



**REALIZZAZIONE DEL NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE  
DI SANTA TERESA VAL D'AGRO' DELL'AUTOSTRADA A18 MESSINA  
CATANIA E CORRISPONDENTI COLLEGAMENTI ALLA VIABILITA' ORDINARIA**  
CUP: F91B13000720001 CIG: 8059580FCD



**PROGETTAZIONE**  
Mandataria:



Mandante:




**PROGER S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI

**PROGIN S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

**DINAMICA s.r.l.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Antonino SUTERA

PROJECT MANAGER DELL'R.T.I.:	Dott. Ing. Carlo LISTORTI	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:	Dott. Ing. Antonio GRIMALDI
PROJECT MANAGER ASSISTANT:			Dott. Ing. Salvatore RUSSO
PROGETTAZIONE INFRASTRUTTURALE:			Dott. Ing. Lorenzo INFANTE
PROGETTAZIONE STRUTTURALE:			Dott. Ing. Michele PIRRO
PROGETTAZIONE IMPIANTI TECNOLOGICI:			Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI
GEOLOGO:			Dott. Ing. Paolo IORIO
RESPONSABILE GEOTECNICA:			Dott. Ing. Enrico D'ARGENZIO
ESPERTO IDROLOGIA ED IDRAULICA:			Dott. Geol. Marco SANDRUCCI
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:			Dott. Ing. Ylenia MASCARUCCI
RESPONSABILE INTERFERENZE E ESPROPRI:			Dott. Ing. Umberto RICCI
RESPONSABILE DELLA QUALITA':			Dott. Ing. Davide FERLAZZO
GIOVANE PROFESSIONISTA:			Geom. Antonino CHILLE'
			Dott. Ing. Jacopo BENEDETTI
			Dott. Ing. Domenico DICUONZO

**PROGETTO DEFINITIVO**

**3 – OPERE D'ARTE MAGGIORI**  
**SOTTOVIA – S2E**  
**Relazione di calcolo**

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta dello stesso. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.	Commessa	Nome File	Codice Elaborato				Rev	Scalo
	P20062	D0306-SRL01_02.pdf	D	03	06	S	RL	01

REVISIONI	00	25/01/2021	EMMISSIONE	MAROTTA	IORIO	INFANTE
	01	12/02/2021	REVISIONE A SEGUITO NOTA 3175 DEL 05/02/2021	MAROTTA	IORIO	INFANTE
	02	10/05/2021	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI CAS	PICCOLO	IORIO	INFANTE
	REV.	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:	R.U.P.: Dott. Ing. Onofrio CRISAFULLI Supp. R.U.P.: Dott. Ing. Adriano GRASSI	VISTI/APPROVAZIONI:
---	--	---------------------

Nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Di Riva  
 Autostrada A18 Messina-Catania

## RELAZIONE DI CALCOLO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....</b>	<b>2</b>
	3.1 Resistenze di progetto .....	2
	3.1.1 Calcestruzzo pali C28/35 .....	2
	3.1.2 Calcestruzzo solette cordoli e fodere C 32/40 .....	2
	3.1.3 Calcestruzzo per magrone di fondazione C 12/15 .....	2
	3.1.4 Acciaio di armatura B450C .....	3
<b>4</b>	<b>CONDIZIONI GEOTECNICHE .....</b>	<b>4</b>
	4.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate .....	4
	4.2 Parametri geotecnici di progetto .....	4
	4.3 Livello falda .....	4
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE E SCELTE TIPOLOGICHE .....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO DELL'OPERA DI SOSTEGNO .....</b>	<b>9</b>
	7.1 Analisi dei carichi .....	9
	7.1.1 Spinta delle terre.....	9
	7.1.2 Carico accidentale .....	10
	7.1.3 Spinta attiva in presenza di coesione .....	10
	7.1.4 Metodo di valutazione della spinta sismica .....	10
	7.2 Metodologia di calcolo .....	11
	7.3 Criteri di verifica delle opere .....	12
	7.3.1 Combinazioni di carico.....	12
	7.3.2 Verifiche geotecniche.....	14
	7.3.3 Criteri di verifica strutturale sezioni in cemento armato.....	15
	7.3.4 Verifiche strutturali allo SLU per la paratia e solettone in c.a.....	17
	7.3.5 Verifiche strutturali allo SLE per la paratia e solettone in c.a. ....	18
<b>8</b>	<b>RISULTATI E VERIFICHE SOTTOVIA.....</b>	<b>18</b>
	8.1 Sezione sottovia S2E.....	18
	8.1.1 Parametri geotecnici di progetto .....	18
	8.1.2 Fasi di modellazione.....	19
	8.1.3 Risultati.....	20
	8.1.4 Verifiche strutturali pali della galleria artificiale .....	23
	8.1.5 Verifica solettone in c.a.....	26
<b>9</b>	<b>APPENDICE A: ANALISI SOTTOVIA. TABULATI DI CALCOLO SOTTOVIA.....</b>	<b>27</b>
	9.1 Sezione sottovia S2E.....	27

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta il dimensionamento del sottovia S2Edello svincolo di interconnessione autostradale di Santa Teresa Di Riva dell'autostrada A18Messina – Cataniapreviste nel P.E.e corrispondenti collegamenti alla viabilità ordinaria.

In particolare nel presente documento sono stati affrontati i seguenti aspetti:

- breve richiamo delle condizioni geotecniche del sito;
- descrizione delle opere in progetto;
- dimensionamento e verifiche strutturali e geotecniche delle opere.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'eseguire il dimensionamento delle opere di cui alla presente relazione, si è fatto riferimento alla seguente normativa tecnica:

[N\_01] D.M. 17.01.2018 Norme tecniche per le costruzioni.

[N\_02] Circolare n. 7 del 21/01/2019. "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. del 17/01/2018.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Le verifiche nel seguito esposte tengono conto dei seguenti materiali per la realizzazione delle sottostrutture.

#### 3.1 Resistenze di progetto

##### 3.1.1 Calcestruzzo pali C28/35

$R_{ck} = 35 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
$f_{ck} = 28 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 36 \text{ MPa}$	resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.77 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.93 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione
$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 32308 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$	peso per unità di volume
<u>Resistenze di progetto allo SLU</u>	
$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 15.87 \text{ MPa}; \gamma_c = 1.50$	resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.29 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a trazione
<u>Resistenze di progetto allo SLE</u>	
$\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 16.8 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. caratteristica (rara)
$\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 12.6 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. quasi permanente
$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.31 \text{ MPa}$	tensione limite di fessurazione (trazione)

##### 3.1.2 Calcestruzzo solette cordoli e fodere C 32/40

$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
$f_{ck} = 32 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 40 \text{ MPa}$	resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.02 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.12 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione
$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 33346 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$	peso per unità di volume
<u>Resistenze di progetto allo SLU</u>	
$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18.1 \text{ MPa}; \gamma_c = 1.50$	resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.41 \text{ MPa}$	resistenza di progetto a trazione
<u>Resistenze di progetto allo SLE</u>	
$\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. caratteristica (rara)
$\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$	tensione limite in comb. quasi permanente
$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.52 \text{ MPa}$	tensione limite di fessurazione (trazione)

##### 3.1.3 Calcestruzzo per magrone di fondazione C 12/15

$R_{ck} = 15 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a 28 giorni
$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 20 \text{ MPa}$	resistenza cilindrica valore medio
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 1.57 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.10 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione
$E_{cm} = 22000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 27085.18 \text{ MPa}$	modulo elastico

$$\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$$

peso per unità di volume

Resistenze di progetto allo SLU

$$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 6.8 \text{ MPa}; \gamma_c = 1.50 \text{ resistenza di progetto a compressione}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 0.73 \text{ MPa}$$

resistenza di progetto a trazione

Resistenze di progetto allo SLE

$$\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 7.2 \text{ MPa}$$

tensione limite in comb. caratteristica (rara)

$$\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 5.4 \text{ MPa}$$

tensione limite in comb. quasi permanente

$$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 1.31 \text{ MPa}$$

tensione limite di fessurazione (trazione)

### 3.1.4 Acciaio di armatura B450C

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

resistenza caratteristica di snervamento

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

resistenza caratteristica a rottura

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

modulo elastico

Resistenza di progetto allo SLU

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}; \gamma_s = 1.15$$

resistenza di progetto a compressione

Resistenza di progetto allo SLE

$$\sigma_{s,r} = 0.80 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

tensione limite in comb. rara

## 4 CONDIZIONI GEOTECNICHE

Nel presente capitolo si riporta una breve sintesi delle condizioni geotecniche delle opere in esame. Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione geotecnica generale.

### 4.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Lungo il tracciato dalle indagini eseguite sono state intercettate le seguenti unità geotecniche:

- Unità S: sabbie medie e sabbie ghiaiose

### 4.2 Parametri geotecnici di progetto

Per le unità interferenti con le opere si assumono i seguenti valori dei parametri caratteristici.

#### Unità S: sabbie medie e sabbie ghiaiose

$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 35 \div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 150 \div 500 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 40 \div 480 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)
$E_o = 110 \div 1200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

### 4.3 Livello falda

La falda si trova ad una profondità tale da non avere interazioni con l'opera di progetto.



## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo con le norme vigenti [NTC – 2018 - § 3.2]. Secondo tali norme, l'entità dell'azione sismica è innanzitutto funzione della sismicità dell'area in cui viene costruita l'opera e del periodo di ritorno dell'azione sismica.

L'opera viene progettata in funzione di una vita nominale pari a 100 anni relativa a “costruzioni con livelli di prestazioni elevati” e rientra nella classe d'uso IV relativa a “reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001, n. 6792”. Moltiplicando la vita nominale per il coefficiente di classe d'uso si valuta il periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 100 \cdot 2 = 200 \text{ anni}$$

In funzione dello stato limite rispetto al quale viene verificata l'opera si definisce una probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento. Per il progetto dell'opera in esame si farà essenzialmente riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), a cui è associata una PVR pari al 10% [NTC 2018– Tabella 3.2.I]. Nota la probabilità di superamento nel periodo di riferimento è possibile valutare il periodo di ritorno TR, come previsto nell'allegato A alle norme tecniche per le costruzioni, secondo la seguente espressione:

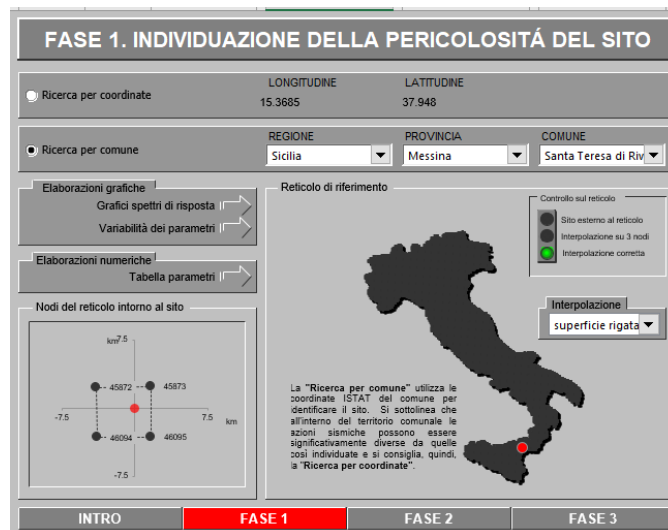
$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = - \frac{100}{\ln(1 - 0.10)} = 1898 \text{ anni}$$

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k, dipendente dall'accelerazione massima al sito ag in condizioni rocciose e topografia orizzontale; tale parametro è uno dei tre indicatori che caratterizza la pericolosità sismica del sito ed è tanto più alto tanto più è ampio il periodo di ritorno al quale si riferisce.

Nello specifico, la Normativa attribuisce al generico sito una pericolosità sismica mediante la definizione dei seguenti tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nel caso in esame, per la determinazione dei parametri di pericolosità sismica da utilizzare per le analisi, si è fatto riferimento al comune di Santa Teresa di Riva, di cui nel seguito si riporta la classificazione sismica nazionale nell'ambito del quale lo stesso ricade:



**Figura 1: Localizzazione del punto di riferimento per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica nel reticolo della Classificazione sismica nazionale**

Con riferimento allo stato limite di Verifica SLV, si determinano pertanto per il punto in esame, e per un periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R = 1898$  anni, i seguenti parametri di pericolosità sismica:

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_{C^*}$ [s]
SLO	120	0.1277	2.3616	0.3119
SLD	201	0.1634	2.3885	0.3228
SLV	1898	0.4198	2.4759	0.4036
SLC	3900	0.4653	2.4808	0.4178

**Tabella 1: parametri sismici Santa Teresa di Riva (ME)**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende infine necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo e categorie topografiche di riferimento

Relativamente alla definizione della categoria di sottosuolo sismica, sono state reperite indagini sismiche Masw, i cui risultati sono riportati nella Relazione geologica e idrogeologica. Quindi per i terreni, dalle indagini sismiche attualmente disponibili, si attribuisce una **Categoria di sottosuolo C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

La topografia dell'area e delle zone circostanti permettono di definire, la **Categoria topografica T1** - Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $< 15^\circ$ .

Nel caso in esame si è dunque ottenuto per lo stato limite SLV:



ag (g)				0.4198
F0				2.4759
T*c				0.4036
Ss				1.0764
St				1
Cc				1.4165

Latitudine	<input type="text" value="37.949"/>	Longitudine	<input type="text" value="15.371"/>	Santa Teresa di Riva (ME)
	37° 56' 56.4" N		15° 22' 15.6" E	<input type="button" value="Maps"/>
Vita nominale (anni)	<input type="text" value="100"/>	Classe d'uso	<input type="text" value="IV"/>	Cu 2
Stato Limite	<input type="text" value="SLV"/>	Cat. Sottosuolo	<input type="text" value="C"/>	Cat. topografica <input type="text" value="T1"/>

**Figura 2: riepilogo parametri sismici allo SLV**



## 7 METODOLOGIA DI CALCOLO DELL'OPERA DI SOSTEGNO

Nel presente capitolo sono descritte l'analisi dei carichi, la metodologia di calcolo ed i criteri di verifica delle opere.

### 7.1 Analisi dei carichi

#### 7.1.1 Spinta delle terre

La spinta sulla parete si determina come risultante delle pressioni orizzontali calcolate come:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K \cdot \cos \delta$$

dove:

$\sigma_h$  = pressione orizzontale;

$\sigma_v$  = pressione verticale;

K = coefficiente di spinta dello stato di calcolo;

$\delta$  = coeff. di attrito terreno-parete;

La pressione verticale è data dal peso del terreno sovrastante:  
in termini di tensioni totali:

$$\sigma_v = \gamma z$$

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno

z = generica quota di calcolo della pressione a partire dal piano campagna

in termini di tensioni efficaci in assenza di filtrazione:

$$\sigma_v = \gamma' z$$

$\gamma'$  = peso dell'unità di volume efficace del terreno

in termini di tensioni efficaci in presenza di filtrazione:

$$\sigma_v = [\gamma - \gamma_w \cdot (1 + lw)] z$$

lw = gradiente idraulico.

#### *Coefficiente di spinta a riposo*

Il coefficiente di spinta a riposo normal – consolidato può essere valutato come:

$$K_0^{NC} = 1 - \text{sen}(\phi'_{peak}) \quad \text{nelle sabbie}$$

Il coefficiente di spinta a riposo, nel caso di deposito sovraconsolidato, viene stimato dalla relazione seguente:

$$K_0 = K_0^{NC} \cdot OCR^n$$

con n = 0.5 come valore tipico valido sia per argille che per sabbie.

I coefficienti di spinta attiva  $K_a$  e passiva  $K_p$ , corrispondenti alle condizioni di equilibrio limite attivo e passivo; essi possono essere calcolati automaticamente dal programma o definiti dall'utente in funzione delle esigenze.

Tali coefficienti sono funzione dei seguenti parametri:

- angolo di resistenza a taglio del terreno;
- angolo di attrito muro – terreno;
- angolo di inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale.

Nel caso in oggetto i coefficienti di spinta attiva sono stati calcolati automaticamente dal programma di calcolo Paratie Plus, considerando  $\delta' = 2/3 \cdot \varphi'$ .

### 7.1.2 Carico accidentale

Le azioni variabili da traffico definite nello Schema di Carico 1 sono costituite da carichi concentrati e da carichi uniformemente distribuiti.

Per l'applicazione dei carichi sul modello di calcolo si fa riferimento al paragrafo C5.1.3.3.5.1 della Circolare n.7, secondo il quale i carichi tandem da traffico su rilevati adiacenti a delle opere possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti applicati su una superficie rettangolare larga 3.0 m e lunga 2.20.

Sul modello di calcolo vengono applicati i carichi riportati nella tabella sottostante, considerando una diffusione nel terreno secondo un angolo di 30° (in ipotesi di rilevato correttamente consolidato) e una diffusione nel semispessore del solettone superiore secondo un angolo di 45°.

CARICHI STRADALI									
Opera	Corsia	Carico Tandem	Area impronta		Diffusione ricoprimento		Carico sul p.c.	Diff. struttura	Carico su struttura
			B <sub>trasv</sub>	L <sub>long</sub>	S <sub>terr</sub>	B <sub>diff,terr</sub>		S <sub>sol</sub>	
			[m]	[m]	[m]	[m]		[m]	
S2E	1	600	3	2.2	1.4	0.81	34.1	1.2	28.5

### 7.1.3 Spinta attiva in presenza di coesione

Nel caso di regime di spinta attivo, la presenza della coesione comporta una controspinta sulla parete, che vale:

$$\sigma_h = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

essendo c la coesione dello strato.

### 7.1.4 Metodo di valutazione della spinta sismica

Il §7.11.6.3 delle NTC 2018, precisa che l'analisi delle paratie in condizioni sismiche, può essere eseguite mediante i metodi pseudo-statici o i metodi di analisi dinamica. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

dove:

g accelerazione di gravità;

$a_{max} = S_s \times S_T \times a_g$  accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento ( $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido moltiplicata per  $S_s$  e  $S_T$  che sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica)

Per le paratie rigide, tra le quali rientrano gli scatolari e quelli aventi pareti adeguatamente contrastate, le spinte del terreno in fase sismica, devono essere determinate mediante la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H è pari a:  $\Delta SE = K_h \cdot \gamma \cdot H^2$ .

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Wood, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera. Utilizzando la formulazione seguente:

$$\Delta P_a = \frac{a_g}{g} \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2 = E$$

Dove  $\gamma$  rappresenta il peso del volume di terreno che interagisce con l'opera,  $H$  rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso),  $S$  è il coeff. di amplificazione locale mentre  $a_g$  è la PGA.

## 7.2 Metodologia di calcolo

Le analisi di stabilità locale delle opere di sostegno e quelle per la valutazione delle sollecitazioni negli elementi resistenti, sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE PLUS 20.

In tale codice la schematizzazione dell'interazione tra paratia e terreno avviene considerando:

- la paratia come una serie di elementi il cui comportamento è caratterizzato dalla rigidità flessionale  $EJ$ ;
- il terreno come una serie di molle di tipo elasto-plastico connesse ai nodi della paratia.

Questo modello numerico consente una simulazione del comportamento del terreno adeguata agli scopi progettuali. In particolare vengono superate le limitazioni dei più tradizionali metodi dell'equilibrio limite, non idonei a seguire il comportamento della struttura al variare delle configurazioni di carico, delle fasi esecutive e di esercizio.

Nel caso in esame, in una generica fase di calcolo dell'analisi di interazione tra paratia e terreno, la soluzione dipende dal percorso tenso-deformativo seguito dagli elementi schematizzanti il terreno nelle fasi precedenti; dalle variazioni di spinta o reazione del terreno indotte dalla progressione degli scavi, dall'inserimento di tiranti, dalle variazioni delle condizioni idrostatiche e di sovraccarico, etc.

La realizzazione dello scavo sostenuto da una paratia viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elasto-plastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

La legge costitutiva, rappresentativa del comportamento elasto-plastico del terreno, è identificata dai parametri di spinta e di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta del terreno sono:

- il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , corrispondente alla condizione iniziale indeformata, calcolato mediante l'espressione  $K_0 = 1 - \sin \phi'$ ;
- i coefficienti di spinta attiva  $K_a$  e passiva  $K_p$ , corrispondenti alle condizioni di equilibrio limite attivo e passivo, calcolati rispettivamente mediante le espressioni di Coulomb, Caquot e Kerisel, tenendo conto di un angolo di attrito tra terreno e paratia pari a  $2/3$  dell'angolo di attrito del terreno stesso.

- i parametri di deformabilità del terreno, che compaiono nella definizione della rigidità delle molle, sono assegnati sulla base dei valori di modulo di Young (E) dei vari strati, tenendo conto della diversa rigidità in fase di carico vergine oppure di scarico e ricarico. In particolare, il modulo di ricarico è assunto pari al doppio del modulo vergine.

Le componenti di sforzo verticale ed orizzontale vengono intese come sforzi principali. Viene introdotta una funzione di plasticità dipendente da esse, che definisce i confini di una regione entro la quale è determinato lo stato tensionale. A seconda dello stato in cui l'elemento si trova, questo reagisce con differenti caratteristiche di rigidità. Sono possibili tre situazioni:

- Fase elastica: l'elemento si comporta elasticamente; questa fase corrisponde ad una porzione di terreno in fase di scarico-ricarico, sollecitato a livelli di sforzo al di sotto dei massimi livelli precedentemente sperimentati e viene identificata con la sigla UL-RL (Unloading-Reloading).
- Fase incrudente: l'elemento viene sollecitato a livelli di tensione mai prima sperimentati; la fase incrudente è identificata dalla sigla V - C (Virgin Compression).
- Collasso: il terreno è sottoposto ad uno stato di sollecitazione coincidente con i limiti minimo o massimo dettati dalla resistenza del materiale; questa fase corrisponde a quelle che solitamente vengono chiamate condizioni di spinta attiva o passiva; il collasso viene identificato attraverso la parola Active o Passive.

Nel caso di applicazione di un tirante, lo step di installazione dello stesso viene preceduto da una fase nella quale lo scavo è approfondito appena al di sotto della quota di inserimento dell'ancoraggio. In questo modo il vero processo realizzativo è simulato in modo abbastanza fedele.

### 7.3 Criteri di verifica delle opere

Il progetto e la verifica della paratia richiede la verifica dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD):

- collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera (moto rigido) (GEO);
- collasso per carico limite verticale (GEO);
- sfilamento di uno o più ancoraggi (GEO);
- instabilità di fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate (UPL);
- instabilità del fondo scavo per sollevamento (UPL);
- sifonamento del fondo scavo (HYD);
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera (GEO);

SLU di tipo strutturale (STR):

- raggiungimento della resistenza di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza di uno o più puntoni o del sistema di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

Per ognuno degli stati limite sopra definiti si adotteranno le combinazioni di carico definite nei paragrafi di seguito.

#### 7.3.1 Combinazioni di carico

Combinazioni di carico allo Stato limite ultimo – SLU

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:



$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni:

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

e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

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

Effetto delle azioni e della resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $E_d = F_k \cdot \gamma_E$ , dei parametri di progetto  $X_k/\gamma_M$  e della geometria di progetto  $a_d$ . Nella formulazione della resistenza appare esplicitamente il coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulla resistenza.

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 ed R3).

Nella seguente tabella si riportano i coefficienti parziali indicati dalla normativa (moltiplicativi per le azioni e riduttivi per i parametri di resistenza del terreno).

I coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche relativamente ad ogni singolo SLU precedentemente analizzato sono di seguito indicati:

**Tabella 2- Coefficienti parziali delle azioni e dei terreni**

Combinazioni per analisi statiche SLU							
	Azioni ( $\gamma_F$ )				Proprietà del terreno ( $\gamma_M$ )		
	Permanenti		Variabili				
	Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli	$\tan\varphi'$	$c'$	$c_u$
STR (A1+M1)	1.3	1.0	1.5	0.0	1.00	1.00	1.00
GEO (A2+M2)	1.0	1.0	1.3	0.0	1.25	1.25	1.40

I coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche relativamente ad ogni singolo SLU precedentemente analizzato sono di seguito indicati:

**Tabella 3- Coefficienti parziali per le verifiche agli SLU**

Verifica	Coefficiente	
Raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi	$\gamma_R=1.0$	
Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia	$\gamma_R=1.0$	
Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera	$\gamma_R=1.0$	
Instabilità del fondo scavo per sollevamento	$\gamma_R=1.0$	
Sfilamento di uno o più ancoraggi	Temporanei	$\gamma_R=1.1$
	Permanenti	$\gamma_R=1.2$

### Combinazioni di carico agli Stati limite di esercizio - SLE

Le opere ed i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. Per ciascuno stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

Nello specifico le analisi S.L.E. consentono di valutare gli spostamenti dell'opera per verificarne la compatibilità con la funzionalità attesa per l'opera stessa.

Secondo quanto prescritto dalle N.T.C., l'analisi allo Stato Limite di Esercizio viene condotta mantenendo pari all'unità i vari coefficienti parziali definiti per le verifiche a S.L.E., sia per quanto concerne le azioni che per i parametri di resistenza secondo le seguenti combinazioni di carico:

Combinazione caratteristica rara	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$
Combinazione frequente	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$
Combinazione quasi permanente	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

I coefficienti di combinazione  $\psi_i$  assumono i seguenti valori:

$$\psi_0 = \psi_1 = 0.75;$$

$$\psi_2 = 0$$

### **Modello geometrico di riferimento (NTC 2018)**

Secondo quanto prescritto da normativa vigente al paragrafo 6.5.2.2 (modello geometrico di riferimento), il calcolo dell'opera di sostegno deve essere eseguito incrementando l'altezza di scavo di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

- 10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;
- 10% della differenza di quota tra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo nel caso di opere vincolate;
- 0.50 m.

Per la sezione della galleria artificiale si è tenuto conto del 10% della differenza di quota tra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo nel caso di opera vincolata. Mentre per la sezione della paratia tirantatasi è considerato una maggiorazione dello scavo di 0.5 m.

### **7.3.2 Verifiche geotecniche**

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico (GEO) si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e, specificatamente, dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia. L'analisi sarà condotta con riferimento alla Combinazione 2 (A2+M2+R1), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti  $\gamma_R$  sulla resistenza globale (R1) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2. I parametri di resistenza di progetto sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto delle spinte attiva e passiva risultano rispettivamente maggiore e minore, se riferiti a quelli calcolati con i parametri caratteristici.

### Collasso per rotazione intorno ad un punto dell'opera

La verifica all'equilibrio globale alla rotazione viene implicitamente soddisfatta mediante l'analisi di interazione terreno struttura, condotta mediante il programma di calcolo PARATIE Plus 20.0, che nell'analizzare il sistema di sollecitazioni e deformazioni verifica tutte le condizioni di equilibrio del sistema.

### 7.3.3 Criteri di verifica strutturale sezioni in cemento armato

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1,50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1,15.

#### Verifiche agli stati limite ultimi per pressoflessione e taglio

Per il calcolo della resistenza delle sezioni si assumono le seguenti ipotesi:

conservazione delle sezioni piane con assenza di scorrimento relativo tra acciaio e calcestruzzo;

- deformazione limite nel calcestruzzo pari al 3,5‰;
- deformazione limite nell'acciaio ordinario pari al 10‰.

Per quanto attiene la legge  $\sigma$ - $\varepsilon$  del calcestruzzo si utilizza una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa. Il vertice della parabola corrisponde ad una deformazione di -2‰, mentre l'estremità del tratto orizzontale ha ascissa pari al -3,5‰.

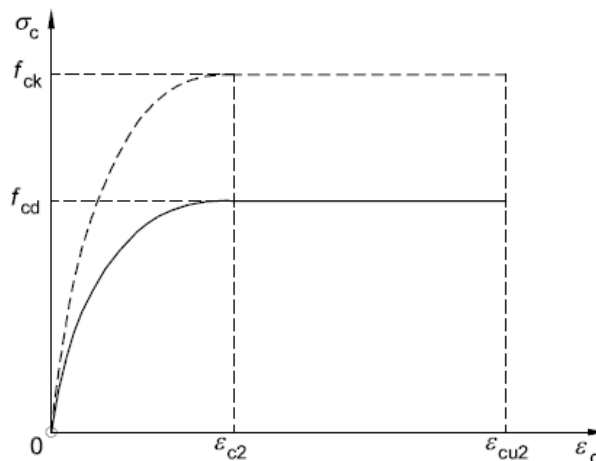


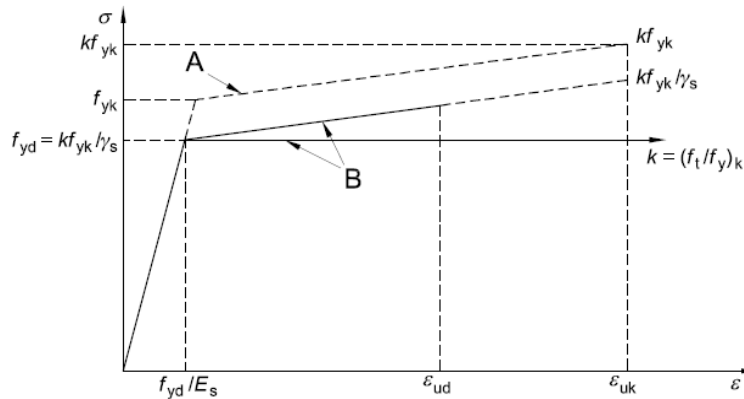
Figura 4- Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo

L'ordinata massima del diagramma è pari alla resistenza a compressione di progetto:

$$f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 17 \text{MPa.}$$

Per l'acciaio dell'armatura ordinaria si impiega una bilatera simmetrica rispetto all'origine, con ordinata massima e minima pari a  $f_{yd}$  e modulo elastico di 200000 MPa:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1,15} = 391.30 \text{ MPa.}$$



**Figura 5 Legame costitutivo di progetto per l'acciaio**

in cui  $k = (f_t / f_y)_k$ , A = caratteristico e B = calcolo

Allo stato limite ultimo, la verifica a pressoflessione è condotta confrontando il momento flettente MEd (derivante dall'analisi) ed il momento resistente MRd della sezione.

Per ogni sezione si verifica che il punto identificativo dello stato di sollecitazione per ciascuna combinazione risulti interno al dominio di rottura e dunque che la verifica porti ad esito positivo. A partire da questo punto, si ipotizza che la rottura possa avvenire mantenendo costante sia lo sforzo normale sia il rapporto dei momenti nelle due direzioni.

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[ C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d; (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \right\}$ , resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio;

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \vartheta$ , valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento;

$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd}}{\cot \vartheta + \tan \vartheta}$ , valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$  con d in mm;
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$ ;
- $A_{sl}$  è l'area dell'armatura tesa;
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 \cdot f_{cd}$  ;
- $N_{Ed}$  è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;
- $A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;
- $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$  ;
- $k_1 = 0,15$ ;
- $v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$  ;
- $v = 0,5$  per calcestruzzi fino a C70/85;
- $1 \leq \cot \theta \leq 2,5$ ;
- $A_{sw}$  è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;
- $s$  è il passo delle staffe;
- $f_{ywd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;
- $\nu_1 = \nu$  è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio;
- $\alpha_{cw} = 1$  è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

#### Verifica allo stato limite di fessurazione

In funzione delle condizioni del sito in cui sorge l'opera si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia maggiore delle dimensioni delle fessure calcolate nel progetto.

Il valore di calcolo di apertura delle fessure  $w_d$  non deve superare i valori nominali  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  secondo quanto riportato nella Tab.4.1.IV del DM2018. Il valore di calcolo è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure  $w_m$  è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armature  $\epsilon_{sm}$  per la distanza media delle fessure  $\Delta s_m$ :

$$w_m = \epsilon_{sm} \times \Delta s_m$$

Per il calcolo di  $\epsilon_{sm}$  e  $\Delta s_m$  si fa riferimento ai criteri consolidati nella letteratura tecnica.

#### Verifica alle tensioni di esercizio

In funzione delle condizioni del sito in cui sorge l'opera si verifica che il valore limite di tensione agente sul calcestruzzo e sull'acciaio, al variare delle combinazioni agli stati limite di esercizio, risulti inferiore al limite fissato dalla normativa.

#### 7.3.4 Verifiche strutturali allo SLU per la paratia solettone in c.a.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento strutturale l'analisi sarà condotta con riferimento all'Approccio 1 (A1+M1+R1 e A2+M2+R1).

### Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia

La verifica strutturale dei pali in c.a. sarà soddisfatta se il valore del momento resistente ultimo del palo M<sub>ru</sub> e del taglio resistente ultimo VR<sub>cd</sub> risultano maggiori del momento di calcolo agente Md e del taglio di calcolo agente Vd.

Allo stesso modo delle paratie sono condotte le verifiche strutturali sul solettone in c.a..

### 7.3.5 Verifiche strutturali allo SLE per la paratia e solettone in c.a.

In corrispondenza delle medesime sezioni sono state effettuate le verifiche sulla massima ampiezza delle fessure secondo le combinazioni di carico definite dalla normativa NTC § 2.5.8 (verifica allo stato limite di fessurazione) e sulle massime tensioni nel calcestruzzo e nelle armature (verifica delle tensioni in esercizio).

In conseguenza alle condizioni ambientali già definite, occorre verificare che l'ampiezza delle fessure w<sub>k</sub> sia al di sotto del valore limite fissato pari a 0.2 mm per la combinazione di carico quasi permanente e 0.3 mm per la combinazione di carico frequente.

La massima tensione nel calcestruzzo dovrà rispettare la seguente condizione:

Classe di resistenza C30/37.(comb. Rara)  $\sigma_{c,r} = 0.60 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa}$

Classe di resistenza C30/37 (comb. Qperm)  $\sigma_{c,f} = 0.45 \cdot f_{ck} = 13.5 \text{ MPa}$

La massima tensione nell'acciaio dovrà rispettare la seguente condizione:

Acciaio B450C  $\sigma_f < 0.8 f_{yk} = 360.00 \text{ MPa}$

## 8 RISULTATI E VERIFICHE SOTTOVIA

Di seguito si riportano le verifiche strutturali e geotecniche condotte per tutte le sezioni sopra descritte (cfr. § 5).

### 8.1 Sezione sottovia S2E

#### 8.1.1 Parametri geotecnici di progetto

Nella seguente tabella si riportano i parametri geotecnici utilizzati nella modellazione.

**Tabella 4 Caratteristiche meccaniche dei terreni interferenti con lo scavo**

Litotipo	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\varphi'$ [°]	E <sub>vc</sub> [kPa]	E <sub>ur</sub> [kPa]
sabbie medie e sabbie ghiaiose (S)	19	0	35	35000	56000



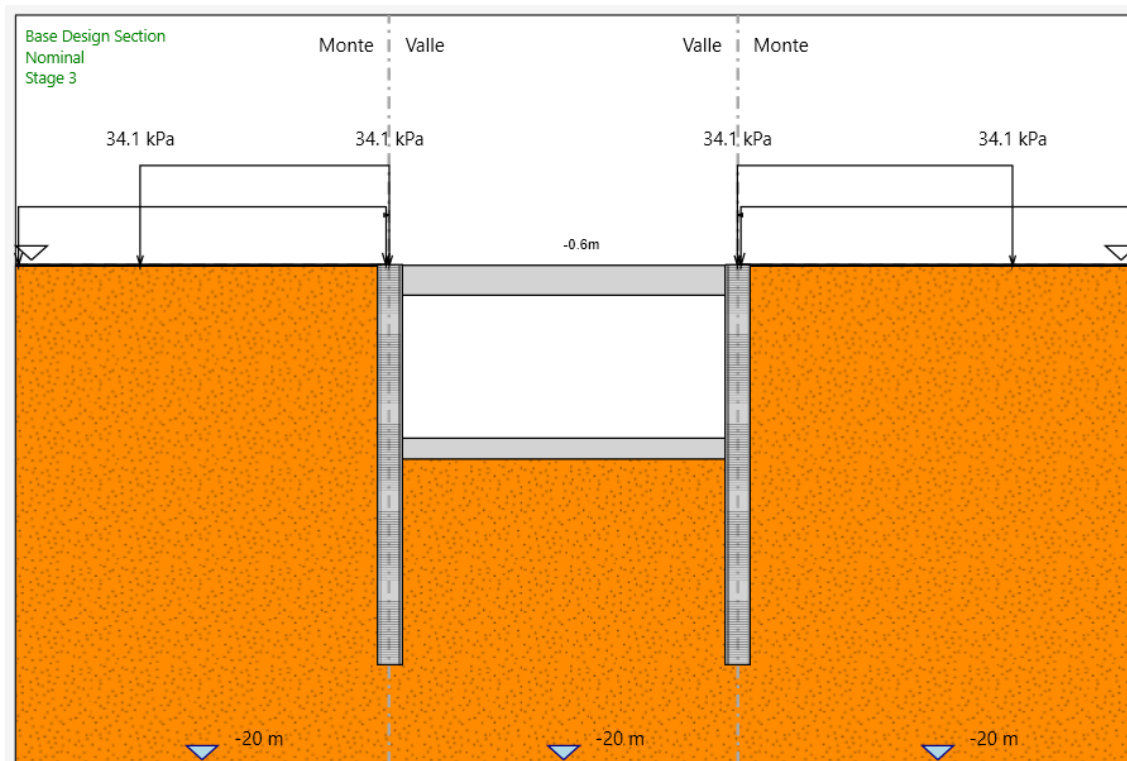
### 8.1.2 Fasistica di modellazione

Il software Paratie Plus prevede la possibilità di modellare la paratia secondo la tecnica stage by stage; questo consente di riprodurre fedelmente il processo costruttivo dell'opera.

Per la paratia in oggetto è stata adottata la seguente fasistica:

Fase n.	Lavorazioni previste
Fase 0	Inizializzazione delle condizioni litostratigrafiche
Fase 1	Realizzazione delle paratie di pali e del sistema di un contrasto sommitale costituito dal solettone in c.a. spessore 1 m.
Fase 2	Scavo massimo fino a quota 7.9 m da p.c. e applicazione del carico accidentale di 20 kPa uniformemente distribuito a monte dovuto al terreno a tergo (prescavo). Il livello di falda a valle è a fondo scavo e a monte a 20 m da p.c. con equilibrio delle pressioni interstiziali a piede paratia.
Fase 3	Quota scavo finale a 7.8 m da p.c. e inserimento del solettone di fondo in c.a. da 0.7 m. Applicazione del carico stradale di 34.1 kPa uniformemente distribuito a monte.
Fase 4	Applicazione dell'azione sismica.

Nella seguente immagine si riporta l'immagine corrispondente alla fase 3.



**Figura 6 – Fase 3**

### 8.1.3 Risultati

Nelle seguenti immagini si riportano i principali risultati dell'analisi in termini di:

- Spostamenti orizzontali della paratia allo SLE;
- Diagrammi di involuppo dei momenti flettenti e tagli allo SLE;
- Diagrammi di involuppo dei momenti flettenti e tagli allo SLU/SLV, con relativa verifica di resistenza tramite calcolo del momento resistente e del taglio resistente.

Per i pali della paratia in oggetto si dispongono le seguenti armature:

- Armatura longitudinale: Esterne 18Ø26 mm ed interne 18Ø26 mm
- Armatura a taglio: Spirale Ø16mm a passo 10cm.

Lo spostamento massimo allo SLE è di 1.79mm a circa 8.95m, quindi compatibile con la funzionalità delle opere.

Dalle seguenti figure si osserva che i valori di taglio e momento resistente (corrispondenti alle armature indicate per la sezione di progetto) sono maggiori delle massime sollecitazioni di taglio e momento allo SLU, quindi le verifiche strutturali sono soddisfatte.

Nell'appendice di calcolo A sono riportati i tabulati di calcolo completi.

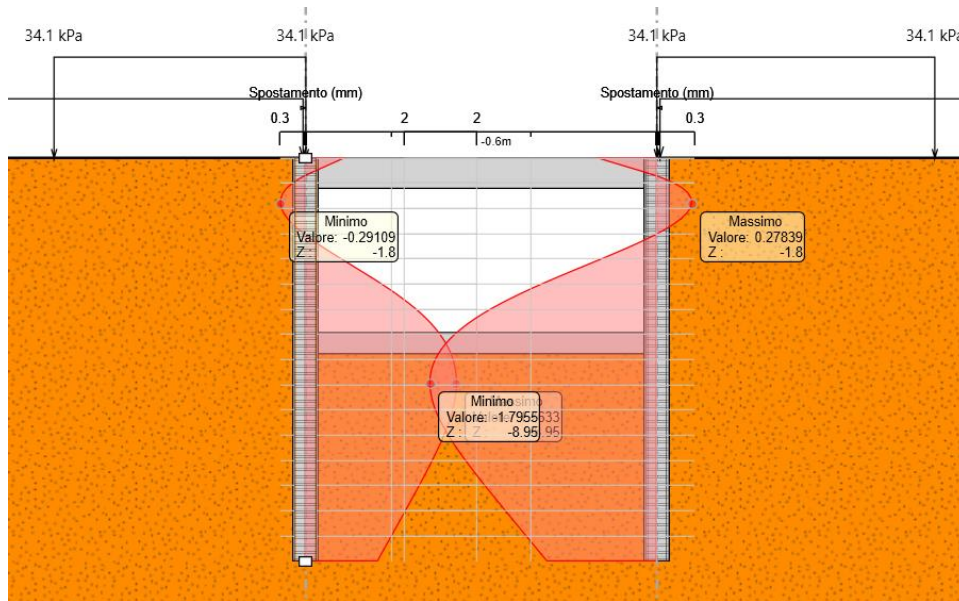


Figura 7 Involuppo spostamenti allo SLE.  $|u_{max}|=1.79$  mm

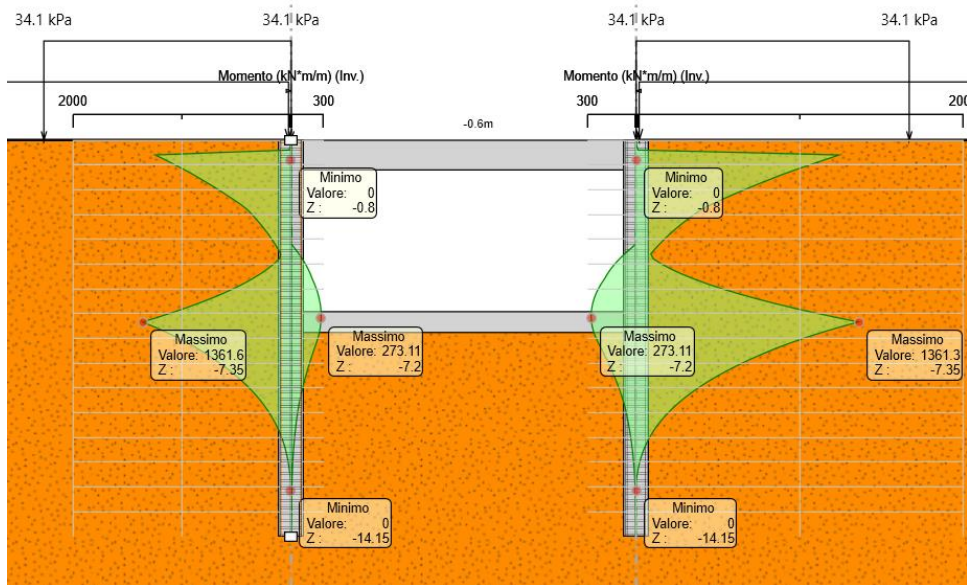


Figura 8 Involuppo momento flettente

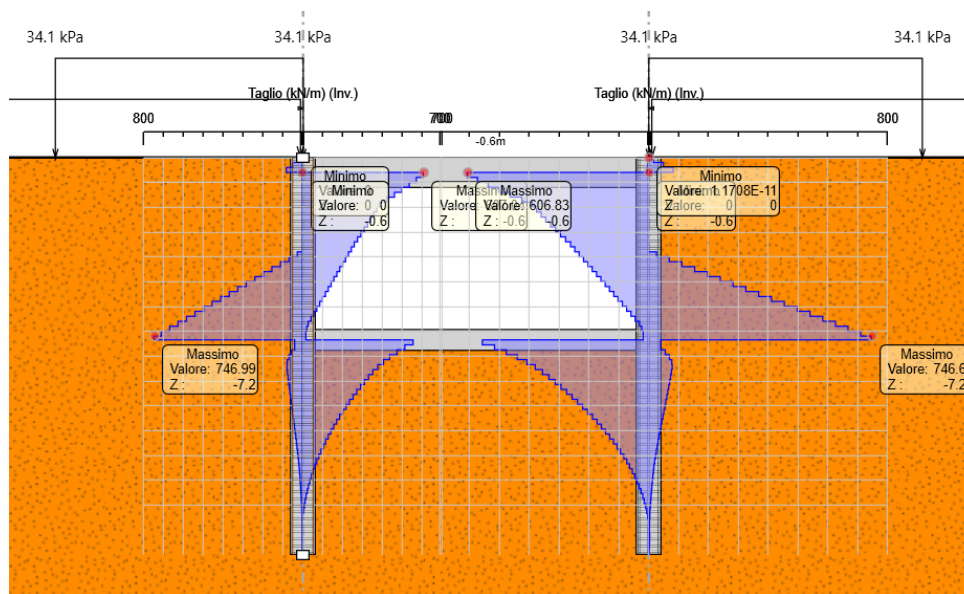


Figura 9 Involuppo taglio



### 8.1.4 Verifiche strutturali pali della galleria artificiale

La verifica strutturale del palo è stata eseguita direttamente dal programma PARATIE PLUS 20 con le armature precedentemente indicate e le massime sollecitazioni derivanti dal calcolo. Di seguito, sono riportate le verifiche allo SLV/SLU: la verifica è soddisfatta in quanto i tassi di sfruttamento sono inferiori ad 1.

Si riportano, inoltre, le verifiche delle tensioni di esercizio sul calcestruzzo e sull'acciaio agli SLE, che risultano soddisfatte, essendo anche in questo caso il tasso di sfruttamento in termini tensionali minore di 1.

Infine si riporta la verifica a fessurazione agli SLE, la quale è soddisfatta in quanto l'ampiezza delle fessure è inferiore a 0.3 mm.

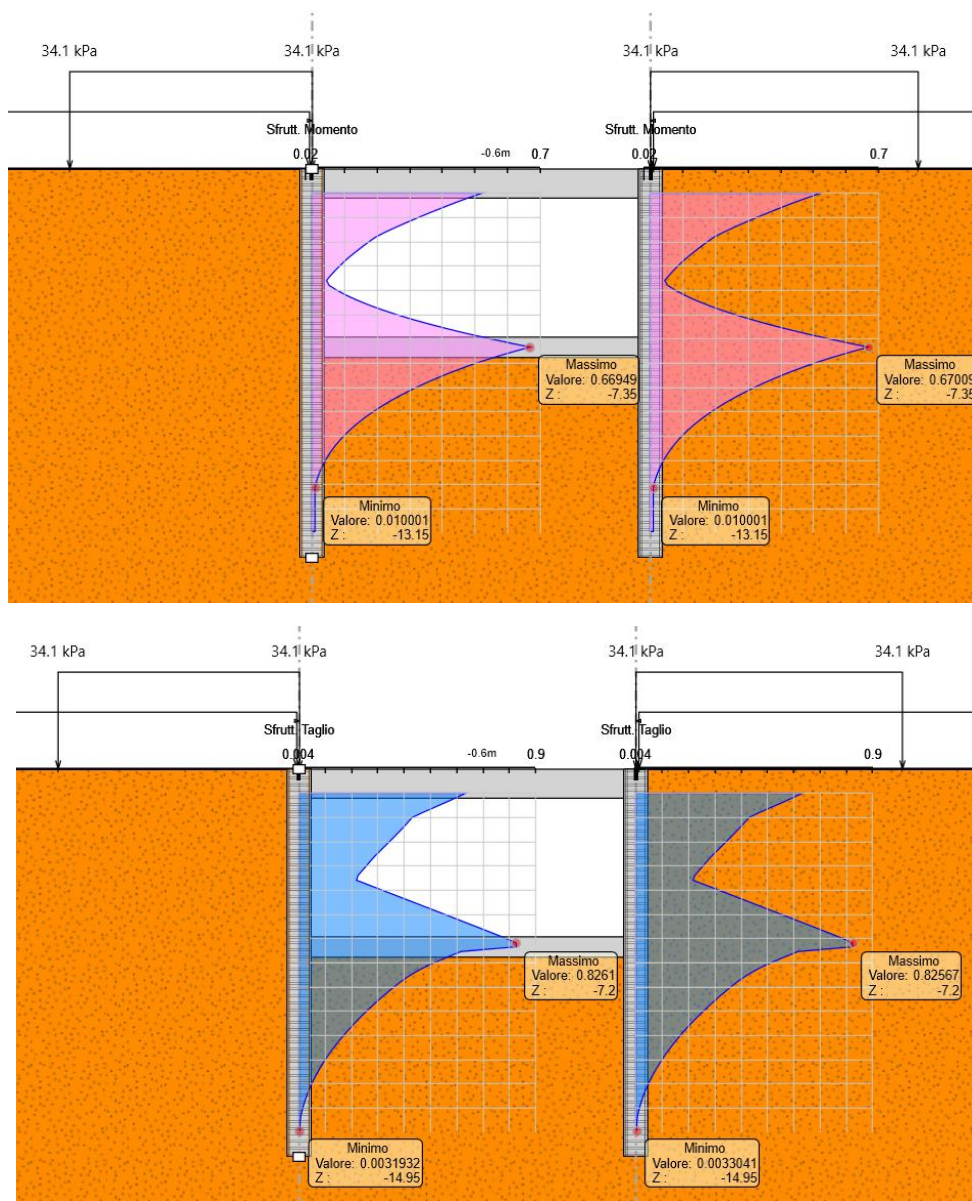
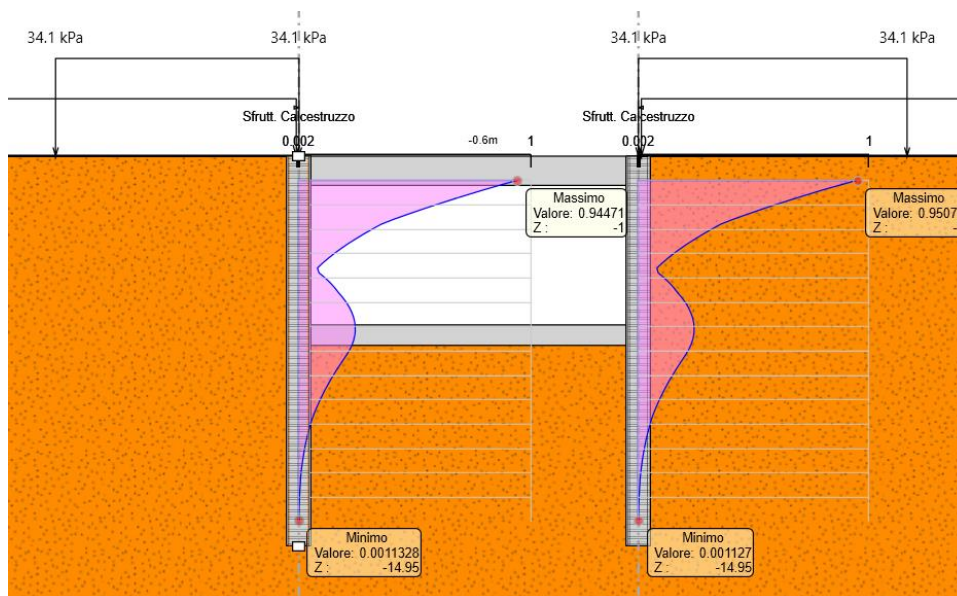
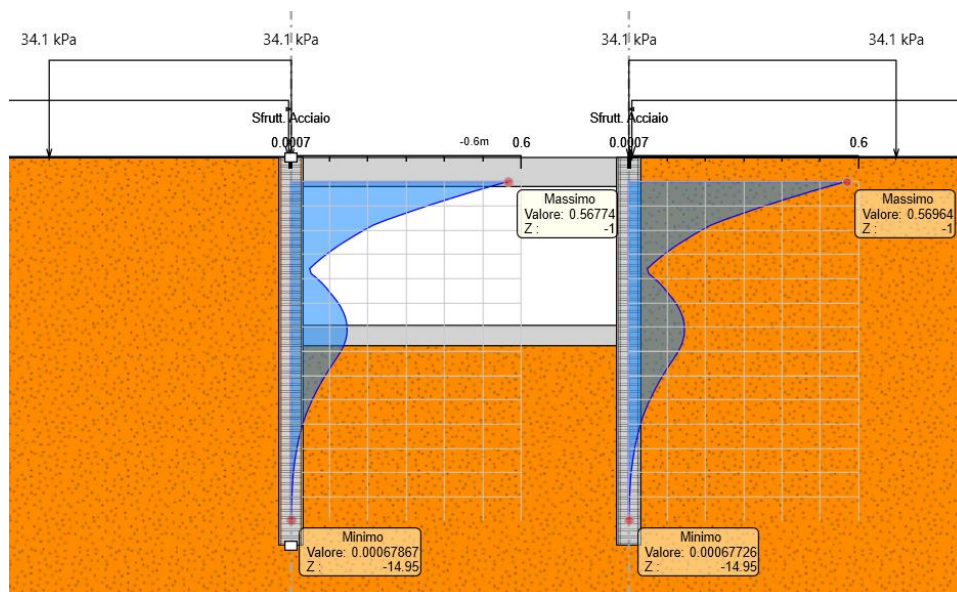


Figura 10 Verifica strutturale palo SLU



**Figura 11** Verifica tensioni di esercizio nel calcestruzzo



**Figura 12** Verifica tensioni di esercizio nell'acciaio



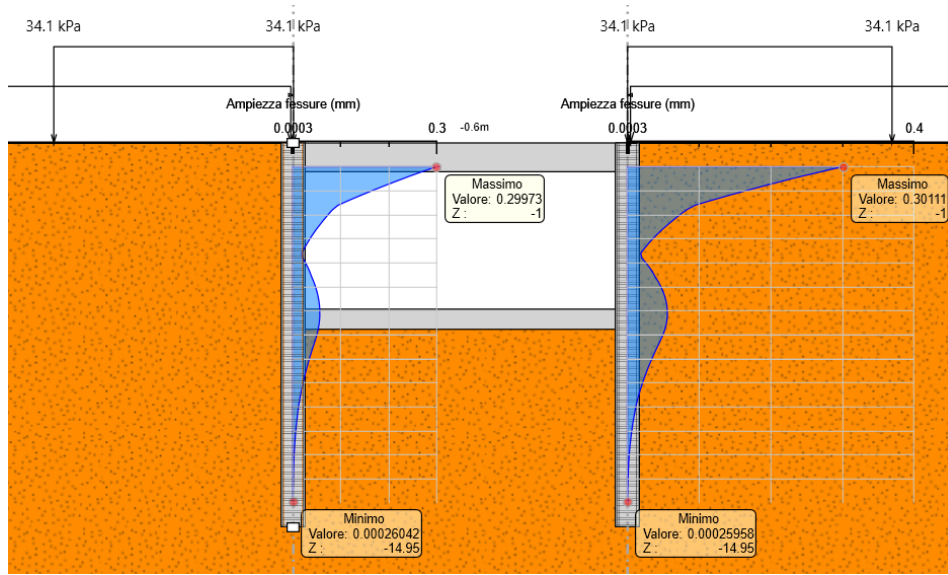


Figura 13 Verifica a fessurazione SLE

### 8.1.5 Verifica solettone in c.a.

La verifica strutturale del solettone è stata eseguita, assumendo a vantaggio di sicurezza il solettone incastrato-incastrato all'estremità con le paratie di pali. Sulla base di questo schema statico sono state calcolate le sollecitazioni allo SLU, essendo le più gravose, e allo SLE secondo le combinazioni di carico riportate al par.7.3.1.

Le verifiche allo SLU sono soddisfatta in quanto i tassi di sfruttamento sono inferiori ad 1.

Si precisa inoltre che, ai fini della verifica a fessurazione agli SLE, si riporta la verifica per combinazione frequente essendo quella più gravosa; tale verifica risulta soddisfatta in quanto l'ampiezza delle fessure è minore di 0.20mm.

Si riportano, inoltre, le verifiche delle tensioni di esercizio sul calcestruzzo e sull'acciaio agli SLE, che risultano soddisfatte, essendo anche in questo caso il tasso di sfruttamento in termini tensionali minore di 1.

SLU-Verifica a flessione														
Opera	Sezione	L	M <sub>ed</sub>	H	B	Φ	nbarre1	nbarre2	Asup	nbarre1	nbarre2	Ainf	M <sub>Rd</sub>	TSF
		[m]	[Knm]	[m]	[m]	[mm]	[-]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[Knm]	[-]
S2E	Appoggio	14.50	2069.48	1.00	1.00	26	10.00	10.00	10618.58	5.00	0.00	2654.65	3387.56	0.61
	Mezzeria	14.50	1034.74	1.00	1.00	26	5.00	0.00	2654.65	10.00	0.00	5309.29	1788.38	0.58

SLU-Verifica a taglio															
Opera	V <sub>ed,Max</sub>	s	ctgθ*	b	f' <sub>cd</sub>	α <sub>c</sub>	n <sub>c</sub>	d	Φ	A <sub>sw</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rd</sub>	Verifica	TSF
-	[KN]	[mm]	-	[mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	-	-	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[KN]	[KN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	-	-
S2E	856.34	150.00	2.50	1000.00	10.00	1.00	2.00	925.00	12.00	226.08	2602.76	1227.45	1227.45	OK	0.70

Opera	Sezione	SLE-Rara							SLE-Q.Perm				SLE-Freq			
		L	M <sub>ed</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>clim</sub>	TSF	σ <sub>s</sub>	σ <sub>slim</sub>	TSF	M <sub>ed</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>clim</sub>	TSF	M <sub>ed</sub>	w	w <sub>lim</sub>
		[m]	[Knm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Knm]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[Knm]	[mm]	[mm]
S2E	Appoggio	14.50	1515.15	8.85	18.00	0.49	107.00	360.00	0.30	1016.21	5.94	13.50	0.44	1390.41	0.17	0.20
	Mezzeria	14.50	757.57	4.43	19.00	0.23	50.00	361.00	0.14	508.10	2.71	14.50	0.19	695.21	0.10	0.20

## 9 APPENDICE A: ANALISI SOTTOVIA. TABULATI DI CALCOLO SOTTOVIA

### 9.1 Sezione sottovia S2E

The logo for PARATIE plus, with "PARATIE" in a large, blue, sans-serif font and "plus" in a red, cursive script font to its right, followed by a small "TM" trademark symbol.

## *Report di Calcolo*

Nome Progetto: A18 VI02

Autore: Ingegnere

Jobname: C:\Users\marco\Desktop\Lavoro Progin n. 4 - 1519 - SVINCOLO SU A18 MESSINA CATANIA S TERESA DI RIVA\Modelli Paratie\REVISIONI MARCO\S2E\MARCO\S2E\_progin-V01.pplus

Data: 07/05/2021 10:49:13

Design Section: Base Design Section

Mandataria



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

## Sommario

### Contenuto Sommario

## ***1. Descrizione del Software***

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

## 2. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c$	$S_u$	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Avexp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	kPa	kPa		kPa	kPa	kPa			kPa			kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
1	SL-sabbie medie e sabbie ghiaiose	19	19	35		0		Constant	35000	56000										





### 3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 16 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 18

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.077 m

Barre 2

Numero di barre : 18

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.129 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.045 m

Diametro : 0.016 m

Lunghezza : 8.7 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.1 m

Staffe 2

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.045 m

Diametro : 0.016 m

Lunghezza : 7.3 m

Quota iniziale : -8.7 m

Passo : 0.1 m

Sezione : Pali D1000

Area equivalente : 0.654498469497874 m

Inerzia equivalente : 0.0409 m<sup>4</sup>/m

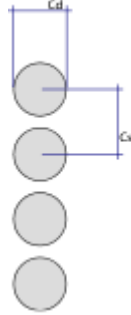
Materiale calcestruzzo : C28/35

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.2 m

Diametro : 1 m

Efficacia : 1





X : 13.96 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Muro di destra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 16 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 18

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.077 m

Barre 2

Numero di barre : 18

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.129 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.045 m

Diametro : 0.016 m

Lunghezza : 8.7 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.1 m

Staffe 2

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.045 m

Diametro : 0.016 m

Lunghezza : 7.3 m

Quota iniziale : -8.7 m

Passo : 0.1 m

Sezione : Pali D1000

Area equivalente : 0.654498469497874 m

Inerzia equivalente : 0.0409 m<sup>4</sup>/m

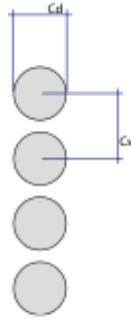
Materiale calcestruzzo : C28/35

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.2 m

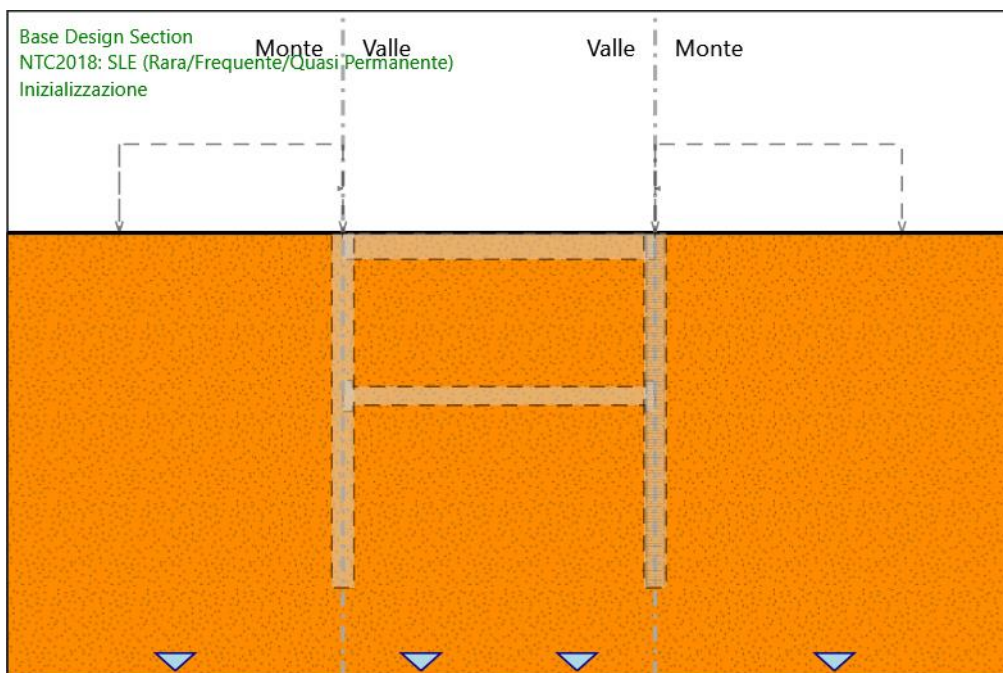
Diametro : 1 m

Efficacia : 1



## 4. Fasi di Calcolo

### 4.1. Inizializzazione



Inizializzazione

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Mandatario



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

Falda acquifera

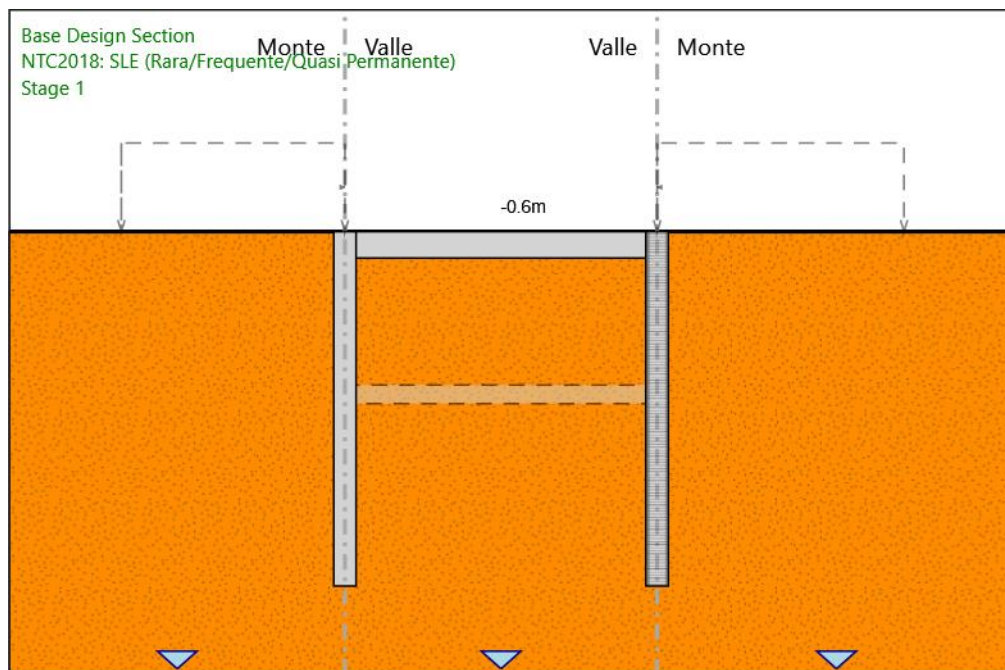
Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale-sinistra : -20 m

Falda centrale-destra : -20 m

## 4.2. Stage 1



### Stage 1

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

**Falda acquifera**

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale : -20 m

**Elementi strutturali**

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Paratia : WallElement\_New

X : 13.96 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Soletta : copertura

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 13.96 m

Z : -0.6 m

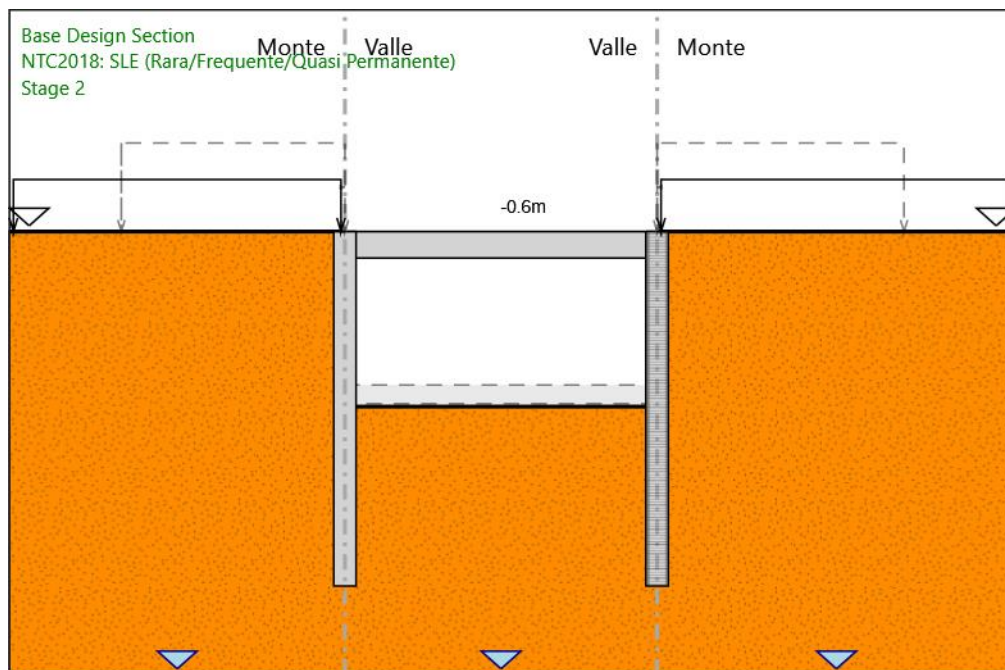
Lunghezza : 13.96 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone superiore



### 4.3. Stage 2



#### Stage 2

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.9 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.9 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-7.9 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

**Falda acquifera**

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale : -20 m

**Elementi strutturali**

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Paratia : WallElement\_New

X : 13.96 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Soletta : copertura

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 13.96 m

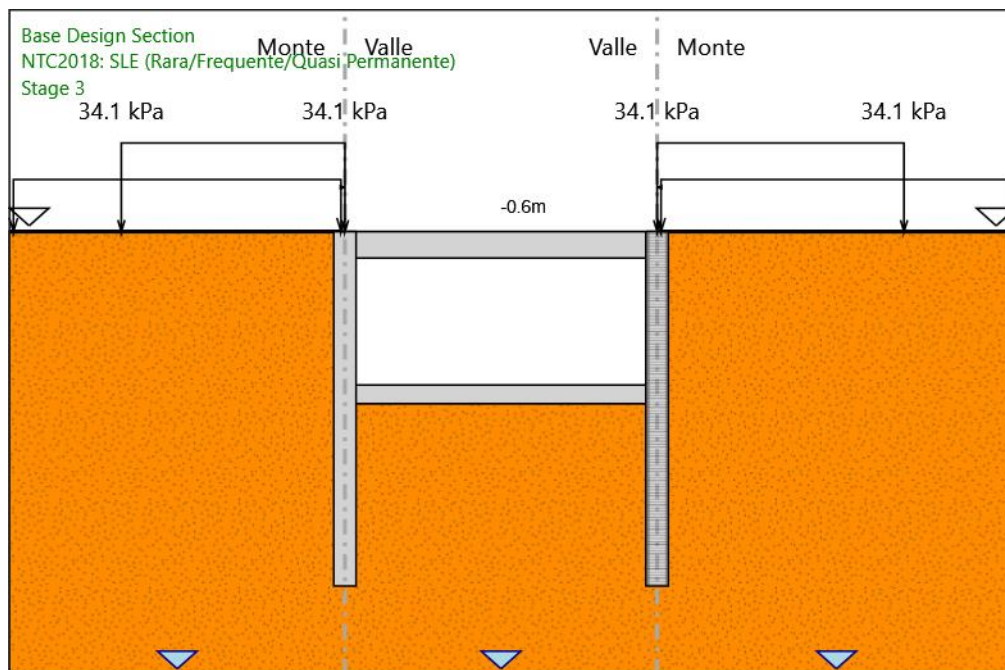
Z : -0.6 m

Lunghezza : 13.96 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone superiore

#### 4.4. Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.7 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-7.7 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

## Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale : -20 m

## Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 34.1 kPa

Pressione finale : 34.1 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 13.96 m

X finale : 25 m

Pressione iniziale : 34.1 kPa

Pressione finale : 34.1 kPa

## Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Paratia : WallElement\_New

X : 13.96 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Soletta : copertura

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 13.96 m

Z : -0.6 m

Lunghezza : 13.96 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone superiore

Puntone : solettone

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 13.96 m

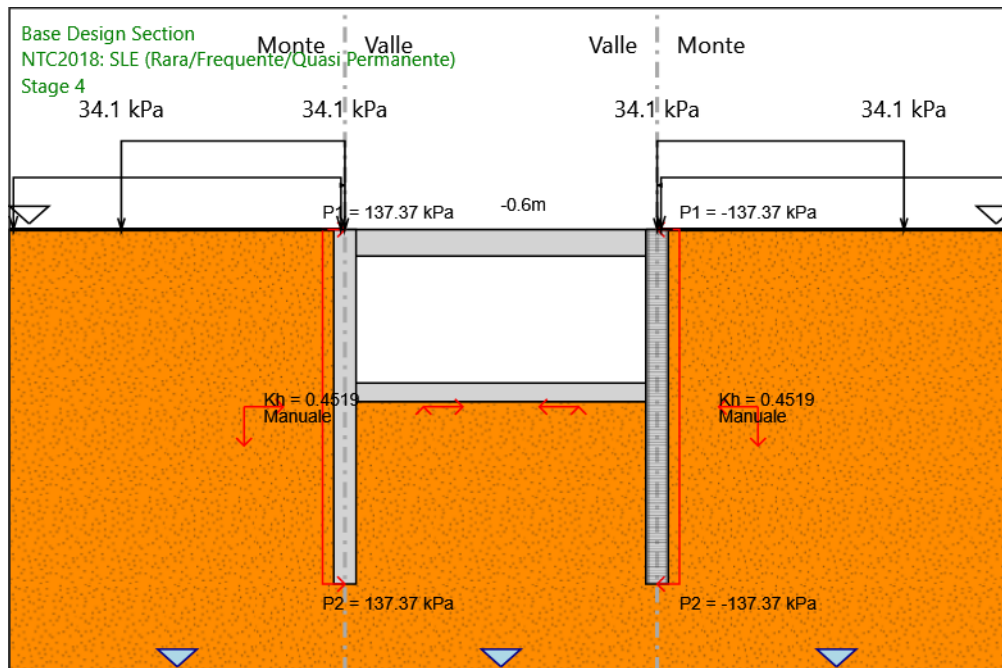
Z : -7.35 m

Lunghezza : 13.96 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone inferiore

## 4.5. Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.7 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-7.7 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m



## Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Falda centrale : -20 m

## Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 34.1 kPa

Pressione finale : 34.1 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 13.96 m

X finale : 25 m

Pressione iniziale : 34.1 kPa

Pressione finale : 34.1 kPa

## Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Paratia : WallElement\_New

X : 13.96 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Pali D1000

Soletta : copertura

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 13.96 m

Z : -0.6 m

Lunghezza : 13.96 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone superiore

Puntone : solettone

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 13.96 m

Z : -7.35 m

Lunghezza : 13.96 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone inferiore

## 5. Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load _unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load _unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour)	Carico Sismico (F_seis m_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ GDStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_ GDStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequ ente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohes)	Parziale su $S_u$ (F_Su)	Parziale su $q_u$ (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
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	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
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	Inizializzazione	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO					



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

### 5.1. Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
0	0	0.602
-0.2	0	0.414
-0.4	0	0.226
-0.6	0	0.057
-0.644	0	0
-0.8	-0.138	0
-1	-0.292	0
-1.2	-0.427	0
-1.4	-0.543	0
-1.6	-0.641	0
-1.8	-0.723	0
-2	-0.79	0
-2.2	-0.843	0
-2.4	-0.883	0
-2.6	-0.912	0
-2.8	-0.931	0
-3	-0.94	0
-3.193	0	0
-3.2	-0.941	0.056
-3.4	-0.934	0.14
-3.6	-0.921	0.229
-3.8	-0.903	0.321
-4	-0.88	0.416
-4.2	-0.852	0.512
-4.4	-0.821	0.608
-4.6	-0.788	0.703
-4.8	-0.752	0.796
-5	-0.715	0.888
-5.2	-0.677	0.976
-5.4	-0.638	1.061
-5.6	-0.598	1.142
-5.8	-0.559	1.218
-6	-0.52	1.29
-6.2	-0.482	1.357
-6.4	-0.445	1.418
-6.6	-0.408	1.474
-6.8	-0.373	1.525
-7	-0.339	1.57
-7.2	-0.307	1.61
-7.35	-0.284	1.637
-7.55	-0.254	1.669
-7.75	-0.226	1.696
-7.95	-0.2	1.718
-8.15	-0.175	1.735
-8.35	-0.152	1.748
-8.55	-0.131	1.757
-8.75	-0.111	1.762
-8.95	-0.092	1.763
-9.15	-0.076	1.761
-9.35	-0.06	1.756
-9.55	-0.046	1.747
-9.75	-0.034	1.736
-9.95	-0.023	1.722
-10.15	-0.012	1.706
-10.35	-0.003	1.688



Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-10.55	0	1.668
-10.75	0	1.647
-10.95	0	1.623
-11.15	0	1.599
-11.35	0	1.573
-11.55	0	1.546
-11.75	0	1.518
-11.95	0	1.489
-12.15	0	1.46
-12.35	0	1.43
-12.55	0	1.399
-12.75	0	1.368
-12.95	0	1.337
-13.15	0	1.305
-13.35	0	1.273
-13.55	0	1.241
-13.75	0	1.208
-13.95	0	1.176
-14.15	0	1.143
-14.35	0	1.111
-14.55	0	1.078
-14.75	0	1.045
-14.95	0	1.013
-15.15	0	0.98
-15.35	0	0.947
-15.55	0	0.914
-15.75	0	0.882
-15.95	0	0.849
-16	0	0.841

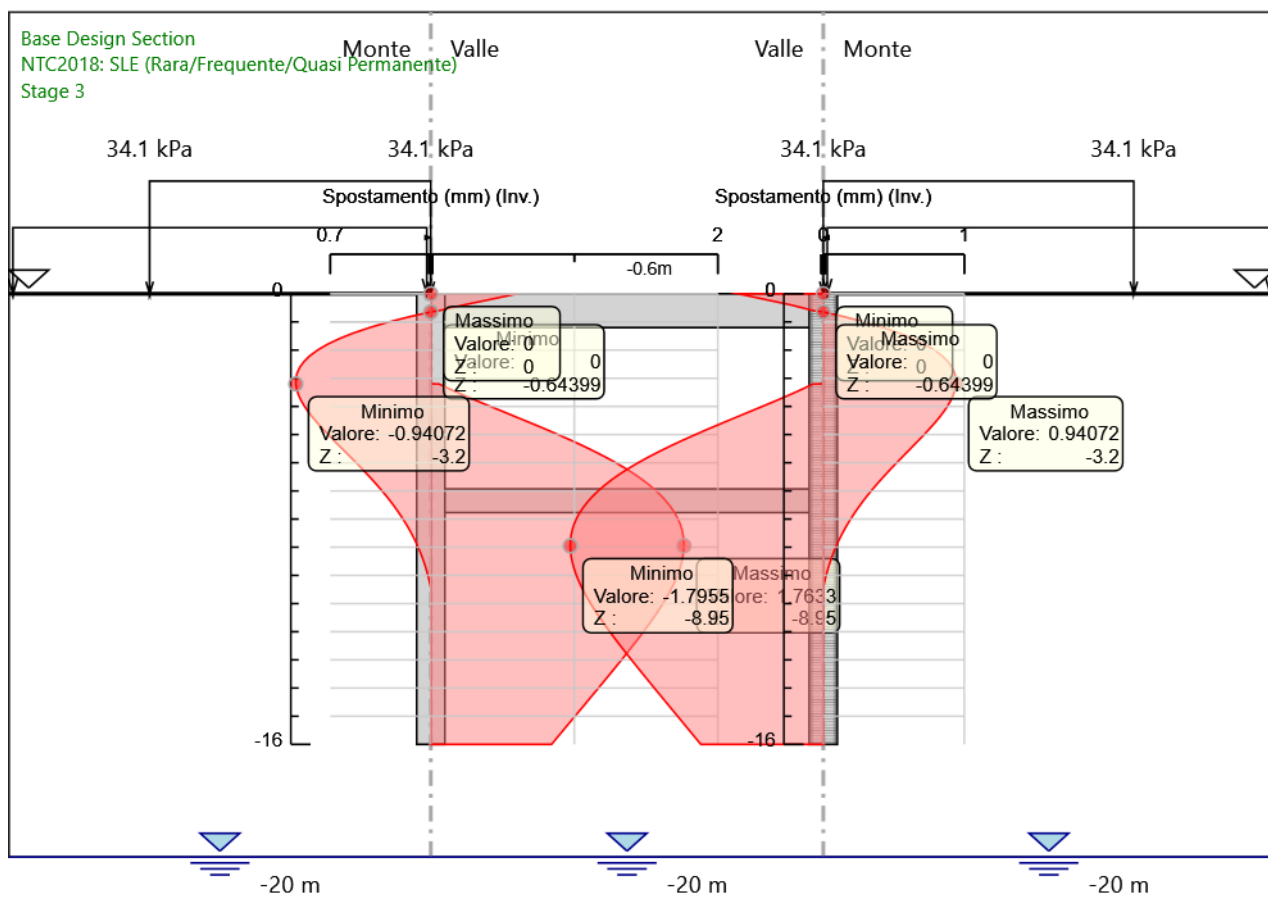
## 5.2. Tabella Inviluppi Spostamento Right wall

Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: RIGHT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
0	-0.602	0
-0.2	-0.414	0
-0.4	-0.226	0
-0.6	-0.069	0
-0.644	0	0
-0.8	0	0.138
-1	0	0.292
-1.2	0	0.427
-1.4	0	0.543
-1.6	0	0.641
-1.8	0	0.723
-2	0	0.79
-2.2	0	0.843
-2.4	0	0.883
-2.6	0	0.912
-2.8	0	0.931
-3	0	0.94
-3.2	-0.071	0.941
-3.4	-0.156	0.934
-3.6	-0.246	0.921
-3.8	-0.339	0.903
-4	-0.434	0.88
-4.2	-0.53	0.852
-4.4	-0.627	0.821
-4.6	-0.722	0.788
-4.8	-0.817	0.752
-5	-0.909	0.715
-5.2	-0.998	0.677
-5.4	-1.083	0.638
-5.6	-1.165	0.598
-5.8	-1.242	0.559
-6	-1.314	0.52
-6.2	-1.382	0.482
-6.4	-1.444	0.445
-6.6	-1.501	0.408
-6.8	-1.552	0.373
-7	-1.598	0.339
-7.2	-1.639	0.307
-7.35	-1.666	0.284
-7.55	-1.698	0.254
-7.75	-1.726	0.226
-7.95	-1.748	0.2
-8.15	-1.766	0.175
-8.35	-1.78	0.152
-8.55	-1.789	0.131
-8.75	-1.794	0.111
-8.95	-1.795	0.092
-9.15	-1.793	0.076
-9.35	-1.788	0.06
-9.55	-1.78	0.046
-9.75	-1.769	0.034
-9.95	-1.756	0.023
-10.15	-1.74	0.012
-10.35	-1.722	0.003
-10.439	0	0
-10.55	-1.702	0
-10.75	-1.68	0
-10.95	-1.657	0



Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: RIGHT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-11.15	-1.632	0
-11.35	-1.606	0
-11.55	-1.579	0
-11.75	-1.551	0
-11.95	-1.522	0
-12.15	-1.493	0
-12.35	-1.463	0
-12.55	-1.432	0
-12.75	-1.401	0
-12.95	-1.369	0
-13.15	-1.337	0
-13.35	-1.305	0
-13.55	-1.272	0
-13.75	-1.24	0
-13.95	-1.207	0
-14.15	-1.174	0
-14.35	-1.141	0
-14.55	-1.108	0
-14.75	-1.075	0
-14.95	-1.042	0
-15.15	-1.009	0
-15.35	-0.976	0
-15.55	-0.943	0
-15.75	-0.91	0
-15.95	-0.877	0
-16	-0.869	0

### 5.3. Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

## 5.4. 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
-0.2	3.365	0
-0.4	13.304	0.408
-0.6	1242.681	1.096
-0.8	1151.59	0
-1	1062.055	0
-1.2	974.398	0
-1.4	892.088	0
-1.6	814.558	0
-1.8	739.02	0
-2	665.653	0
-2.2	594.612	0
-2.4	526.028	0
-2.6	460.01	0
-2.8	400.104	0
-3	357.037	0
-3.2	316.106	0
-3.4	277.352	0
-3.6	240.804	2.69
-3.8	206.482	5.762
-4	174.394	0.369
-4.2	144.541	0
-4.4	116.919	35.301
-4.6	91.517	69.922
-4.8	106.38	101.066
-5	154.461	128.734
-5.2	211.13	152.934
-5.4	276.398	173.669
-5.6	350.27	191.1
-5.8	432.748	211.428
-6	523.829	228.888
-6.2	623.496	243.48
-6.4	731.728	255.198
-6.6	848.495	264.036
-6.8	973.761	269.979
-7	1107.48	273.011
-7.2	1249.592	273.109
-7.35	1361.642	271.241
-7.55	1250.461	266.139
-7.75	1147.447	258.017
-7.95	1052.336	246.834
-8.15	964.606	232.866
-8.35	883.257	217.342
-8.55	807.512	201.49
-8.75	736.676	186.18
-8.95	670.152	171.446
-9.15	607.678	157.316
-9.35	549.136	143.81
-9.55	494.407	130.946
-9.75	443.368	118.735
-9.95	395.897	107.185
-10.15	351.87	96.296
-10.35	311.162	86.07
-10.55	273.647	76.5
-10.75	239.198	67.582
-10.95	207.689	59.428
-11.15	178.992	53.033
-11.35	152.978	47.055



Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.55	129.521	41.495
-11.75	108.49	36.348
-11.95	89.758	31.612
-12.15	73.196	27.277
-12.35	58.675	23.334
-12.55	46.067	19.772
-12.75	35.242	16.576
-12.95	26.072	13.733
-13.15	18.429	11.225
-13.35	12.183	9.173
-13.55	7.206	7.73
-13.75	3.371	6.424
-13.95	0.548	5.251
-14.15	0	4.209
-14.35	0.122	3.293
-14.55	0.402	3.116
-14.75	0.529	3.161
-14.95	0.537	2.832
-15.15	0.461	2.254
-15.35	0.334	1.556
-15.55	0.193	0.865
-15.75	0.071	0.308
-15.95	0.003	0.013
-16	0	0

## 5.5. Tabella Inviluppi Momento WallElement\_New

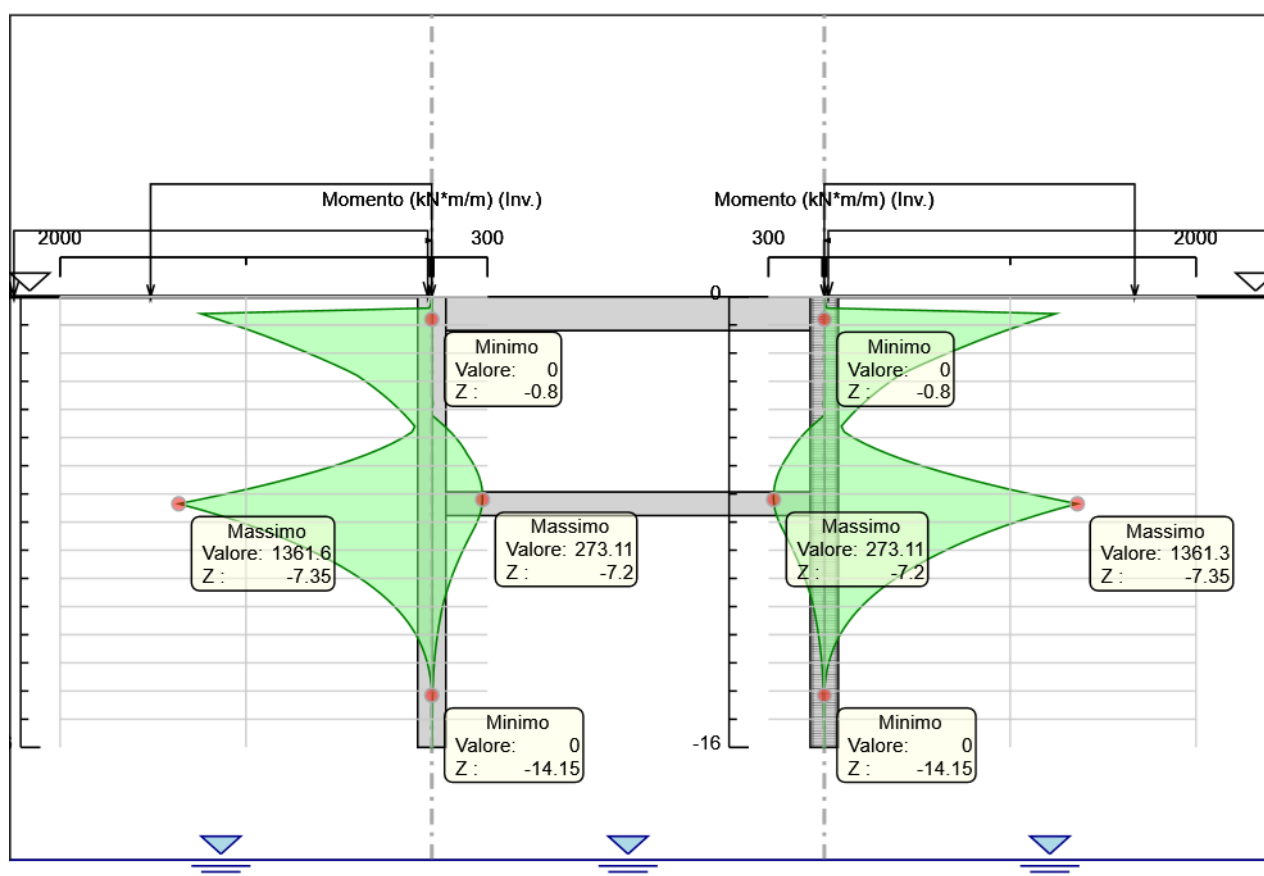
Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0	3.364
-0.4	0.408	13.326
-0.6	1.096	1244.107
-0.8	0	1153.072
-1	0	1063.595
-1.2	0	975.977
-1.4	0	892.088
-1.6	0	814.558
-1.8	0	739.02
-2	0	665.653
-2.2	0	594.612
-2.4	0	526.028
-2.6	0	460.01
-2.8	0	400.104
-3	0	357.037
-3.2	0	316.106
-3.4	0	277.352
-3.6	1.19	240.804
-3.8	4.305	206.482
-4	0	174.394
-4.2	0	144.541
-4.4	34.371	116.919
-4.6	69.119	91.517
-4.8	100.399	107.5
-5	128.217	155.488
-5.2	152.579	212.054
-5.4	173.492	277.207
-5.6	191.1	350.952
-5.8	211.428	433.292
-6	228.888	524.225
-6.2	243.48	623.744
-6.4	255.198	731.838
-6.6	264.036	848.481
-6.8	269.979	973.637
-7	273.011	1107.256
-7.2	273.109	1249.282
-7.35	271.241	1361.273
-7.55	266.139	1250.023
-7.75	258.017	1146.948
-7.95	246.834	1051.782
-8.15	232.866	963.996
-8.35	217.342	882.596
-8.55	201.49	806.805
-8.75	186.18	735.937
-8.95	171.446	669.392
-9.15	157.316	606.903
-9.35	143.81	548.352
-9.55	130.946	493.617
-9.75	118.735	442.578
-9.95	107.185	395.111
-10.15	96.296	351.092
-10.35	86.07	310.395
-10.55	76.5	272.895
-10.75	67.594	238.464
-10.95	60.733	206.976
-11.15	54.282	178.302
-11.35	48.246	152.315





Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.55	42.625	128.885
-11.75	37.417	107.885
-11.95	32.618	89.185
-12.15	28.219	72.656
-12.35	24.212	58.169
-12.55	20.584	45.596
-12.75	17.323	34.808
-12.95	14.414	25.675
-13.15	11.84	18.069
-13.35	9.585	11.861
-13.55	7.73	6.922
-13.75	6.424	3.124
-13.95	5.251	0.338
-14.15	4.209	0
-14.35	3.293	0.122
-14.55	3.226	0.402
-14.75	3.244	0.529
-14.95	2.891	0.537
-15.15	2.293	0.461
-15.35	1.579	0.334
-15.55	0.876	0.193
-15.75	0.312	0.071
-15.95	0.013	0.003
-16	0	0

### 5.6. Grafico Involuppi Momento



Momento

## 5.7. Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	16.823	0
-0.2	49.698	2.038
-0.4	82.567	3.441
-0.6	82.567	607.039
-0.8	0	607.039
-1	0	572.554
-1.2	0	536.875
-1.4	0	500.222
-1.6	0	462.648
-1.8	0	424.324
-2	0	389.026
-2.2	0	374.493
-2.4	0	359.291
-2.6	0	343.58
-2.8	0	327.403
-3	0	310.893
-3.2	0	294.121
-3.4	0	277.111
-3.6	0	260.769
-3.8	26.964	246.339
-4	69.442	231.838
-4.2	112.032	217.298
-4.4	154.739	202.749
-4.6	197.53	188.209
-4.8	240.409	173.695
-5	283.344	159.215
-5.2	326.339	144.772
-5.4	369.36	130.366
-5.6	412.39	115.992
-5.8	455.405	101.641
-6	498.338	87.302
-6.2	541.16	72.958
-6.4	583.838	58.593
-6.6	626.331	44.186
-6.8	668.591	29.716
-7	710.565	22.355
-7.2	746.986	17.757
-7.35	746.986	555.906
-7.55	40.609	555.906
-7.75	55.912	515.069
-7.95	69.843	475.559
-8.15	77.618	438.646
-8.35	79.262	406.746
-8.55	79.262	378.728
-8.75	76.549	354.177
-8.95	73.669	332.624
-9.15	70.653	312.37
-9.35	67.528	292.709
-9.55	64.32	273.647
-9.75	61.054	255.194
-9.95	57.754	237.354
-10.15	54.44	220.135
-10.35	51.133	203.54
-10.55	47.85	187.575
-10.75	44.588	172.242
-10.95	41.348	157.545
-11.15	38.151	143.486
-11.35	35.012	130.067



Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-11.55	31.947	117.289
-11.75	28.97	105.153
-11.95	26.093	93.66
-12.15	23.327	82.81
-12.35	20.683	72.604
-12.55	18.169	63.043
-12.75	15.977	54.124
-12.95	14.217	45.849
-13.15	12.538	38.218
-13.35	10.947	31.23
-13.55	9.447	24.883
-13.75	8.045	19.178
-13.95	6.748	14.111
-14.15	5.561	9.684
-14.35	4.577	5.894
-14.55	3.964	2.743
-14.75	3.372	0.229
-14.95	2.887	0.383
-15.15	3.49	0.632
-15.35	3.49	0.707
-15.55	3.455	0.707
-15.75	2.784	0.61
-15.95	1.477	0.339
-16	0.262	0.061



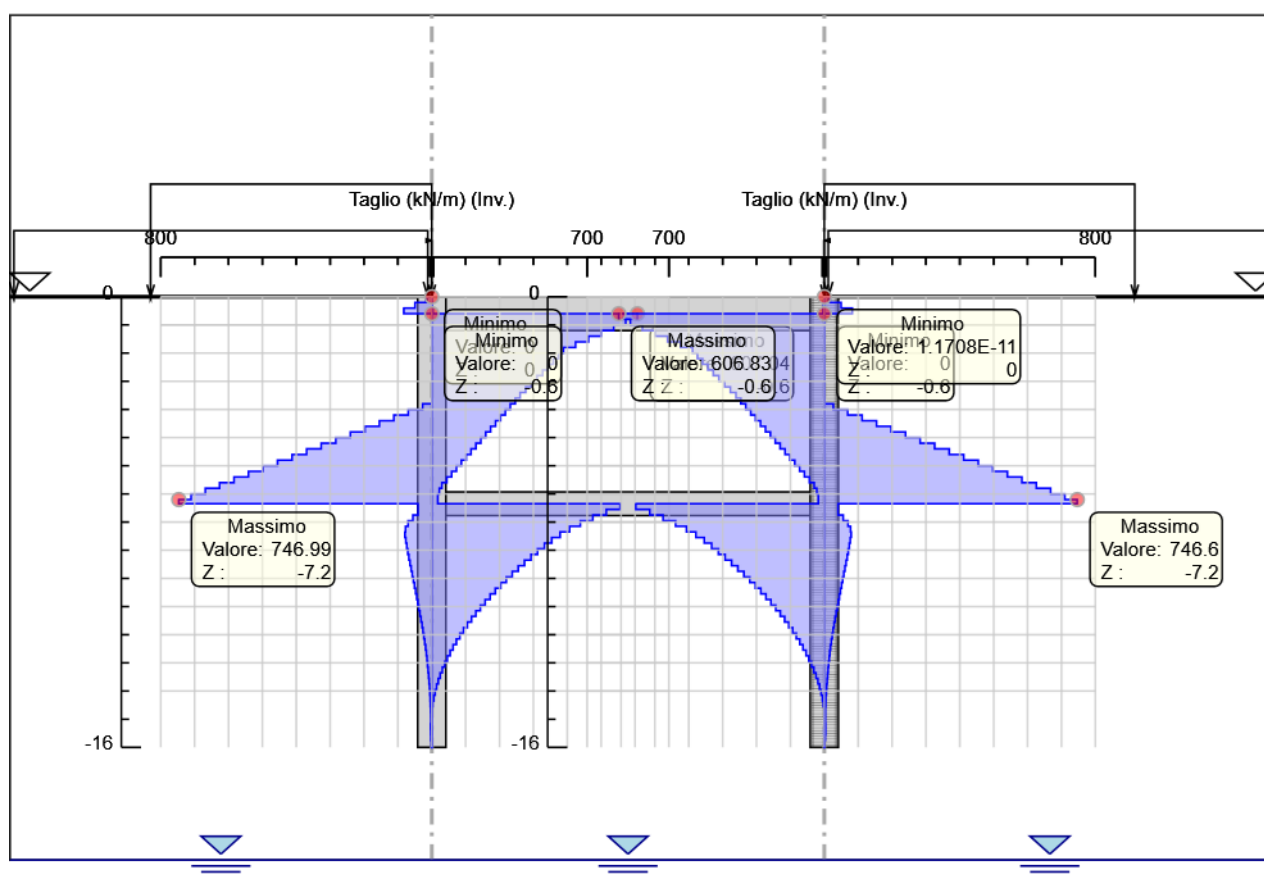
## 5.8. Tabella Inviluppi Taglio WallElement\_New

Selected Design Assumptions Z (m)	Muro: WallElement_New	
	Inviluppi: Taglio Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0	16.818
-0.2	2.038	49.81
-0.4	3.441	82.795
-0.6	606.834	82.795
-0.8	606.834	0
-1	572.338	0
-1.2	536.712	0
-1.4	500.085	0
-1.6	462.578	0
-1.8	424.244	0
-2	389.006	0
-2.2	374.498	0
-2.4	359.36	0
-2.6	343.698	0
-2.8	327.603	0
-3	311.16	0
-3.2	294.396	0
-3.4	277.425	0
-3.6	260.769	0
-3.8	246.339	26.718
-4	231.838	69.146
-4.2	217.298	111.691
-4.4	202.749	154.359
-4.6	188.209	197.114
-4.8	173.695	239.942
-5	159.215	282.83
-5.2	144.772	325.764
-5.4	130.366	368.727
-5.6	115.992	411.7
-5.8	101.641	454.662
-6	87.302	497.6
-6.2	72.958	540.469
-6.4	58.593	583.218
-6.6	44.186	625.777
-6.8	29.716	668.099
-7	22.355	710.129
-7.2	17.757	746.596
-7.35	556.253	746.596
-7.55	556.253	40.609
-7.75	515.371	55.912
-7.95	475.833	69.843
-8.15	438.932	77.618
-8.35	407	79.262
-8.55	378.954	79.262
-8.75	354.34	76.549
-8.95	332.725	73.669
-9.15	312.445	70.653
-9.35	292.758	67.528
-9.55	273.672	64.32
-9.75	255.196	61.054
-9.95	237.335	57.754
-10.15	220.096	54.44
-10.35	203.483	51.133
-10.55	187.501	47.85
-10.75	172.152	44.588
-10.95	157.441	41.348
-11.15	143.368	38.151
-11.35	129.937	35.012



Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-11.55	117.148	31.947
-11.75	105.002	28.97
-11.95	93.501	26.093
-12.15	82.644	23.327
-12.35	72.432	20.683
-12.55	62.865	18.169
-12.75	53.942	16.305
-12.95	45.664	14.547
-13.15	38.031	12.869
-13.35	31.042	11.278
-13.55	24.694	9.779
-13.75	18.99	8.375
-13.95	13.928	7.071
-14.15	9.507	5.87
-14.35	5.728	4.775
-14.55	2.589	3.964
-14.75	0.09	3.372
-14.95	0.383	2.988
-15.15	0.632	3.57
-15.35	0.707	3.57
-15.55	0.707	3.514
-15.75	0.61	2.822
-15.95	0.339	1.493
-16	0.061	0.265

### 5.9. Grafico Involuppi Taglio



Taglio



## 5.10. Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	LEFT	10.94
NTC2018: SISMICA STR	Stage 4	Left Wall	RIGHT	43.69
NTC2018: SISMICA STR	Stage 4	Right wall	LEFT	43.75
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Right wall	RIGHT	10.94

## 5.11. Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SISMICA STR	Stage 4	Left Wall	LEFT	135.98
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	RIGHT	137.23
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Right wall	LEFT	137.23
NTC2018: SISMICA STR	Stage 4	Right wall	RIGHT	135.68



## 5.12. Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Puntone kN/m
solettone	NTC2018: SISMICA STR	Stage 4	-1339.04



Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Soletta Assiale kN/m
copertura	NTC2018: SISMICA STR	Stage 4	-722.7

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Soletta Momento-a kN*m/m
copertura	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 4	1237.26

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Soletta Momento-b kN*m/m
copertura	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 3	-1238.6

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Soletta Taglio-a kN/m
copertura	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 2	784.9

Elemento strutturale	Design Assumption	Stage	Soletta Taglio-b kN/m
copertura	NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 3	785

## 6. Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali

### Normative Verifiche

Calcestruzzo	NTC
Acciaio	NTC
Tirante	NTC

### Coefficienti per Verifica Tiranti

GEO FS	1
$\xi_{a3}$	1.75
$\gamma_s$	1.2



## 6.1. Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Inizializzazione	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO					

## 6.2. Risultati Caver

### 6.2.1. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
-1	0.945
-1.2	0.867
-1.4	0.794
-1.6	0.725
-1.8	0.658
-2	0.593
-2.2	0.53
-2.4	0.468
-2.6	0.41
-2.8	0.356
-3	0.318
-3.2	0.282
-3.4	0.247
-3.6	0.214
-3.8	0.184
-4	0.155
-4.2	0.129
-4.4	0.104
-4.6	0.082
-4.8	0.088
-5	0.113
-5.2	0.136
-5.4	0.155
-5.6	0.171
-5.8	0.189
-6	0.205
-6.2	0.218
-6.4	0.228
-6.6	0.236
-6.8	0.242
-7	0.244
-7.2	0.244
-7.35	0.243
-7.55	0.238
-7.75	0.231
-7.95	0.221
-8.15	0.208
-8.35	0.195
-8.55	0.18
-8.75	0.167
-8.95	0.153
-9.15	0.141
-9.35	0.129
-9.55	0.117
-9.75	0.106
-9.95	0.096
-10.15	0.086
-10.35	0.077
-10.55	0.068
-10.75	0.06
-10.95	0.053
-11.15	0.047
-11.35	0.042
-11.55	0.037
-11.75	0.032
-11.95	0.028



Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-12.15	0.024	
-12.35	0.02	
-12.55	0.017	
-12.75	0.014	
-12.95	0.012	
-13.15	0.01	
-13.35	0.008	
-13.55	0.007	
-13.75	0.006	
-13.95	0.005	
-14.15	0.004	
-14.35	0.003	
-14.55	0.002	
-14.75	0.002	
-14.95	0.001	



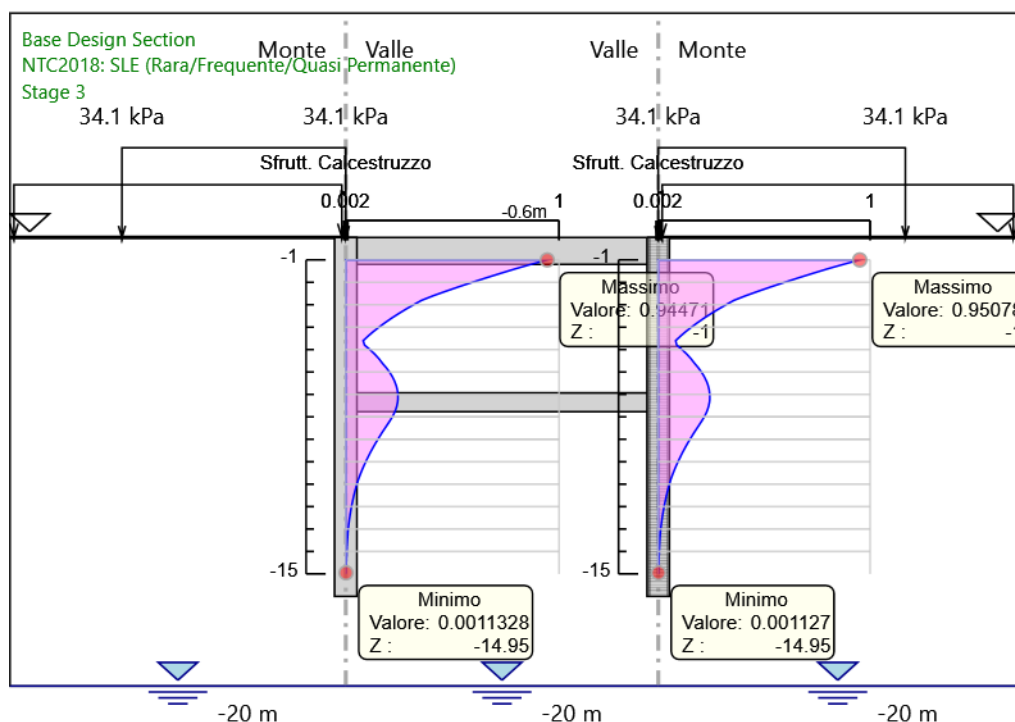
### 6.2.2. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver : RIGHT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
-1	0.951
-1.2	0.873
-1.4	0.799
-1.6	0.729
-1.8	0.662
-2	0.596
-2.2	0.532
-2.4	0.471
-2.6	0.412
-2.8	0.358
-3	0.32
-3.2	0.283
-3.4	0.248
-3.6	0.216
-3.8	0.185
-4	0.156
-4.2	0.129
-4.4	0.105
-4.6	0.082
-4.8	0.087
-5	0.112
-5.2	0.135
-5.4	0.154
-5.6	0.17
-5.8	0.188
-6	0.204
-6.2	0.217
-6.4	0.227
-6.6	0.235
-6.8	0.24
-7	0.243
-7.2	0.243
-7.35	0.242
-7.55	0.237
-7.75	0.23
-7.95	0.22
-8.15	0.207
-8.35	0.194
-8.55	0.179
-8.75	0.166
-8.95	0.153
-9.15	0.14
-9.35	0.128
-9.55	0.117
-9.75	0.106
-9.95	0.095
-10.15	0.086
-10.35	0.077
-10.55	0.068
-10.75	0.06
-10.95	0.054
-11.15	0.048
-11.35	0.043
-11.55	0.037
-11.75	0.033
-11.95	0.028
-12.15	0.024
-12.35	0.021
-12.55	0.018



Inviluppi	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	RIGHT
	Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
	-12.75	0.015
	-12.95	0.012
	-13.15	0.01
	-13.35	0.008
	-13.55	0.007
	-13.75	0.006
	-13.95	0.005
	-14.15	0.004
	-14.35	0.003
	-14.55	0.002
	-14.75	0.002
	-14.95	0.001

### 6.2.3. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

### 6.2.5. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Cover	
-1	0.568	
-1.2	0.521	
-1.4	0.477	
-1.6	0.436	
-1.8	0.396	
-2	0.356	
-2.2	0.318	
-2.4	0.282	
-2.6	0.246	
-2.8	0.214	
-3	0.191	
-3.2	0.169	
-3.4	0.148	
-3.6	0.129	
-3.8	0.111	
-4	0.093	
-4.2	0.077	
-4.4	0.063	
-4.6	0.049	
-4.8	0.053	
-5	0.068	
-5.2	0.081	
-5.4	0.093	
-5.6	0.102	
-5.8	0.113	
-6	0.123	
-6.2	0.131	
-6.4	0.137	
-6.6	0.142	
-6.8	0.145	
-7	0.146	
-7.2	0.146	
-7.35	0.145	
-7.55	0.143	
-7.75	0.138	
-7.95	0.132	
-8.15	0.125	
-8.35	0.117	
-8.55	0.108	
-8.75	0.1	
-8.95	0.092	
-9.15	0.084	
-9.35	0.077	
-9.55	0.07	
-9.75	0.064	
-9.95	0.057	
-10.15	0.052	
-10.35	0.046	
-10.55	0.041	
-10.75	0.036	
-10.95	0.032	
-11.15	0.028	
-11.35	0.025	
-11.55	0.022	
-11.75	0.019	
-11.95	0.017	
-12.15	0.014	
-12.35	0.012	
-12.55	0.01	



Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-12.75	0.009	
-12.95	0.007	
-13.15	0.006	
-13.35	0.005	
-13.55	0.004	
-13.75	0.003	
-13.95	0.003	
-14.15	0.002	
-14.35	0.002	
-14.55	0.001	
-14.75	0.001	
-14.95	0.001	

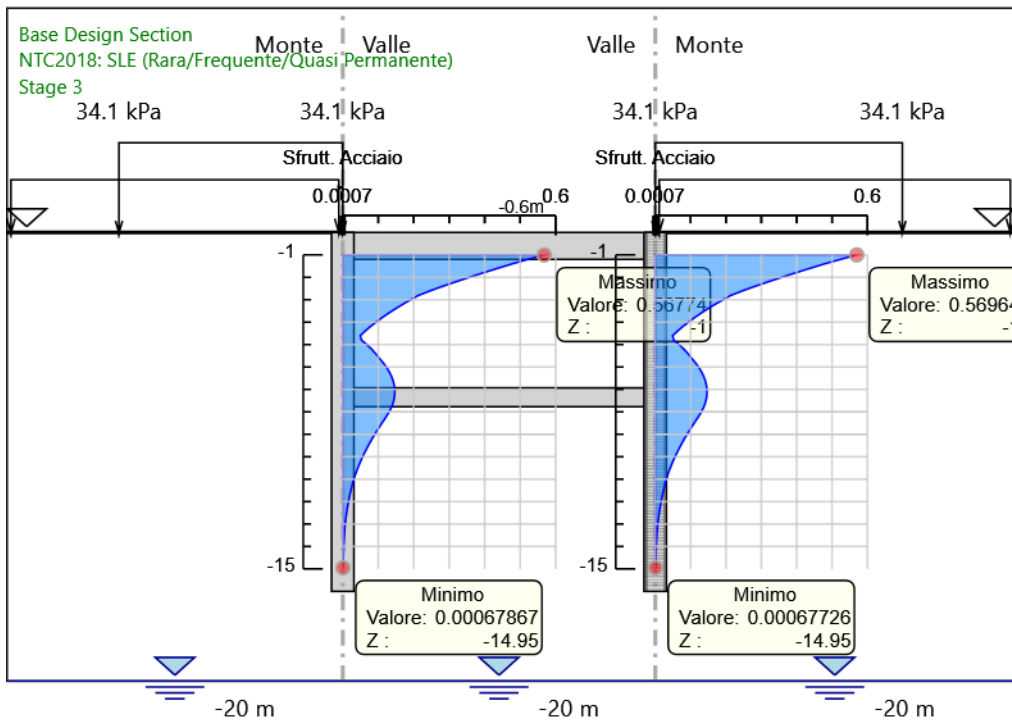
### 6.2.6. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover : RIGHT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Cover	
-1	0.57	
-1.2	0.523	
-1.4	0.478	
-1.6	0.437	
-1.8	0.396	
-2	0.357	
-2.2	0.319	
-2.4	0.282	
-2.6	0.247	
-2.8	0.215	
-3	0.191	
-3.2	0.17	
-3.4	0.149	
-3.6	0.129	
-3.8	0.111	
-4	0.094	
-4.2	0.078	
-4.4	0.063	
-4.6	0.049	
-4.8	0.052	
-5	0.068	
-5.2	0.081	
-5.4	0.092	
-5.6	0.102	
-5.8	0.113	
-6	0.123	
-6.2	0.13	
-6.4	0.137	
-6.6	0.141	
-6.8	0.144	
-7	0.146	
-7.2	0.146	
-7.35	0.145	
-7.55	0.142	
-7.75	0.138	
-7.95	0.132	
-8.15	0.125	
-8.35	0.116	
-8.55	0.108	
-8.75	0.1	
-8.95	0.092	
-9.15	0.084	
-9.35	0.077	
-9.55	0.07	
-9.75	0.064	
-9.95	0.057	
-10.15	0.052	
-10.35	0.046	
-10.55	0.041	
-10.75	0.036	
-10.95	0.032	
-11.15	0.029	
-11.35	0.026	
-11.55	0.023	
-11.75	0.02	
-11.95	0.017	
-12.15	0.015	
-12.35	0.013	
-12.55	0.011	



Inviluppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-12.75		0.009
-12.95		0.007
-13.15		0.006
-13.35		0.005
-13.55		0.004
-13.75		0.003
-13.95		0.003
-14.15		0.002
-14.35		0.002
-14.55		0.001
-14.75		0.001
-14.95		0.001

**6.2.7. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover**



Involuppi  
 Tasso di Sfruttamento Armature - Cover





### 6.2.9. Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-1	0.3	
-1.2	0.27	
-1.4	0.242	
-1.6	0.216	
-1.8	0.19	
-2	0.165	
-2.2	0.14	
-2.4	0.117	
-2.6	0.094	
-2.8	0.082	
-3	0.073	
-3.2	0.065	
-3.4	0.057	
-3.6	0.049	
-3.8	0.042	
-4	0.036	
-4.2	0.03	
-4.4	0.024	
-4.6	0.019	
-4.8	0.02	
-5	0.026	
-5.2	0.031	
-5.4	0.036	
-5.6	0.039	
-5.8	0.044	
-6	0.047	
-6.2	0.05	
-6.4	0.053	
-6.6	0.054	
-6.8	0.056	
-7	0.056	
-7.2	0.056	
-7.35	0.056	
-7.55	0.055	
-7.75	0.053	
-7.95	0.051	
-8.15	0.048	
-8.35	0.045	
-8.55	0.041	
-8.75	0.038	
-8.95	0.035	
-9.15	0.032	
-9.35	0.03	
-9.55	0.027	
-9.75	0.024	
-9.95	0.022	
-10.15	0.02	
-10.35	0.018	
-10.55	0.016	
-10.75	0.014	
-10.95	0.012	
-11.15	0.011	
-11.35	0.01	
-11.55	0.008	
-11.75	0.007	
-11.95	0.006	
-12.15	0.005	
-12.35	0.005	
-12.55	0.004	

Mandataria



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

Inviluppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-12.75	0.003	
-12.95	0.003	
-13.15	0.002	
-13.35	0.002	
-13.55	0.002	
-13.75	0.001	
-13.95	0.001	
-14.15	0.001	
-14.35	0.001	
-14.55	0.001	
-14.75	0	
-14.95	0	



## 6.2.10. Tabella Inviluppi Apertura Fessure - Caver : RIGHT

Inviluppi Apertura Fessure - Caver	RIGHT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
-1	0.301
-1.2	0.271
-1.4	0.243
-1.6	0.216
-1.8	0.19
-2	0.165
-2.2	0.141
-2.4	0.117
-2.6	0.095
-2.8	0.082
-3	0.073
-3.2	0.065
-3.4	0.057
-3.6	0.05
-3.8	0.042
-4	0.036
-4.2	0.03
-4.4	0.024
-4.6	0.019
-4.8	0.02
-5	0.026
-5.2	0.031
-5.4	0.035
-5.6	0.039
-5.8	0.043
-6	0.047
-6.2	0.05
-6.4	0.052
-6.6	0.054
-6.8	0.055
-7	0.056
-7.2	0.056
-7.35	0.056
-7.55	0.055
-7.75	0.053
-7.95	0.051
-8.15	0.048
-8.35	0.045
-8.55	0.041
-8.75	0.038
-8.95	0.035
-9.15	0.032
-9.35	0.03
-9.55	0.027
-9.75	0.024
-9.95	0.022
-10.15	0.02
-10.35	0.018
-10.55	0.016
-10.75	0.014
-10.95	0.012
-11.15	0.011
-11.35	0.01
-11.55	0.009
-11.75	0.008
-11.95	0.007
-12.15	0.006
-12.35	0.005
-12.55	0.004

Mandataria



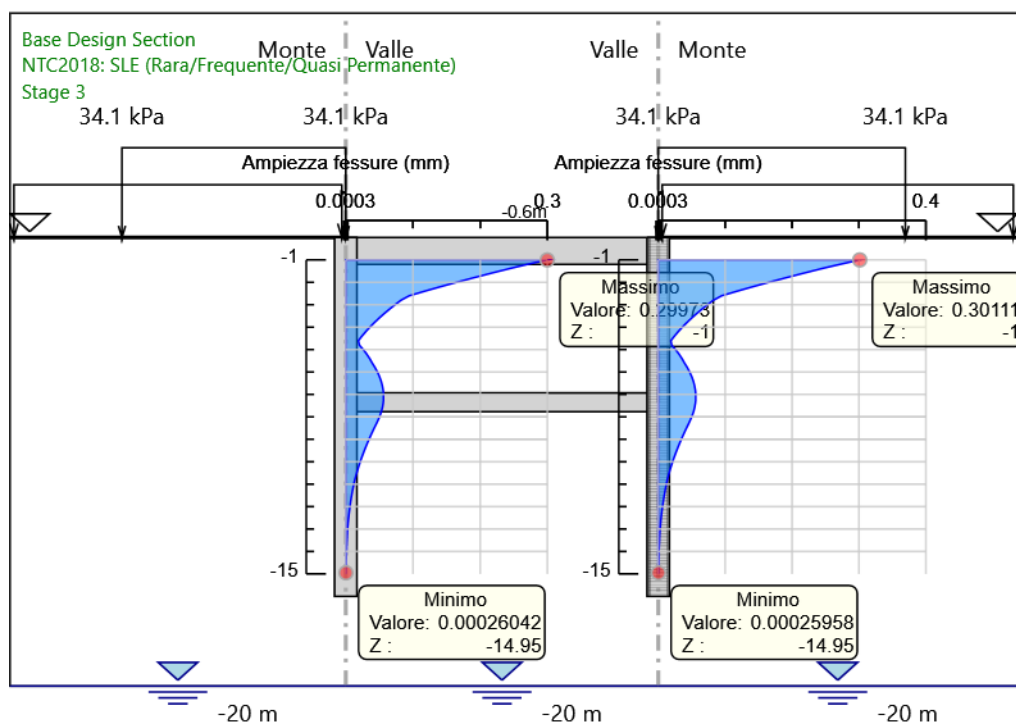
Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

Involuppi Apertura Fessure - Caver		RIGHT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-12.75		0.003
-12.95		0.003
-13.15		0.002
-13.35		0.002
-13.55		0.002
-13.75		0.001
-13.95		0.001
-14.15		0.001
-14.35		0.001
-14.55		0.001
-14.75		0
-14.95		0

### 6.2.11. Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver



Involuppi  
Apertura Fessure - Caver

### 6.2.13. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover	
-1	0.522	
-1.2	0.479	
-1.4	0.439	
-1.6	0.401	
-1.8	0.363	
-2	0.327	
-2.2	0.292	
-2.4	0.259	
-2.6	0.226	
-2.8	0.197	
-3	0.176	
-3.2	0.155	
-3.4	0.136	
-3.6	0.118	
-3.8	0.102	
-4	0.086	
-4.2	0.071	
-4.4	0.057	
-4.6	0.045	
-4.8	0.052	
-5	0.076	
-5.2	0.104	
-5.4	0.136	
-5.6	0.172	
-5.8	0.213	
-6	0.258	
-6.2	0.307	
-6.4	0.36	
-6.6	0.417	
-6.8	0.479	
-7	0.545	
-7.2	0.614	
-7.35	0.669	
-7.55	0.615	
-7.75	0.564	
-7.95	0.517	
-8.15	0.474	
-8.35	0.434	
-8.55	0.397	
-8.75	0.362	
-8.95	0.33	
-9.15	0.299	
-9.35	0.27	
-9.55	0.243	
-9.75	0.218	
-9.95	0.195	
-10.15	0.173	
-10.35	0.153	
-10.55	0.135	
-10.75	0.118	
-10.95	0.102	
-11.15	0.088	
-11.35	0.075	
-11.55	0.064	
-11.75	0.053	
-11.95	0.044	
-12.15	0.036	
-12.35	0.029	
-12.55	0.023	



Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-12.75		0.017
-12.95		0.013
-13.15		0.01
-13.35		0.01
-13.55		0.01
-13.75		0.01
-13.95		0.01
-14.15		0.01
-14.35		0.01
-14.55		0.01
-14.75		0.01
-14.95		0.01

### 6.2.14. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover : RIGHT

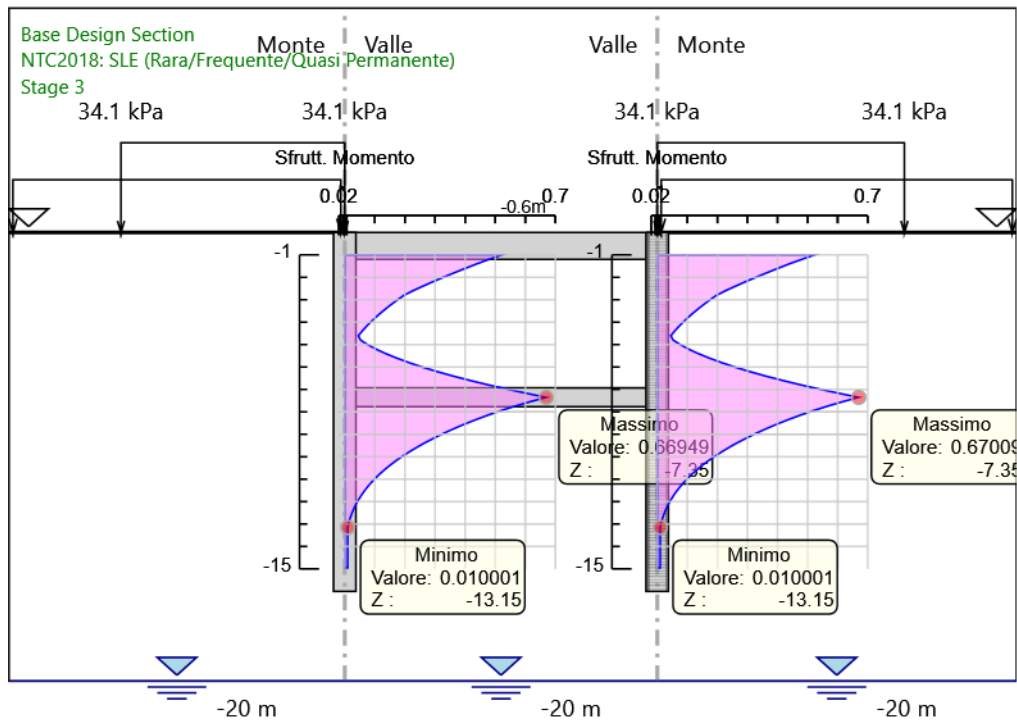
Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover	
-1		0.524
-1.2		0.48
-1.4		0.439
-1.6		0.401
-1.8		0.364
-2		0.328
-2.2		0.293
-2.4		0.259
-2.6		0.226
-2.8		0.197
-3		0.176
-3.2		0.156
-3.4		0.137
-3.6		0.119
-3.8		0.102
-4		0.086
-4.2		0.071
-4.4		0.058
-4.6		0.045
-4.8		0.053
-5		0.077
-5.2		0.104
-5.4		0.136
-5.6		0.173
-5.8		0.213
-6		0.258
-6.2		0.307
-6.4		0.36
-6.6		0.418
-6.8		0.479
-7		0.545
-7.2		0.615
-7.35		0.67
-7.55		0.615
-7.75		0.565
-7.95		0.518
-8.15		0.475
-8.35		0.434
-8.55		0.397
-8.75		0.362
-8.95		0.33
-9.15		0.299
-9.35		0.27
-9.55		0.243
-9.75		0.218
-9.95		0.194
-10.15		0.173
-10.35		0.153
-10.55		0.134
-10.75		0.117
-10.95		0.102
-11.15		0.088
-11.35		0.075
-11.55		0.063
-11.75		0.053
-11.95		0.044
-12.15		0.036
-12.35		0.029
-12.55		0.022





Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-12.75	0.017	
-12.95	0.013	
-13.15	0.01	
-13.35	0.01	
-13.55	0.01	
-13.75	0.01	
-13.95	0.01	
-14.15	0.01	
-14.35	0.01	
-14.55	0.01	
-14.75	0.01	
-14.95	0.01	

### 6.2.15. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover

### 6.2.17. 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	
-1	0.633	
-1.2	0.594	
-1.4	0.553	
-1.6	0.512	
-1.8	0.469	
-2	0.43	
-2.2	0.414	
-2.4	0.397	
-2.6	0.38	
-2.8	0.362	
-3	0.344	
-3.2	0.325	
-3.4	0.306	
-3.6	0.288	
-3.8	0.272	
-4	0.256	
-4.2	0.24	
-4.4	0.224	
-4.6	0.218	
-4.8	0.266	
-5	0.313	
-5.2	0.361	
-5.4	0.408	
-5.6	0.456	
-5.8	0.504	
-6	0.551	
-6.2	0.598	
-6.4	0.646	
-6.6	0.693	
-6.8	0.739	
-7	0.786	
-7.2	0.826	
-7.35	0.826	
-7.55	0.615	
-7.75	0.57	
-7.95	0.526	
-8.15	0.485	
-8.35	0.45	
-8.55	0.419	
-8.75	0.392	
-8.95	0.368	
-9.15	0.345	
-9.35	0.324	
-9.55	0.303	
-9.75	0.282	
-9.95	0.262	
-10.15	0.243	
-10.35	0.225	
-10.55	0.207	
-10.75	0.19	
-10.95	0.174	
-11.15	0.159	
-11.35	0.144	
-11.55	0.13	
-11.75	0.116	
-11.95	0.104	
-12.15	0.092	
-12.35	0.08	
-12.55	0.07	



Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-12.75	0.06	
-12.95	0.051	
-13.15	0.042	
-13.35	0.035	
-13.55	0.028	
-13.75	0.021	
-13.95	0.016	
-14.15	0.011	
-14.35	0.007	
-14.55	0.004	
-14.75	0.004	
-14.95	0.003	

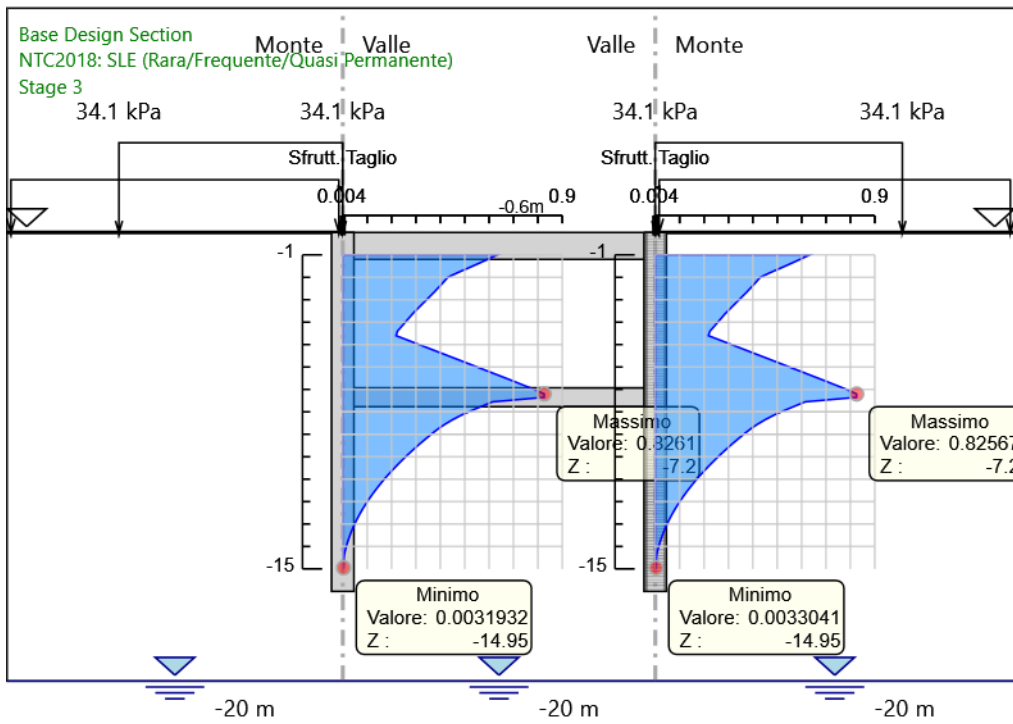
### 6.2.18. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : RIGHT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1	0.633	
-1.2	0.594	
-1.4	0.553	
-1.6	0.512	
-1.8	0.469	
-2	0.43	
-2.2	0.414	
-2.4	0.397	
-2.6	0.38	
-2.8	0.362	
-3	0.344	
-3.2	0.326	
-3.4	0.307	
-3.6	0.288	
-3.8	0.272	
-4	0.256	
-4.2	0.24	
-4.4	0.224	
-4.6	0.218	
-4.8	0.265	
-5	0.313	
-5.2	0.36	
-5.4	0.408	
-5.6	0.455	
-5.8	0.503	
-6	0.55	
-6.2	0.598	
-6.4	0.645	
-6.6	0.692	
-6.8	0.739	
-7	0.785	
-7.2	0.826	
-7.35	0.826	
-7.55	0.615	
-7.75	0.57	
-7.95	0.526	
-8.15	0.485	
-8.35	0.45	
-8.55	0.419	
-8.75	0.392	
-8.95	0.368	
-9.15	0.346	
-9.35	0.324	
-9.55	0.303	
-9.75	0.282	
-9.95	0.262	
-10.15	0.243	
-10.35	0.225	
-10.55	0.207	
-10.75	0.19	
-10.95	0.174	
-11.15	0.159	
-11.35	0.144	
-11.55	0.13	
-11.75	0.116	
-11.95	0.103	
-12.15	0.091	
-12.35	0.08	
-12.55	0.07	



Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		RIGHT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-12.75	0.06	
-12.95	0.051	
-13.15	0.042	
-13.35	0.034	
-13.55	0.027	
-13.75	0.021	
-13.95	0.015	
-14.15	0.011	
-14.35	0.006	
-14.55	0.004	
-14.75	0.004	
-14.95	0.003	

**6.2.19. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver**



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

Mandataria



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO