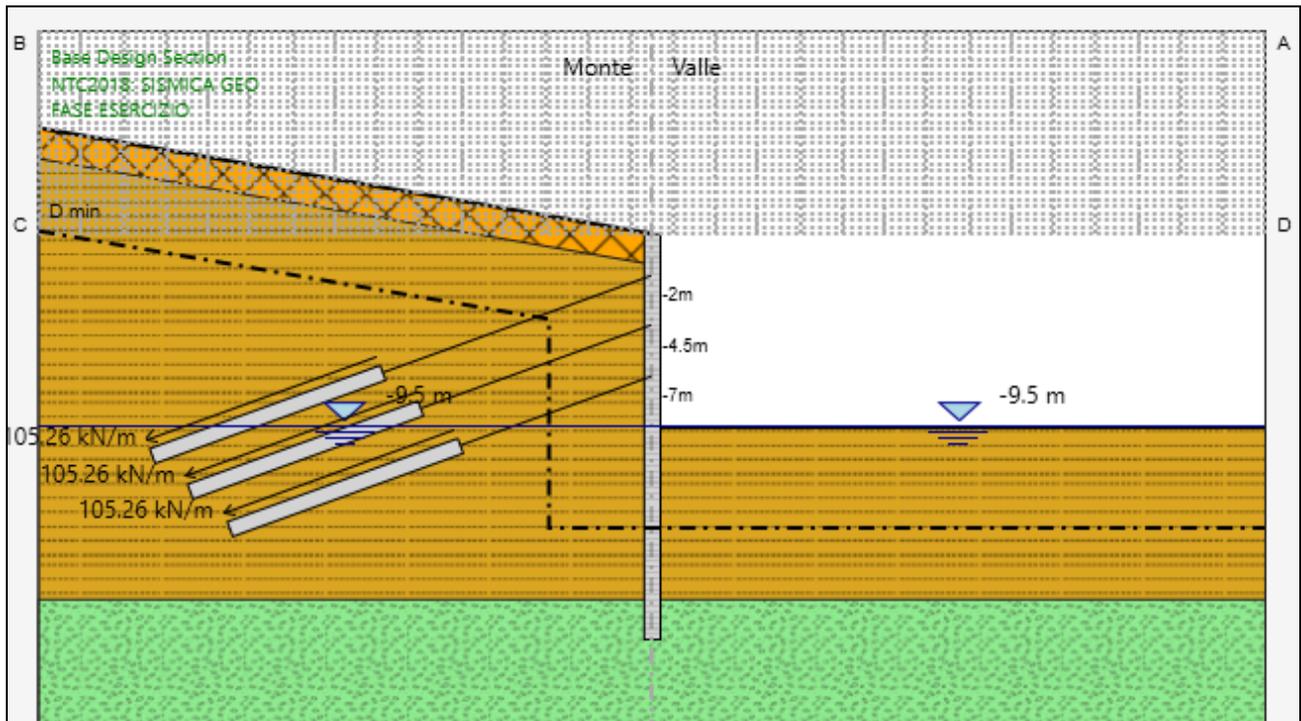


Figura 34-Griglia dei centri per la determinazione delle superfici di scorrimento

Il metodo di Bishop semplificato è il più diffuso ed utilizzato fra i metodi delle strisce; appartiene alla famiglia dei metodi all'equilibrio limite e si basa sull'individuazione di una porzione di terreno instabile mobilitata lungo una potenziale superficie di scorrimento.

Questo metodo è caratterizzato dall'ipotesi semplificativa per la quale per ogni concio la risultante delle componenti nella direzione verticale delle forze agenti sulle facce laterali è nulla.

Il coefficiente di sicurezza che si ottiene corrisponde alla superficie di scorrimento potenziale critica e viene determinato per tentativi.

Inoltre nel caso di stabilità in presenza di sisma, come indicato al paragrafo 7.11.4, per fronti di scavo e rilevati si assume un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.38 per SLV.

10.10.1 GLOBALE

Nella verifica di stabilità globale, le condizioni indagate sono relative alla situazione di scavo provvisorio per il raggiungimento del fondo scavo sia in fase statica che in fase sismica. Di seguito si presentano i risultati delle analisi, mentre i modelli di calcolo sono i medesimi utilizzati per i calcoli strutturali e geotecnici della paratia:

Condizioni Statiche

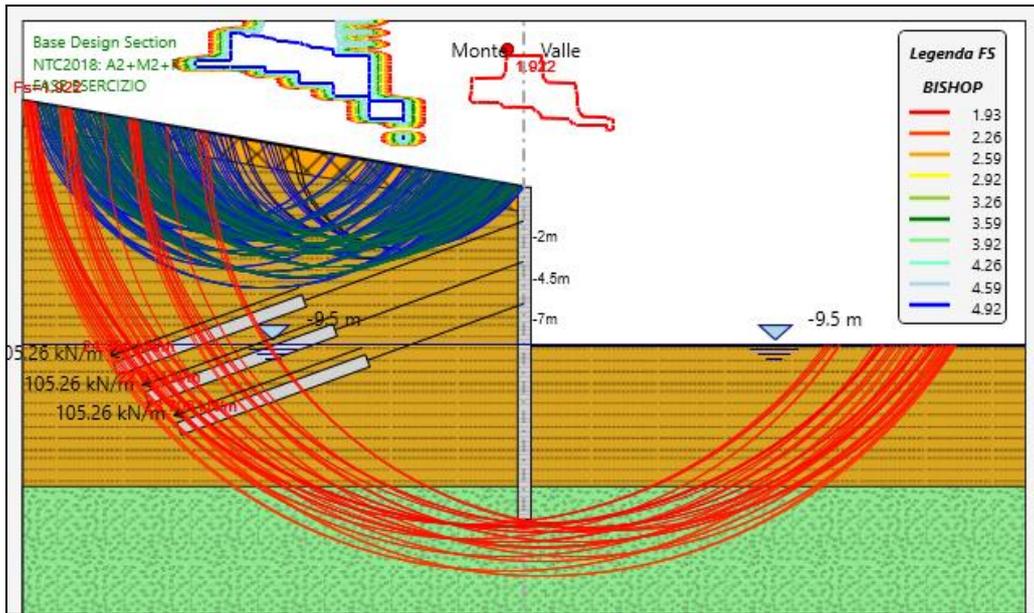


Figura 35-Superfici di scorrimento indagate SLU GEO

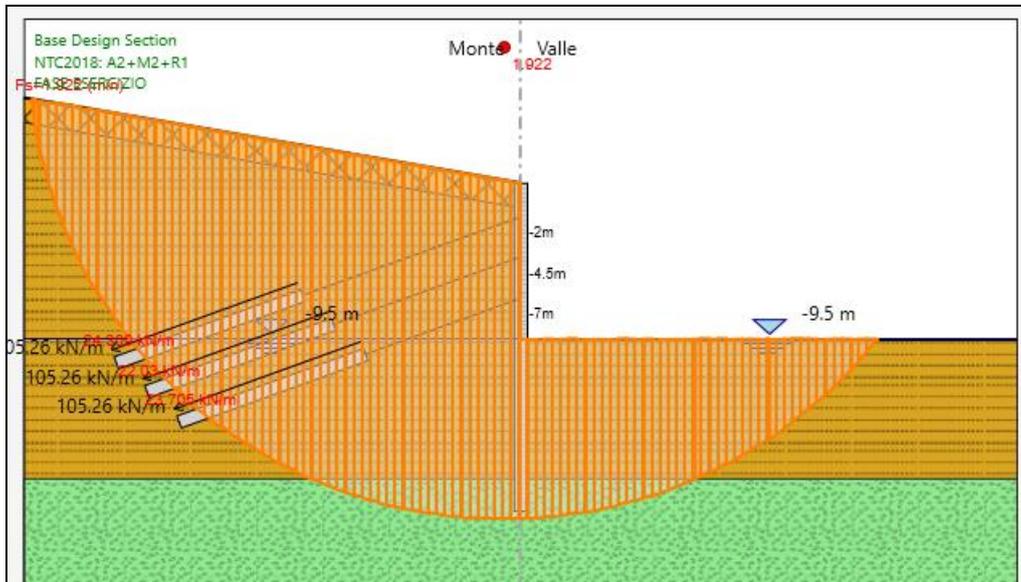


Figura 36 - Analisi di stabilità globale statica SLU GEO

Condizioni Sismiche

PROGETTAZIONE ATI:

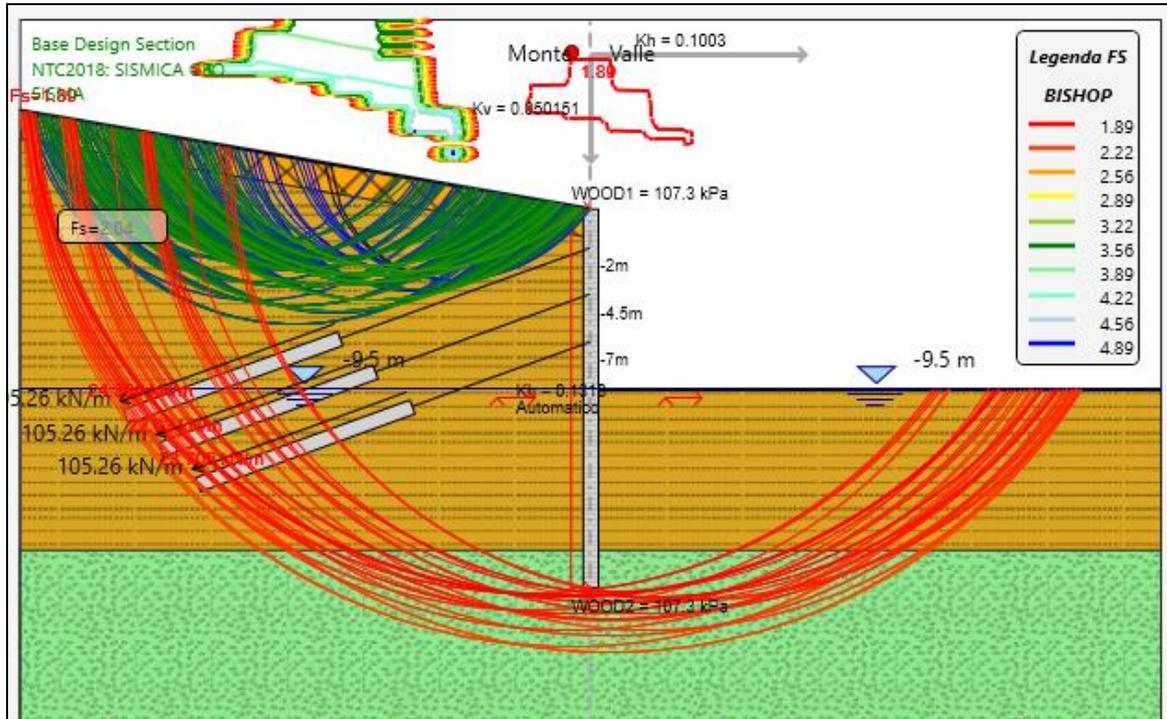


Figura 37-Superfici di scorrimento indagate SLV-GEO

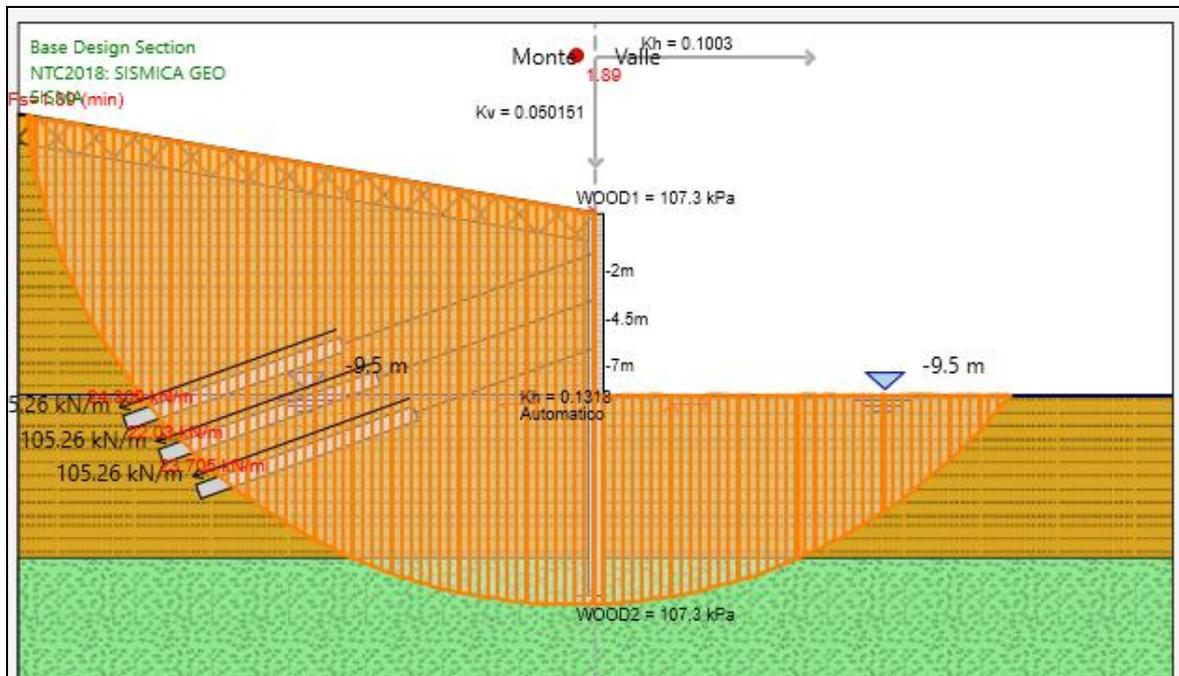


Figura 38 - Analisi di stabilità globale sismica SLV GEO

In tabella si riepilogano di seguito i risultati delle analisi effettuate:

PROGETTAZIONE ATI:

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	10	1,922	1,1
SLV GEO	11	1,89	1,1

Tabella 26 Risultati delle analisi di stabilità globale

Il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore di 1,1 pertanto le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.

11 VERIFICHE STRUTTURALI E GEOTECNICHE SEZIONE 2 ORDINI DI TIRANTI

11.1 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO

Le verifiche a flessione e a taglio del palo sono stata effettuata mediante il software RC-SEC della GEOSTRU.

Le verifiche sono state condotte per lo stato limite ultimo e per lo stato limite di salvaguardia della vita rispettivamente per le sezioni con taglio maggiore e le sezioni con momento maggiore.

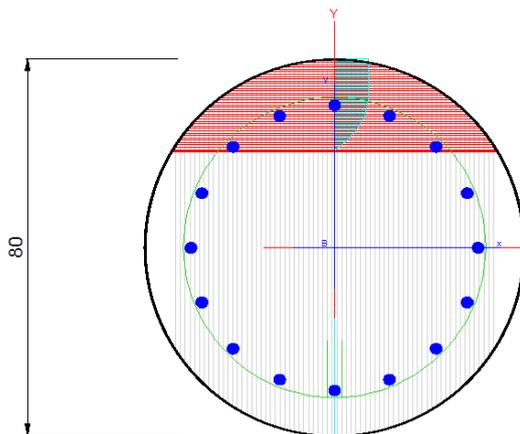
Il palo è stato armato a flessione mediante 16 ϕ 20 ed a taglio mediante spirale ϕ 12/15.

Di seguito sono riportate le verifiche.

	M [kNm]	T [kN]
T _{max} SLU	345.67	148.78
M _{max} SLU	370.39	92.66
T _{max} SLV	24.06	111.51
M _{max} SLV	152.58	21.41

Tabella 27-Sollecitazioni di calcolo

Nome sezione: PALO FONDAZIONE Comb. n. 2 (S.L.U.)
Coprif. netto minimo barre long.: 8.7 cm Coprif. netto staffe: 7.6 cm



sezione verificata

Tipo Combinazione	N.Comb.	C. Non Ver.
S.L.U. Comb.Ultime (Calcolo Resistenza)	4	
S.L.E. Comb. Rare (Esercizio)	1	
S.L.E. Comb. Frequenti (Esercizio)	1	
S.L.E. Comb. Quasi Permanenti (Esercizio)	1	

Combinazione N° **2** Combinazione verificata

Resistenza Fless.Composta: Misura sic.=1.50 [OK se > 1.0]

i	Sforzi resistenti	Deform. unit. alla massima
	N Res = 0.09 kN	Def.max Cls =0.0035
Im	Mx Res = 553.96 kNm	Def.min Cls =-0.0108
	Curv.Max=0.000179210 1/cm	Def.max Fe =0.0018
	As tesa= 34.6 cm ²	Def.min Fe =-0.0091
	As compr.= 15.7 cm ²	Asse neutro: Y = 20.5 cm
		x/d = 0.00

Taglio (SLU.): Misura sicurezza = 0.104 [OK se <= 1.0]

Sforzi Dati/Ultimi	Staffe di Comb.	Staffe Involuppo
TAGLIO:	As St.= 1.7cm ² /m	Astaffe=15.1 cm ² /m
Vy = 92.66 kN		Diam.Staffe:Ø12 mm
VSdu = 92.66 kN		Passo Staffe = 15.0 cm
VRcd = 889.79 kN		N° bracci Staffe = 2
VRwd = 810.67 kN		
bw = 66.3 cm		
d = 64.7 cm		

Figura 39-Verifica a flessione e taglio

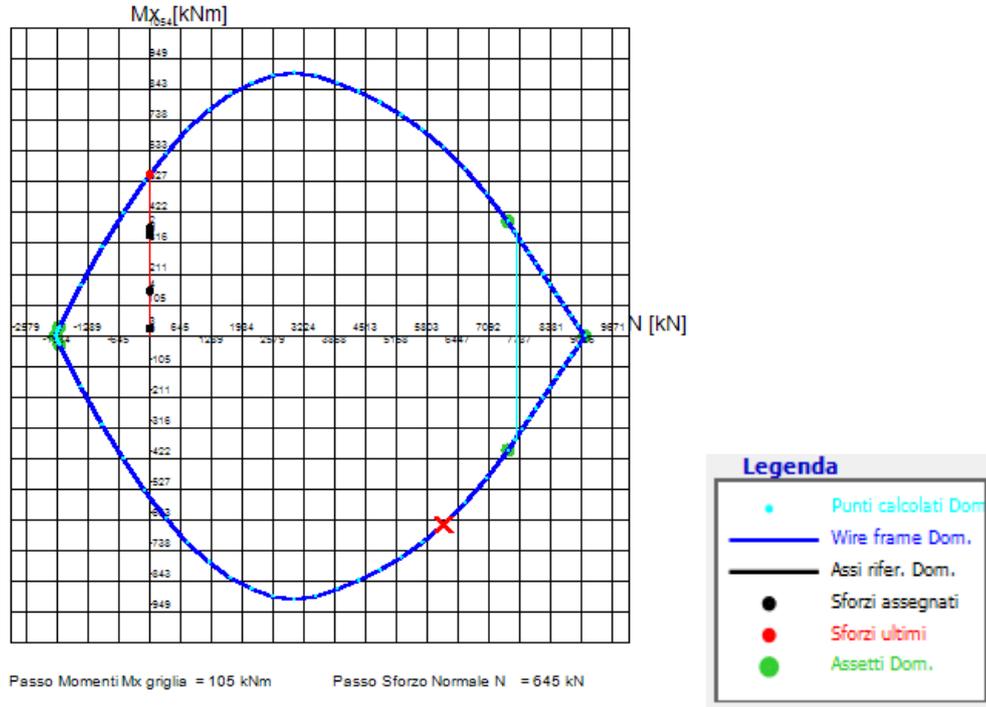


Figura 40-Dominio M-N

11.2 VERIFICHE SLE DEL PALO

Le verifiche a esercizio del palo sono state effettuate mediante il software RC-SEC della GEOSTRU.

Il momento massimo agente allo SLE è pari a 78.02 kNm.

Di seguito si riporta la verifica.

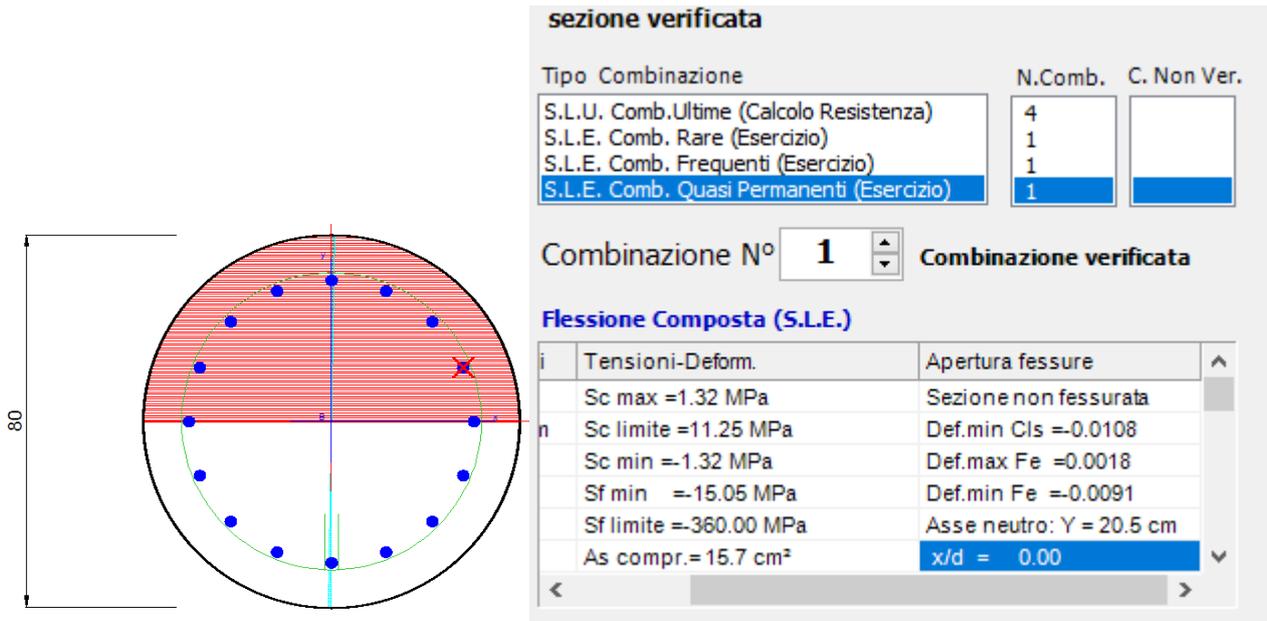


Figura 41-Verifica tensioni di esercizio

11.3 VERIFICHE SUI TIRANTI

Nel prospetto che segue, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli sforzi di calcolo massimi tra le combinazioni statica e sismica. Si sottolinea che la lunghezza libera del tirante, riportata in tabella è da intendersi comprensiva dell'incremento valutato in condizioni sismiche secondo la formulazione (D.M.14/01/2018 nel § 7.11.6.4) funzione della massima accelerazione sismica di progetto.

Ordine	D _p	n _{tr}	A _{tr}	L _p	L _a	i	α	Pretensione	Cond.	T _{max}
(-)	(mm)	(-)	(mm ²)	(m)	(m)	(m)	(°)	(Kn)	(-)	(Kn/m)
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLU	145.79
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00	STR	144.81
1.00	140.00	4.00	139.00	14.00	12.00	2.85	20.00	300.00	SLV	172.2
2.00		4.00		12.00	12.00	2.85	20.00	300.00	STR	168.98

Tabella 28- Caratteristiche geometriche dei tiranti e risultati ottenuti dalle analisi

Dove:

- D_p: diametro di perforazione della fondazione del tirante
- N_{tr}: numero di trefoli per tirante
- A_{tr}: area del singolo trefolo
- L_p: lunghezza libera del tirante
- L_a: lunghezza della fondazione del tirante
- I: interasse orizzontale dei tiranti
- α: inclinazione sull' orizzontale del tirante
- N_{s,d}: azione sollecitante sui tiranti

Affinché i tiranti di ancoraggio assolvano al meglio la loro funzione statica di sostegno della parete, è opportuno che il bulbo di fondazione si trovi completamente all'esterno del cuneo di spinta attiva che può nascere a tergo della paratia durante le fasi di costruzione e di esercizio dell'opera.

La geometria del cuneo di spinta attiva nel caso delle paratie multi ancorate può essere determinata secondo vari criteri, nel seguito si fa riferimento allo schema secondo cui il cuneo di spinta è delimitato da una retta inclinata sull'orizzontale di un angolo pari a $(\pi/4 + \varphi/2)$, traslata verso il basso di una quantità pari a $0.1 \cdot H_{Scavo}$ e traslata verso monte di una quantità pari al massimo tra $0,2 \cdot H_{Scavo}$ e 1,5 m.

La seguente figura rappresenta graficamente il criterio geometrico adottato per la determinazione del valore minimo del tratto libero d'ancoraggio.

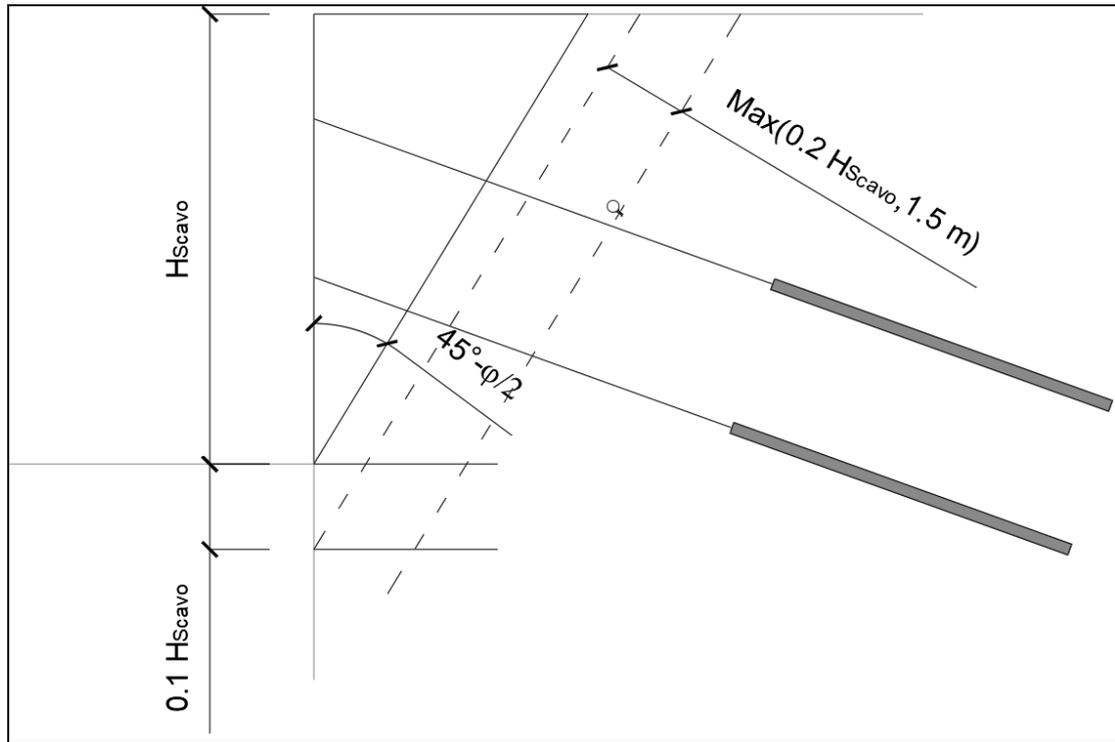


Figura 42 - Criterio per la determinazione del tratto libero d'ancoraggio dei tiranti

Nella

Ordine Tiranti [-]	H [m]	α [°]	φ [°]	Infissione [m]	h_t [m]	a_{max}/g [-]	Lunghezza Libera Cond. Statiche [m]	Lunghezza Libera Cond. Sismiche [m]	Lunghezza Libera di progetto [m]
1	9.5	20	25	10.5	2	0.264	6.596546174	9.208778459	14
2	9.5	20	25	10.5	4.5	0.264	5.220683719	7.288074472	12
3	9.5	20	25	10.5	7	0.264	3.844821265	5.367370485	10

Tabella 13, in funzione del criterio sopra esposto, si riporta la lunghezza libera in condizioni statiche, la lunghezza libera in condizioni sismiche e la lunghezza libera di progetto.

Ordine Tiranti [-]	H [m]	α [°]	φ [°]	Infissione [m]	h_t [m]	a_{max}/g [-]	Lunghezza Libera Cond. Statiche [m]	Lunghezza Libera Cond. Sismiche [m]	Lunghezza Libera di progetto [m]
1	7	20	25	7	2	0.264	4.570957717	6.381056973	14
2	7	20	25	7	4.5	0.264	3.195095262	4.460352986	12

Tabella 29-Sezione 1-Lunghezza libera tiranti

Dove:

- α rappresenta l'angolo di inclinazione del tirante;
- H rappresenta la profondità di scavo
- h_t rappresenta la profondità di installazione del tirante rispetto al piano campagna.

11.4 VERIFICHE GEOTECNICHE A SFILAMENTO DEI TIRANTI

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 e Viggiani '99. Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto per i tiranti ricadenti nel litotipo E/C un valore caratteristico pari a 150kPa. La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

$$N_{R,ad} = \frac{N_{R,ak}}{\gamma_{Ra,p}} = \frac{(\pi \cdot D_p \cdot \alpha \cdot \tau_{ak} \cdot L_a)}{\gamma_{Ra,p} \cdot \xi}$$

Dove:

- $N_{R,ad}$: la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- D_p : diametro di perforazione della fondazione del tirante;
- α : coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell' ancoraggio e del cotesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.4 in funzione del tipo di iniezione (IRS);
- τ_{ak} : tensione resistente a sfilamento caratteristica dell' interfaccia bulbo di fondazione-terreno;
- L_a : lunghezza della fondazione del tirante;
- $\gamma_{Ra,p}$: coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;
- ξ : è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .
- La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:
- $N_{R,ad} \geq N_{S,d}$
- Dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell' azione sollecitante sui tiranti.

Nelle tabelle seguente sono riassunte le verifiche a sfilamento per lo SLU e SLV:

VERIFICA SFILAMENTO BULBO SLU-STR													
Ordine Titanti [-]	Diametro Perforazione [mm]	Lunghezza Libera Tirante [m]	Lunghezza Bulbo [m]	Interasse [m]	α [-]	τ_{ak} [kPa]	$\gamma_{Ra,p}$ [-]	ξ [-]	$N_{R,ad}$ [kN]	τ_{max} [kN/m]	$N_{S,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	140	14	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	145.79	415.5015	0.810	$N_{S,d} < N_{R,ad}$ VERIFICA SODDISFATTA
2	140	12	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	144.81	412.7085	0.804	$N_{S,d} < N_{R,ad}$ VERIFICA SODDISFATTA

Tabella 30 – Verifica resistenza a sfilamento degli ancoraggi SLU

VERIFICA SFILAMENTO BULBO SLV-STR

PROGETTAZIONE ATI:

Ordine Titanti [-]	Diametro Perforazione [mm]	Lunghezza Libera Tirante [m]	Lunghezza Bulbo [m]	Interasse [m]	α [-]	τ_{ak} [kPa]	γ_{Rap} [-]	ξ [-]	$N_{R,ad}$ [kN]	t_{max} [kN/m]	$N_{s,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	140	14	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	172.2	490.77	0.956	$N_{s,d} < N_{R,ad}$ VERIFICA SODDISFATTA
2	140	12	12	2.85	1.4	150	1.2	1.80	513.1268	168.98	481.593	0.939	$N_{s,d} < N_{R,ad}$ VERIFICA SODDISFATTA

Tabella 31-Verifica resistenza a sfilamento degli ancoraggi SLV

11.5 VERIFICHE A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO

La resistenza a sfilamento malta-acciaio, può essere calcolata con l'espressione seguente:

$$R_{sd} = \pi \cdot d \cdot L_s \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \tau_{CLS}$$

Dove:

- d rappresenta la somma dei diametri dei fili, trefoli, barre contenuti in unica guaina o perforazione;
- γ rappresenta un coefficiente correttivo dipendente dallo stato delle superfici e dall'eventuale presenza di dispositivi di ancoraggio profondi;
- δ rappresenta un coefficiente correttivo dipendente dal numero di tiranti elementari contenuti in ciascuna guaina o perforazione;
- L_s rappresenta la lunghezza di ancoraggio;
- τ_{CLS} rappresenta la resistenza tangenziale della malta.

Il valore di γ può essere ricavato mediante la tabella seguente.

TIPOLOGIA	γ
filo liscio, trefoli compatti, puliti allo stato naturale	1,3
trefolo normale o barre corrugate pulite allo stato naturale	2
fili lisci, barre lisce, trefoli compatti, unti o verniciati	0,75 - 0,85
fili lisci con ringrossi o "compression grip" alla estremità profonda, barre lisce con dado e rondella alla estremità profonda	1,7
trefoli normali con "compression grip" alla estremità profonda	2,5

Tabella 32-Valori del coefficiente correttivo γ

Il valore di δ dipendente da n (numero dei trefoli) può essere valutato mediante la tabella seguente.

n	1	2	3	4
δ	1	0,8	0,6	0,5

Tabella 33-Valori del coefficiente correttivo δ

Nel caso in esame, avendo trefoli normali γ assume valore pari a 2.

Di seguito si riportano i risultati della verifica a sfilamento malta-acciaio.

VERIFICA A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO												
Ordine	Tipo	τ_{CLS}	Tipo	Numero	d [mm]	L_s [m]	γ [-]	δ [-]	R_{sd} [kN]	$N_{s,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA

PROGETTAZIONE ATI:

Tiranti [-]	Malta [-]	[N/mm ²]	Trefolo [-]	Trefoli [-]									
1	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	415.50	0.11	N _{s,d} < R _{sd}	Verifica Soddisfatta
2	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	412.71	0.11	N _{s,d} < R _{sd}	Verifica Soddisfatta

Tabella 34-Verifica a sfilamento malta-acciaio SLU

VERIFICA A SFILAMENTO MALTA-ACCIAIO												
Ordine Tiranti [-]	Tipo Malta [-]	τ_{CLS} [N/mm ²]	Tipo Trefolo [-]	Numero Trefoli [-]	d [mm]	L _s [m]	γ [-]	δ [-]	R _{sd} [kN]	N _{s,d} [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	490.77	0.13	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta
2	C20/25	1.665025	0.6"	4	60.96	12	2	0.5	3826.456	481.59	0.13	N _{s,d} < R _{sd} Verifica Soddisfatta

Tabella 35-Verifica a sfilamento malta-acciaio SLV

11.6 VERIFICHE STRUTTURALI A ROTTURA DEI TIRANTI

La resistenza a trazione dei tiranti viene valutata secondo la seguente relazione:

$$N_{R,pd} = \frac{f_{p(1)k} \cdot A_{tr} \cdot n_{tr}}{\gamma_s}$$

Dove:

- N_{R,pd}: la resistenza a rottura per trazione;
- f_{p(1)k}: la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;
- A_{tr}: area del singolo trefolo;
- n_{tr}: numero di trefoli per singolo tirante;
- γ_s : coefficiente parziale dell'acciaio;

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$N_{R,pd} \geq N_{S,d}$$

Dove N_{S,d} rappresenta il valore dell'azione sollecitante sul tirante.

Nelle tabelle seguenti è riportata la verifica a rottura per trazione del tirante per SLU ed SLV:

VERIFICA A ROTTURA PER TRAZIONE SLU-STR											
Ordine Tiranti [-]	Tipo Trefolo [-]	Area Trefolo [mm ²]	Numero Trefoli [-]	Area Totale Trefoli [mm ²]	f _{p(1%)k} [MPa]	γ_s [-]	N _{R,pk} [kN]	N _{R,pd} [kN]	N _{s,d} [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	415.50	0.51	NR,pd>N _{s,d} Verifica Superata
2	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	412.71	0.51	NR,pd>N _{s,d} Verifica Superata

Tabella 36 – Verifiche resistenza a trazione dei tiranti SLU

VERIFICA A ROTTURA PER TRAZIONE SLV-STR											
Ordine Tiranti [-]	Tipo Trefolo [-]	Area Trefolo [mm ²]	Numero Trefoli [-]	Area Totale Trefoli [mm ²]	$f_{p(1\%),k}$ [MPa]	γ_s [-]	$N_{R,pk}$ [kN]	$N_{R,pd}$ [kN]	$N_{s,d}$ [kN]	FS [-]	VERIFICA
1	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	490.77	0.61	NR,pd>Ns,d Verifica Superata
2	0.6"	139.00	4.00	556.00	1670.00	1.15	928.52	807.41	481.59	0.60	NR,pd>Ns,d Verifica Superata

Tabella 37-Verifiche Resistenza a trazione dei tiranti SLV

11.7 VERIFICHE DI GERARCHIA DELLE RESISTENZE

Per quanto riguarda i tiranti a trefoli, con riferimento al criterio della gerarchia delle resistenze e per evitare rotture di tipo fragile, la circolare 21 gennaio 2019, al paragrafo C6.6.2 impone che, quando l'armatura è realizzata mediante trefoli di acciaio armonico, la resistenza a snervamento dell'armatura sia sempre maggiore della resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. In tutti i casi la verifica risulta sempre soddisfatta perché dai risultati si evince che $N_{R,pd} > N_{R,ad}$.

VERIFICA GERARCHIA DELLE RESISTENZE			
Ordine Tiranti [-]	$N_{R,pd}$ [kN]	$N_{R,ad}$ [kN]	VERIFICA
1	807.41	513.127	$N_{R,pd} > N_{R,ad}$ Verifica Superata
2	807.41	513.27	$N_{R,pd} > N_{R,ad}$ Verifica Superata

Tabella 38 – Verifica di gerarchia delle resistenze

11.8 VERIFICHE STRUTTURALI SULLA TRAVE DI RIPARTIZIONE DEI TIRANTI

Per la ripartizione sulla paratia dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono state utilizzate coppie di profilati metallici del tipo HEB180 (acciaio S275). La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su infiniti appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, uguale all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi.

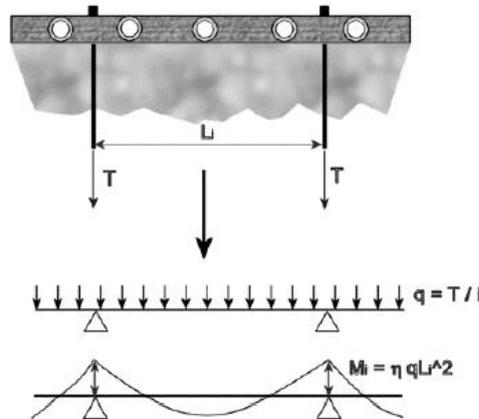


Figura 43 - Trave di ripartizione: schema statico

Le sollecitazioni sulla trave si determinano considerando lo schema di trave su infiniti appoggi:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{10} \quad V = 0.6 \cdot q \cdot L$$

essendo:

- L = luce della campata, ovvero interasse tra i tiranti
- tmax = reazione del tirante a metro lineare

Di seguito vengono riportate le tabelle con le verifiche delle travi di ripartizioni per SLU ed SLV.

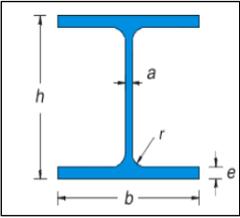
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLU-STR							
Materiale	S275	-					
f _{yk}	275	N/mm ²	f _{yd}	261.90	N/mm ²		
f _{tk}	430	N/mm ²					
Y _{M0}	1.05	-					
Y _{M1}	1.05	-					
Profilo	HEB180	Proprietà Sezione					
		a	8.5	mm	J _x	3831	cm ⁴
		b	180	mm	J _y	1363	cm ⁴
		e	14	mm	W _{el,x}	425.7	cm ³
		r	15	mm	W _{el,y}	151.4	cm ³
		h	180	mm	W _{pl,x}	686.9504	cm ³
		Area	65.25	cm ²	W _{pl,y}	231.0135	cm ³
		Peso	51.2	kg/m			
VERIFICHE SEZIONI:							
TAGLIO							
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V _{ed} [kN]	A _v [cm ²]	V _{c,Rd} [kN]	FS [-]		
1	SLU-STR	124.65	20.24	306.05	0.41	V _{c,Rd} >V _{ed} Verifica Superata	
2	SLU-STR	123.81	20.24	306.05	0.40	V _{c,Rd} >V _{ed} Verifica Superata	
NB: con V _{ed} ≤ 0.5V _{c,Rd} la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione							
MOMENTO FLETTENTE							
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M _{ed} [kNm]	W _{el,x} [cm ³]	M _{c,Rd} [kNm]	FS [-]		
1	SLU-STR	59.21	425.70	111.49	0.53	M _{c,Rd} >M _{ed} Verifica Superata	
2	SLU-STR	58.81	425.70	111.49	0.53	M _{c,Rd} >M _{ed} Verifica Superata	

Tabella 39-Verifica Trave di Ripartizione SLU

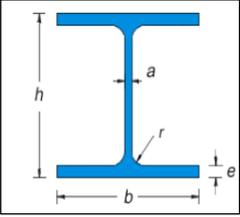
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLV-STR								
Materiale	S275	-						
f_{yk}	275	N/mm ²	f_{yd}	261.90	N/mm ²			
f_{tk}	430	N/mm ²						
γ_{M0}	1.05	-						
γ_{M1}	1.05	-						
Profilo	HEB180		Proprietà Sezione					
			a	8.5	mm	J_x	3831	cm ⁴
			b	180	mm	J_y	1363	cm ⁴
			e	14	mm	$W_{el,x}$	425.7	cm ³
			r	15	mm	$W_{el,y}$	151.4	cm ³
			h	180	mm	$W_{pl,x}$	686.9504	cm ³
			Area	65.25	cm ²	$W_{pl,y}$	231.0135	cm ³
			Peso	51.2	kg/m			
VERIFICHE SEZIONI:								
TAGLIO								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V_{ed} [kN]	A_v [cm ²]	$V_{C,Rd}$ [kN]	FS [-]			
1	SLV-STR	147.23	20.24	306.05	0.48	Vc,Rd>Ved Verifica Superata		
2	SLV-STR	144.48	20.24	306.05	0.47	Vc,Rd>Ved Verifica Superata		
NB: con $V_{ed} \leq 0.5V_{C,Rd}$ la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione								
MOMENTO FLETTENTE								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M_{ed} [kNm]	$W_{el,x}$ [cm ³]	$M_{C,Rd}$ [kNm]	FS [-]			
1	SLV-STR	69.93	425.70	111.49	0.63	Mc,Rd>Med Verifica Superata		
2	SLV-STR	68.63	425.70	111.49	0.62	Mc,Rd>Med Verifica Superata		

Tabella 40-Verifica Trave di Ripartizione SLV

11.9 VERIFICA DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE

La profondità d'infissione della paratia nel terreno è stata definita in modo da assicurare un idoneo incastro nei confronti delle spinte orizzontali.

Nel calcolo dell'opera effettuato agli Stati Limite Ultimi, l'avvenuta convergenza del calcolo all'ultimo step di calcolo già garantisce di per sé la stabilità dell'opera nei riguardi della deformazione rotazionale della paratia:

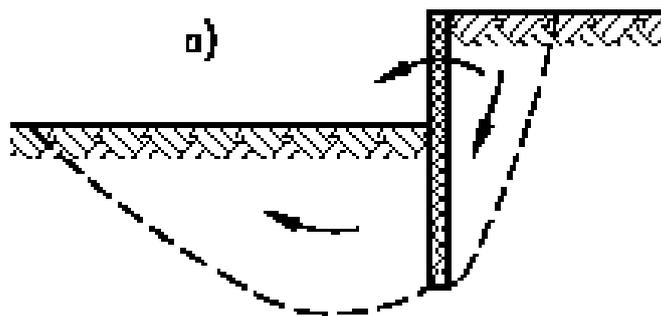


Figura 44 - Meccanismo di collasso

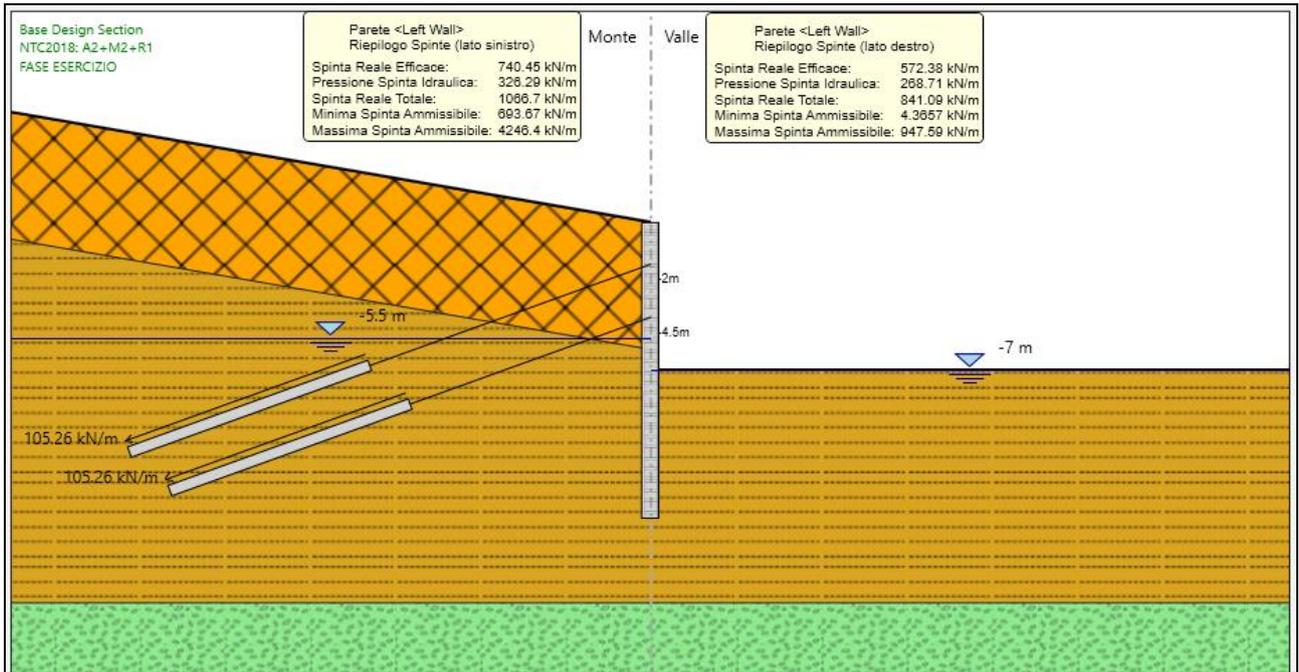


Figura 45 - Mobilitazione spinte- SLU GEO

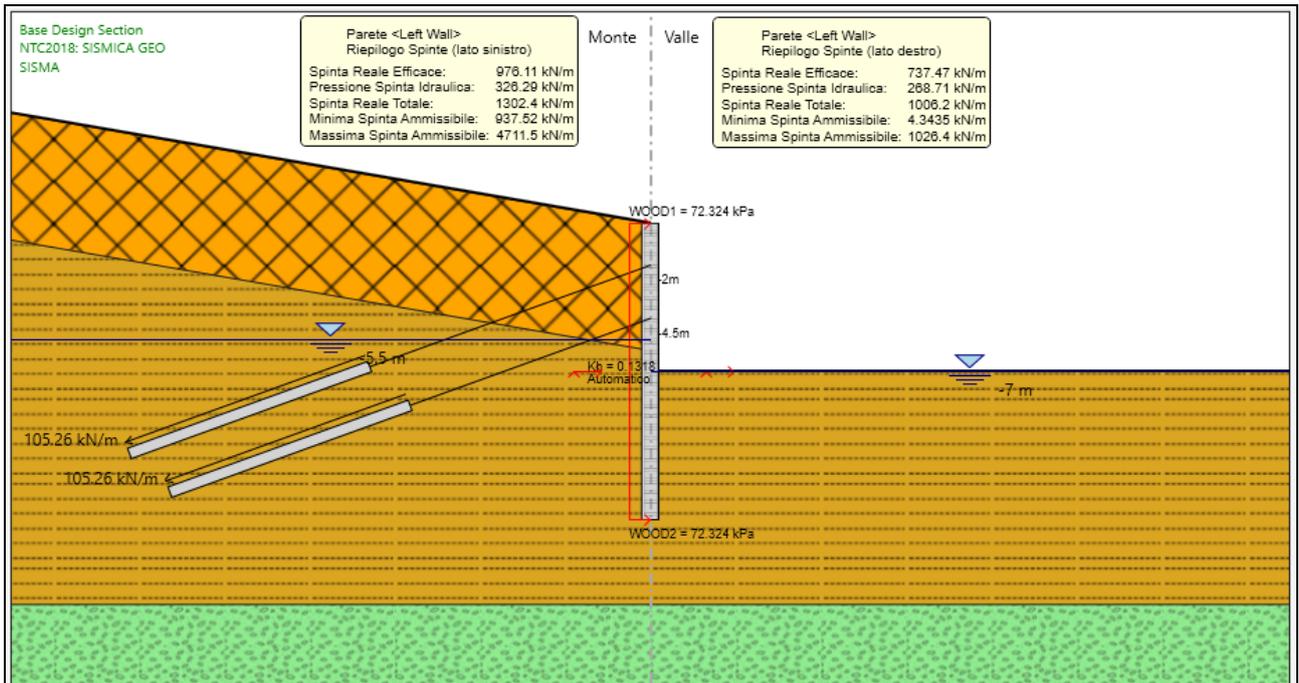


Figura 46 - Mobilitazione spinte- SLV GEO

Condizione	FASE	S_{eff}	S_{pass}	S_{eff}/S_{pass}	
PROGETTAZIONE ATI:	SISMA	-	-	-	
	FASE ESERCIZIO	Monte	Valle	Monte	Valle

PROGETTAZIONE ATI:

SLU GEO	8	572.38	947.59	0.60
SLV GEO	9	737.47	1026.4	0.72

Tabella 41 – Risultati delle analisi di verifica della profondità di infissione

11.10 VERIFICA DI STABILITÀ

Al fine di verificare l'adeguatezza dell'intervento progettato, sono state eseguite le opportune verifiche di stabilità:

- Globale: in relazione alle condizioni generali del versante, si è individuando il meccanismo di collasso che coinvolge il sistema terreno - opera di sostegno provvisoria.

La verifica è stata svolta utilizzando il metodo di Bishop semplificato e considerando una griglia di centri fitta per avere maggiore precisione e determinata nelle proprietà di analisi della stabilità.

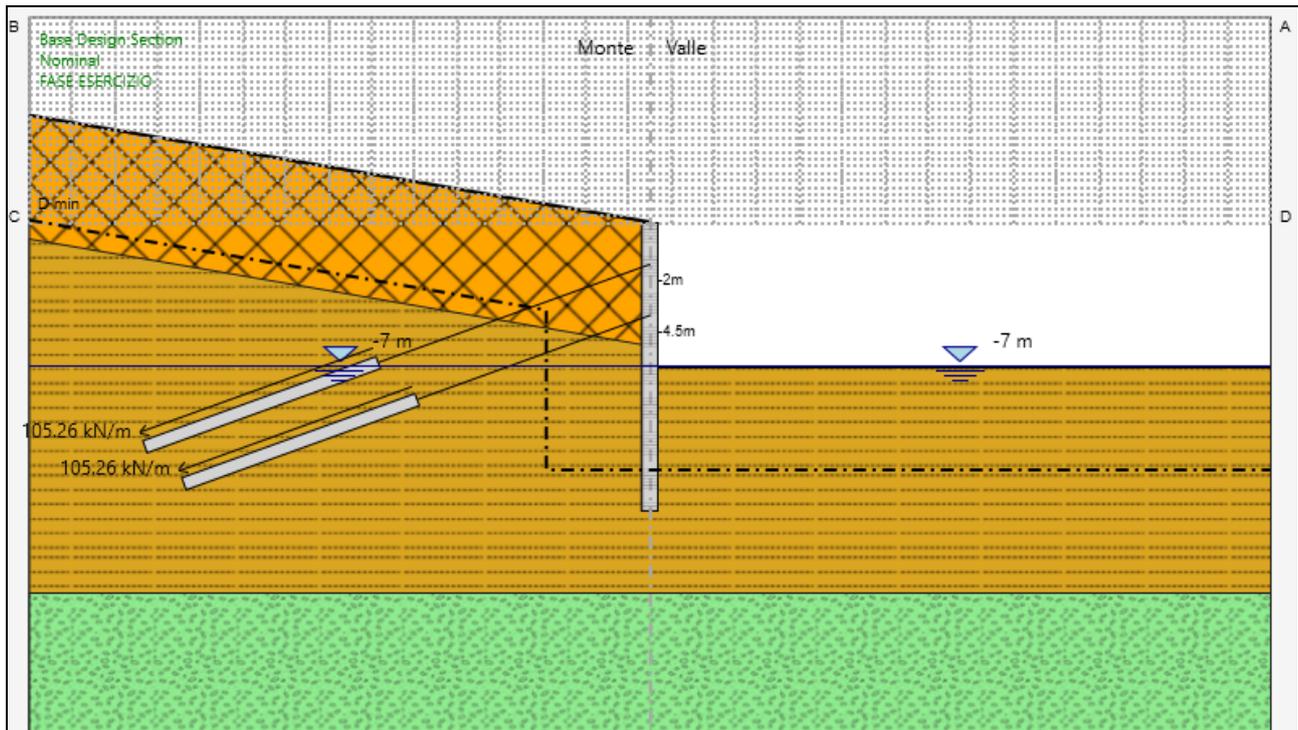


Figura 47-Griglia dei centri per la determinazione delle superfici di scorrimento

Il metodo di Bishop semplificato è il più diffuso ed utilizzato fra i metodi delle strisce; appartiene alla famiglia dei metodi all'equilibrio limite e si basa sull'individuazione di una porzione di terreno instabile mobilitata lungo una potenziale superficie di scorrimento.

Questo metodo è caratterizzato dall'ipotesi semplificativa per la quale per ogni concio la risultante delle componenti nella direzione verticale delle forze agenti sulle facce laterali è nulla.

Il coefficiente di sicurezza che si ottiene corrisponde alla superficie di scorrimento potenziale critica e viene determinato per tentativi.

Inoltre nel caso di stabilità in presenza di sisma, come indicato al paragrafo 7.11.4, per fronti di scavo e rilevati si assume un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.38 per SLV.

11.10.1 GLOBALE

Nella verifica di stabilità globale, le condizioni indagate sono relative alla situazione di scavo provvisorio per il raggiungimento del fondo scavo sia in fase statica che in fase sismica.

Di seguito si presentano i risultati delle analisi, mentre i modelli di calcolo sono i medesimi utilizzati per i calcoli strutturali e geotecnici della paratia:

Condizioni Statiche

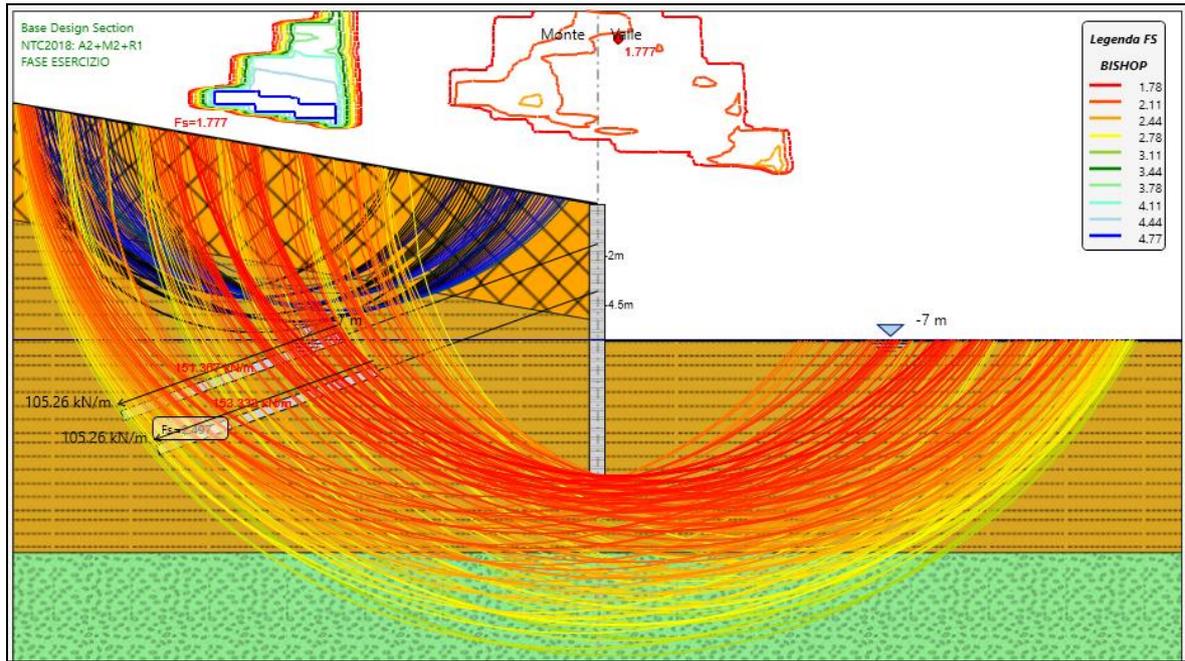


Figura 48-Superfici di scorrimento indagate SLU GEO

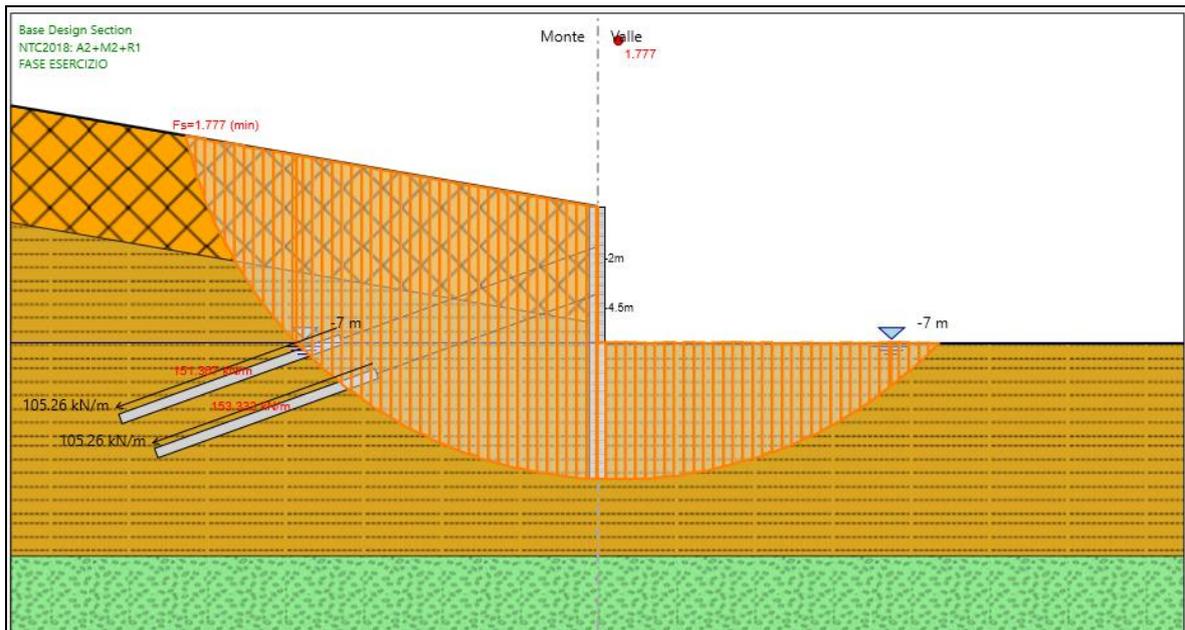


Figura 49 - Analisi di stabilità globale statica SLU GEO

Condizioni Sismiche

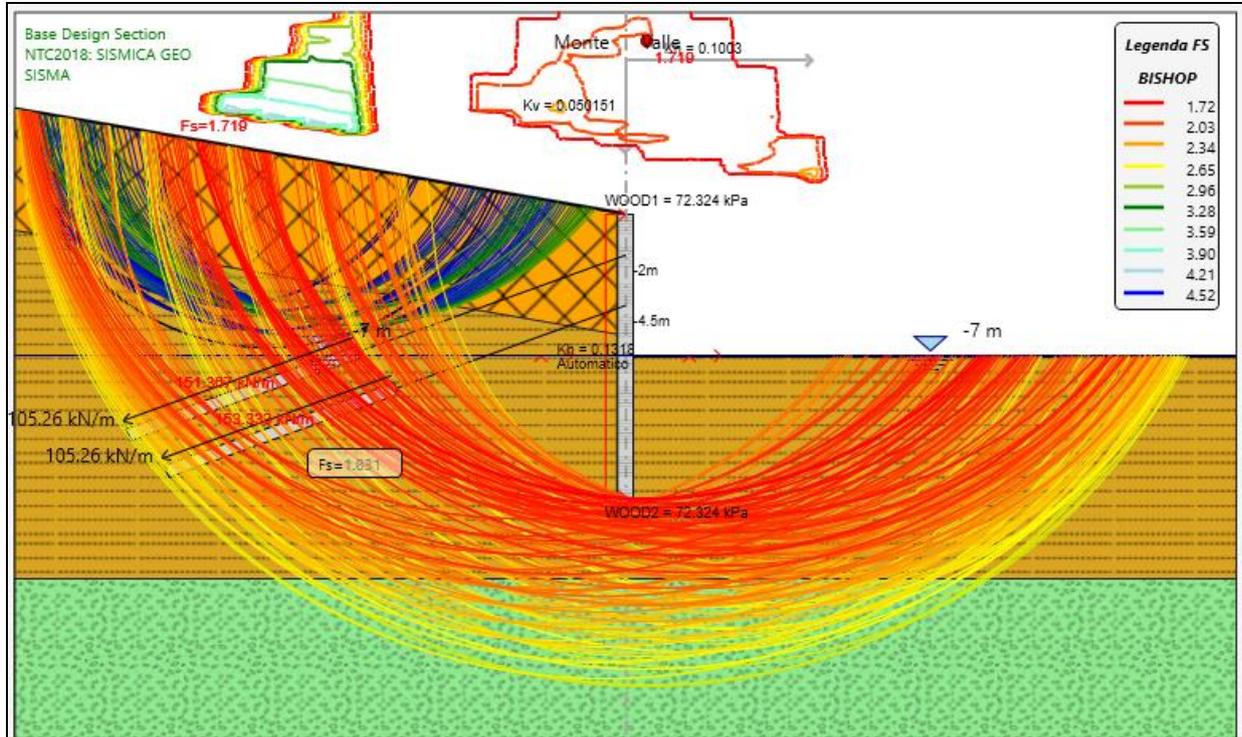


Figura 50-Superfici di scorrimento indagate SLV-GEO

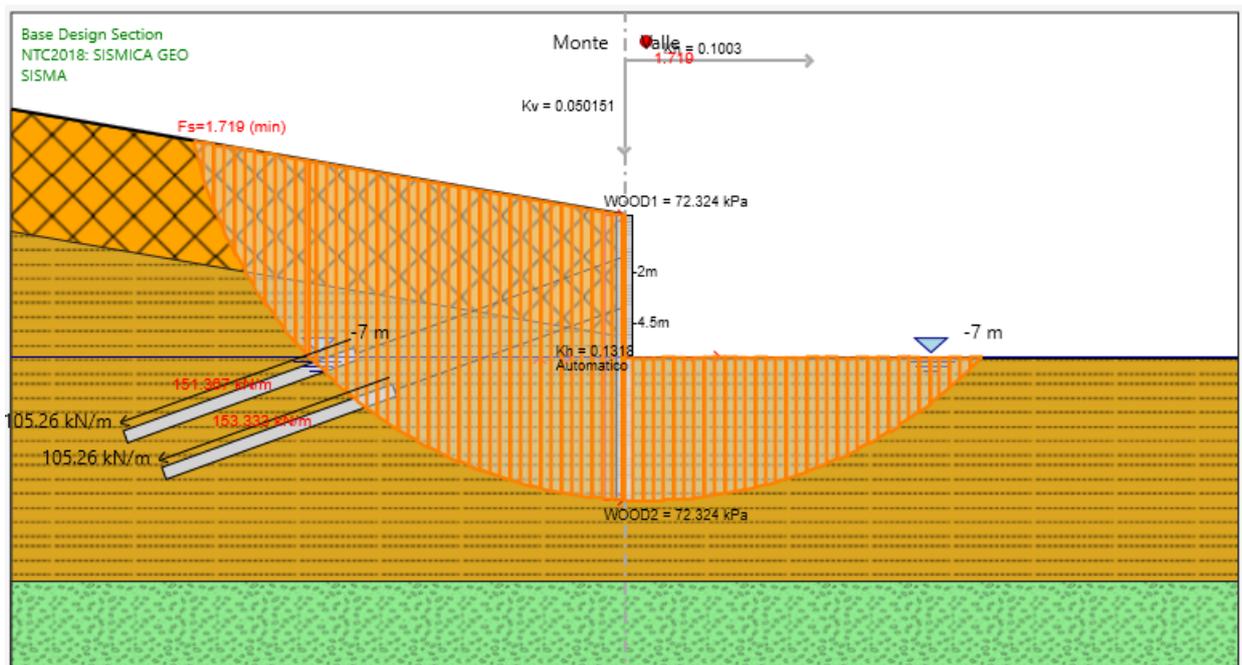


Figura 51 - Analisi di stabilità globale sismica SLV GEO

PROGETTAZIONE ATI:

In tabella si riepilogano di seguito i risultati delle analisi effettuate:

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	8	1.777	1,1
SLV GEO	9	1.710	1,1

Tabella 42 Risultati delle analisi di stabilità globale

Il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore di 1,1 pertanto le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.

12 ALLEGATO REPORT SOFTWARE PARATIE PLUS-SEZIONE 3 ORDINI DI TIRANTI

1. Descrizione del Software

ParatiePlus analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno.

ParatiePlus non permette lo studio di problematiche che coinvolgano un movimento esteso del versante di scavo, in quanto ParatiePlus non consente lo sviluppo di movimenti rigidi della parete o parti di ammasso rispetto ad altre parti di terreno.

Scopo precipuo di ParatiePlus è quindi il calcolo delle azioni flettenti e taglianti e delle deformazioni laterali della parete di sostegno, e la valutazione di tutte quelle grandezze a queste connesse.

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

La simulazione numerica è quella offerta dal metodo degli elementi finiti.

La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

2. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

1. Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;5.21)
(0;0)
(15;0)
(20;0)
(30;0)
(30;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

2. Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;3.71)
(0;-1.5)
(15;-1.5)
(20;-1.5)
(30;-1.5)
(30;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

3. Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-18)
(15;-18)
(20;-18)
(30;-18)
(30;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	$c' \phi$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³
1	TERRENO FRANOSO	19	19	15			0	Constant	15000	24000									
2	E/C	20	20	25			20	Constant	20000	32000									
3	SUB	24	24	28			40	Constant	300000	480000									

PROGETTAZIONE ATI:

3. Descrizione Pareti

4. X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Muro di sinistra

5. Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 20 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 16

Diametro : 0.02 m

Distanza dal bordo : 0.072 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.05 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 20 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.15 m

6. Sezione : Default Section

Area equivalente : 0.529110341657228 m

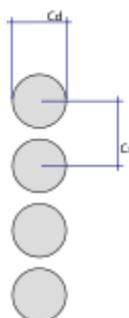
Inerzia equivalente : 0.0212 m⁴/m

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.95 m

Diametro : 0.8 m

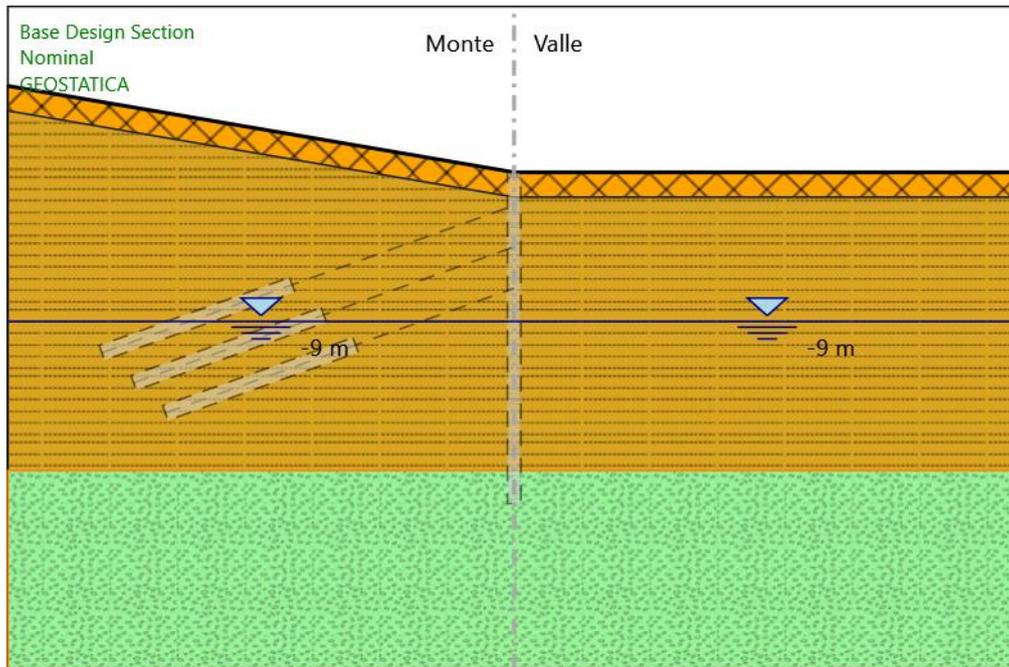
Efficacia : 1



4. Fasi di Calcolo

4.1. GEOSTATICA

7.



8.

9. GEOSTATICA

10. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

11. Falda acquifera

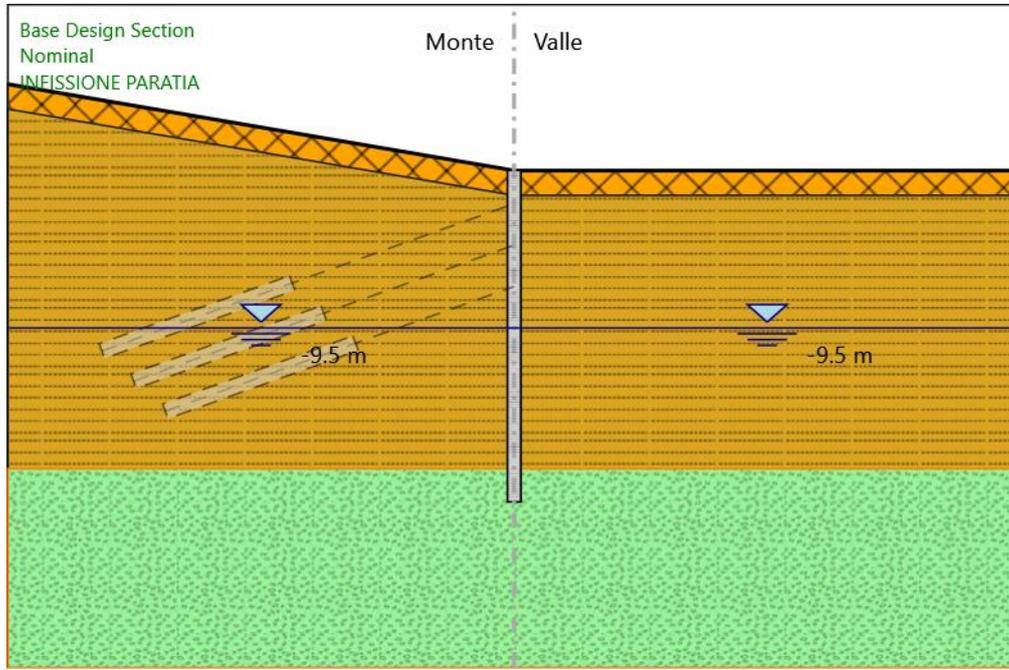
Falda di sinistra : -9 m

Falda di destra : -9 m

12.

PROGETTAZIONE ATI:

4.2. INFISSIONE PARATIA



13.

14.

15. INFISSIONE PARATIA

16. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

17. Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

18. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m

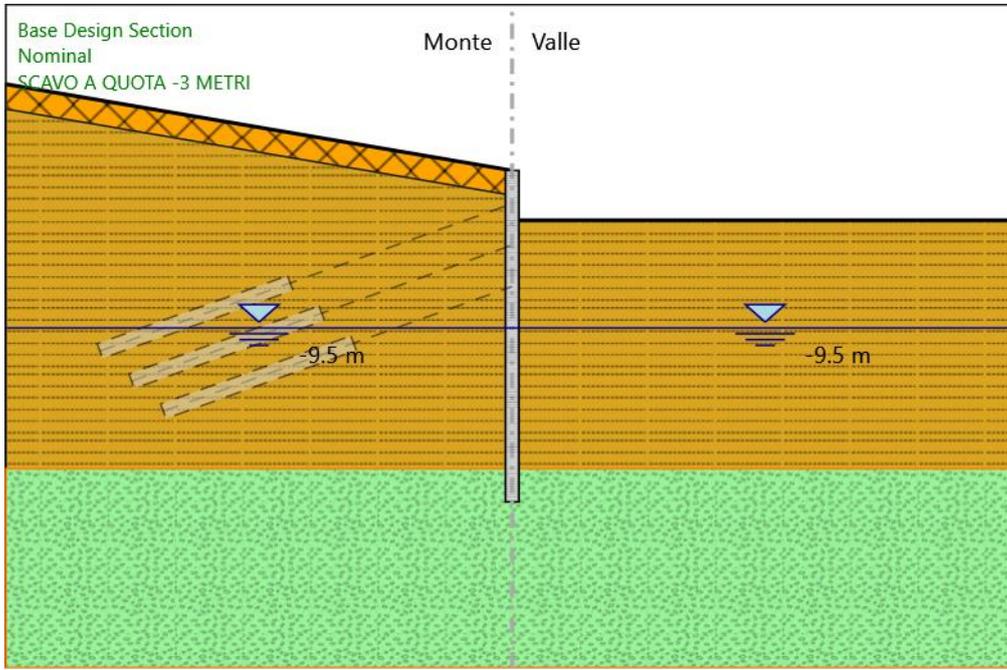
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

PROGETTAZIONE ATI:

4.3. SCAVO A QUOTA -3 METRI



19.

20.

21. SCAVO A QUOTA -3 METRI

22. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

23. Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

24. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m

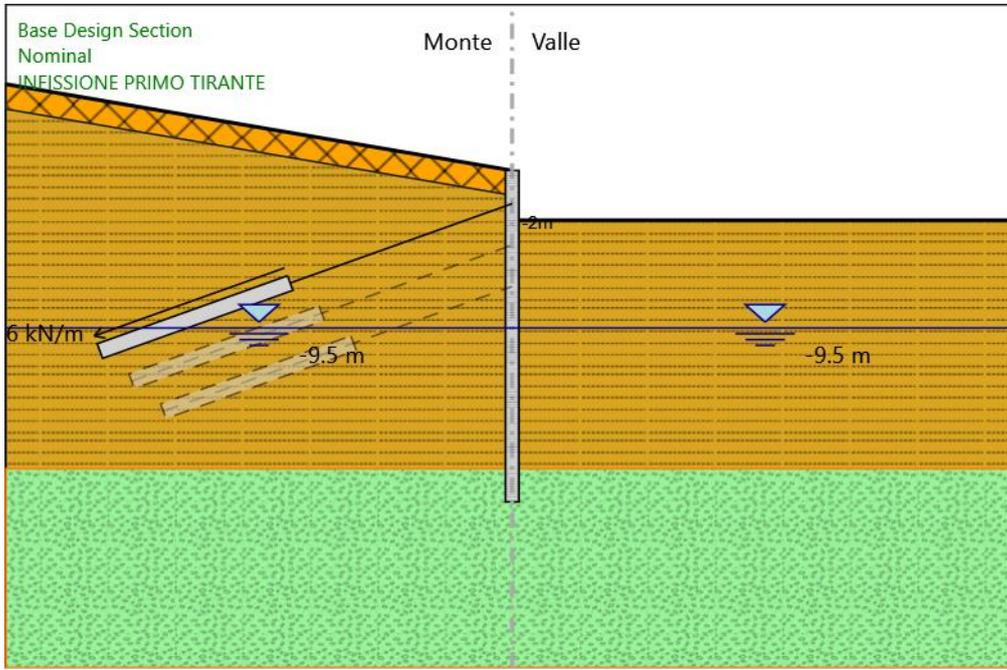
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

PROGETTAZIONE ATI:

4.4. INFISSIONE PRIMO TIRANTE



25.

26.

27. INFISSIONE PRIMO TIRANTE

28. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

29. Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

30. Elementi strutturali

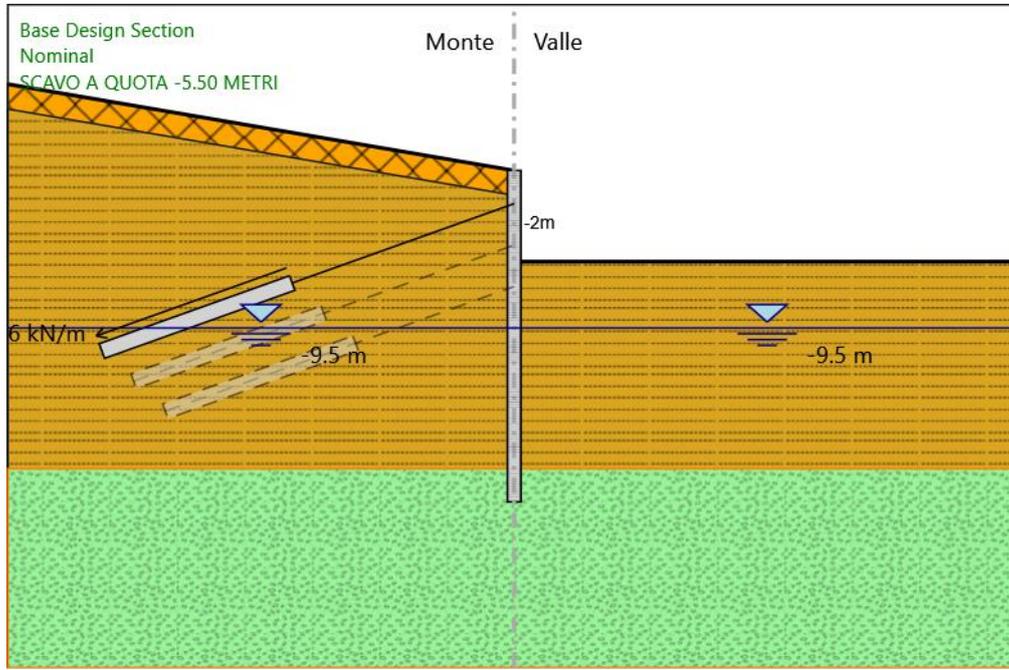
Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section
Tirante : PRIMO TIRANTE
X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.5. SCAVO A QUOTA -5.50 METRI



31.

32.

33. SCAVO A QUOTA -5.50 METRI

34. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.5 m

35. Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

36. Elementi strutturali

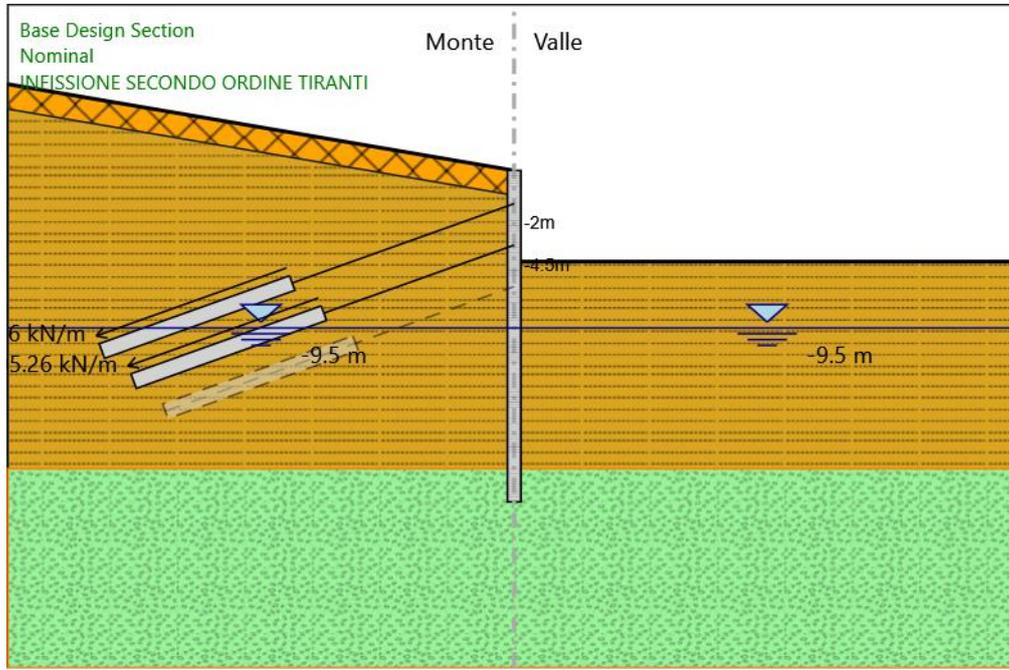
Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section
Tirante : PRIMO TIRANTE
X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.6. INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI



37.

38.

39. INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI

40. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.5 m

41. Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

42. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 14 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -4.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 12 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

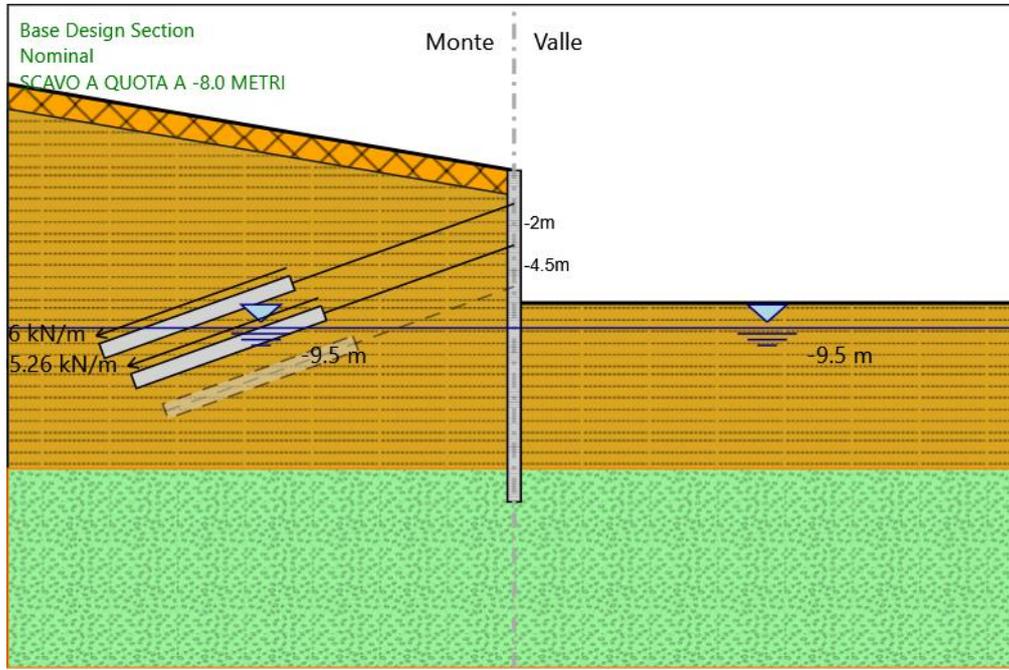
Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.7. SCAVO A QUOTA A -8.0 METRI



43.

44.

45. SCAVO A QUOTA A -8.0 METRI

46. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-8 m

47. Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

48. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 14 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -4.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 12 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

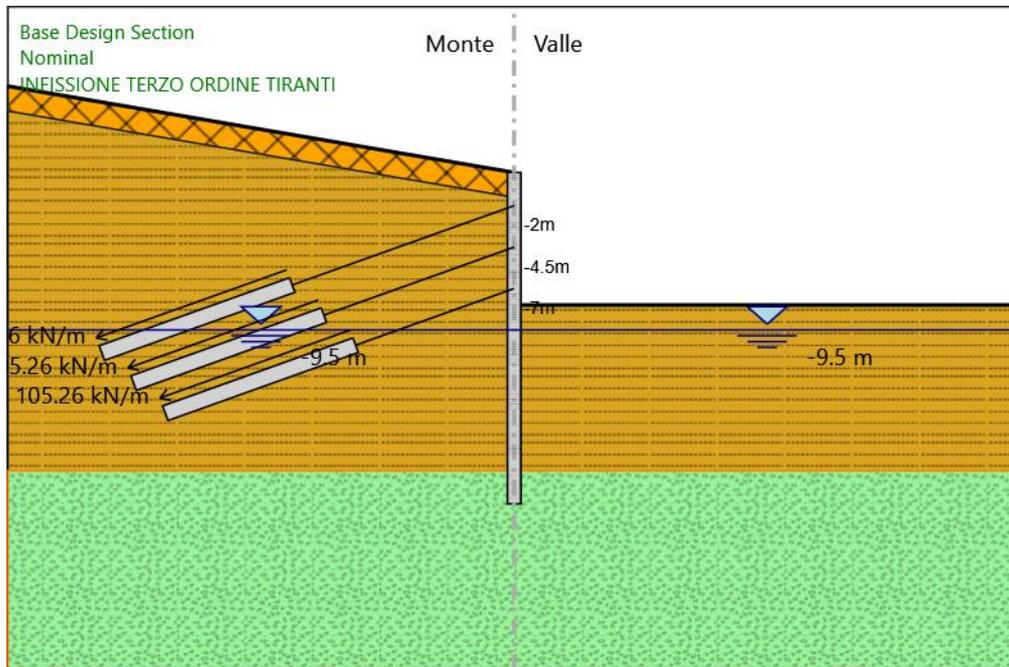
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

4.8. INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI



49.

50. INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI

51. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-8 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

52. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

PROGETTAZIONE ATI:

Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

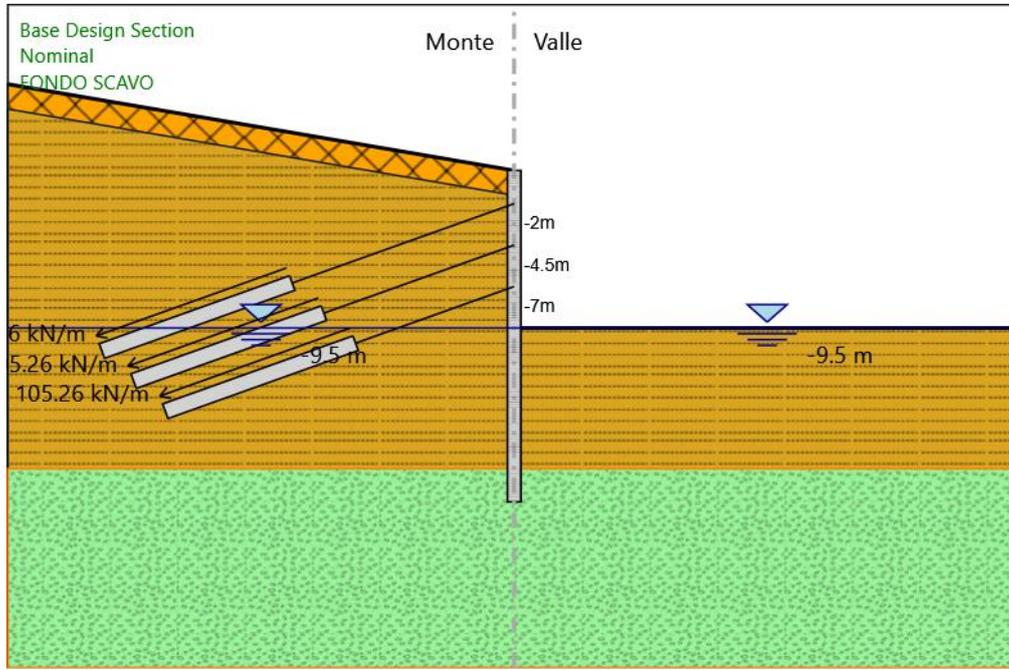
X : 0 m
Z : -4.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 12 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback_New

X : 0 m
Z : -7 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.9. FONDO SCAVO



53.

54.

55. FONDO SCAVO

56. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

57. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

PROGETTAZIONE ATI:

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 14 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -4.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 12 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback_New

X : 0 m

Z : -7 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 10 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

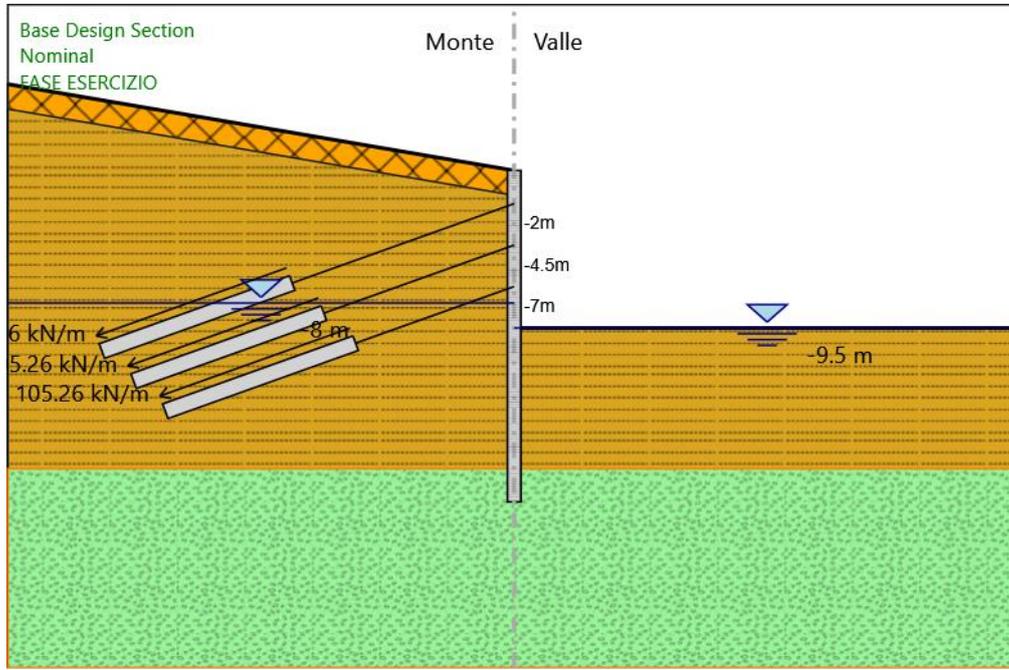
Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.10. FASE ESERCIZIO



FASE ESERCIZIO

58. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.5 m

59. Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -9.5 m

60. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

PROGETTAZIONE ATI:

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 14 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -4.5 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 12 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback_New

X : 0 m

Z : -7 m

Lunghezza bulbo : 12 m

Diametro bulbo : 0.14 m

Lunghezza libera : 10 m

Spaziatura orizzontale : 2.85 m

Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

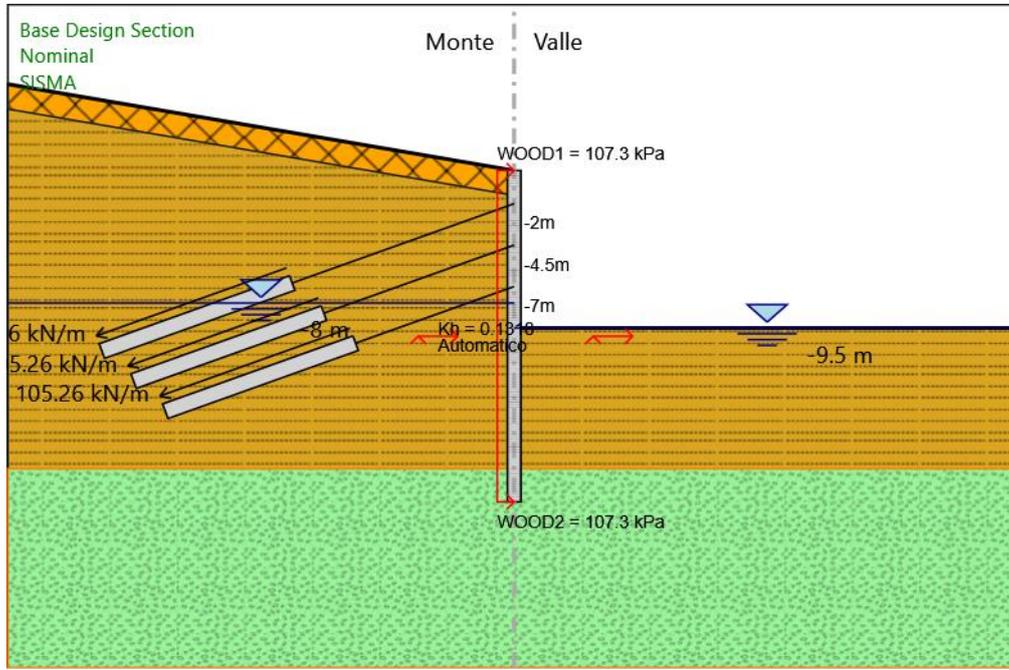
Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.11. SISMA



61.

SISMA

62. Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -9.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-9.5 m

63. Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -9.5 m

64. Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

PROGETTAZIONE ATI:

Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -20 m
Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m
Z : -4.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 12 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback_New

X : 0 m
Z : -7 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 10 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

5. Descrizione Coefficienti Design Assumption

65.

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Pe Des (F_U
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (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
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. K_p) (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/Frequente/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
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

5. Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

66.

Design Assumption	GEOSTATICA		INFISSIONE SCAVO A		INFISSIONE SCAVO A		INFISSIONE SCAVO A		FONDO SCAVO	FASE ESERCIZIO	SISMA
	PARATIA	QUOTA - 3 METRI	PRIMO TIRANTE	QUOTA - 5.50 METRI	SECONDO TIRANTI	QUOTA - 8.0 METRI	TERZO TIRANTI				
NTC2018: SLE	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

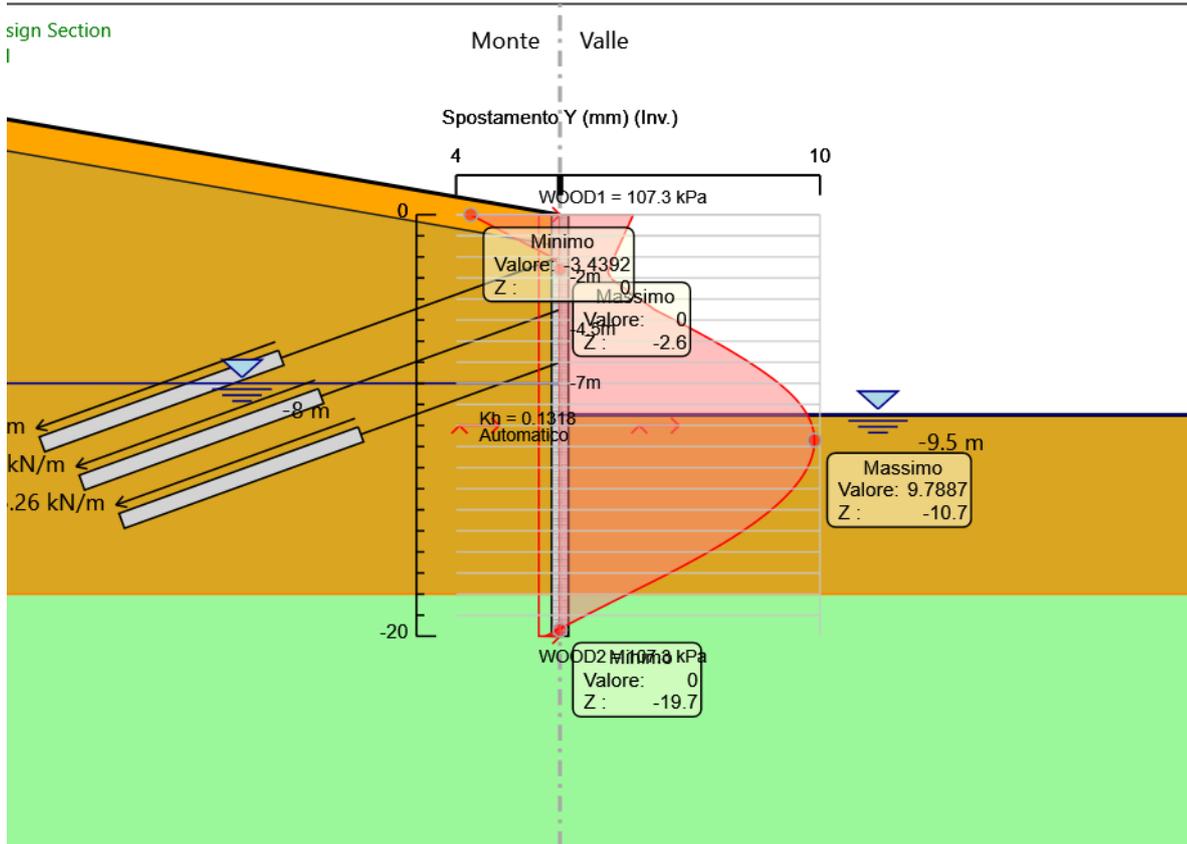
PROGETTAZIONE ATI:

Design Assumption	GEOSTATICA	INFISSIONE SCAVO A			INFISSIONE SCAVO A			INFISSIONE SCAVO A		FONDO SCAVO	FASE ESERCIZIO	SISMA
		PARATIA	QUOTA - 3 METRI	PRIMO TIRANTE	QUOTA - 5.50 METRI	SECONDO ORDINE TIRANTI	QUOTA A -8.0 METRI	TERZO ORDINE TIRANTI				
(Rara/Frequente/Quasi Permanente)												
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

PROGETTAZIONE ATI:

5. Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

5.1. Grafico Inviluppi Spostamento (SLE)



Spostamento

PROGETTAZIONE ATI:

5.2. Tabella Involuppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.1	0.009	0
-0.2	0.054	0.001
-0.3	0.197	0.002
-0.4	0.493	0.002
-0.5	0.986	0.002
-0.6	1.725	0.001
-0.7	2.759	0
-0.8	4.139	0
-0.9	5.88	0
-1	7.991	0
-1.1	10.483	0
-1.2	13.367	0
-1.3	16.652	0
-1.4	20.348	0
-1.5	24.465	0
-1.6	28.948	0
-1.7	33.792	0
-1.8	38.992	0
-1.9	44.541	0
-2	50.435	0
-2.1	43.877	0
-2.2	37.651	0
-2.3	31.751	0
-2.4	26.174	1.622
-2.5	25.901	8.819
-2.6	27.68	16.926
-2.7	29.531	24.82
-2.8	31.475	32.491
-2.9	33.533	39.931
-3	35.725	47.131
-3.1	38.07	54.082
-3.2	40.281	60.776
-3.3	42.346	67.202
-3.4	44.26	73.353
-3.5	46.021	79.218
-3.6	47.63	84.789
-3.7	49.091	90.056
-3.8	50.404	95.01
-3.9	51.575	99.641
-4	52.606	103.939
-4.1	53.502	107.895
-4.2	54.269	111.498
-4.3	54.91	114.738
-4.4	55.43	117.606
-4.5	55.835	120.09
-4.6	56.128	122.18
-4.7	56.316	123.865
-4.8	56.403	125.135
-4.9	56.394	125.978
-5	56.293	126.383
-5.1	56.106	128.508
-5.2	55.837	138.349
-5.3	55.49	147.708
-5.4	55.07	156.58
-5.5	54.581	165.544
-5.6	54.028	174.597
-5.7	53.414	183.206
-5.8	52.744	191.366
-5.9	52.021	199.068

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-6	51.249	206.306
-6.1	50.431	213.071
-6.2	49.571	219.355
-6.3	48.673	225.152
-6.4	47.738	230.451
-6.5	46.771	235.246
-6.6	45.774	239.526
-6.7	44.75	243.284
-6.8	43.702	246.51
-6.9	42.632	249.194
-7	41.543	251.327
-7.1	40.436	252.899
-7.2	39.314	259.763
-7.3	38.179	274.153
-7.4	37.033	287.959
-7.5	35.877	301.174
-7.6	34.714	313.791
-7.7	33.545	325.803
-7.8	32.371	337.202
-7.9	31.194	347.98
-8	30.015	358.13
-8.1	28.836	367.642
-8.2	27.656	376.502
-8.3	26.478	384.694
-8.4	25.302	392.202
-8.5	24.13	399.011
-8.6	22.961	405.104
-8.7	21.797	410.465
-8.8	20.638	415.077
-8.9	19.485	418.922
-9	18.339	421.983
-9.1	17.199	424.243
-9.2	16.066	425.684
-9.3	14.941	426.286
-9.4	13.824	426.032
-9.5	12.715	424.904
-9.6	11.614	423.527
-9.7	10.522	421.92
-9.8	9.438	420.101
-9.9	8.364	418.086
-10	7.299	415.892
-10.1	6.244	413.533
-10.2	5.198	411.027
-10.3	4.162	408.387
-10.4	3.266	405.631
-10.5	2.421	402.774
-10.6	1.585	399.832
-10.7	0.76	396.82
-10.8	0.003	393.755
-10.9	0.001	390.652
-11	0	387.527
-11.1	0	384.396
-11.2	0	381.274
-11.3	0	378.177
-11.4	0	375.119
-11.5	0	372.114
-11.6	0	369.174
-11.7	0	366.312
-11.8	0	363.541
-11.9	0	360.874
-12	0	358.321
-12.1	0	355.896
-12.2	0	353.61
-12.3	0	351.474

PROGETTAZIONE ATI:

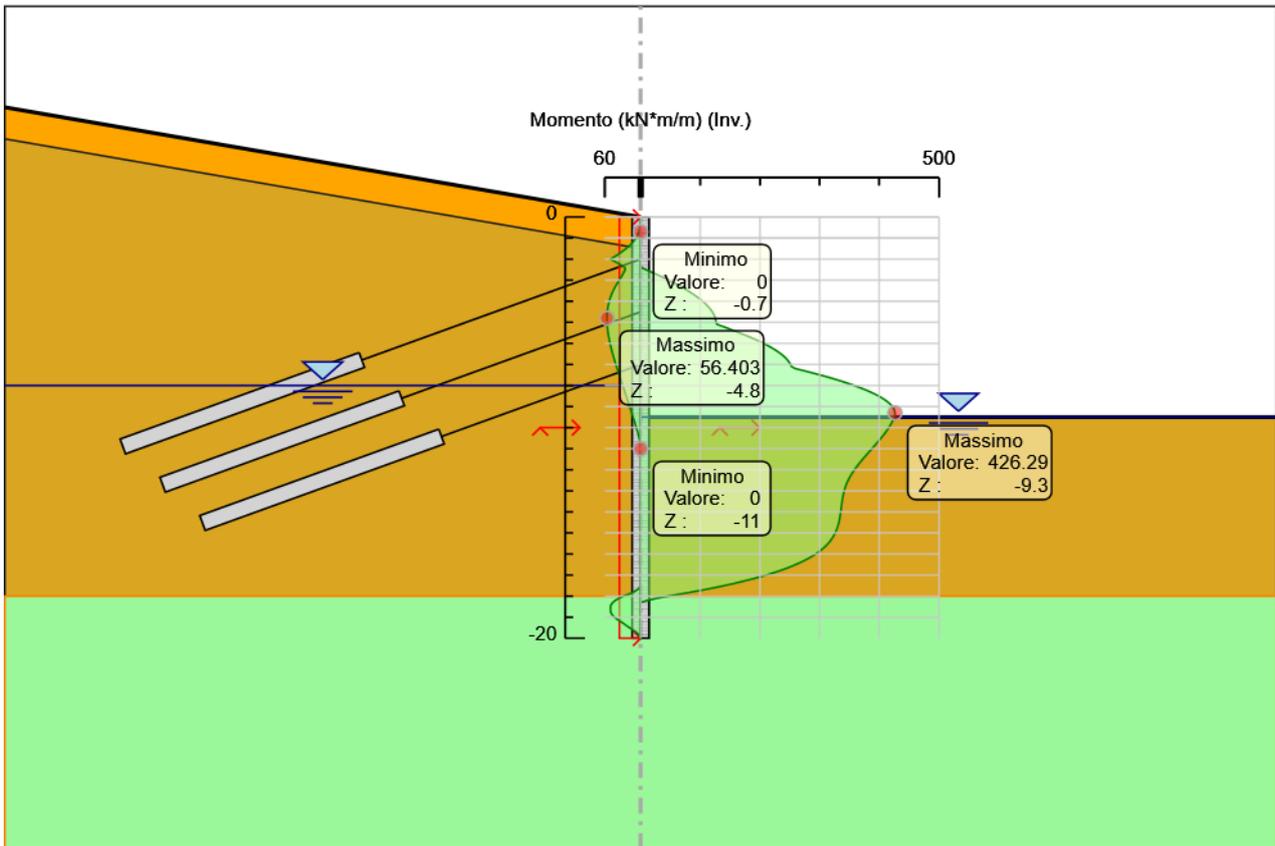
Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-12.4	0	349.499
-12.5	0	347.696
-12.6	0	346.074
-12.7	0	344.622
-12.8	0	343.328
-12.9	0	342.179
-13	0	341.164
-13.1	0	340.27
-13.2	0	339.483
-13.3	0	338.789
-13.4	0	338.175
-13.5	0	337.626
-13.6	0	337.126
-13.7	0	336.66
-13.8	0	336.214
-13.9	0	335.77
-14	0	335.313
-14.1	0	334.824
-14.2	0	334.288
-14.3	0	333.685
-14.4	0	332.999
-14.5	0	332.21
-14.6	0	331.301
-14.7	0	330.25
-14.8	0	329.04
-14.9	0	327.649
-15	0	326.056
-15.1	0	324.235
-15.2	0	322.162
-15.3	0	319.81
-15.4	0	317.154
-15.5	0	314.166
-15.6	0	310.819
-15.7	0	307.087
-15.8	0	302.94
-15.9	0	298.351
-16	0	293.291
-16.1	0	287.731
-16.2	0	281.64
-16.3	0	274.99
-16.4	0	267.749
-16.5	0	259.887
-16.6	0	251.372
-16.7	0	242.173
-16.8	0	232.259
-16.9	0	221.596
-17	0	210.154
-17.1	0	197.898
-17.2	0	184.795
-17.3	0	170.813
-17.4	0	155.918
-17.5	0	140.076
-17.6	1.333	123.253
-17.7	6.025	105.413
-17.8	11.289	86.525
-17.9	19.566	66.554
-18	28.872	45.464
-18.1	36.456	27.151
-18.2	42.373	11.471
-18.3	46.679	0.002
-18.4	49.426	0.002
-18.5	50.669	0.002
-18.6	50.461	0.001
-18.7	50.474	0.001

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Momento		Muro: WallElement
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)	
-18.8	49.632		0.001
-18.9	47.376		0.001
-19	43.809		0.001
-19.1	39.21		0
-19.2	33.882		0
-19.3	28.444		0
-19.4	23.744		0
-19.5	18.48		0
-19.6	13.108		0
-19.7	8.089		0
-19.8	3.928		0
-19.9	1.089		0
-20	0		0

PROGETTAZIONE ATI:

5.3. Grafico Involuppi Momento



Momento

PROGETTAZIONE ATI:

5.4. Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.087	0
-0.1	0.493	0.007
-0.2	1.478	0.01
-0.3	2.957	0.01
-0.4	4.928	0.007
-0.5	7.391	0
-0.6	10.348	0
-0.7	13.797	0
-0.8	17.405	0
-0.9	21.114	0
-1	24.924	0
-1.1	28.835	0
-1.2	32.847	0
-1.3	36.96	0
-1.4	41.174	0
-1.5	44.834	0
-1.6	48.441	0
-1.7	51.995	0
-1.8	55.495	0
-1.9	58.941	0
-2	58.941	90.694
-2.1	16.858	90.694
-2.2	16.858	88.807
-2.3	16.962	86.948
-2.4	17.273	85.077
-2.5	17.791	83.118
-2.6	18.514	81.071
-2.7	19.444	78.936
-2.8	20.577	76.713
-2.9	21.916	74.401
-3	23.457	72.001
-3.1	23.457	69.513
-3.2	22.11	66.934
-3.3	20.646	64.265
-3.4	19.135	61.506
-3.5	17.613	58.654
-3.6	16.097	55.709
-3.7	14.601	52.671
-3.8	13.135	49.538
-3.9	11.704	46.308
-4	13.007	42.982
-4.1	18.001	39.556
-4.2	23.086	36.031
-4.3	28.264	32.404
-4.4	33.534	28.674
-4.5	33.534	131.28
-4.6	2.938	131.28
-4.7	1.879	127.473
-4.8	0.869	123.61
-4.9	0	119.689
-5	1.508	115.709
-5.1	5.173	111.67
-5.2	9.78	107.569
-5.3	14.625	103.405
-5.4	19.591	99.178
-5.5	24.678	94.885
-5.6	26.277	90.525
-5.7	27.505	86.095
-5.8	28.466	81.595
-5.9	29.214	77.022

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: Wall	Element
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)	
-6	29.784	72.374	
-6.1	30.199	67.65	
-6.2	30.478	62.847	
-6.3	30.637	57.963	
-6.4	30.688	52.997	
-6.5	30.688	47.945	
-6.6	30.642	42.806	
-6.7	30.506	37.577	
-6.8	30.291	32.257	
-6.9	35.661	26.842	
-7	35.661	155.384	
-7.1	29.228	155.384	
-7.2	28.754	149.675	
-7.3	28.229	143.901	
-7.4	27.658	138.06	
-7.5	27.043	132.151	
-7.6	26.389	126.171	
-7.7	26.508	120.118	
-7.8	32.992	113.988	
-7.9	39.594	107.781	
-8	46.319	101.493	
-8.1	47.61	95.122	
-8.2	48.439	88.599	
-8.3	48.934	81.921	
-8.4	49.162	75.085	
-8.5	49.166	68.09	
-8.6	49.166	60.931	
-8.7	48.978	53.607	
-8.8	48.62	46.115	
-8.9	48.114	38.451	
-9	47.474	30.613	
-9.1	46.714	22.599	
-9.2	45.848	14.404	
-9.3	44.884	11.251	
-9.4	43.834	11.172	
-9.5	42.705	11.092	
-9.6	41.505	11.008	
-9.7	40.274	10.922	
-9.8	39.016	10.834	
-9.9	37.734	10.742	
-10	36.432	10.649	
-10.1	37.506	10.554	
-10.2	38.681	10.458	
-10.3	39.648	10.36	
-10.4	40.409	10.262	
-10.5	40.962	10.162	
-10.6	41.307	10.061	
-10.7	41.446	9.959	
-10.8	41.477	9.857	
-10.9	41.477	9.753	
-11	41.444	9.649	
-11.1	41.35	9.543	
-11.2	41.2	9.437	
-11.3	40.999	9.329	
-11.4	40.751	9.22	
-11.5	40.46	9.11	
-11.6	40.129	8.997	
-11.7	39.762	8.883	
-11.8	39.361	8.766	
-11.9	38.931	8.646	
-12	38.474	8.523	
-12.1	37.993	8.397	
-12.2	37.491	8.267	
-12.3	36.97	8.452	

PROGETTAZIONE ATI:

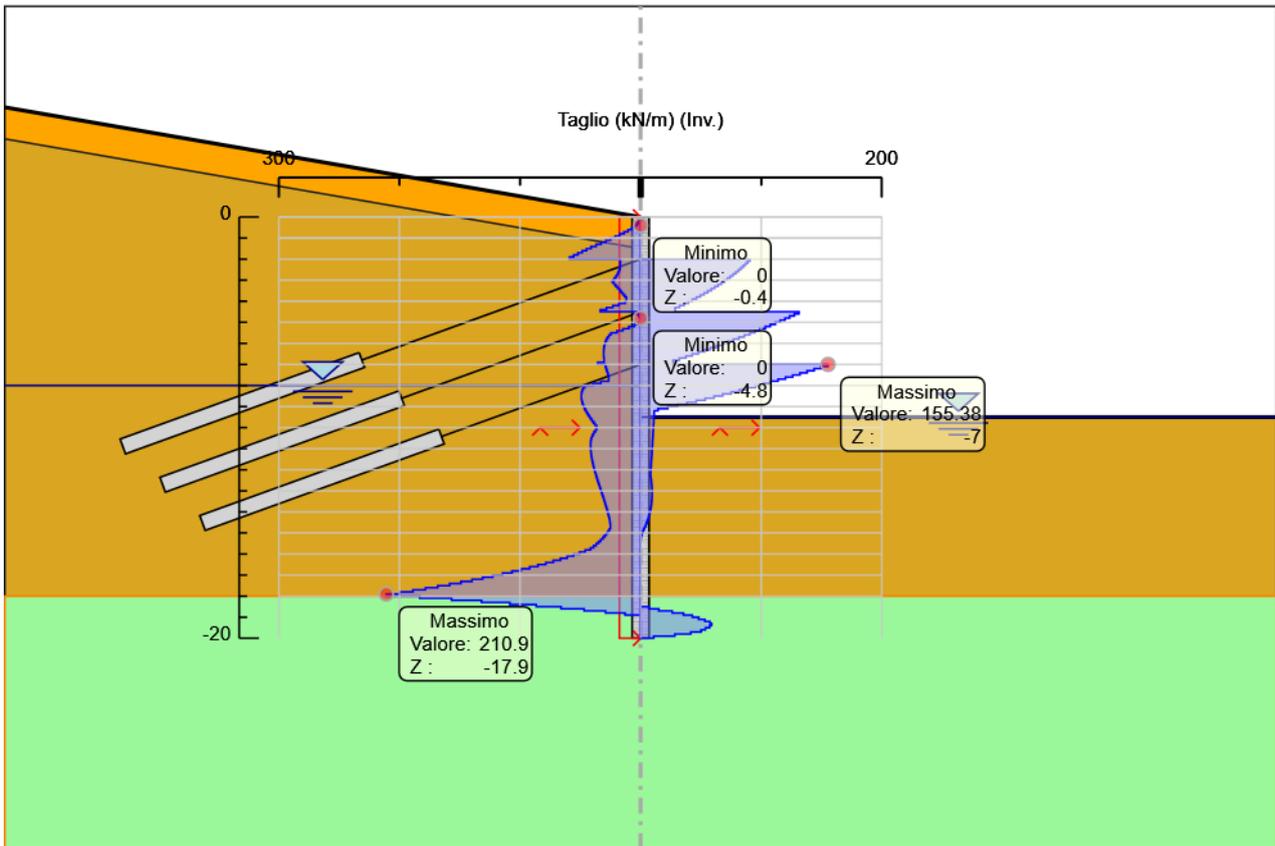
Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: Wall	Element
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)	
-12.4	36.434	8.711	
-12.5	35.884	8.937	
-12.6	35.323	9.128	
-12.7	34.754	9.284	
-12.8	34.178	9.404	
-12.9	33.599	9.487	
-13	33.017	9.532	
-13.1	32.436	9.537	
-13.2	31.856	9.537	
-13.3	31.282	9.502	
-13.4	30.713	9.427	
-13.5	30.153	9.309	
-13.6	29.602	9.147	
-13.7	29.064	8.942	
-13.8	28.539	8.691	
-13.9	28.03	8.393	
-14	27.538	8.047	
-14.1	27.065	7.653	
-14.2	26.613	7.208	
-14.3	26.183	6.712	
-14.4	25.777	6.164	
-14.5	25.448	5.562	
-14.6	25.217	4.904	
-14.7	25.085	4.19	
-14.8	25.88	3.419	
-14.9	27.07	2.588	
-15	28.381	1.854	
-15.1	29.814	1.131	
-15.2	31.375	0.36	
-15.3	33.066	0	
-15.4	34.891	0	
-15.5	36.852	0	
-15.6	38.954	0	
-15.7	41.464	0	
-15.8	45.888	0	
-15.9	50.6	0	
-16	55.604	0	
-16.1	60.905	0	
-16.2	66.505	0	
-16.3	72.41	0	
-16.4	78.623	0	
-16.5	85.147	0	
-16.6	91.987	0	
-16.7	99.144	0	
-16.8	106.624	0	
-16.9	114.429	0	
-17	122.561	0	
-17.1	131.024	0	
-17.2	139.82	0	
-17.3	148.952	0	
-17.4	158.422	0	
-17.5	168.231	0	
-17.6	178.382	0	
-17.7	188.876	0	
-17.8	199.714	0	
-17.9	210.898	0	
-18	210.898	0	
-18.1	183.128	0	
-18.2	156.803	0	
-18.3	131.921	0	
-18.4	108.483	0	
-18.5	86.487	6.897	
-18.6	65.93	15.053	
-18.7	46.811	26.222	

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: Wall	Element
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)	
-18.8	29.127	35.603	
-18.9	12.875	42.933	
-19	0.001	48.172	
-19.1	0.001	53.285	
-19.2	0.001	57.589	
-19.3	0.001	58.907	
-19.4	0.001	58.907	
-19.5	0.001	57.246	
-19.6	0	53.724	
-19.7	0	50.188	
-19.8	0	41.607	
-19.9	0	28.393	
-20	0	10.892	

PROGETTAZIONE ATI:

5.5. Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

PROGETTAZIONE ATI:

5.6. Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1	INFISSIONE PARATIA	Left Wall	LEFT	18.83
NTC2018: SISMICA STR	SISMA	Left Wall	RIGHT	64.09

PROGETTAZIONE ATI:

6. Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

67.

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

68.

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

PROGETTAZIONE ATI:

6.1. Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

69.

Design Assumption	GEOSTATICA	INFISSIONE	SCAVO A	INFISSIONE	SCAVO A	INFISSIONE	SCAVO A	INFISSIONE	FONDO	FASE	SISMA
		PARATIA	QUOTA - 3 METRI	PRIMO TIRANTE	QUOTA - 5.50 METRI	SECONDO ORDINE TIRANTI	QUOTA A -8.0 METRI	TERZO ORDINE TIRANTI	SCAVO	ESERCIZIO	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V

PROGETTAZIONE ATI:

6.2. Risultati Cover

6.2.1. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover
-0.7	0.006
-0.8	0.01
-0.9	0.014
-1	0.019
-1.1	0.025
-1.2	0.031
-1.3	0.039
-1.4	0.048
-1.5	0.057
-1.6	0.068
-1.7	0.079
-1.8	0.092
-1.9	0.105
-2	0.118
-2.1	0.103
-2.2	0.088
-2.3	0.075
-2.4	0.061
-2.5	0.061
-2.6	0.065
-2.7	0.069
-2.8	0.076
-2.9	0.094
-3	0.111
-3.1	0.127
-3.2	0.143
-3.3	0.158
-3.4	0.172
-3.5	0.186
-3.6	0.199
-3.7	0.211
-3.8	0.223
-3.9	0.234
-4	0.244
-4.1	0.253
-4.2	0.262
-4.3	0.269
-4.4	0.276
-4.5	0.282
-4.6	0.287
-4.7	0.291
-4.8	0.294
-4.9	0.296
-5	0.297
-5.1	0.297
-5.2	0.319
-5.3	0.343
-5.4	0.366
-5.5	0.389
-5.6	0.41
-5.7	0.43
-5.8	0.449
-5.9	0.467
-6	0.484
-6.1	0.5
-6.2	0.515
-6.3	0.528

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-6.4	0.541	
-6.5	0.552	
-6.6	0.562	
-6.7	0.571	
-6.8	0.579	
-6.9	0.585	
-7	0.59	
-7.1	0.594	
-7.2	0.596	
-7.3	0.597	
-7.4	0.597	
-7.5	0.595	
-7.6	0.591	
-7.7	0.587	
-7.8	0.609	
-7.9	0.631	
-8	0.652	
-8.1	0.672	
-8.2	0.69	
-8.3	0.707	
-8.4	0.723	
-8.5	0.736	
-8.6	0.749	
-8.7	0.759	
-8.8	0.768	
-8.9	0.776	
-9	0.781	
-9.1	0.785	
-9.2	0.787	
-9.3	0.787	
-9.4	0.785	
-9.5	0.781	
-9.6	0.776	
-9.7	0.771	
-9.8	0.765	
-9.9	0.759	
-10	0.753	
-10.1	0.747	
-10.2	0.74	
-10.3	0.733	
-10.4	0.726	
-10.5	0.719	
-10.6	0.712	
-10.7	0.705	
-10.8	0.698	
-10.9	0.691	
-11	0.684	
-11.1	0.677	
-11.2	0.67	
-11.3	0.663	
-11.4	0.656	
-11.5	0.649	
-11.6	0.643	
-11.7	0.636	
-11.8	0.63	
-11.9	0.624	
-12	0.618	
-12.1	0.612	
-12.2	0.606	
-12.3	0.6	
-12.4	0.594	
-12.5	0.589	
-12.6	0.584	
-12.7	0.578	

PROGETTAZIONE ATI:

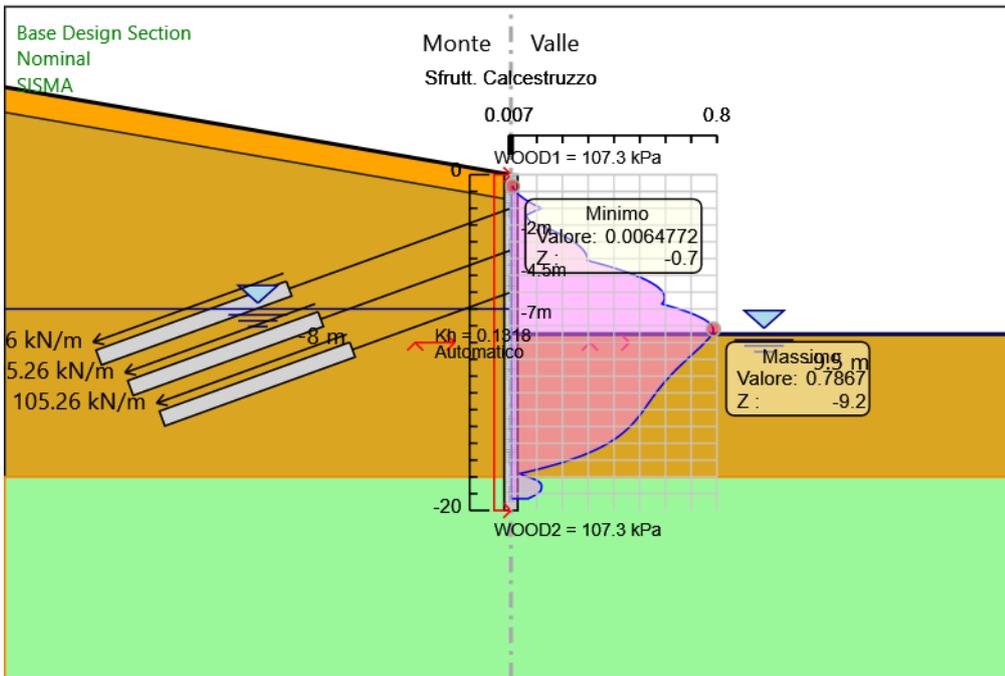
Involuppi	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-12.8		0.573
-12.9		0.568
-13		0.563
-13.1		0.558
-13.2		0.554
-13.3		0.549
-13.4		0.544
-13.5		0.54
-13.6		0.535
-13.7		0.53
-13.8		0.526
-13.9		0.521
-14		0.516
-14.1		0.512
-14.2		0.507
-14.3		0.502
-14.4		0.497
-14.5		0.492
-14.6		0.486
-14.7		0.481
-14.8		0.475
-14.9		0.469
-15		0.462
-15.1		0.456
-15.2		0.449
-15.3		0.441
-15.4		0.434
-15.5		0.425
-15.6		0.417
-15.7		0.408
-15.8		0.398
-15.9		0.388
-16		0.377
-16.1		0.365
-16.2		0.353
-16.3		0.34
-16.4		0.327
-16.5		0.313
-16.6		0.297
-16.7		0.281
-16.8		0.264
-16.9		0.246
-17		0.228
-17.1		0.208
-17.2		0.187
-17.3		0.165
-17.4		0.142
-17.5		0.117
-17.6		0.091
-17.7		0.065
-17.8		0.036
-17.9		0.046
-18		0.068
-18.1		0.086
-18.2		0.099
-18.3		0.11
-18.4		0.116
-18.5		0.119
-18.6		0.118
-18.7		0.118
-18.8		0.116
-18.9		0.111
-19		0.103
-19.1		0.092

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
	Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
	-19.2	0.08
	-19.3	0.066

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.2. Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

6.2.3. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-0.7	0.005	
-0.8	0.007	
-0.9	0.011	
-1	0.014	
-1.1	0.019	
-1.2	0.024	
-1.3	0.03	
-1.4	0.036	
-1.5	0.044	
-1.6	0.052	
-1.7	0.061	
-1.8	0.07	
-1.9	0.08	
-2	0.09	
-2.1	0.079	
-2.2	0.067	
-2.3	0.057	
-2.4	0.047	
-2.5	0.046	
-2.6	0.05	
-2.7	0.053	
-2.8	0.058	
-2.9	0.072	
-3	0.084	
-3.1	0.097	
-3.2	0.109	
-3.3	0.12	
-3.4	0.131	
-3.5	0.142	
-3.6	0.152	
-3.7	0.161	
-3.8	0.17	
-3.9	0.178	
-4	0.186	
-4.1	0.193	
-4.2	0.2	
-4.3	0.206	
-4.4	0.211	
-4.5	0.215	
-4.6	0.219	
-4.7	0.222	
-4.8	0.224	
-4.9	0.226	
-5	0.226	
-5.1	0.226	
-5.2	0.243	
-5.3	0.262	
-5.4	0.28	
-5.5	0.296	
-5.6	0.313	
-5.7	0.328	
-5.8	0.343	
-5.9	0.357	
-6	0.37	
-6.1	0.382	
-6.2	0.393	
-6.3	0.403	
-6.4	0.413	
-6.5	0.421	
-6.6	0.429	

PROGETTAZIONE ATI:

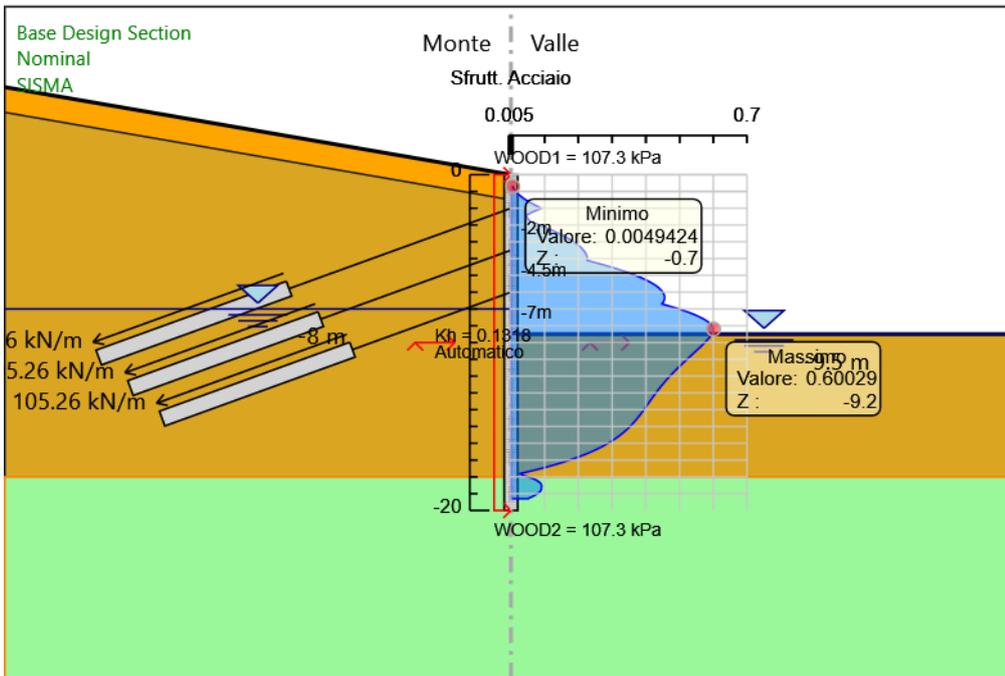
Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
-6.7	0.436
-6.8	0.442
-6.9	0.446
-7	0.45
-7.1	0.453
-7.2	0.455
-7.3	0.455
-7.4	0.455
-7.5	0.454
-7.6	0.451
-7.7	0.448
-7.8	0.465
-7.9	0.482
-8	0.498
-8.1	0.513
-8.2	0.527
-8.3	0.54
-8.4	0.551
-8.5	0.562
-8.6	0.571
-8.7	0.579
-8.8	0.586
-8.9	0.592
-9	0.596
-9.1	0.599
-9.2	0.6
-9.3	0.6
-9.4	0.599
-9.5	0.596
-9.6	0.592
-9.7	0.588
-9.8	0.584
-9.9	0.58
-10	0.575
-10.1	0.57
-10.2	0.565
-10.3	0.56
-10.4	0.554
-10.5	0.549
-10.6	0.544
-10.7	0.538
-10.8	0.533
-10.9	0.527
-11	0.522
-11.1	0.516
-11.2	0.511
-11.3	0.506
-11.4	0.501
-11.5	0.496
-11.6	0.491
-11.7	0.486
-11.8	0.481
-11.9	0.476
-12	0.471
-12.1	0.467
-12.2	0.462
-12.3	0.458
-12.4	0.454
-12.5	0.449
-12.6	0.445
-12.7	0.441
-12.8	0.437
-12.9	0.434
-13	0.43

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
-13.1	0.426
-13.2	0.422
-13.3	0.419
-13.4	0.415
-13.5	0.412
-13.6	0.408
-13.7	0.405
-13.8	0.401
-13.9	0.398
-14	0.394
-14.1	0.39
-14.2	0.387
-14.3	0.383
-14.4	0.379
-14.5	0.375
-14.6	0.371
-14.7	0.367
-14.8	0.362
-14.9	0.358
-15	0.353
-15.1	0.348
-15.2	0.342
-15.3	0.337
-15.4	0.331
-15.5	0.325
-15.6	0.318
-15.7	0.311
-15.8	0.304
-15.9	0.296
-16	0.288
-16.1	0.279
-16.2	0.27
-16.3	0.26
-16.4	0.249
-16.5	0.238
-16.6	0.227
-16.7	0.215
-16.8	0.202
-16.9	0.188
-17	0.174
-17.1	0.159
-17.2	0.143
-17.3	0.126
-17.4	0.108
-17.5	0.089
-17.6	0.07
-17.7	0.049
-17.8	0.028
-17.9	0.035
-18	0.052
-18.1	0.065
-18.2	0.076
-18.3	0.084
-18.4	0.089
-18.5	0.091
-18.6	0.09
-18.7	0.09
-18.8	0.089
-18.9	0.085
-19	0.078
-19.1	0.07
-19.2	0.061
-19.3	0.05

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.4. Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.5. Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-0.7	0.002
-0.8	0.003
-0.9	0.005
-1	0.007
-1.1	0.009
-1.2	0.011
-1.3	0.014
-1.4	0.017
-1.5	0.02
-1.6	0.024
-1.7	0.028
-1.8	0.032
-1.9	0.037
-2	0.042
-2.1	0.036
-2.2	0.031
-2.3	0.026
-2.4	0.022
-2.5	0.021
-2.6	0.023
-2.7	0.024
-2.8	0.027
-2.9	0.033
-3	0.039
-3.1	0.045
-3.2	0.05
-3.3	0.056
-3.4	0.061
-3.5	0.066
-3.6	0.07
-3.7	0.075
-3.8	0.079
-3.9	0.082
-4	0.086
-4.1	0.089
-4.2	0.092
-4.3	0.095
-4.4	0.097
-4.5	0.099
-4.6	0.101
-4.7	0.103
-4.8	0.104
-4.9	0.104
-5	0.105
-5.1	0.105
-5.2	0.112
-5.3	0.121
-5.4	0.129
-5.5	0.137
-5.6	0.145
-5.7	0.152
-5.8	0.158
-5.9	0.165
-6	0.171
-6.1	0.176
-6.2	0.182
-6.3	0.186
-6.4	0.191
-6.5	0.195
-6.6	0.198

PROGETTAZIONE ATI:

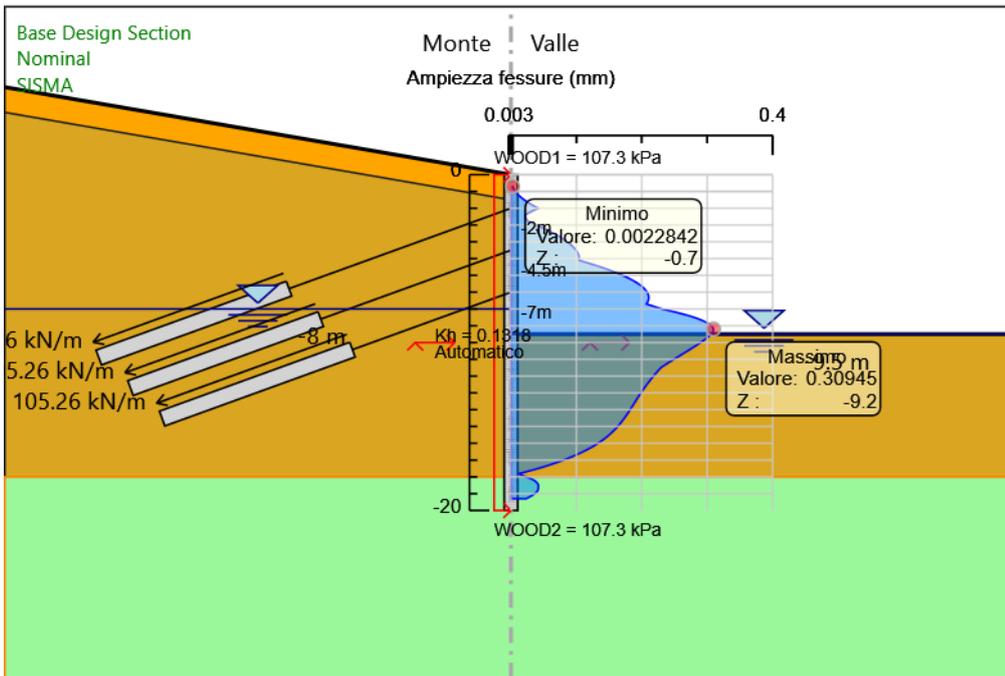
Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-6.7	0.201
-6.8	0.204
-6.9	0.206
-7	0.208
-7.1	0.209
-7.2	0.21
-7.3	0.211
-7.4	0.21
-7.5	0.21
-7.6	0.209
-7.7	0.207
-7.8	0.215
-7.9	0.223
-8	0.231
-8.1	0.242
-8.2	0.253
-8.3	0.263
-8.4	0.272
-8.5	0.28
-8.6	0.287
-8.7	0.293
-8.8	0.299
-8.9	0.303
-9	0.306
-9.1	0.308
-9.2	0.309
-9.3	0.309
-9.4	0.308
-9.5	0.306
-9.6	0.303
-9.7	0.3
-9.8	0.297
-9.9	0.293
-10	0.29
-10.1	0.286
-10.2	0.282
-10.3	0.278
-10.4	0.274
-10.5	0.27
-10.6	0.266
-10.7	0.262
-10.8	0.257
-10.9	0.253
-11	0.249
-11.1	0.245
-11.2	0.241
-11.3	0.237
-11.4	0.233
-11.5	0.229
-11.6	0.227
-11.7	0.224
-11.8	0.222
-11.9	0.22
-12	0.218
-12.1	0.216
-12.2	0.214
-12.3	0.212
-12.4	0.21
-12.5	0.208
-12.6	0.206
-12.7	0.204
-12.8	0.202
-12.9	0.2
-13	0.199

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-13.1	0.197
-13.2	0.195
-13.3	0.194
-13.4	0.192
-13.5	0.19
-13.6	0.189
-13.7	0.187
-13.8	0.185
-13.9	0.184
-14	0.182
-14.1	0.18
-14.2	0.179
-14.3	0.177
-14.4	0.175
-14.5	0.173
-14.6	0.171
-14.7	0.169
-14.8	0.167
-14.9	0.165
-15	0.163
-15.1	0.161
-15.2	0.158
-15.3	0.156
-15.4	0.153
-15.5	0.15
-15.6	0.147
-15.7	0.144
-15.8	0.14
-15.9	0.137
-16	0.133
-16.1	0.129
-16.2	0.125
-16.3	0.12
-16.4	0.115
-16.5	0.11
-16.6	0.105
-16.7	0.099
-16.8	0.093
-16.9	0.087
-17	0.08
-17.1	0.073
-17.2	0.066
-17.3	0.058
-17.4	0.05
-17.5	0.041
-17.6	0.032
-17.7	0.023
-17.8	0.013
-17.9	0.016
-18	0.024
-18.1	0.03
-18.2	0.035
-18.3	0.039
-18.4	0.041
-18.5	0.042
-18.6	0.042
-18.7	0.042
-18.8	0.041
-18.9	0.039
-19	0.036
-19.1	0.032
-19.2	0.028
-19.3	0.023

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.6. Grafico Inviluppi Apertura Fessure - Cover



Inviluppi
Apertura Fessure - Cover

6.2.7. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-0.7	0.01
-0.8	0.01
-0.9	0.01
-1	0.013
-1.1	0.017
-1.2	0.022
-1.3	0.027
-1.4	0.033
-1.5	0.04
-1.6	0.047
-1.7	0.055
-1.8	0.064
-1.9	0.073
-2	0.083
-2.1	0.072
-2.2	0.062
-2.3	0.052
-2.4	0.043
-2.5	0.042
-2.6	0.045
-2.7	0.048
-2.8	0.053
-2.9	0.065
-3	0.077
-3.1	0.089
-3.2	0.1
-3.3	0.11
-3.4	0.12
-3.5	0.13
-3.6	0.139
-3.7	0.148
-3.8	0.156
-3.9	0.163
-4	0.17
-4.1	0.177
-4.2	0.183
-4.3	0.188
-4.4	0.193
-4.5	0.197
-4.6	0.2
-4.7	0.203
-4.8	0.205
-4.9	0.206
-5	0.207
-5.1	0.211
-5.2	0.227
-5.3	0.242
-5.4	0.257
-5.5	0.271
-5.6	0.286
-5.7	0.3
-5.8	0.314
-5.9	0.326
-6	0.338
-6.1	0.349
-6.2	0.359
-6.3	0.369
-6.4	0.378
-6.5	0.385
-6.6	0.393

PROGETTAZIONE ATI:

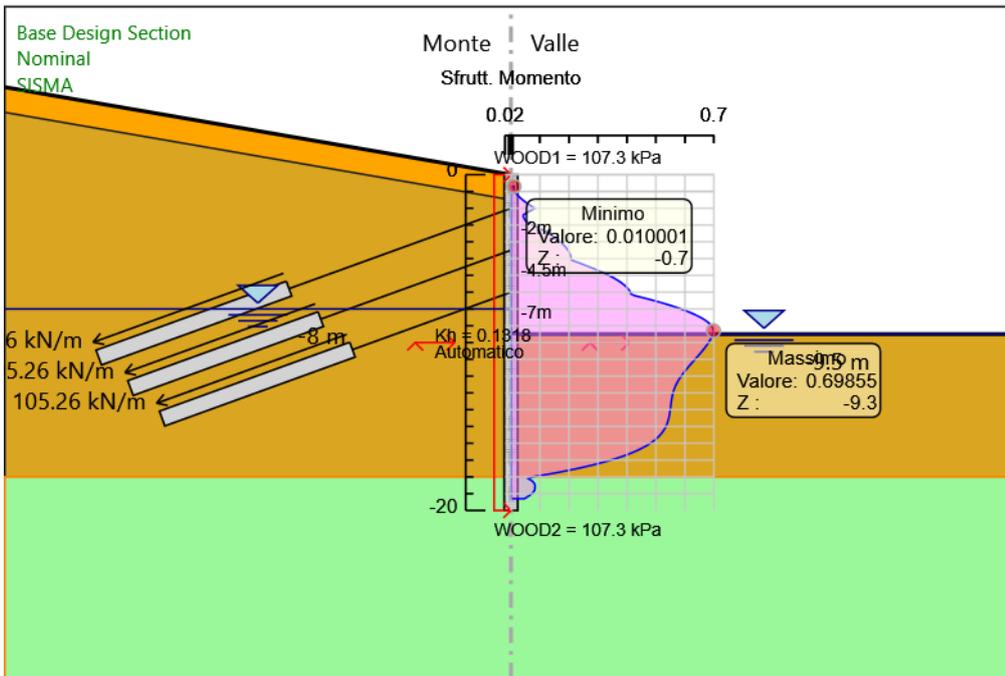
Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-6.7	0.399
-6.8	0.404
-6.9	0.408
-7	0.412
-7.1	0.414
-7.2	0.426
-7.3	0.449
-7.4	0.472
-7.5	0.494
-7.6	0.514
-7.7	0.534
-7.8	0.553
-7.9	0.57
-8	0.587
-8.1	0.602
-8.2	0.617
-8.3	0.63
-8.4	0.643
-8.5	0.654
-8.6	0.664
-8.7	0.673
-8.8	0.68
-8.9	0.686
-9	0.691
-9.1	0.695
-9.2	0.698
-9.3	0.699
-9.4	0.698
-9.5	0.696
-9.6	0.694
-9.7	0.691
-9.8	0.688
-9.9	0.685
-10	0.682
-10.1	0.678
-10.2	0.674
-10.3	0.669
-10.4	0.665
-10.5	0.66
-10.6	0.655
-10.7	0.65
-10.8	0.645
-10.9	0.64
-11	0.635
-11.1	0.63
-11.2	0.625
-11.3	0.62
-11.4	0.615
-11.5	0.61
-11.6	0.605
-11.7	0.6
-11.8	0.596
-11.9	0.591
-12	0.587
-12.1	0.583
-12.2	0.579
-12.3	0.576
-12.4	0.573
-12.5	0.57
-12.6	0.567
-12.7	0.565
-12.8	0.563
-12.9	0.561
-13	0.559

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-13.1	0.558
-13.2	0.556
-13.3	0.555
-13.4	0.554
-13.5	0.553
-13.6	0.552
-13.7	0.552
-13.8	0.551
-13.9	0.55
-14	0.549
-14.1	0.549
-14.2	0.548
-14.3	0.547
-14.4	0.546
-14.5	0.544
-14.6	0.543
-14.7	0.541
-14.8	0.539
-14.9	0.537
-15	0.534
-15.1	0.531
-15.2	0.528
-15.3	0.524
-15.4	0.52
-15.5	0.515
-15.6	0.509
-15.7	0.503
-15.8	0.496
-15.9	0.489
-16	0.481
-16.1	0.472
-16.2	0.462
-16.3	0.451
-16.4	0.439
-16.5	0.426
-16.6	0.412
-16.7	0.397
-16.8	0.381
-16.9	0.363
-17	0.344
-17.1	0.324
-17.2	0.303
-17.3	0.28
-17.4	0.256
-17.5	0.23
-17.6	0.202
-17.7	0.173
-17.8	0.142
-17.9	0.109
-18	0.075
-18.1	0.06
-18.2	0.069
-18.3	0.076
-18.4	0.081
-18.5	0.083
-18.6	0.083
-18.7	0.083
-18.8	0.081
-18.9	0.078
-19	0.072
-19.1	0.064
-19.2	0.056
-19.3	0.047

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.8. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

6.2.9. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-0.7	0.042
-0.8	0.053
-0.9	0.064
-1	0.076
-1.1	0.087
-1.2	0.1
-1.3	0.112
-1.4	0.125
-1.5	0.136
-1.6	0.147
-1.7	0.158
-1.8	0.168
-1.9	0.179
-2	0.275
-2.1	0.275
-2.2	0.269
-2.3	0.264
-2.4	0.258
-2.5	0.252
-2.6	0.246
-2.7	0.239
-2.8	0.233
-2.9	0.226
-3	0.218
-3.1	0.211
-3.2	0.203
-3.3	0.195
-3.4	0.187
-3.5	0.178
-3.6	0.169
-3.7	0.16
-3.8	0.15
-3.9	0.14
-4	0.13
-4.1	0.12
-4.2	0.109
-4.3	0.098
-4.4	0.102
-4.5	0.398
-4.6	0.398
-4.7	0.387
-4.8	0.375
-4.9	0.363
-5	0.351
-5.1	0.339
-5.2	0.326
-5.3	0.314
-5.4	0.301
-5.5	0.288
-5.6	0.275
-5.7	0.261
-5.8	0.247
-5.9	0.234
-6	0.219
-6.1	0.205
-6.2	0.191
-6.3	0.176
-6.4	0.161
-6.5	0.145
-6.6	0.13

PROGETTAZIONE ATI:

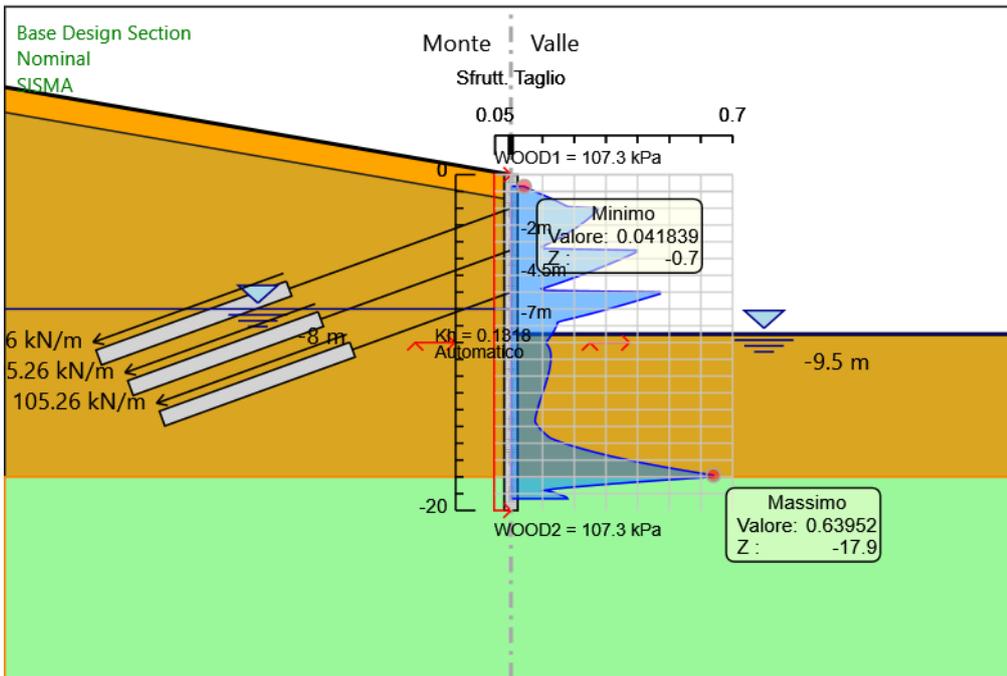
Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-6.7	0.114
-6.8	0.098
-6.9	0.108
-7	0.471
-7.1	0.471
-7.2	0.454
-7.3	0.436
-7.4	0.419
-7.5	0.401
-7.6	0.383
-7.7	0.364
-7.8	0.346
-7.9	0.327
-8	0.308
-8.1	0.288
-8.2	0.269
-8.3	0.248
-8.4	0.228
-8.5	0.206
-8.6	0.185
-8.7	0.163
-8.8	0.147
-8.9	0.146
-9	0.144
-9.1	0.142
-9.2	0.139
-9.3	0.136
-9.4	0.133
-9.5	0.129
-9.6	0.126
-9.7	0.122
-9.8	0.118
-9.9	0.114
-10	0.11
-10.1	0.114
-10.2	0.117
-10.3	0.12
-10.4	0.123
-10.5	0.124
-10.6	0.125
-10.7	0.126
-10.8	0.126
-10.9	0.126
-11	0.126
-11.1	0.125
-11.2	0.125
-11.3	0.124
-11.4	0.124
-11.5	0.123
-11.6	0.122
-11.7	0.121
-11.8	0.119
-11.9	0.118
-12	0.117
-12.1	0.115
-12.2	0.114
-12.3	0.112
-12.4	0.11
-12.5	0.109
-12.6	0.107
-12.7	0.105
-12.8	0.104
-12.9	0.102
-13	0.1

PROGETTAZIONE ATI:

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-13.1	0.098
-13.2	0.097
-13.3	0.095
-13.4	0.093
-13.5	0.091
-13.6	0.09
-13.7	0.088
-13.8	0.087
-13.9	0.085
-14	0.084
-14.1	0.082
-14.2	0.081
-14.3	0.079
-14.4	0.078
-14.5	0.077
-14.6	0.076
-14.7	0.076
-14.8	0.078
-14.9	0.082
-15	0.086
-15.1	0.09
-15.2	0.095
-15.3	0.1
-15.4	0.106
-15.5	0.112
-15.6	0.118
-15.7	0.126
-15.8	0.139
-15.9	0.153
-16	0.169
-16.1	0.185
-16.2	0.202
-16.3	0.22
-16.4	0.238
-16.5	0.258
-16.6	0.279
-16.7	0.301
-16.8	0.323
-16.9	0.347
-17	0.372
-17.1	0.397
-17.2	0.424
-17.3	0.452
-17.4	0.48
-17.5	0.51
-17.6	0.541
-17.7	0.573
-17.8	0.606
-17.9	0.64
-18	0.64
-18.1	0.555
-18.2	0.475
-18.3	0.4
-18.4	0.329
-18.5	0.262
-18.6	0.2
-18.7	0.142
-18.8	0.108
-18.9	0.13
-19	0.146
-19.1	0.162
-19.2	0.175
-19.3	0.179

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.10. Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

6.2.12. Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE PRIMO TIRANTE	390.136	513.119	807.409	0.76	0.483		
PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA - 5.50 METRI	400.222	513.119	807.409	0.78	0.496		
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	388.559	513.119	807.409	0.757	0.481		
PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA A - 8.0 METRI	395.381	513.119	807.409	0.771	0.49		
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI	388.774	513.119	807.409	0.758	0.482		
PRIMO TIRANTE	FONDO SCAVO	388.641	513.119	807.409	0.757	0.481		
PRIMO TIRANTE	FASE ESERCIZIO	387.964	513.119	807.409	0.756	0.481		
PRIMO TIRANTE	SISMA	387.964	513.119	807.409	0.756	0.481		
Tieback	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	390.136	513.131	807.409	0.76	0.483		
Tieback	SCAVO A QUOTA A - 8.0 METRI	410.017	513.131	807.409	0.799	0.508		
Tieback	INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI	398.078	513.131	807.409	0.776	0.493		
Tieback	FONDO SCAVO	408.238	513.131	807.409	0.796	0.506		
Tieback	FASE ESERCIZIO	409.989	513.131	807.409	0.799	0.508		
Tieback	SISMA	409.989	513.131	807.409	0.799	0.508		
Tieback_New	INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI	390.136	513.127	807.409	0.76	0.483		
Tieback_New	FONDO SCAVO	412.672	513.127	807.409	0.804	0.511		
Tieback_New	FASE ESERCIZIO	417.532	513.127	807.409	0.814	0.517		
Tieback_New	SISMA	417.532	513.127	807.409	0.814	0.517		

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.14. Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			Gerarchia delle Resistenze
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE PRIMO TIRANTE	300.105	513.119	807.409	0.585	0.372		
PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA -5.50 METRI	307.863	513.119	807.409	0.6	0.381		
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	298.891	513.119	807.409	0.582	0.37		
PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA A -8.0 METRI	304.139	513.119	807.409	0.593	0.377		
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI	299.057	513.119	807.409	0.583	0.37		
PRIMO TIRANTE	FONDO SCAVO	298.954	513.119	807.409	0.583	0.37		
PRIMO TIRANTE	FASE ESERCIZIO	298.434	513.119	807.409	0.582	0.37		
PRIMO TIRANTE	SISMA	419.072	513.119	807.409	0.817	0.519		
Tieback	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	300.105	513.131	807.409	0.585	0.372		
Tieback	SCAVO A QUOTA A -8.0 METRI	315.398	513.131	807.409	0.615	0.391		
Tieback	INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI	306.214	513.131	807.409	0.597	0.379		
Tieback	FONDO SCAVO	314.03	513.131	807.409	0.612	0.389		
Tieback	FASE ESERCIZIO	315.376	513.131	807.409	0.615	0.391		
Tieback	SISMA	451.138	513.131	807.409	0.879	0.559		
Tieback_New	INFISSIONE TERZO ORDINE TIRANTI	300.105	513.127	807.409	0.585	0.372		
Tieback_New	FONDO SCAVO	317.44	513.127	807.409	0.619	0.393		
Tieback_New	FASE ESERCIZIO	321.178	513.127	807.409	0.626	0.398		
Tieback_New	SISMA	472.086	513.127	807.409	0.92	0.585		

6.2.16. Involuppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

Tipo Risultato: Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
PRIMO TIRANTE	SISMA	419.072	513.119	807.409	0.817	0.519			NTC2018:
Tieback	SISMA	451.138	513.131	807.409	0.879	0.559			SISMICA STR
Tieback_New	SISMA	472.086	513.127	807.409	0.92	0.585			NTC2018:
									SISMICA STR

6.2.17 Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti

Per la ripartizione sulla paratia dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono state utilizzate coppie di profilati metallici del tipo HEB180 (acciaio S275).

La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su infiniti appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, uguale all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi.

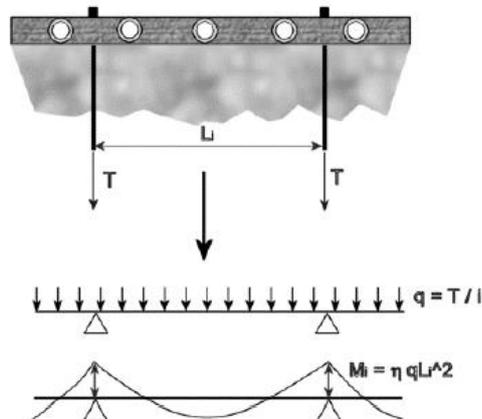


Figura 52 - Trave di ripartizione: schema statico

Le sollecitazioni sulla trave si determinano considerando lo schema di trave su infiniti appoggi:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{10} \quad V = 0.6 \cdot q \cdot L$$

essendo:

- L = luce della campata, ovvero interasse tra i tiranti
- tmax = reazione del tirante a metro lineare

Di seguito vengono riportate le tabelle con le verifiche delle travi di ripartizioni per SLU ed SLV.

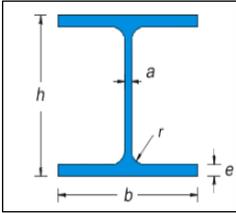
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLU-STR							
Materiale	S275	-					
f_{yk}	275	N/mm ²	f_{yd}	261.90	N/mm ²		
f_{tk}	430	N/mm ²					
γ_{M0}	1.05	-					
γ_{M1}	1.05	-					
Profilo	HEB180			Proprietà Sezione			
		a	8.5	mm	J_x	3831	cm ⁴
		b	180	mm	J_y	1363	cm ⁴
		e	14	mm	$W_{el,x}$	425.7	cm ³
		r	15	mm	$W_{el,y}$	151.4	cm ³
		h	180	mm	$W_{pl,x}$	686.9504	cm ³
		Area	65.25	cm ²	$W_{pl,y}$	231.0135	cm ³
		Peso	51.2	kg/m			
		VERIFICHE SEZIONI:					
TAGLIO							
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V_{ed} [kN]	A_v [cm ²]	$V_{C,Rd}$ [kN]	FS [-]		
1	SLU-STR	120.07	20.24	306.05	0.39	Vc,Rd>Ved	Verifica Superata
2	SLU-STR	123.01	20.24	306.05	0.40	Vc,Rd>Ved	Verifica Superata
3	SLU-STR	125.26	20.24	306.05	0.41	Vc,Rd>Ved	Verifica Superata
NB: con $V_{ed} \leq 0.5V_{C,Rd}$ la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione							
MOMENTO FLETTENTE							
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M_{ed} [kNm]	$W_{el,x}$ [cm ³]	$M_{C,Rd}$ [kNm]	FS [-]		
1	SLU-STR	57.03	425.70	111.49	0.51	Mc,Rd>Med	Verifica Superata
2	SLU-STR	58.43	425.70	111.49	0.52	Mc,Rd>Med	Verifica Superata
3	SLU-STR	59.50	425.70	111.49	0.53	Mc,Rd>Med	Verifica Superata

Tabella 43-Verifica Trave di Ripartizione SLU

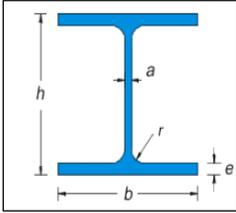
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLV-STR							
Materiale	S275	-					
f_{yk}	275	N/mm ²	f_{yd}	261.90	N/mm ²		
f_{tk}	430	N/mm ²					
γ_{M0}	1.05	-					
γ_{M1}	1.05	-					
Profilo	HEB180			Proprietà Sezione			
		a	8.5	mm	J_x	3831	cm ⁴
		b	180	mm	J_y	1363	cm ⁴
		e	14	mm	$W_{el,x}$	425.7	cm ³
		r	15	mm	$W_{el,y}$	151.4	cm ³
		h	180	mm	$W_{pl,x}$	686.9504	cm ³
		Area	65.25	cm ²	$W_{pl,y}$	231.0135	cm ³
		Peso	51.2	kg/m			
		VERIFICHE SEZIONI:					
TAGLIO							
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V_{ed} [kN]	A_v [cm ²]	$V_{C,Rd}$ [kN]	FS [-]		
1	SLV-STR	125.72	20.24	306.05	0.41	Vc,Rd>Ved	Verifica Superata
2	SLV-STR	135.34	20.24	306.05	0.44	Vc,Rd>Ved	Verifica Superata
3	SLV-STR	141.62	20.24	306.05	0.46	Vc,Rd>Ved	Verifica Superata
NB: con $V_{ed} \leq 0.5V_{C,Rd}$ la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione							
MOMENTO FLETTENTE							
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M_{ed} [kNm]	$W_{el,x}$ [cm ³]	$M_{C,Rd}$ [kNm]	FS [-]		
1	SLV-STR	59.72	425.70	111.49	0.54	Mc,Rd>Med	Verifica Superata
2	SLV-STR	64.29	425.70	111.49	0.58	Mc,Rd>Med	Verifica Superata
3	SLV-STR	67.27	425.70	111.49	0.60	Mc,Rd>Med	Verifica Superata

Tabella 44-Verifica Trave di Ripartizione SLV

6.3 Verifica di stabilità

Al fine di verificare l'adeguatezza dell'intervento progettato, sono state eseguite le opportune verifiche di stabilità:

- Globale: in relazione alle condizioni generali del versante, si è individuando il meccanismo di collasso che coinvolge il sistema terreno - opera di sostegno provvisoria.

La verifica è stata svolta utilizzando il metodo di Bishop semplificato e considerando una griglia di centri fitta per avere maggiore precisione e determinata nelle proprietà di analisi della stabilità.

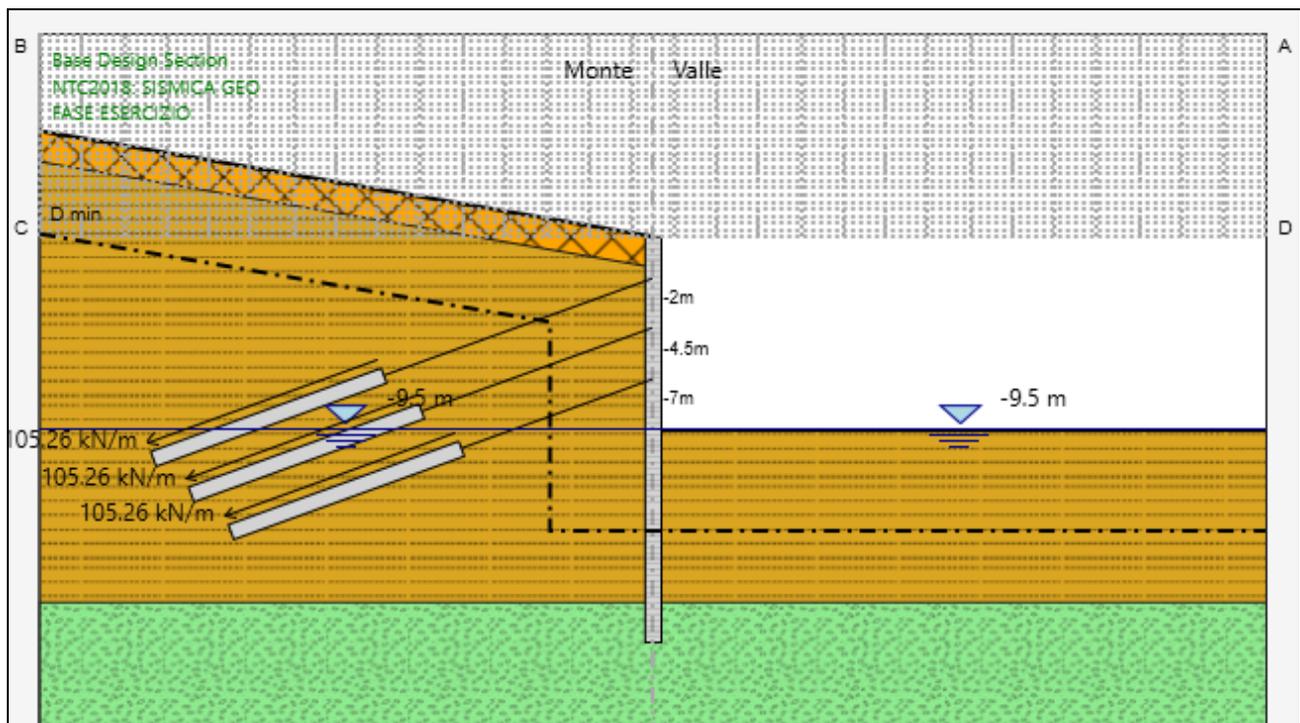


Figura 53-Griglia dei centri per la determinazione delle superfici di scorrimento

Il metodo di Bishop semplificato è il più diffuso ed utilizzato fra i metodi delle strisce; appartiene alla famiglia dei metodi all'equilibrio limite e si basa sull'individuazione di una porzione di terreno instabile mobilitata lungo una potenziale superficie di scorrimento.

Questo metodo è caratterizzato dall'ipotesi semplificativa per la quale per ogni concio la risultante delle componenti nella direzione verticale delle forze agenti sulle facce laterali è nulla.

Il coefficiente di sicurezza che si ottiene corrisponde alla superficie di scorrimento potenziale critica e viene determinato per tentativi.

Inoltre nel caso di stabilità in presenza di sisma, come indicato al paragrafo 7.11.4, per fronti di scavo e rilevati si assume un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.38 per SLV.

6.3.1 Globale

Nella verifica di stabilità globale, le condizioni indagate sono relative alla situazione di scavo provvisorio per il raggiungimento del fondo scavo sia in fase statica che in fase sismica. Di seguito si presentano i risultati delle analisi, mentre i modelli di calcolo sono i medesimi utilizzati per i calcoli strutturali e geotecnici della paratia:

Condizioni Statiche

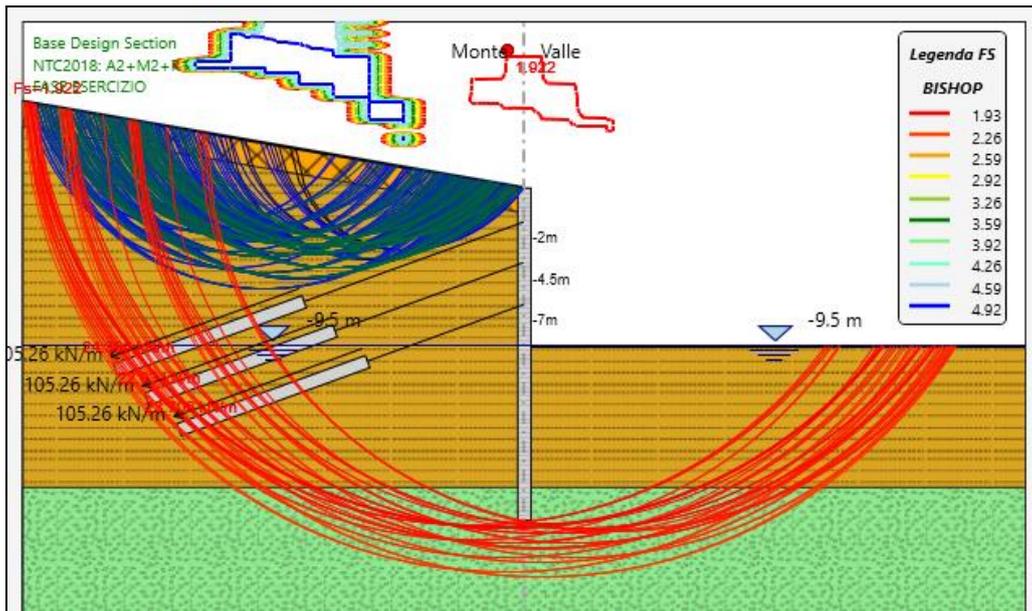


Figura 54-Superfici di scorrimento indagate SLU GEO

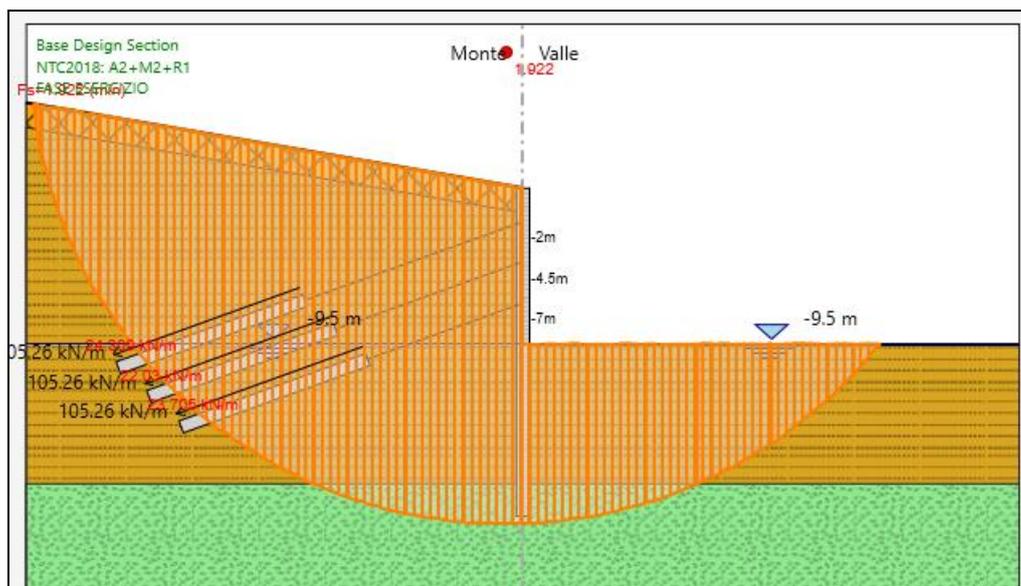


Figura 55 - Analisi di stabilità globale statica SLU GEO

Condizioni Sismiche

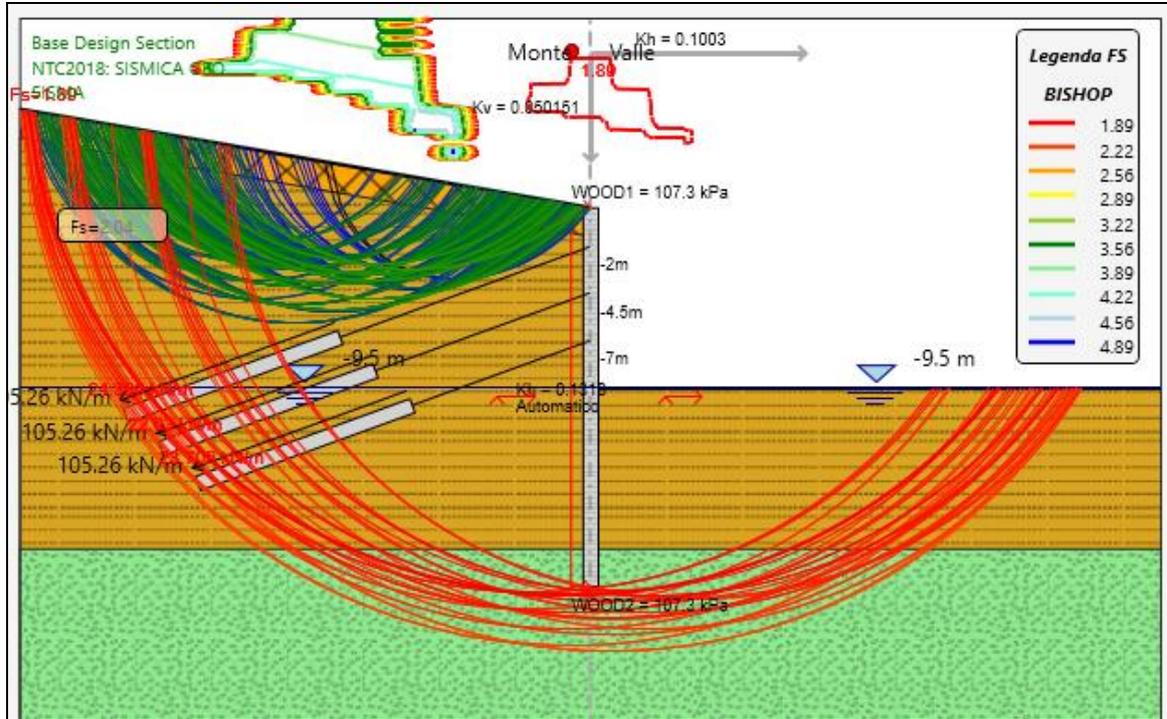


Figura 56-Superfici di scorrimento indagate SLV-GEO

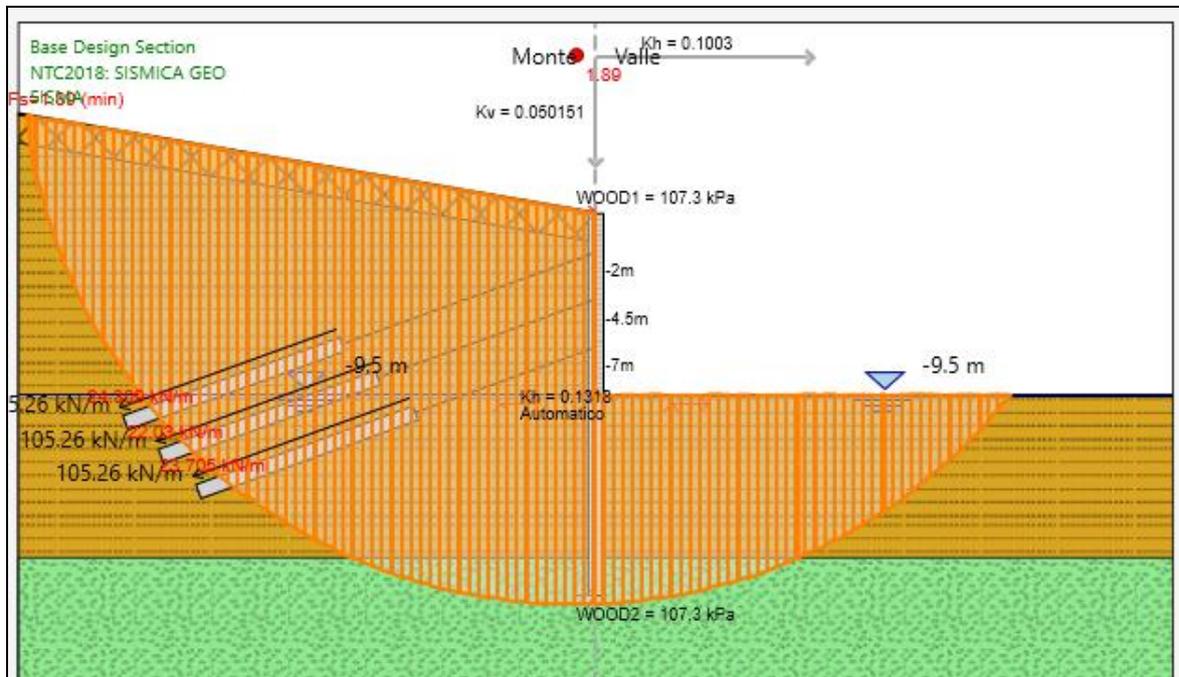


Figura 57 - Analisi di stabilità globale sismica SLV GEO

PROGETTAZIONE ATI:

In tabella si riepilogano di seguito i risultati delle analisi effettuate:

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	10	1,922	1,1
SLV GEO	11	1,89	1,1

Tabella 45 Risultati delle analisi di stabilità globale

Il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore di 1,1 pertanto le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.

13 ALLEGATO REPORT SOFTWARE PARATIE PLUS-SEZIONE 2 ORDINI DI TIRANTI

PROGETTAZIONE ATI:

2. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : POLYLIN

Punti

(-30;5.21)
(0;0)
(15;0)
(20;0)
(30;0)
(30;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLIN

Punti

(-30;-0.79)
(0;-6)
(15;-6)
(20;-6)
(30;-6)
(30;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

Tipo : POLYLIN

Punti

(-30;-18)
(15;-18)
(20;-18)
(30;-18)
(30;-30)
(-30;-30)

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	ϕ	c	c_u	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
		kN/m ³	kN/m ³	°	°	°	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ³
1	TERRENO FRANOSO	19	19	15		0		Constant	15000	24000									
2	E/C	20	20	25		20		Constant	20000	32000									
3	SUB	24	24	28		40		Constant	300000	480000									

PROGETTAZIONE ATI:

3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m
Rinforzo longitudinale 1
Lunghezza : 14 m
Materiale : B450C
Quota iniziale : 0 m
Barre 1
Numero di barre : 16
Diametro : 0.02 m
Distanza dal bordo : 0.072 m
Staffe 1
Numero di staffe : 2
Copertura : 0.05 m
Diametro : 0.012 m
Lunghezza : 14 m
Quota iniziale : 0 m
Passo : 0.15 m

Sezione : Default Section

Area equivalente : 0.529110341657228 m

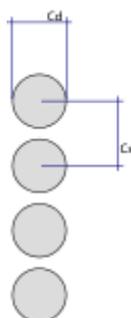
Inerzia equivalente : 0.0212 m⁴/m

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.95 m

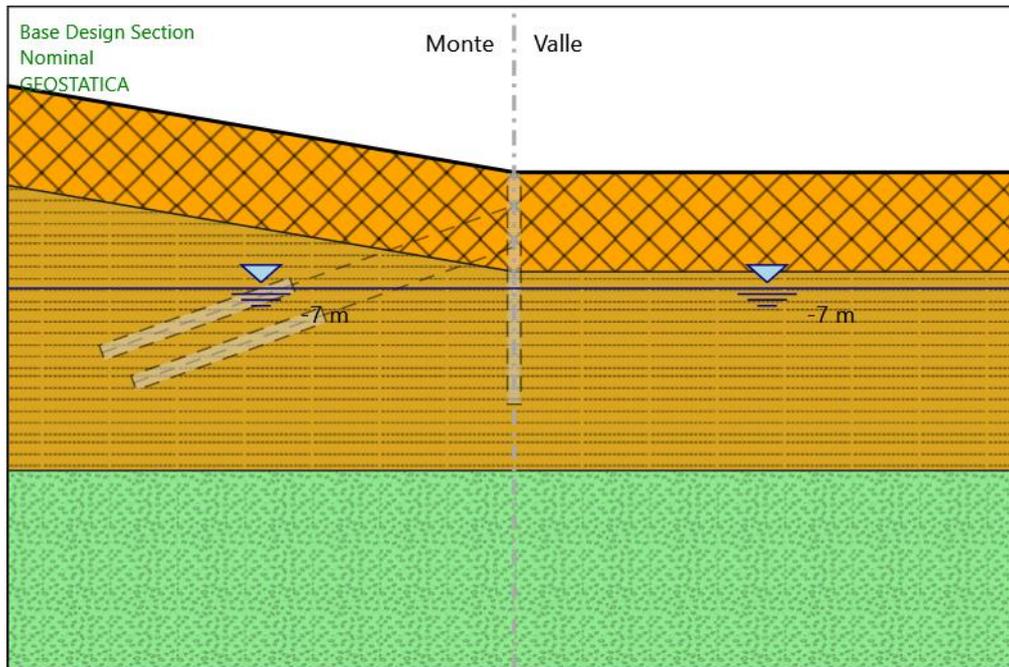
Diametro : 0.8 m

Efficacia : 1



4. Fasi di Calcolo

4.1. GEOSTATICA



GEOSTATICA

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

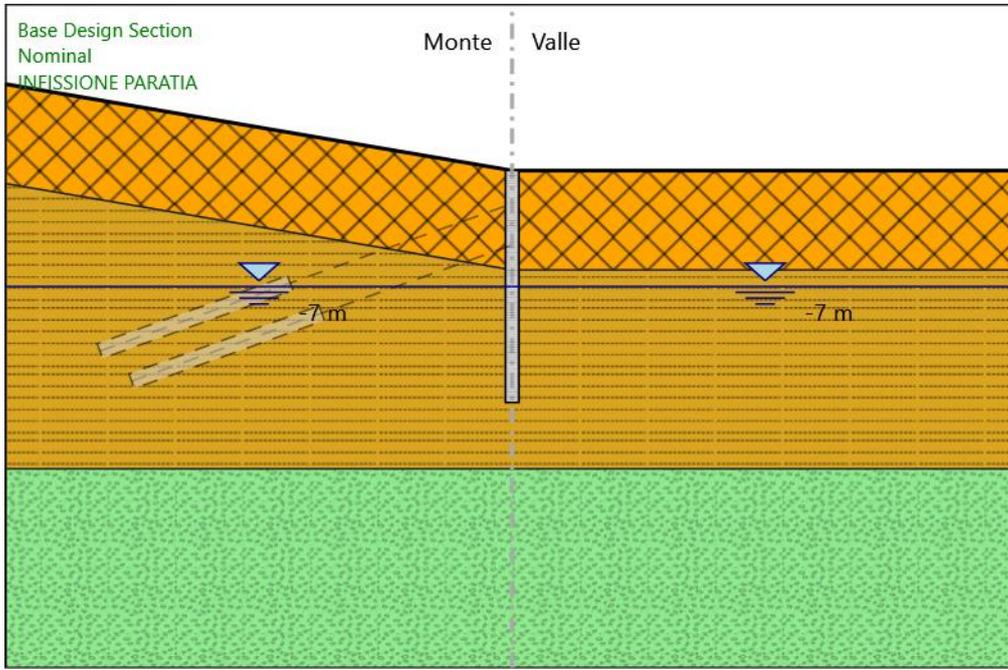
Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m

Falda di destra : -7 m

PROGETTAZIONE ATI:

4.2. INFISSIONE PARATIA



INFISSIONE PARATIA

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m

Falda di destra : -7 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m

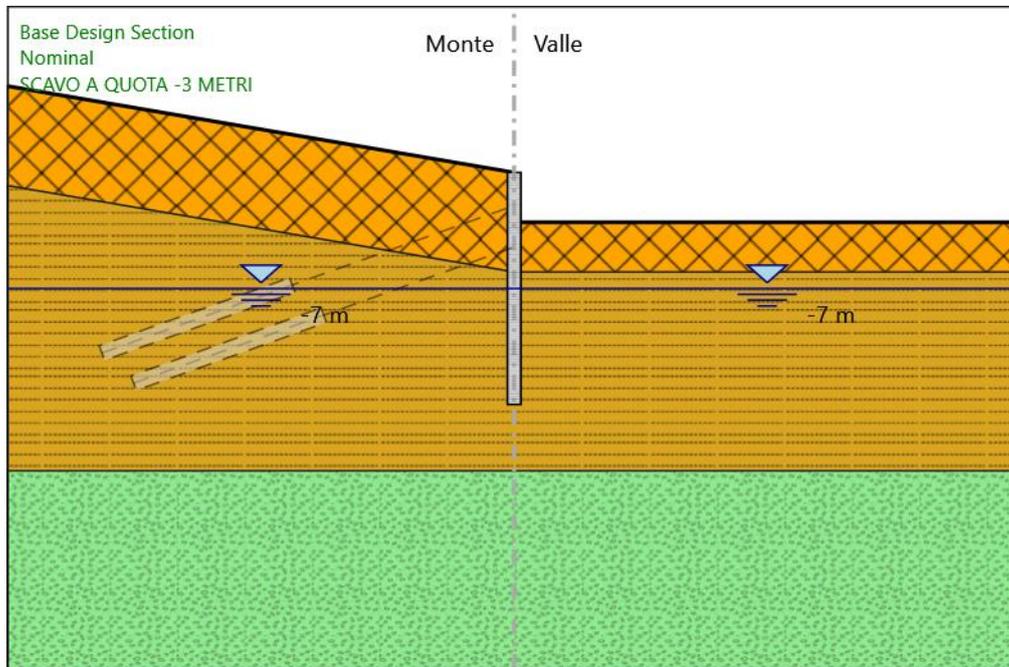
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Default Section

PROGETTAZIONE ATI:

4.3. SCAVO A QUOTA -3 METRI



SCAVO A QUOTA -3 METRI

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m

Falda di destra : -7 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m

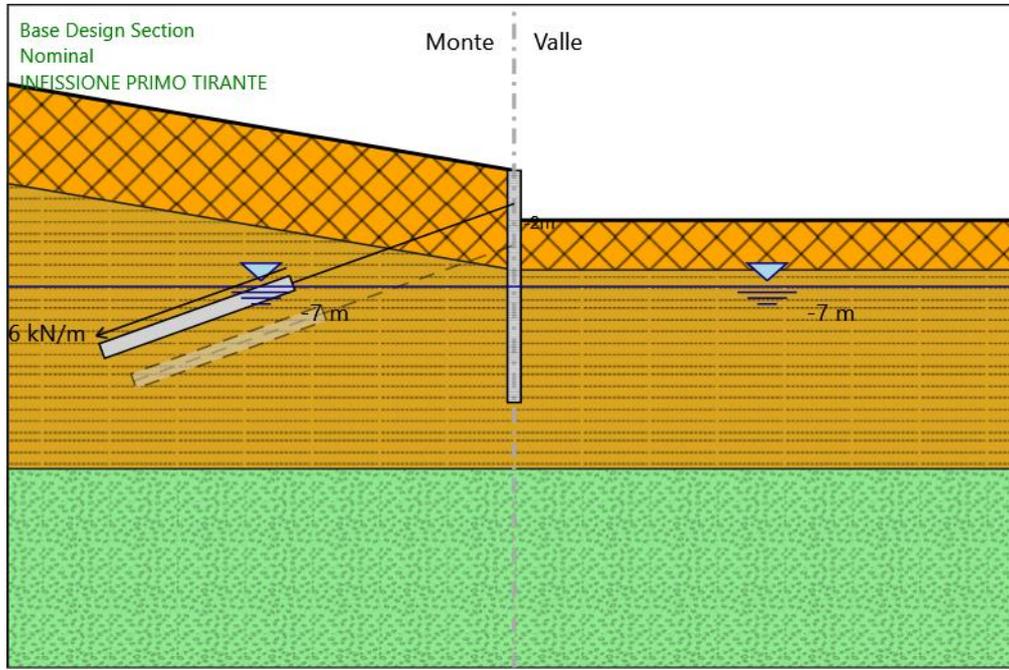
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -14 m

Sezione : Default Section

PROGETTAZIONE ATI:

4.4. INFISSIONE PRIMO TIRANTE



INFISSIONE PRIMO TIRANTE

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m

Falda di destra : -7 m

Elementi strutturali

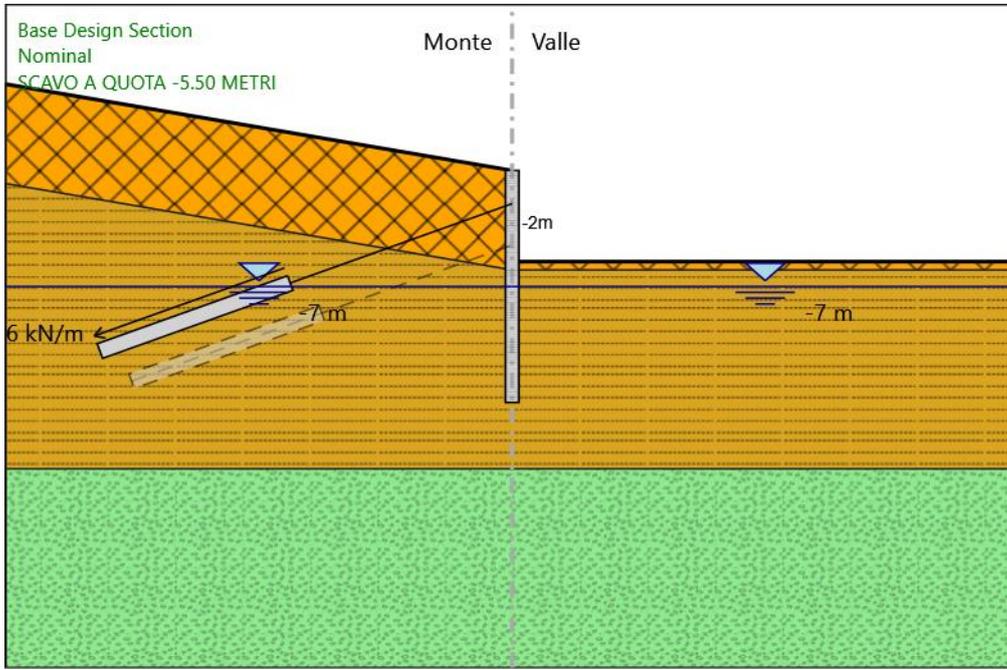
Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : Default Section
Tirante : PRIMO TIRANTE
X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.5. SCAVO A QUOTA -5.50 METRI



SCAVO A QUOTA -5.50 METRI

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : -5.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)
(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m
Falda di destra : -7 m

Elementi strutturali

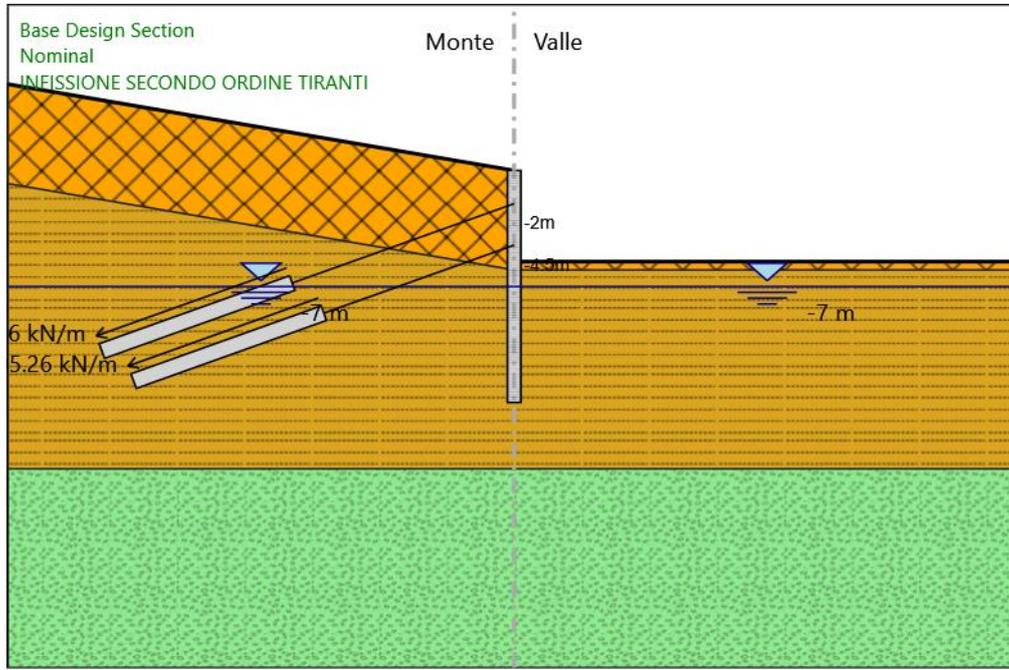
Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : Default Section
Tirante : PRIMO TIRANTE
X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
 Tipo di barre : Barre trefoli
 Numero di barre : 4
 Diametro : 0.01331 m
 Area : 0.000556 m²

PROGETTAZIONE ATI:

4.6. INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI



INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m
Lato valle : -5.5 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)
(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m
Falda di destra : -7 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : Default Section

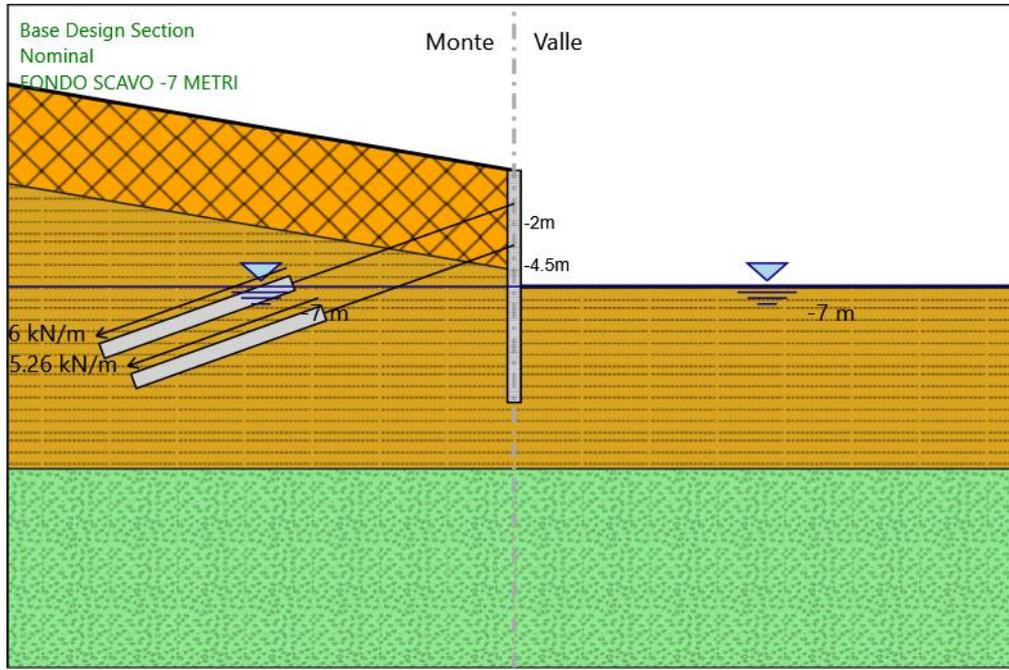
Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m
Z : -4.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 12 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

4.7. FONDO SCAVO -7 METRI



FONDO SCAVO -7 METRI

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -7 m

Falda di destra : -7 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI

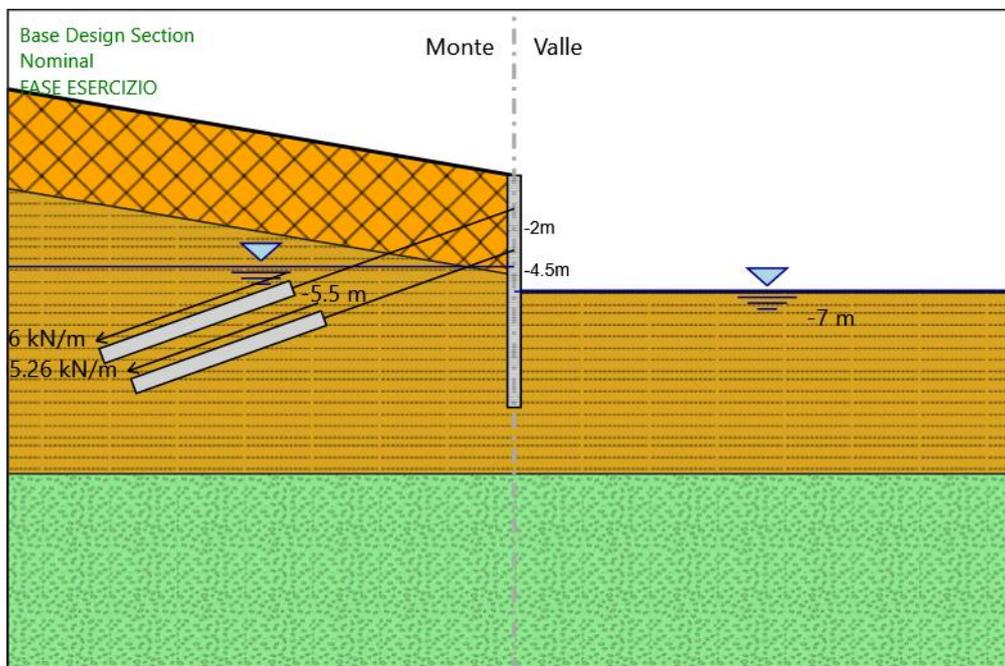
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m
Z : -4.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 12 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

4.8. FASE ESERCIZIO



FASE ESERCIZIO

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;5.21)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -5.5 m

Falda di destra : -7 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

PROGETTAZIONE ATI:

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m
Z : -4.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 12 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 4 TREFOLI

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m²

X : 0 m
Quota in alto : 0 m
Quota di fondo : -14 m
Sezione : Default Section

Tirante : PRIMO TIRANTE

X : 0 m
Z : -2 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 14 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

Tirante : Tieback

X : 0 m
Z : -4.5 m
Lunghezza bulbo : 12 m
Diametro bulbo : 0.14 m
Lunghezza libera : 12 m
Spaziatura orizzontale : 2.85 m
Precarico : 300 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 4 TREFOLI
Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 4
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000556 m²

5. Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Pe Des (F_U
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (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
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

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/Frequente/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
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

5. Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	GEOSTATICA	INFISSIONE PARATIA	SCAVO A QUOTA -3 METRI	INFISSIONE PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA - 5.50 METRI	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	FONDO SCAVO -7 METRI	FASE ESERCIZIO	SISMA
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi)	V	V	V	V	V	V	V	V	V

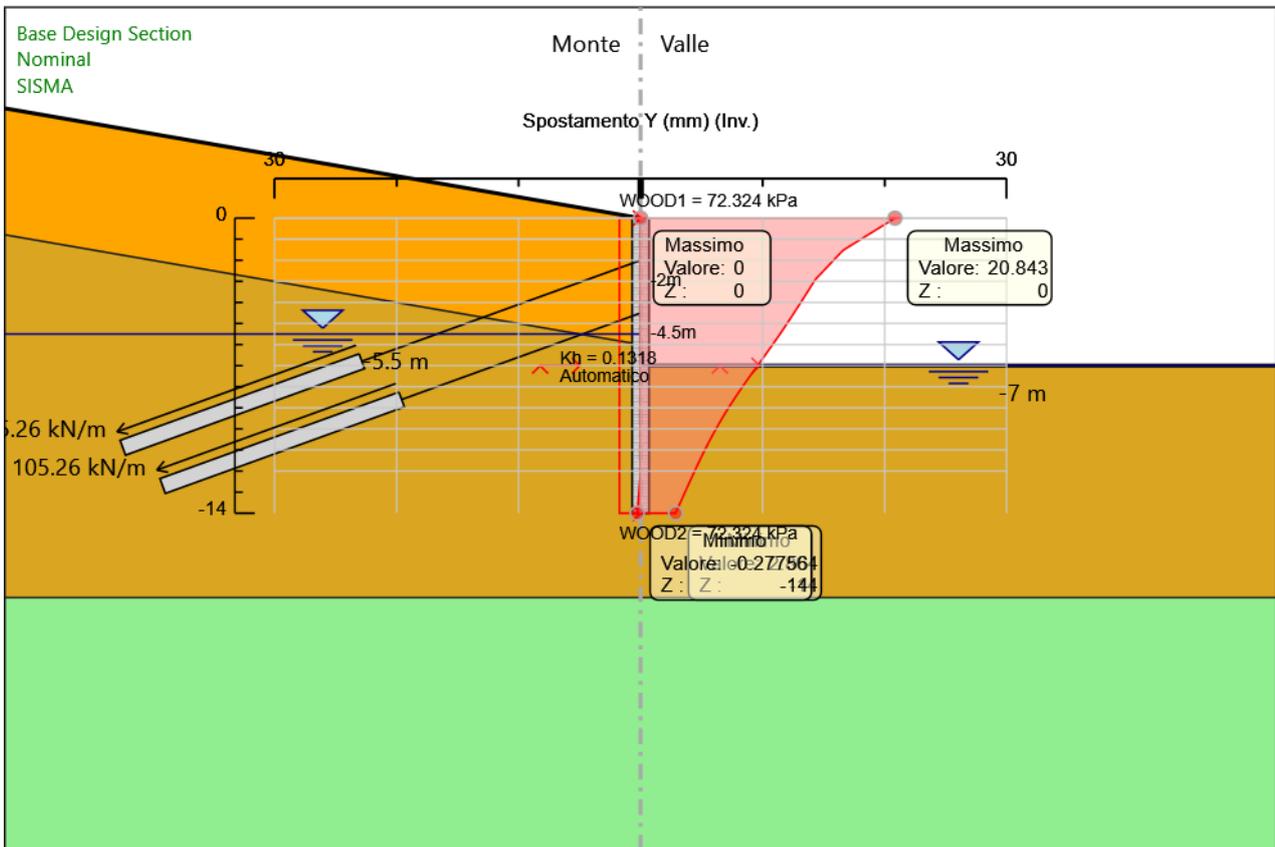
PROGETTAZIONE ATI:

Design Assumption	GEOSTATICA	INFISSIONE	SCAVO A	INFISSIONE	SCAVO A	INFISSIONE	FONDO	FASE	SISMA
		PARATIA	QUOTA -3 METRI	PRIMO TIRANTE	QUOTA - 5.50 METRI	SECONDO ORDINE TIRANTI	SCAVO -7 METRI	ESERCIZIO	
Permanente)									
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V	V	V

PROGETTAZIONE ATI:

5. Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

5.1. Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

PROGETTAZIONE ATI:

5.2. Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.1	0.009	0
-0.2	0.054	0.009
-0.3	0.197	0.028
-0.4	0.493	0.055
-0.5	0.986	0.091
-0.6	1.725	0.134
-0.7	2.759	0.184
-0.8	4.139	0.241
-0.9	5.915	0.305
-1	8.099	0.374
-1.1	10.704	0.449
-1.2	13.741	0.529
-1.3	17.223	0.613
-1.4	21.161	0.702
-1.5	25.568	0.794
-1.6	30.456	0.89
-1.7	35.837	0.988
-1.8	41.722	1.089
-1.9	48.125	1.191
-2	55.056	1.295
-2.1	49.665	1.4
-2.2	44.826	1.506
-2.3	40.553	4.555
-2.4	36.927	14.957
-2.5	41.743	24.875
-2.6	46.961	34.289
-2.7	52.596	43.179
-2.8	58.665	51.527
-2.9	65.183	59.313
-3	72.167	66.517
-3.1	79.633	73.12
-3.2	87.547	79.102
-3.3	95.876	84.444
-3.4	104.587	89.127
-3.5	113.647	93.131
-3.6	123.023	96.436
-3.7	132.68	99.024
-3.8	142.587	100.874
-3.9	152.71	101.968
-4	163.016	102.285
-4.1	173.47	101.807
-4.2	184.042	100.514
-4.3	194.696	98.386
-4.4	205.399	95.404
-4.5	216.12	91.548
-4.6	226.824	102.678
-4.7	237.478	112.896
-4.8	248.048	122.181
-4.9	258.503	130.516
-5	268.808	137.879
-5.1	278.93	144.252
-5.2	288.836	149.616
-5.3	298.493	153.951
-5.4	307.867	157.237
-5.5	317.399	159.455
-5.6	329.094	160.585
-5.7	340.748	160.608
-5.8	352.342	159.502
-5.9	363.858	157.248

PROGETTAZIONE ATI:

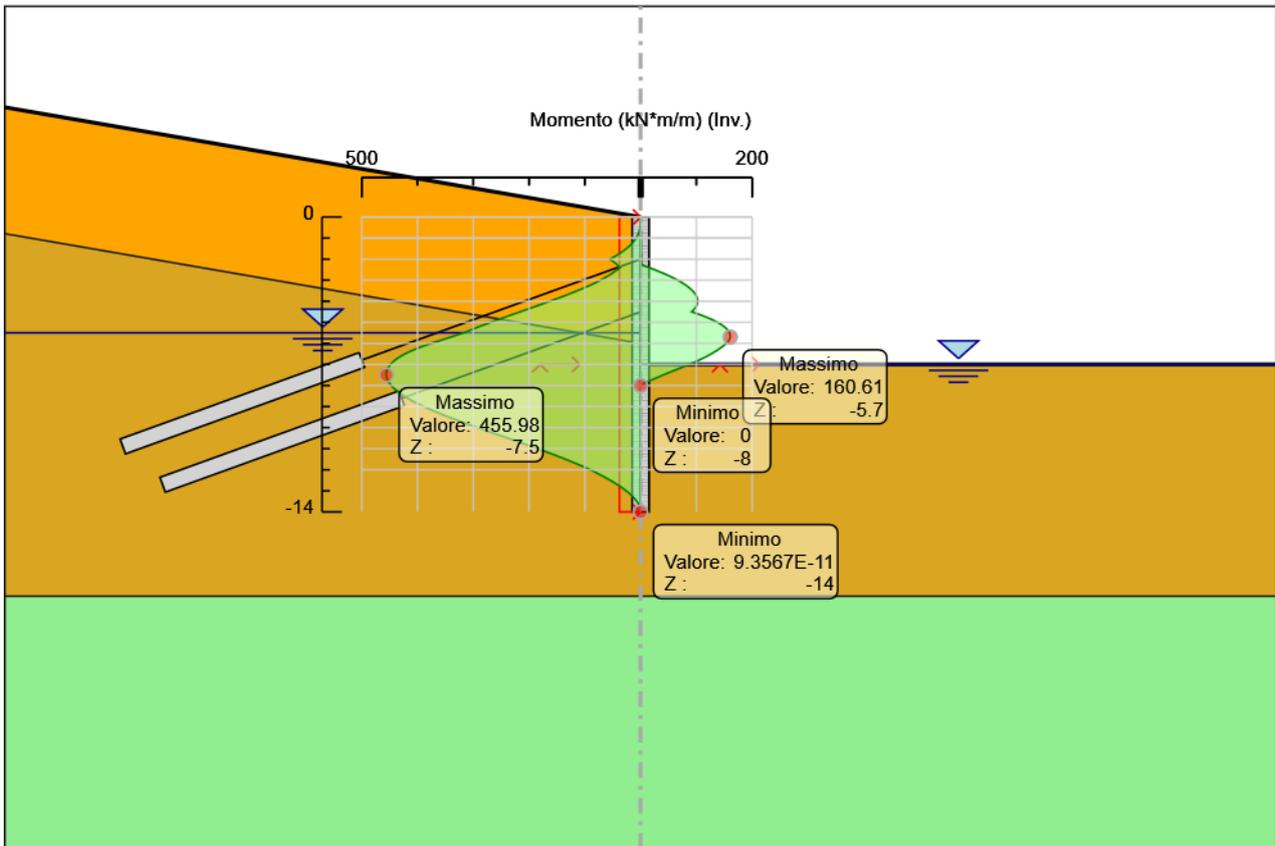
Selected Design Assumptions Z (m)	Muro: WallElement	
	Involuppi: Momento Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-6	375.279	153.825
-6.1	386.584	149.213
-6.2	396.947	144.192
-6.3	406.391	138.742
-6.4	414.938	132.846
-6.5	422.612	126.485
-6.6	429.435	119.639
-6.7	435.427	112.289
-6.8	440.612	104.418
-6.9	445.008	96.006
-7	448.638	87.034
-7.1	451.52	77.483
-7.2	453.676	68.016
-7.3	455.126	58.646
-7.4	455.888	49.392
-7.5	455.982	40.266
-7.6	455.426	31.287
-7.7	454.239	22.468
-7.8	452.438	13.825
-7.9	450.041	5.374
-8	447.063	0
-8.1	443.522	0
-8.2	439.432	0
-8.3	434.81	0
-8.4	429.67	0
-8.5	424.026	0
-8.6	417.892	0
-8.7	411.282	0
-8.8	404.208	0
-8.9	396.684	0
-9	388.726	0
-9.1	380.366	0
-9.2	371.638	0
-9.3	362.574	0
-9.4	353.202	0
-9.5	343.553	0
-9.6	333.656	0
-9.7	323.536	0
-9.8	313.222	0
-9.9	302.744	0
-10	292.131	0
-10.1	281.413	0
-10.2	270.618	0
-10.3	259.774	0
-10.4	248.905	0
-10.5	238.039	0
-10.6	227.2	0
-10.7	216.412	0
-10.8	205.697	0
-10.9	195.078	0
-11	184.576	0
-11.1	174.213	0
-11.2	164.008	0
-11.3	153.979	0
-11.4	144.143	0
-11.5	134.516	0
-11.6	125.112	0
-11.7	115.946	0
-11.8	107.031	0
-11.9	98.381	0
-12	90.195	0
-12.1	82.577	0
-12.2	75.167	0
-12.3	67.985	0

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions	Involupi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-12.4	61.051	0
-12.5	54.386	0
-12.6	48.01	0
-12.7	41.943	0
-12.8	36.204	0
-12.9	30.812	0
-13	25.788	0
-13.1	21.151	0
-13.2	16.919	0
-13.3	13.114	0
-13.4	9.752	0
-13.5	6.855	0
-13.6	4.441	0
-13.7	2.529	0
-13.8	1.139	0
-13.9	0.29	0
-14	0	0

PROGETTAZIONE ATI:

5.3. Grafico Involuppi Momento



Momento

PROGETTAZIONE ATI:

5.4. Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.087	0
-0.1	0.493	0.095
-0.2	1.478	0.186
-0.3	2.957	0.272
-0.4	4.928	0.353
-0.5	7.391	0.43
-0.6	10.348	0.503
-0.7	13.797	0.571
-0.8	17.759	0.635
-0.9	21.842	0.694
-1	26.046	0.749
-1.1	30.371	0.799
-1.2	34.817	0.845
-1.3	39.383	0.887
-1.4	44.07	0.923
-1.5	48.878	0.956
-1.6	53.807	0.983
-1.7	58.855	1.007
-1.8	64.024	1.025
-1.9	69.313	1.039
-2	69.313	117.384
-2.1	37.087	117.384
-2.2	40.619	113.124
-2.3	44.312	108.67
-2.4	48.165	104.021
-2.5	52.179	99.177
-2.6	56.353	94.139
-2.7	60.688	88.906
-2.8	65.183	83.478
-2.9	69.839	77.856
-3	74.656	72.04
-3.1	79.14	66.029
-3.2	83.292	59.823
-3.3	87.112	53.423
-3.4	90.6	46.828
-3.5	93.755	40.039
-3.6	96.578	33.055
-3.7	99.069	25.876
-3.8	101.228	18.503
-3.9	103.055	10.936
-4	104.549	4.573
-4.1	105.711	0.21
-4.2	106.541	0.113
-4.3	107.572	0.011
-4.4	109.363	0
-4.5	110.97	111.3
-4.6	112.394	111.3
-4.7	113.635	102.176
-4.8	114.691	92.857
-4.9	115.565	83.344
-5	116.254	73.636
-5.1	116.76	63.734
-5.2	117.083	53.637
-5.3	117.222	43.346
-5.4	117.222	32.86
-5.5	119.772	22.179
-5.6	127.583	11.304
-5.7	135.21	0.226
-5.8	142.654	0
-5.9	149.914	0

PROGETTAZIONE ATI:

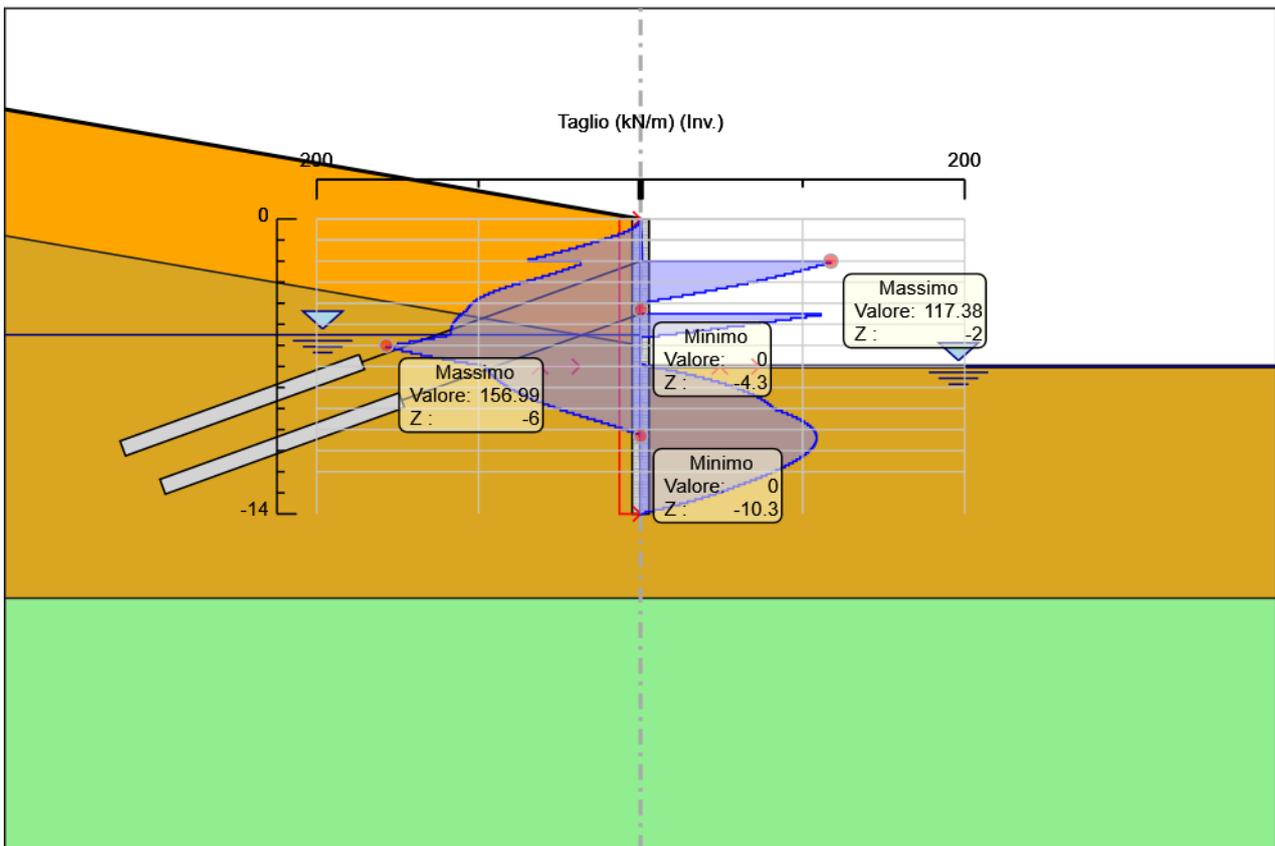
Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: Wall	Element
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)	
-6	156.99	0	
-6.1	156.99	0	
-6.2	152.259	0	
-6.3	147.097	0	
-6.4	141.506	0	
-6.5	135.485	0	
-6.6	129.034	0	
-6.7	122.153	0	
-6.8	114.843	0	
-6.9	107.102	2.691	
-7	99.188	9.61	
-7.1	95.507	16.156	
-7.2	94.677	22.341	
-7.3	93.691	28.176	
-7.4	92.549	33.672	
-7.5	91.251	38.84	
-7.6	89.798	43.69	
-7.7	88.19	48.233	
-7.8	86.427	52.479	
-7.9	84.508	56.44	
-8	82.435	60.124	
-8.1	80.207	63.543	
-8.2	77.824	66.705	
-8.3	75.287	69.613	
-8.4	72.595	72.237	
-8.5	69.749	74.588	
-8.6	66.749	76.677	
-8.7	63.595	78.515	
-8.8	60.287	80.112	
-8.9	56.825	81.479	
-9	53.21	83.594	
-9.1	49.441	87.279	
-9.2	45.518	90.649	
-9.3	41.442	93.715	
-9.4	37.213	96.488	
-9.5	32.831	98.977	
-9.6	28.346	101.191	
-9.7	23.995	103.141	
-9.8	19.775	104.786	
-9.9	15.687	106.129	
-10	11.73	107.18	
-10.1	7.903	107.948	
-10.2	4.207	108.445	
-10.3	0.639	108.678	
-10.4	0	108.678	
-10.5	0	108.656	
-10.6	0	108.389	
-10.7	0	107.884	
-10.8	0	107.149	
-10.9	0	106.191	
-11	0	105.018	
-11.1	0	103.635	
-11.2	0	102.05	
-11.3	0	100.288	
-11.4	0	98.357	
-11.5	0	96.272	
-11.6	0	94.04	
-11.7	0	91.664	
-11.8	0	89.148	
-11.9	0	86.495	
-12	0	83.709	
-12.1	0	80.791	
-12.2	0	77.744	
-12.3	0	74.571	

PROGETTAZIONE ATI:

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: Wall	Element
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)	
-12.4	0	71.273	
-12.5	0	67.853	
-12.6	0	64.311	
-12.7	0	60.674	
-12.8	0	57.392	
-12.9	0	53.914	
-13	0	50.24	
-13.1	0	46.373	
-13.2	0	42.312	
-13.3	0	38.058	
-13.4	0	33.611	
-13.5	0	28.972	
-13.6	0	24.141	
-13.7	0	19.118	
-13.8	0	13.903	
-13.9	0	8.495	
-14	0	2.896	

PROGETTAZIONE ATI:

5.5. Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

PROGETTAZIONE ATI:

5.6. Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: A2+M2+R1	INFISSIONE PARATIA	Left Wall	LEFT	22.75
NTC2018: SISMICA STR	SISMA	Left Wall	RIGHT	71.85

PROGETTAZIONE ATI:

6. Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
ξ_{a3}	1.8
γ_s	1.15

PROGETTAZIONE ATI:

6.1. Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	GEOSTATICA	INFISSIONE PARATIA	SCAVO A QUOTA -3 METRI	INFISSIONE PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA - 5.50 METRI	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	FONDO SCAVO -7 METRI	FASE ESERCIZIO	SISMA
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO	V	V	V	V	V	V	V	V	V

PROGETTAZIONE ATI:

6.2. Risultati Cover

6.2.1. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover
-0.7	0.006
-0.8	0.01
-0.9	0.014
-1	0.019
-1.1	0.025
-1.2	0.032
-1.3	0.04
-1.4	0.05
-1.5	0.06
-1.6	0.071
-1.7	0.084
-1.8	0.098
-1.9	0.113
-2	0.129
-2.1	0.117
-2.2	0.105
-2.3	0.095
-2.4	0.087
-2.5	0.098
-2.6	0.11
-2.7	0.123
-2.8	0.138
-2.9	0.153
-3	0.169
-3.1	0.187
-3.2	0.205
-3.3	0.225
-3.4	0.245
-3.5	0.267
-3.6	0.289
-3.7	0.311
-3.8	0.335
-3.9	0.358
-4	0.383
-4.1	0.407
-4.2	0.432
-4.3	0.457
-4.4	0.482
-4.5	0.507
-4.6	0.532
-4.7	0.557
-4.8	0.582
-4.9	0.607
-5	0.631
-5.1	0.655
-5.2	0.678
-5.3	0.701
-5.4	0.723
-5.5	0.744
-5.6	0.764
-5.7	0.784
-5.8	0.803
-5.9	0.821
-6	0.838
-6.1	0.854
-6.2	0.868
-6.3	0.881

PROGETTAZIONE ATI:

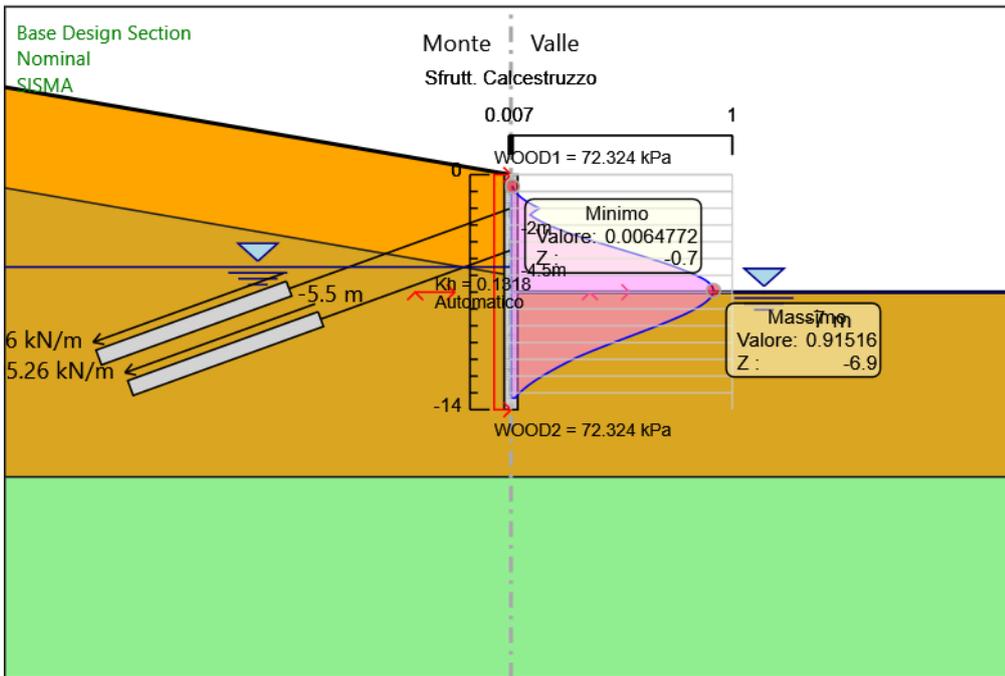
Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
-6.4	0.891
-6.5	0.9
-6.6	0.906
-6.7	0.911
-6.8	0.914
-6.9	0.915
-7	0.915
-7.1	0.912
-7.2	0.908
-7.3	0.903
-7.4	0.897
-7.5	0.889
-7.6	0.88
-7.7	0.869
-7.8	0.858
-7.9	0.846
-8	0.832
-8.1	0.818
-8.2	0.803
-8.3	0.788
-8.4	0.771
-8.5	0.754
-8.6	0.737
-8.7	0.719
-8.8	0.701
-8.9	0.682
-9	0.663
-9.1	0.643
-9.2	0.624
-9.3	0.604
-9.4	0.584
-9.5	0.564
-9.6	0.544
-9.7	0.524
-9.8	0.504
-9.9	0.484
-10	0.464
-10.1	0.444
-10.2	0.425
-10.3	0.406
-10.4	0.386
-10.5	0.368
-10.6	0.349
-10.7	0.331
-10.8	0.313
-10.9	0.295
-11	0.28
-11.1	0.265
-11.2	0.251
-11.3	0.236
-11.4	0.222
-11.5	0.208
-11.6	0.194
-11.7	0.18
-11.8	0.167
-11.9	0.154
-12	0.141
-12.1	0.129
-12.2	0.117
-12.3	0.105
-12.4	0.094
-12.5	0.084
-12.6	0.074
-12.7	0.064

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-12.8		0.055
-12.9		0.047
-13		0.039
-13.1		0.032
-13.2		0.026
-13.3		0.02

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.2. Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

6.2.3. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-0.7	0.005	
-0.8	0.007	
-0.9	0.011	
-1	0.015	
-1.1	0.019	
-1.2	0.025	
-1.3	0.031	
-1.4	0.038	
-1.5	0.046	
-1.6	0.055	
-1.7	0.064	
-1.8	0.075	
-1.9	0.086	
-2	0.099	
-2.1	0.089	
-2.2	0.08	
-2.3	0.073	
-2.4	0.066	
-2.5	0.075	
-2.6	0.084	
-2.7	0.094	
-2.8	0.105	
-2.9	0.117	
-3	0.129	
-3.1	0.143	
-3.2	0.157	
-3.3	0.172	
-3.4	0.187	
-3.5	0.204	
-3.6	0.22	
-3.7	0.238	
-3.8	0.255	
-3.9	0.274	
-4	0.292	
-4.1	0.311	
-4.2	0.33	
-4.3	0.349	
-4.4	0.368	
-4.5	0.387	
-4.6	0.406	
-4.7	0.425	
-4.8	0.444	
-4.9	0.463	
-5	0.481	
-5.1	0.5	
-5.2	0.517	
-5.3	0.535	
-5.4	0.551	
-5.5	0.568	
-5.6	0.583	
-5.7	0.598	
-5.8	0.612	
-5.9	0.626	
-6	0.639	
-6.1	0.652	
-6.2	0.663	
-6.3	0.672	
-6.4	0.68	
-6.5	0.687	
-6.6	0.692	

PROGETTAZIONE ATI:

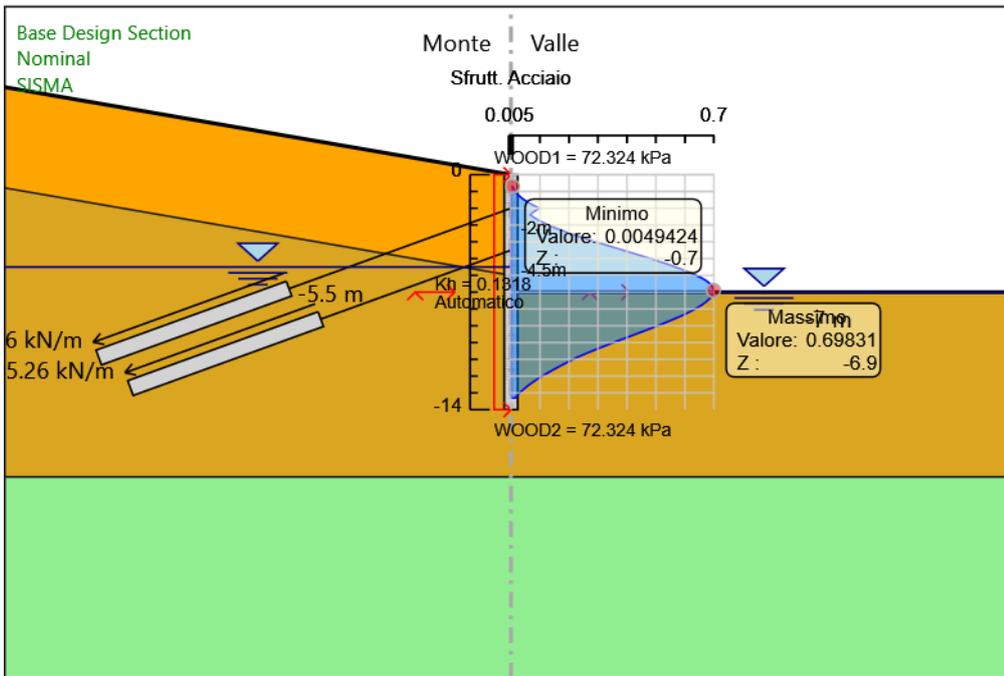
Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver
-6.7	0.695
-6.8	0.697
-6.9	0.698
-7	0.698
-7.1	0.696
-7.2	0.693
-7.3	0.689
-7.4	0.684
-7.5	0.678
-7.6	0.671
-7.7	0.663
-7.8	0.655
-7.9	0.645
-8	0.635
-8.1	0.624
-8.2	0.613
-8.3	0.601
-8.4	0.589
-8.5	0.576
-8.6	0.562
-8.7	0.549
-8.8	0.535
-8.9	0.52
-9	0.506
-9.1	0.491
-9.2	0.476
-9.3	0.461
-9.4	0.446
-9.5	0.43
-9.6	0.415
-9.7	0.4
-9.8	0.384
-9.9	0.369
-10	0.354
-10.1	0.339
-10.2	0.324
-10.3	0.309
-10.4	0.295
-10.5	0.28
-10.6	0.266
-10.7	0.252
-10.8	0.239
-10.9	0.225
-11	0.214
-11.1	0.202
-11.2	0.191
-11.3	0.18
-11.4	0.169
-11.5	0.158
-11.6	0.148
-11.7	0.137
-11.8	0.127
-11.9	0.117
-12	0.108
-12.1	0.098
-12.2	0.089
-12.3	0.08
-12.4	0.072
-12.5	0.064
-12.6	0.056
-12.7	0.049
-12.8	0.042
-12.9	0.036
-13	0.03

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-13.1		0.025
-13.2		0.02
-13.3		0.015

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.4. Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver



Inviluppi
Tasso di Sfruttamento Armature - Caver

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.5. Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-0.7	0.002
-0.8	0.003
-0.9	0.005
-1	0.007
-1.1	0.009
-1.2	0.011
-1.3	0.014
-1.4	0.018
-1.5	0.021
-1.6	0.025
-1.7	0.03
-1.8	0.035
-1.9	0.04
-2	0.046
-2.1	0.041
-2.2	0.037
-2.3	0.034
-2.4	0.031
-2.5	0.035
-2.6	0.039
-2.7	0.044
-2.8	0.049
-2.9	0.054
-3	0.06
-3.1	0.066
-3.2	0.072
-3.3	0.079
-3.4	0.087
-3.5	0.094
-3.6	0.102
-3.7	0.11
-3.8	0.118
-3.9	0.126
-4	0.135
-4.1	0.144
-4.2	0.152
-4.3	0.161
-4.4	0.17
-4.5	0.179
-4.6	0.188
-4.7	0.197
-4.8	0.205
-4.9	0.214
-5	0.223
-5.1	0.232
-5.2	0.246
-5.3	0.259
-5.4	0.272
-5.5	0.284
-5.6	0.296
-5.7	0.308
-5.8	0.319
-5.9	0.329
-6	0.339
-6.1	0.349
-6.2	0.357
-6.3	0.365
-6.4	0.371
-6.5	0.376
-6.6	0.38

PROGETTAZIONE ATI:

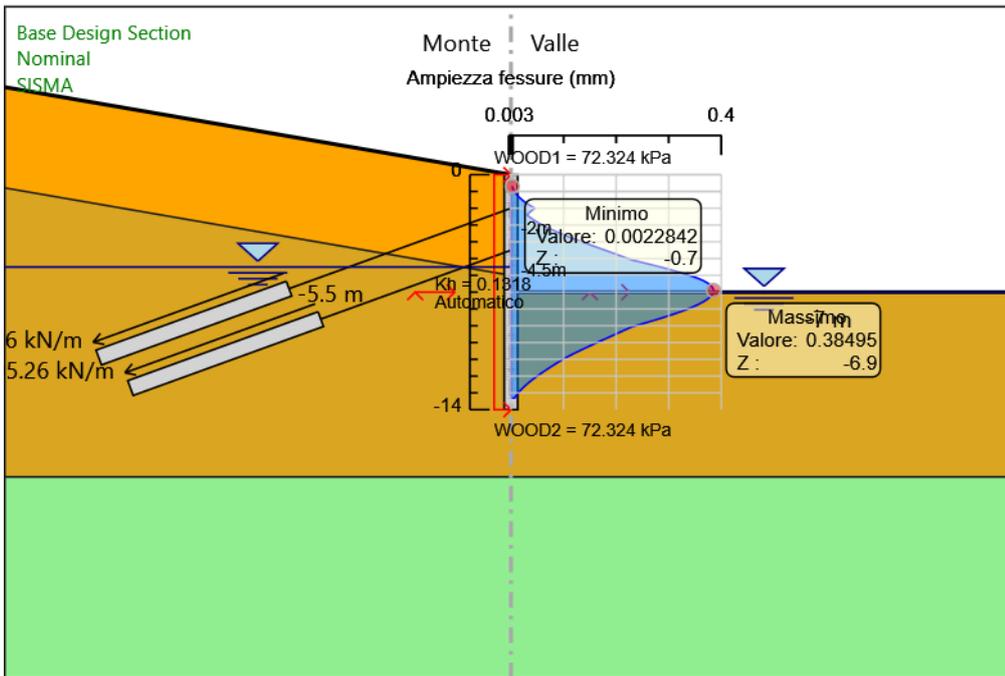
Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-6.7	0.383
-6.8	0.384
-6.9	0.385
-7	0.385
-7.1	0.383
-7.2	0.381
-7.3	0.378
-7.4	0.374
-7.5	0.369
-7.6	0.364
-7.7	0.358
-7.8	0.351
-7.9	0.344
-8	0.336
-8.1	0.328
-8.2	0.319
-8.3	0.31
-8.4	0.3
-8.5	0.291
-8.6	0.28
-8.7	0.27
-8.8	0.259
-8.9	0.248
-9	0.237
-9.1	0.227
-9.2	0.22
-9.3	0.213
-9.4	0.206
-9.5	0.199
-9.6	0.192
-9.7	0.185
-9.8	0.178
-9.9	0.171
-10	0.164
-10.1	0.157
-10.2	0.15
-10.3	0.143
-10.4	0.136
-10.5	0.13
-10.6	0.123
-10.7	0.117
-10.8	0.11
-10.9	0.104
-11	0.099
-11.1	0.094
-11.2	0.088
-11.3	0.083
-11.4	0.078
-11.5	0.073
-11.6	0.068
-11.7	0.064
-11.8	0.059
-11.9	0.054
-12	0.05
-12.1	0.045
-12.2	0.041
-12.3	0.037
-12.4	0.033
-12.5	0.03
-12.6	0.026
-12.7	0.023
-12.8	0.02
-12.9	0.017
-13	0.014

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-13.1	0.011
-13.2	0.009
-13.3	0.007

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.6. Grafico Inviluppi Apertura Fessure - Caver



Inviluppi
Apertura Fessure - Caver

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.7. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-0.7	0.01
-0.8	0.01
-0.9	0.01
-1	0.013
-1.1	0.018
-1.2	0.023
-1.3	0.028
-1.4	0.035
-1.5	0.042
-1.6	0.05
-1.7	0.059
-1.8	0.068
-1.9	0.079
-2	0.09
-2.1	0.081
-2.2	0.073
-2.3	0.066
-2.4	0.061
-2.5	0.068
-2.6	0.077
-2.7	0.086
-2.8	0.096
-2.9	0.107
-3	0.118
-3.1	0.13
-3.2	0.143
-3.3	0.157
-3.4	0.171
-3.5	0.186
-3.6	0.202
-3.7	0.217
-3.8	0.234
-3.9	0.25
-4	0.267
-4.1	0.284
-4.2	0.302
-4.3	0.319
-4.4	0.337
-4.5	0.354
-4.6	0.372
-4.7	0.389
-4.8	0.406
-4.9	0.424
-5	0.44
-5.1	0.457
-5.2	0.473
-5.3	0.489
-5.4	0.504
-5.5	0.52
-5.6	0.539
-5.7	0.558
-5.8	0.577
-5.9	0.596
-6	0.615
-6.1	0.633
-6.2	0.65
-6.3	0.666
-6.4	0.68
-6.5	0.693
-6.6	0.704

PROGETTAZIONE ATI:

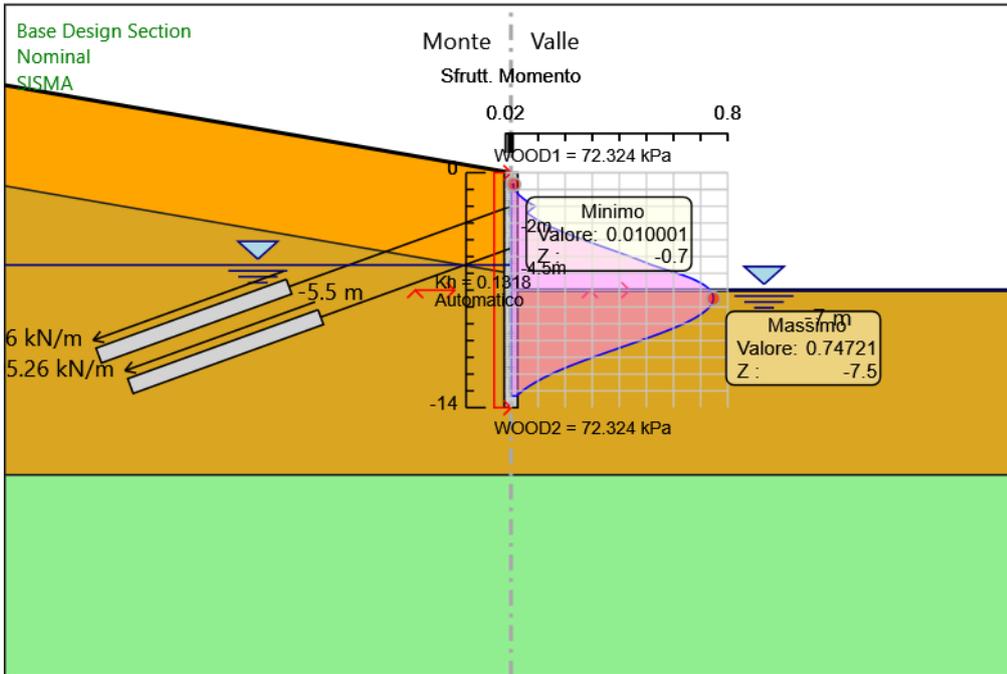
Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-6.7	0.714
-6.8	0.722
-6.9	0.729
-7	0.735
-7.1	0.74
-7.2	0.743
-7.3	0.746
-7.4	0.747
-7.5	0.747
-7.6	0.746
-7.7	0.744
-7.8	0.741
-7.9	0.737
-8	0.733
-8.1	0.727
-8.2	0.72
-8.3	0.713
-8.4	0.704
-8.5	0.695
-8.6	0.685
-8.7	0.674
-8.8	0.662
-8.9	0.65
-9	0.637
-9.1	0.623
-9.2	0.609
-9.3	0.594
-9.4	0.579
-9.5	0.563
-9.6	0.547
-9.7	0.53
-9.8	0.513
-9.9	0.496
-10	0.479
-10.1	0.461
-10.2	0.443
-10.3	0.426
-10.4	0.408
-10.5	0.39
-10.6	0.372
-10.7	0.355
-10.8	0.337
-10.9	0.32
-11	0.302
-11.1	0.285
-11.2	0.269
-11.3	0.252
-11.4	0.236
-11.5	0.22
-11.6	0.205
-11.7	0.19
-11.8	0.175
-11.9	0.161
-12	0.148
-12.1	0.135
-12.2	0.123
-12.3	0.111
-12.4	0.1
-12.5	0.089
-12.6	0.079
-12.7	0.069
-12.8	0.059
-12.9	0.05
-13	0.042

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-13.1	0.035
-13.2	0.028
-13.3	0.021

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.8. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

6.2.9. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-0.7	0.042
-0.8	0.054
-0.9	0.066
-1	0.079
-1.1	0.092
-1.2	0.106
-1.3	0.119
-1.4	0.134
-1.5	0.148
-1.6	0.163
-1.7	0.178
-1.8	0.194
-1.9	0.21
-2	0.356
-2.1	0.356
-2.2	0.343
-2.3	0.33
-2.4	0.315
-2.5	0.301
-2.6	0.285
-2.7	0.27
-2.8	0.253
-2.9	0.236
-3	0.226
-3.1	0.24
-3.2	0.253
-3.3	0.264
-3.4	0.275
-3.5	0.284
-3.6	0.293
-3.7	0.3
-3.8	0.307
-3.9	0.312
-4	0.317
-4.1	0.321
-4.2	0.323
-4.3	0.326
-4.4	0.332
-4.5	0.338
-4.6	0.341
-4.7	0.345
-4.8	0.348
-4.9	0.35
-5	0.353
-5.1	0.354
-5.2	0.355
-5.3	0.355
-5.4	0.355
-5.5	0.363
-5.6	0.387
-5.7	0.41
-5.8	0.433
-5.9	0.455
-6	0.476
-6.1	0.476
-6.2	0.462
-6.3	0.446
-6.4	0.429
-6.5	0.411
-6.6	0.391

PROGETTAZIONE ATI:

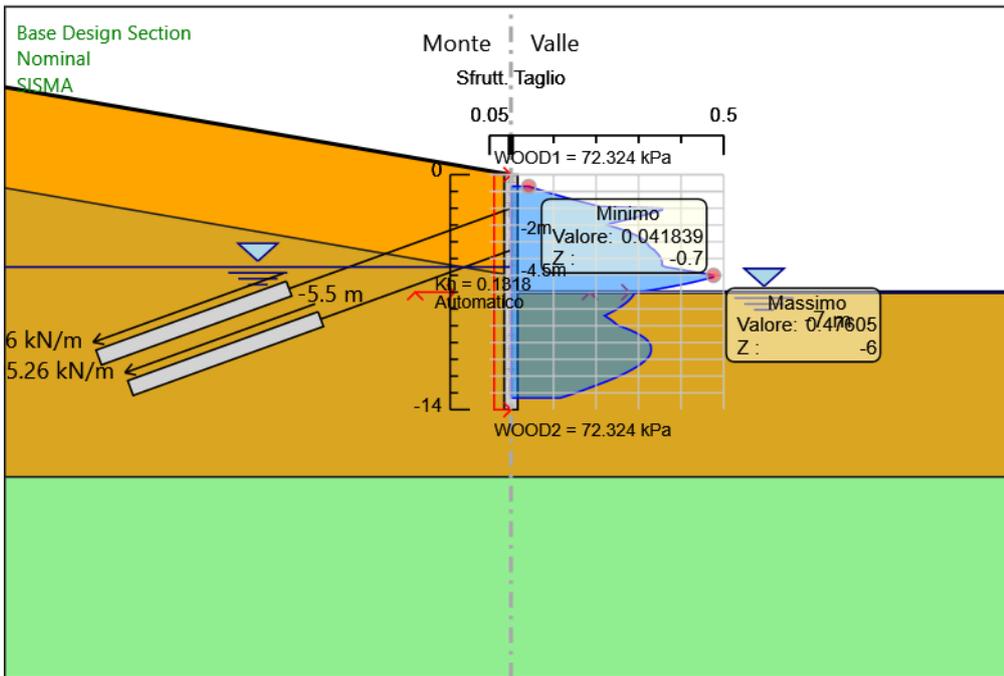
Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-6.7	0.37
-6.8	0.348
-6.9	0.325
-7	0.301
-7.1	0.29
-7.2	0.287
-7.3	0.284
-7.4	0.281
-7.5	0.277
-7.6	0.272
-7.7	0.267
-7.8	0.262
-7.9	0.256
-8	0.25
-8.1	0.243
-8.2	0.236
-8.3	0.228
-8.4	0.22
-8.5	0.226
-8.6	0.233
-8.7	0.238
-8.8	0.243
-8.9	0.247
-9	0.253
-9.1	0.265
-9.2	0.275
-9.3	0.284
-9.4	0.293
-9.5	0.3
-9.6	0.307
-9.7	0.313
-9.8	0.318
-9.9	0.322
-10	0.325
-10.1	0.327
-10.2	0.329
-10.3	0.33
-10.4	0.33
-10.5	0.329
-10.6	0.329
-10.7	0.327
-10.8	0.325
-10.9	0.322
-11	0.318
-11.1	0.314
-11.2	0.309
-11.3	0.304
-11.4	0.298
-11.5	0.292
-11.6	0.285
-11.7	0.278
-11.8	0.27
-11.9	0.262
-12	0.254
-12.1	0.245
-12.2	0.236
-12.3	0.226
-12.4	0.216
-12.5	0.206
-12.6	0.195
-12.7	0.184
-12.8	0.174
-12.9	0.163
-13	0.152

PROGETTAZIONE ATI:

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-13.1	0.141
-13.2	0.128
-13.3	0.115

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.10. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.12. Verifiche Tiranti NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

Design Assumption: NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti	NTC2018						
					(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE PRIMO TIRANTE	390.136	513.119	807.409	0.76	0.483		
PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA - 5.50 METRI	415.509	513.119	807.409	0.81	0.515		
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	400.378	513.119	807.409	0.78	0.496		
PRIMO TIRANTE	FONDO SCAVO -7 METRI	409.569	513.119	807.409	0.798	0.507		
PRIMO TIRANTE	FASE ESERCIZIO	411.907	513.119	807.409	0.803	0.51		
PRIMO TIRANTE	SISMA	411.907	513.119	807.409	0.803	0.51		
Tieback	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	390.136	513.131	807.409	0.76	0.483		
Tieback	FONDO SCAVO -7 METRI	407.949	513.131	807.409	0.795	0.505		
Tieback	FASE ESERCIZIO	412.721	513.131	807.409	0.804	0.511		
Tieback	SISMA	412.721	513.131	807.409	0.804	0.511		

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.14. Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption: NTC2018: SISMICA STR Tirante	Tipo Risultato: Verifiche Tiranti Stage				NTC2018 (ITA)		Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
		Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR		
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE PRIMO TIRANTE	300.105	513.119	807.409	0.585	0.372		
PRIMO TIRANTE	SCAVO A QUOTA -5.50 METRI	319.623	513.119	807.409	0.623	0.396		
PRIMO TIRANTE	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	307.983	513.119	807.409	0.6	0.381		
PRIMO TIRANTE	FONDO SCAVO -7 METRI	315.053	513.119	807.409	0.614	0.39		
PRIMO TIRANTE	FASE ESERCIZIO	316.852	513.119	807.409	0.618	0.392		
PRIMO TIRANTE	SISMA	490.771	513.119	807.409	0.956	0.608		
Tieback	INFISSIONE SECONDO ORDINE TIRANTI	300.105	513.131	807.409	0.585	0.372		
Tieback	FONDO SCAVO -7 METRI	313.807	513.131	807.409	0.612	0.389		
Tieback	FASE ESERCIZIO	317.478	513.131	807.409	0.619	0.393		
Tieback	SISMA	481.579	513.131	807.409	0.939	0.596		

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.16. Involuppo Verifiche Tiranti (su tutte le D.A. attive)

Tipo Risultato: Verifiche Tiranti									
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze	Design Assumption
PRIMO TIRANTE	SISMA	490.771	513.119	807.409	0.956	0.608			NTC2018: SISMICA STR
Tieback	SISMA	481.579	513.131	807.409	0.939	0.596			NTC2018: SISMICA STR

6.2.17 Verifiche strutturali sulla trave di ripartizione dei tiranti

Per la ripartizione sulla paratia dello sforzo assiale agente nei tiranti d'ancoraggio sono state utilizzate coppie di profilati metallici del tipo HEB180 (acciaio S275).

La verifica di tali elementi strutturali è stata eseguita secondo lo schema di trave continua su infiniti appoggi, soggetta ad un carico uniforme pari al valore dell'azione del singolo tirante distribuito sulla sua zona di competenza, uguale all'interasse orizzontale tra i tiranti stessi.

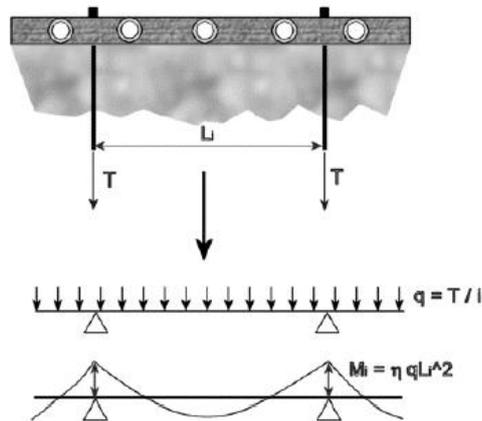


Figura 58 - Trave di ripartizione: schema statico

Le sollecitazioni sulla trave si determinano considerando lo schema di trave su infiniti appoggi:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{10} \quad V = 0.6 \cdot q \cdot L$$

essendo:

- L = luce della campata, ovvero interasse tra i tiranti
- tmax = reazione del tirante a metro lineare

Di seguito vengono riportate le tabelle con le verifiche delle travi di ripartizioni per SLU ed SLV.

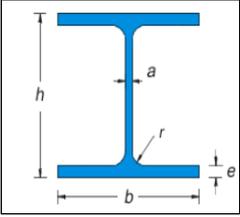
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLU-STR								
Materiale	S275	-						
f_{yk}	275	N/mm ²	f_{yd}	261.90	N/mm ²			
f_{tk}	430	N/mm ²						
γ_{M0}	1.05	-						
γ_{M1}	1.05	-						
Profilo	HEB180		Proprietà Sezione					
			a	8.5	mm	J_x	3831	cm ⁴
			b	180	mm	J_y	1363	cm ⁴
			e	14	mm	$W_{el,x}$	425.7	cm ³
			r	15	mm	$W_{el,y}$	151.4	cm ³
			h	180	mm	$W_{pl,x}$	686.9504	cm ³
			Area	65.25	cm ²	$W_{pl,y}$	231.0135	cm ³
			Peso	51.2	kg/m			
VERIFICHE SEZIONI:								
TAGLIO								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V_{ed} [kN]	A_v [cm ²]	$V_{C,Rd}$ [kN]	FS [-]			
1	SLU-STR	124.65	20.24	306.05	0.41	$V_{c,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLU-STR	123.81	20.24	306.05	0.40	$V_{c,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
NB: con $V_{ed} \leq 0.5V_{C,Rd}$ la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione								
MOMENTO FLETTENTE								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M_{ed} [kNm]	$W_{el,x}$ [cm ³]	$M_{C,Rd}$ [kNm]	FS [-]			
1	SLU-STR	59.21	425.70	111.49	0.53	$M_{c,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLU-STR	58.81	425.70	111.49	0.53	$M_{c,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	

Tabella 46-Verifica Trave di Ripartizione SLU

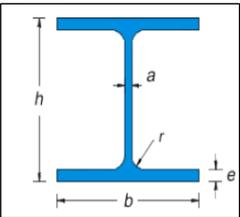
VERIFICA DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE SLV-STR								
Materiale	S275	-						
f_{yk}	275	N/mm ²	f_{yd}	261.90	N/mm ²			
f_{tk}	430	N/mm ²						
γ_{M0}	1.05	-						
γ_{M1}	1.05	-						
Profilo	HEB180		Proprietà Sezione					
			a	8.5	mm	J_x	3831	cm ⁴
			b	180	mm	J_y	1363	cm ⁴
			e	14	mm	$W_{el,x}$	425.7	cm ³
			r	15	mm	$W_{el,y}$	151.4	cm ³
			h	180	mm	$W_{pl,x}$	686.9504	cm ³
			Area	65.25	cm ²	$W_{pl,y}$	231.0135	cm ³
			Peso	51.2	kg/m			
VERIFICHE SEZIONI:								
TAGLIO								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	V_{ed} [kN]	A_v [cm ²]	$V_{C,Rd}$ [kN]	FS [-]			
1	SLV-STR	147.23	20.24	306.05	0.48	$V_{c,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLV-STR	144.48	20.24	306.05	0.47	$V_{c,Rd} > V_{ed}$	Verifica Superata	
NB: con $V_{ed} \leq 0.5V_{C,Rd}$ la sollecitazione di taglio non viene considerata nella verifica a Flessione								
MOMENTO FLETTENTE								
ORDINE TIRANTI	Combinazione	M_{ed} [kNm]	$W_{el,x}$ [cm ³]	$M_{C,Rd}$ [kNm]	FS [-]			
1	SLV-STR	69.93	425.70	111.49	0.63	$M_{c,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	
2	SLV-STR	68.63	425.70	111.49	0.62	$M_{c,Rd} > M_{ed}$	Verifica Superata	

Tabella 47-Verifica Trave di Ripartizione SLV

6.3 Verifica di stabilità

Al fine di verificare l'adeguatezza dell'intervento progettato, sono state eseguite le opportune verifiche di stabilità:

- Globale: in relazione alle condizioni generali del versante, si è individuando il meccanismo di collasso che coinvolge il sistema terreno - opera di sostegno provvisoria.

La verifica è stata svolta utilizzando il metodo di Bishop semplificato e considerando una griglia di centri fitta per avere maggiore precisione e determinata nelle proprietà di analisi della stabilità.

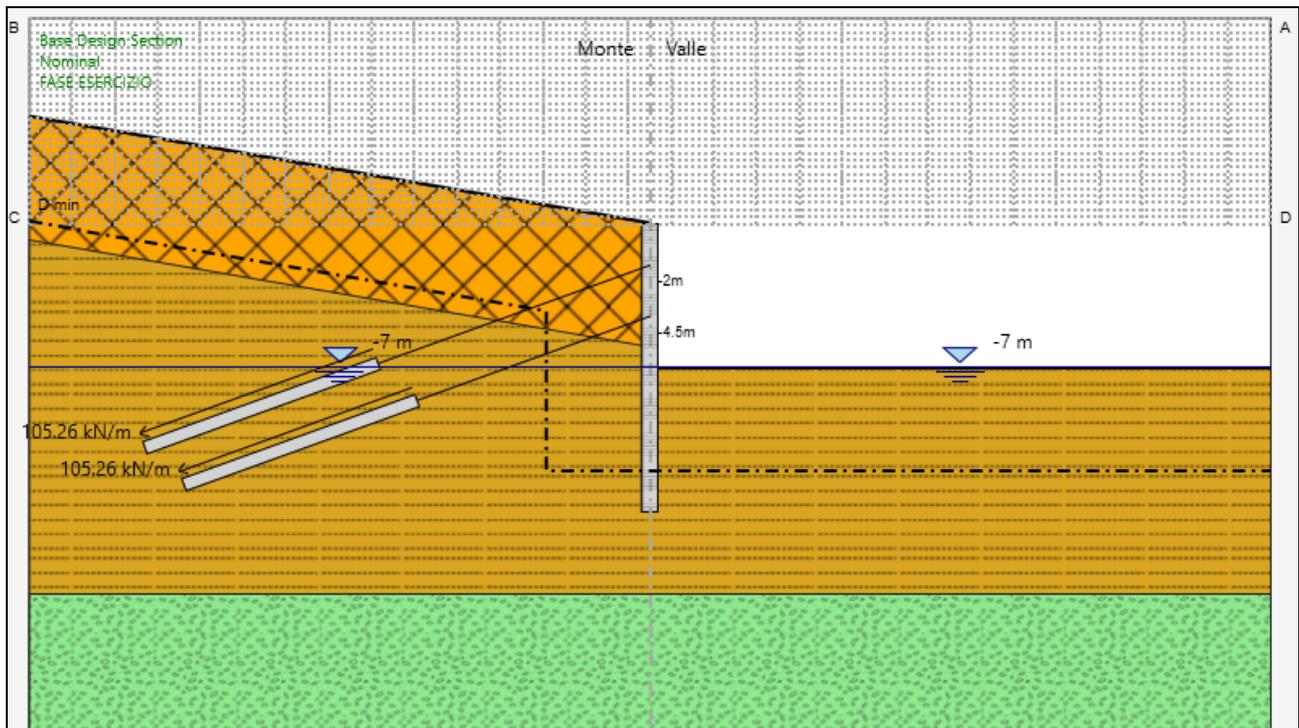


Figura 59-Griglia dei centri per la determinazione delle superfici di scorrimento

Il metodo di Bishop semplificato è il più diffuso ed utilizzato fra i metodi delle strisce; appartiene alla famiglia dei metodi all'equilibrio limite e si basa sull'individuazione di una porzione di terreno instabile mobilitata lungo una potenziale superficie di scorrimento.

Questo metodo è caratterizzato dall'ipotesi semplificativa per la quale per ogni concio la risultante delle componenti nella direzione verticale delle forze agenti sulle facce laterali è nulla.

Il coefficiente di sicurezza che si ottiene corrisponde alla superficie di scorrimento potenziale critica e viene determinato per tentativi.

Inoltre nel caso di stabilità in presenza di sisma, come indicato al paragrafo 7.11.4, per fronti di scavo e rilevati si assume un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0.38 per SLV.

6.3.1 Globale

Nella verifica di stabilità globale, le condizioni indagate sono relative alla situazione di scavo provvisorio per il raggiungimento del fondo scavo sia in fase statica che in fase sismica. Di seguito si presentano i risultati delle analisi, mentre i modelli di calcolo sono i medesimi utilizzati per i calcoli strutturali e geotecnici della paratia:

Condizioni Statiche

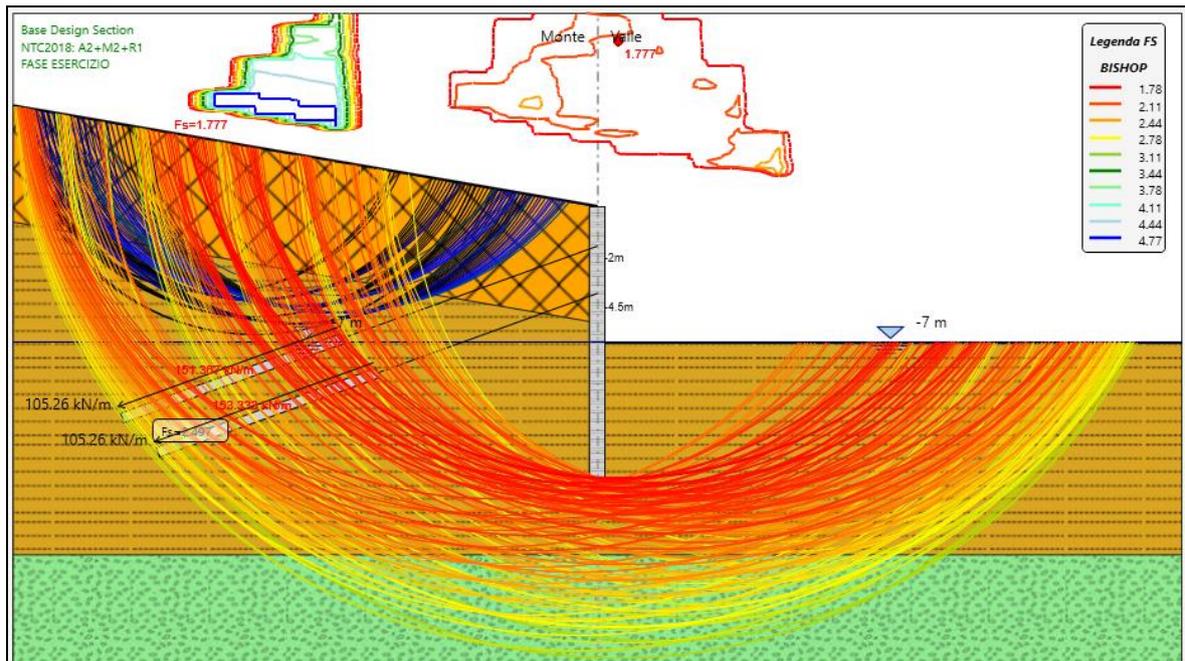


Figura 60-Superfici di scorrimento indagate SLU GEO

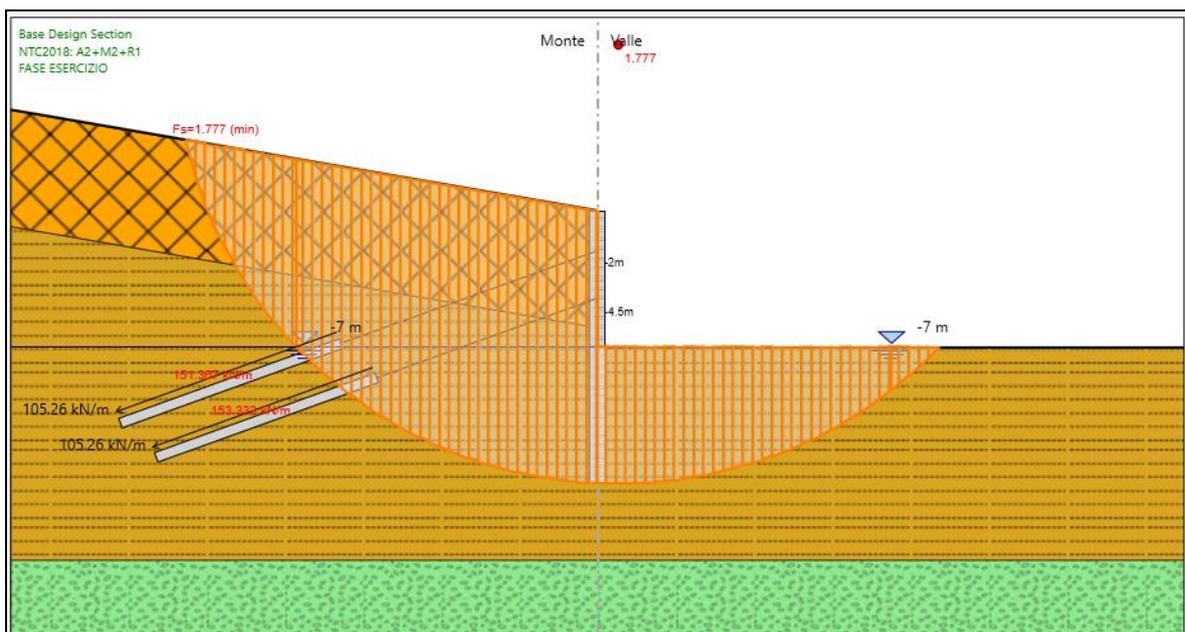


Figura 61 - Analisi di stabilità globale statica SLU GEO

PROGETTAZIONE ATI:

Condizioni Sismiche

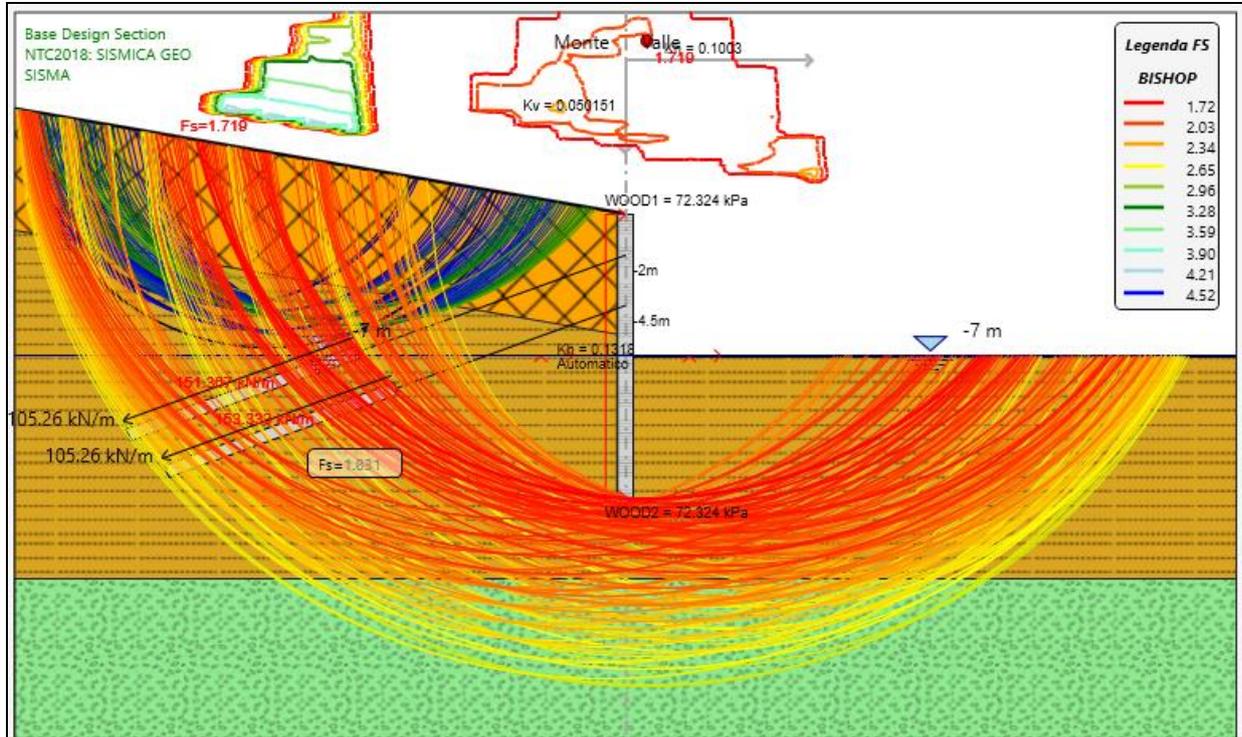


Figura 62-Superfici di scorrimento indagate SLV-GEO

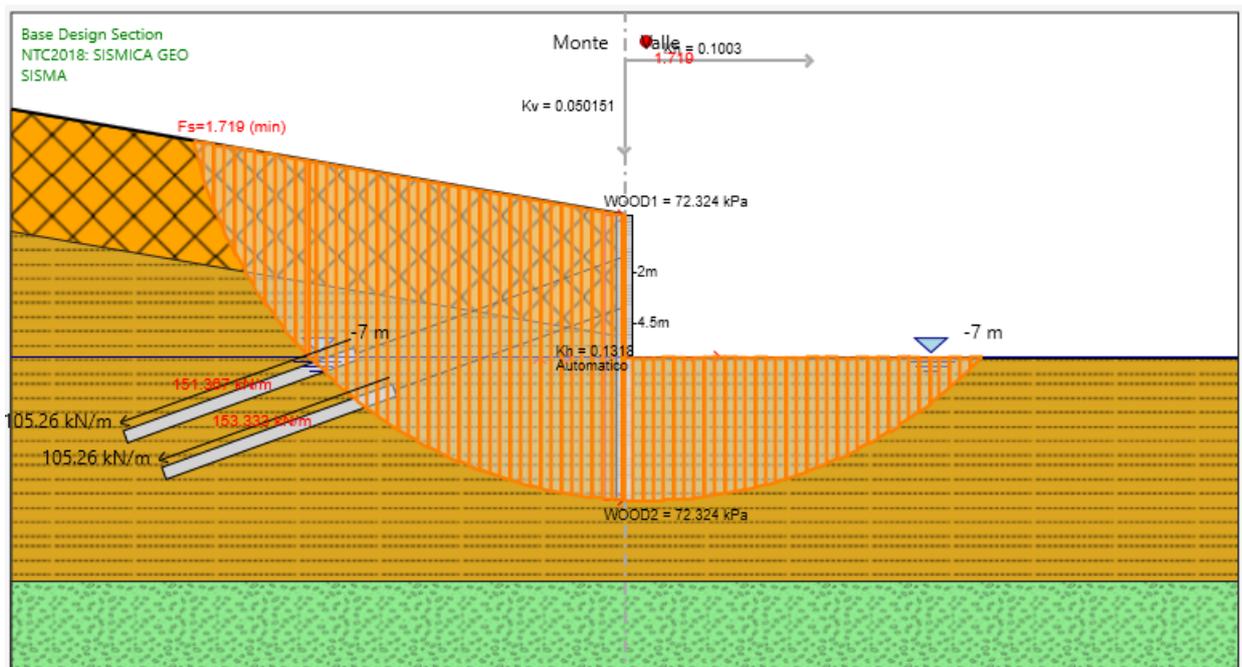


Figura 63 - Analisi di stabilità globale sismica SLV GEO

PROGETTAZIONE ATI:

In tabella si riepilogano di seguito i risultati delle analisi effettuate:

Condizione	FASE	FS	FS minimo
SLU GEO	8	1.777	1,1
SLV GEO	9	1.710	1,1

Tabella 48 Risultati delle analisi di stabilità globale

Il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore di 1,1 pertanto le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte.