



**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:

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

Mandante:

 **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  
PARATIA DI PALI RAMO E RAMPA BIDIREZIONALE  
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	D0310-SRL01_02.pdf	D	03	10	S	RL	01

REVISIONI	00	25/01/2021	EMISSIONE	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.: Supp. R.U.P.:	Dott. Ing. Onofrio CRISAFULLI 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 Calcestruzzosolette cordoli e fodere C32/40 .....	2
	3.1.3 Acciaio di armatura B450C .....	2
<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>7</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 .....	13
	7.3 Criteri di verifica delle opere .....	14
	7.3.1 Combinazioni di carico.....	14
	7.3.2 Verifiche geotecniche.....	16
	7.3.3 Criteri di verifica strutturale sezioni in cemento armato.....	17
	7.3.4 Verifiche strutturali allo SLU per la paratia .....	19
	7.3.5 Verifiche strutturali allo SLE per la paratia .....	20
	7.3.6 Verifiche dei sistemi di ancoraggio .....	20
<b>8</b>	<b>RISULTATI E VERIFICHE PARATIE .....</b>	<b>22</b>
	8.1 Sezione B-B.....	22
	8.1.1 Parametri geotecnici di progetto .....	22
	8.1.2 Fasistica di modellazione.....	22
	8.1.3 Risultati.....	23
	8.1.4 Verifiche strutturali dei tiranti.....	26
	8.1.5 Verifica delle travi di ripartizione .....	27
	8.1.6 Verifiche strutturali pali della paratia .....	28
	8.2 Sezione C-C .....	30
	8.2.1 Parametri geotecnici di progetto .....	30
	8.2.2 Fasistica di modellazione.....	30
	8.2.3 Risultati.....	31
	8.2.4 Verifiche strutturali dei tiranti.....	33
	8.2.5 Verifica delle travi di ripartizione .....	34
	8.2.6 Verifiche strutturali pali della paratia .....	35
<b>9</b>	<b>APPENDICE A: ANALISI PARATIE. TABULATI DI CALCOLO PARATIE .....</b>	<b>37</b>
	9.1 Sezione B-B.....	37
	9.2 Sezione C-C .....	82

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta il dimensionamento delle paratie definitive della rampa del ramo E all'uscita Sud dello svincolo di interconnessione autostradale di Santa Teresa Di Riva dell'autostrada A18 Messina – Catania previste 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 C32/40

$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$	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 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
<u>Resistenza di progetto allo SLU</u>	
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}; \gamma_s = 1.15$	resistenza di progetto a compressione
<u>Resistenza di progetto allo SLE</u>	

Mandatario



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

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

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

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

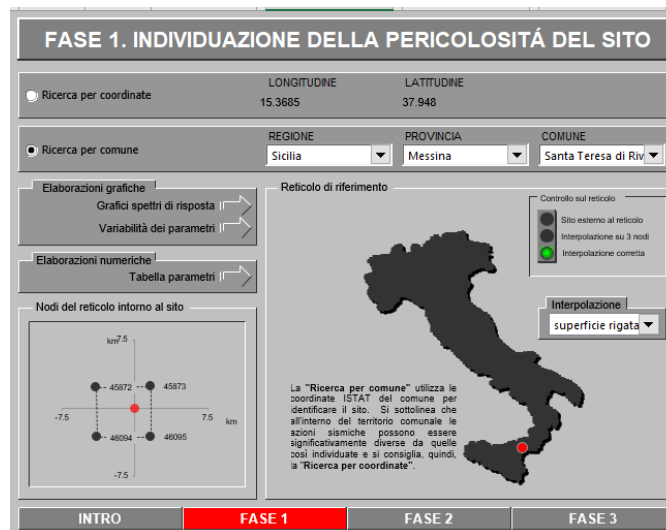
$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = - \frac{100}{\ln(1 - 0.10)} = 1898 \text{ anni}$$

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;
- $F_o$  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°*.

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**

## 6 DESCRIZIONE DELLE OPERE E SCELTE TIPOLOGICHE

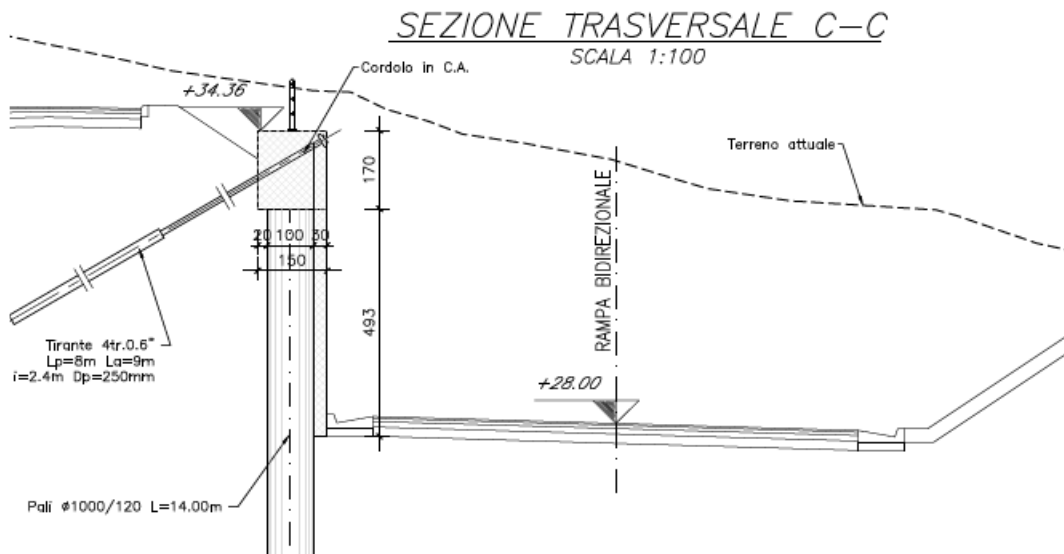
In corrispondenza dello svincolo di interconnessione autostradale di Santa Teresa Di Riva dell'autostrada A18Messina - Catania è prevista la realizzazione di diverse opere tra cui paratie di pali.

Nello specifico sono state dimensionate le paratie di pali in corrispondenza delle seguenti progressive dello svincolo stesso:

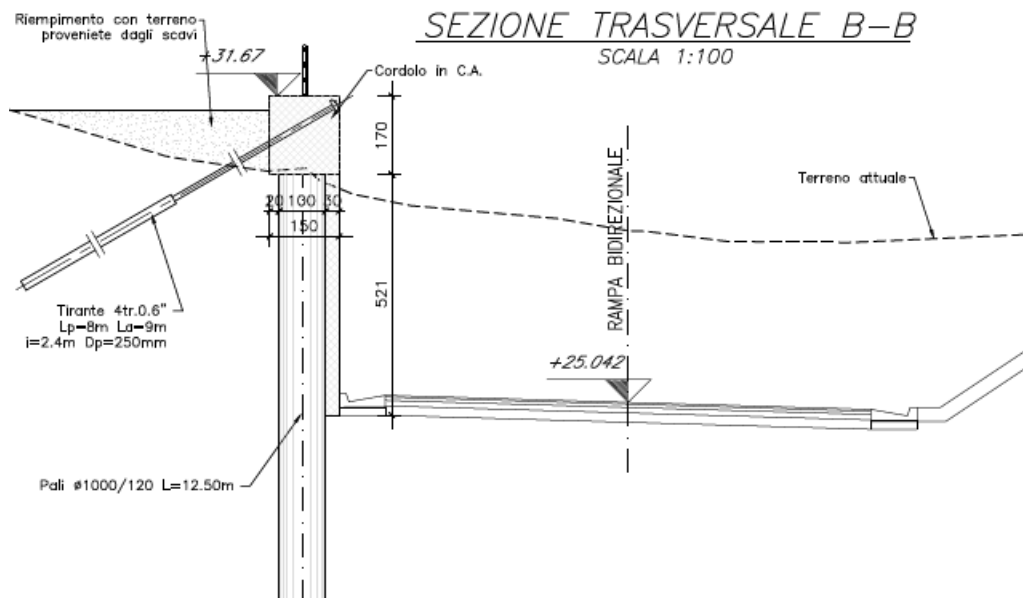
- Da km 0+353.47 a km 0+416.21
- Da km.0+416.21 a km 0+348.89
- Da km.0+322.60 a km 0+348.89

Delle suddette sono state analizzate le sezioni di calcolo ritenute le più rappresentative in funzione dell'altezza di scavo, delle geometrie e dei carichi al contorno.

In particolare è stata analizzata la sezione di paratia di pali in corrispondenza della rampa del ramo E all'uscita Sud,(la sezione C Figura 3) , costituita da pali Ø1000mm, interasse 1.2 m, lunghezza L= 14 m, con cordolo in sommità in c.a. (sagomato per alloggiare il tirante) e con un ordine di tiranti aventi le seguenti caratteristiche: 4 trefoli (0.6"), diametro di perforazione Dp=250 mm, lunghezza libera Lp= 8 m e lunghezza del tratto attivo La=9 m, interasse i = 2.4 m e pretiro di 330 kN.



Per altezze di scavo inferiori a 5 m circa la paratia di pali  $\varnothing 1000$  mm, interasse 1.2 m, con lunghezza  $L = 12.50$  m, con cordolo in sommità in c.a. (sagomato per alloggiare il tirante) e con un ordine di tiranti aventi le seguenti caratteristiche: 4 trefoli (0.6"), diametro di perforazione  $D_p = 250$  mm, lunghezza libera  $L_p = 8$  m e lunghezza del tratto attivo  $L_a = 9$  m, interasse  $i = 2.4$  m e pretiro di 100 kN. In tal caso la sezione di riferimento analizzato è la seguente:



## 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  $\delta' = 0.66 \cdot \varphi'$ .

### 7.1.2 Carico accidentale

Le eventuali azioni accidentali dovute alla presenza di viabilità a monte dell'opera, sono state tenute in conto con un carico verticale uniformemente distribuito agente a monte della paratia valutato in relazione alla distribuzione dei carichi stradali (Q1k e q1k) di norma, opportunamente distribuiti in direzione longitudinale tenuto conto dell'altezza dell'opera e della distanza della viabilità dall'opera stessa.

### 7.1.3 Spinta attiva in presenza di coesione

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

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

essendo c la coesione dello strato.

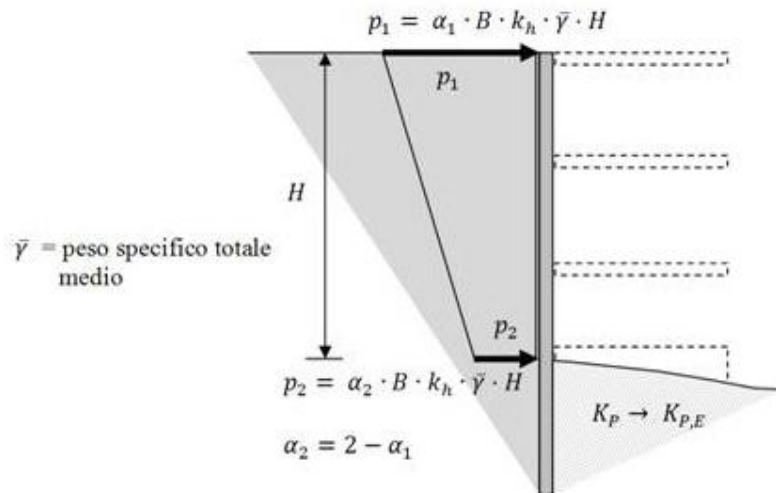
### 7.1.4 Metodo di valutazione della spinta sismica

In condizioni sismiche l'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla parete dipendono dall'intensità del sisma, dalla risposta locale del terreno di fondazione, dalla deformabilità dell'opera.

Il D.M. 14 Gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", consente l'utilizzo di metodi pseudostatici in cui l'azione sismica è definita mediante una accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo. In sede di progettazione viene utilizzato il metodo pseudostatico di Mononobe-Okabe, specializzato con le ipotesi di Seed & Whitman (1970) circa la determinazione del coefficiente B, potendo far riferimento all'ipotesi di opera flessibile in relazione alle condizioni di vincolo presenti. Questo metodo consente la determinazione di un incremento di spinta sismica da applicare all'opera.

Esso è basato sull'equilibrio limite globale di un cuneo di terreno soggetto alle forze indotte dal sisma, ipotizzando che l'opera possa subire movimenti tali da produrre nel terreno retrostante un regime di spinta attiva e che il terreno interno al cuneo di spinta si comporta come un corpo rigido, per cui le componenti verticali ed orizzontali dell'azione sismica sono considerate costanti in tutti i punti della massa.

Il modello citato prevede la valutazione delle sovraspinte sismiche sull'opera come funzione dell'accelerazione ridotta  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale), come di seguito descritto:



Nel caso specifico si è assunto in particolare

$\alpha_1 = \alpha_2 = 1$  (distribuzione di pressioni uniforme lungo la paratia)

$H =$  intera altezza della paratia (tratto interrato + tratto fuori terra)

$B = 0.375$  (Seed & Whitman)

In particolare la spinta sismica SE (statica + dinamica) vale:

$$S_E = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v) \cdot K'_a$$

dove se  $\eta \leq \varphi - \theta$ :

$$K'_a = \frac{\sin^2(\eta + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \eta \cdot \sin(\eta - \delta - \theta) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon - \theta)}{\sin(\varphi - \delta - \theta) \cdot \sin(\eta + \varepsilon)} \right)^{0.5} \right]^2}$$

altrimenti se  $\eta > \varphi - \theta$ :

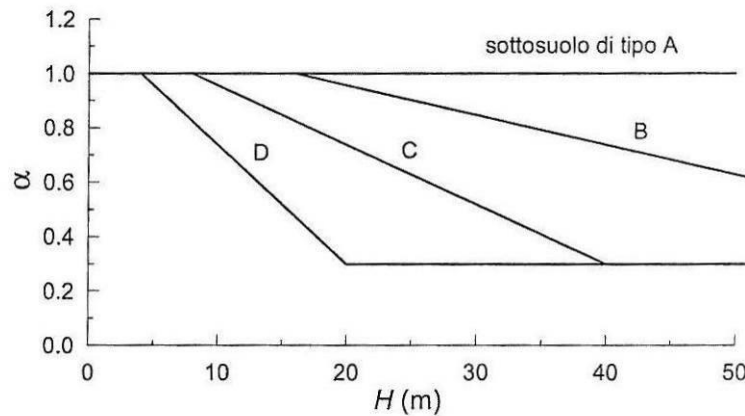
$$K'_a = \frac{\sin^2(\eta + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \eta \cdot \sin(\eta - \theta - \delta)}$$

essendo:

- $\eta$  = angolo tra intradosso parete e la verticale;
- $\theta$  = angolo definito come ;
- $K_h = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{a_{\max}}{g}$  = coefficiente di intensità sismica orizzontale;
- $K_v = 0.5 \cdot K_h$  = coefficiente di intensità sismica verticale;
- $g$  = accelerazione di gravità;
- $a_{\max} = S_S S_T a_{\max}$  = accelerazione di picco massima;
- $S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- $S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica;
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;
- $\alpha$  = coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera;

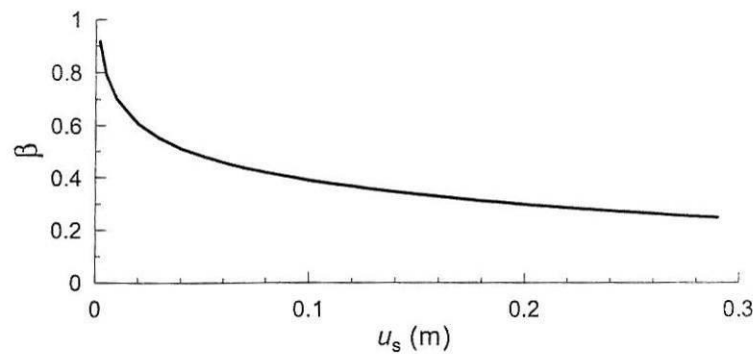
- $\beta$  = coefficiente che tiene conto della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative cadute di resistenza.

Il coefficiente  $\alpha$  può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva  $H$  della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma seguente ed è stato assunto pari a 0.8 in via cautelativa:



**Figura 5 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$**

Il coefficiente  $\beta$  può essere ricavato attraverso il diagramma seguente, in funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza. Esso è stato assunto pari a 0.73 in via cautelativa:



**Figura 6 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$**

Deve risultare comunque che:

$$u_s \leq 0.005 \cdot H$$

$$\alpha \cdot \beta \geq 0.2$$

## 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  $K_0 = 1 - \sin \varphi'$ ;
- 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  $E_d = F_k \gamma_E$ , dei parametri di progetto  $X_k / \gamma_M$  e della geometria di progetto ad. 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		$\tan \varphi'$	$c'$	$C_u$
	Sfavorevoli	Favorevoli	Sfavorevoli	Favorevoli			
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 tirantata si 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‰.

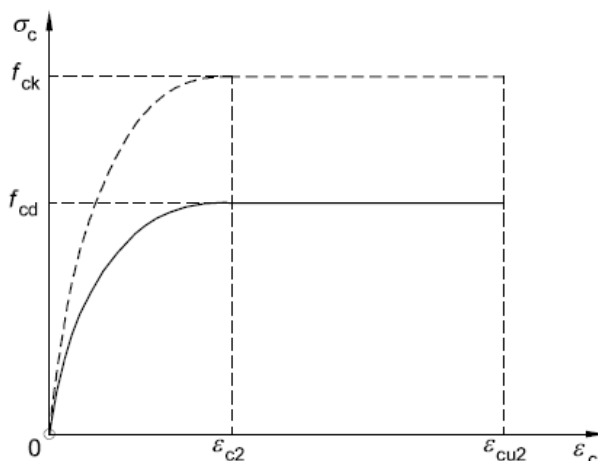


Figura 7- Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo

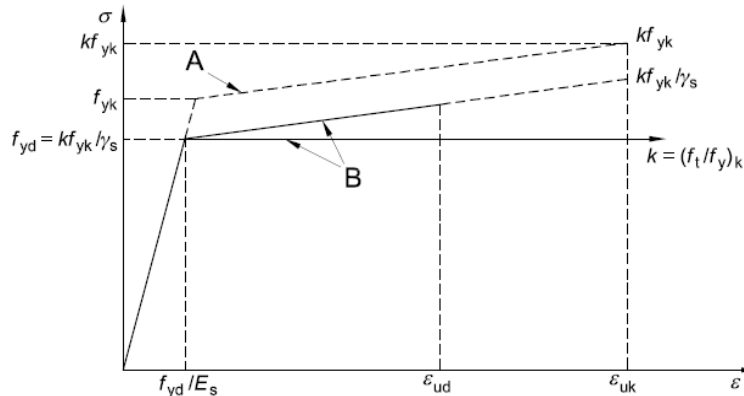
L'ordinata massima del diagramma è pari alla resistenza a compressione di progetto:

$$f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 18,81 \text{ MPa.}$$

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 8 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;

$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w z v_l f_{cd}}{\cot \vartheta + \tan \vartheta}$ , 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

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  $M_{ru}$  e del taglio resistente ultimo  $V_{Rcd}$  risultano maggiori del momento di calcolo agente  $M_d$  e del taglio di calcolo agente  $V_d$ .

### 7.3.5 Verifiche strutturali allo SLE per la paratia

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 alla condizioni ambientali già definite, occorre verificare che l'ampiezza delle fessure  $w_k$  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.

### 7.3.6 Verifiche dei sistemi di ancoraggio

Il codice Paratie Plus 20 consente di effettuare le verifiche di resistenza allo SLU/SLV dell'armatura e della fondazione dei tiranti, applicando automaticamente la seguente metodologia, in ottemperanza alla vigente normativa.

Il codice verifica sia la resistenza dell'acciaio armonico che la resistenza della fondazione viene eseguita con riferimento alla combinazione A1+M1+R3. Esso inoltre applica un criterio di verifica di "Gerarchia delle Resistenze", in cui verifica che la resistenza dell'acciaio armonico sia superiore a quella della fondazione.

#### Raggiungimento della resistenza strutturale in uno o più ancoraggi (verifica a trazione dei tiranti)

In condizioni ultime, al fine di verificare l'acciaio dei tiranti, lo sforzo massimo di trazione di calcolo  $N_Q$  ricavato dall'analisi allo SLU/SLV, deve risultare non maggiore dello sforzo di snervamento di progetto dei tiranti  $N_{yd}$  ottenuto moltiplicando l'area totale  $A_t$  della sezione resistente per la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio  $f_{p(1)k}$  (1670 MPa), fattorizzata con il coefficiente parziale  $\gamma_s = 1.15$ .

$$T_{yd} = \frac{f_{p(1)k} A n_{tr}}{\gamma_s} \geq T_{Ed}$$

dove:

$f_{p(1)k}$	è la resistenza caratteristica di rottura dell'acciaio dei trefoli
A	è l'area di ciascun trefolo
$n_{tr}$	è il numero di trefoli per tirante
$\gamma_s$	è il coefficiente parziale dell'acciaio

Il codice Paratie Plus 20 applica quindi la disequazione di verifica  $T_{yd} > T_{Ed}$ .

#### Verifica allo sfilamento dei tiranti

La fondazione dei tiranti (tratto attivo) sarà eseguita con iniezione di malta cementizia (ed additivi) ad alta pressione, con il metodo IRS (Iniezioni Ripetute e Selettive) attraverso valvole poste ad interasse di 0.5 m.



In considerazione delle caratteristiche tecnologiche e della natura dei terreni si valutano le tensioni “caratteristiche” di adesione laterale limite fondazione-terreno  $\alpha\tau_{lim}$ , riferite al diametro nominale di perforazione. Tali valori sono in accordo a quanto suggerito dall’esperienza di Bustamante e Doix per il caso in esame.

Per i terreni in cui sono fondati i tiranti di progetto si assume il valore  $\alpha\tau_{lim} = 220$  kPa.

$$T_{Rf} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \alpha\tau_{lim} \cdot L_a}{\gamma_R \cdot \xi}$$

dove:

$T_{Rf}$  è la resistenza di progetto dell’interfaccia tra il bulbo di fondazione ed il terreno

$\alpha\tau_{lim}$  è la tensione di adesione laterale limite fondazione-terreno

$\gamma_R$  è il coefficiente parziale riduttivo della resistenza

$\xi$  è il fattore di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero di profili di indagine (pari a 1.75)

$L_a$  è la lunghezza attiva

$D_p$  è il diametro di perforazione

$T_Q$  è l’azione di trazione massima allo SLU/SLV

Il codice Paratie Plus 20 applica quindi la disequazione di verifica  $T_{Rf} > T_{Ed}$ .

**Tabella 4- Fattori di correlazione  $\xi$**

n	1	2	3	4	$\geq 5$
$\xi_{a3}$	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
$\xi_{a4}$	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

**Tabella 5- Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi  $\xi$**

	Simbolo	Coefficiente Parziale ( $\gamma_R$ )
<b>Temporanei</b>	$\gamma_{Ra,t}$	1.10
<b>Permanenti</b>	$\gamma_{Ra,p}$	1.20

## 8 RISULTATI E VERIFICHE PARATIE

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

### 8.1 Sezione B-B

#### 8.1.1 Parametri geotecnici di progetto

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

**Tabella 6 Caratteristiche meccaniche dei terreni interferenti con lo scavo**

Litotipo	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E_{vc}$ [kPa]	$E_{ur}$ [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 della paratia di pali e dei tiranti
Fase 2	Scavo fino a quota 2.6 m da p.c.
Fase 3	Scavo massimo fino a 5.2 m da p.c.
Fase 54	Applicazione dell'azione sismica

Nella seguente immagine si riporta la fase di calcolo corrispondente allo scavo massimo.

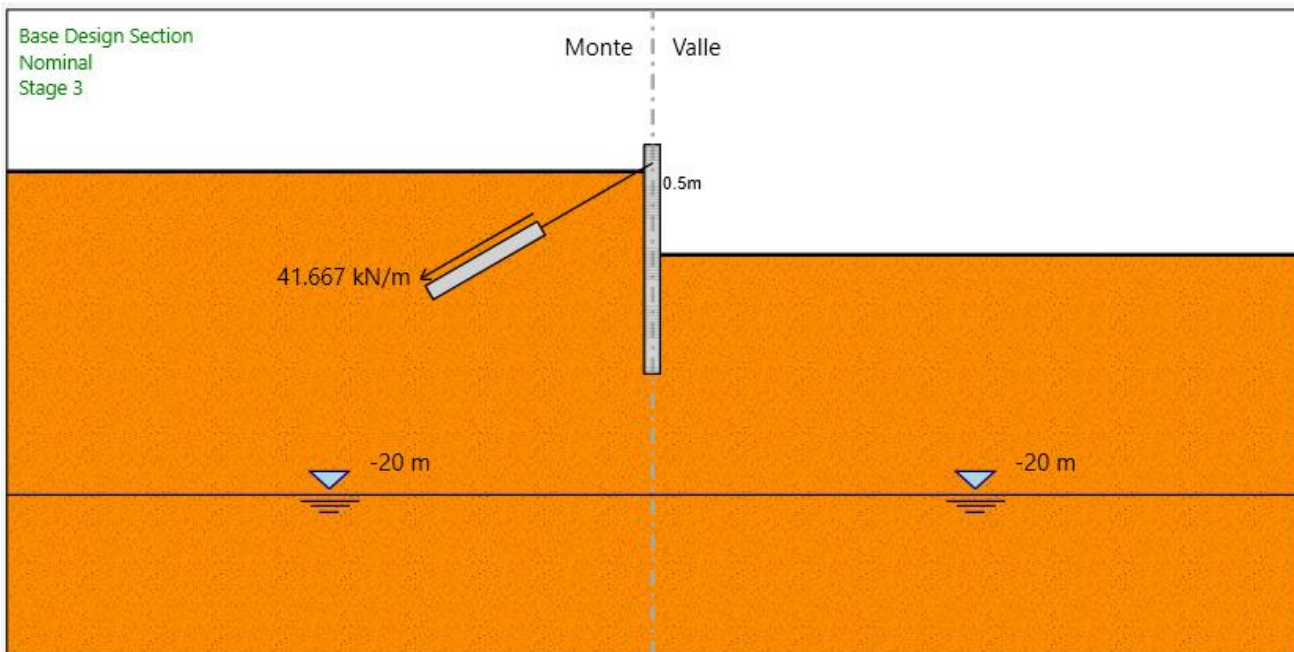


Figura 9 – Fase 3

### 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 e sollecitazione massima sul tirante.

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

- Armatura longitudinale: 18Ø20mm
- Armatura a taglio: Spirale a 2 bracci Ø12mm a passo 20cm.

Lo spostamento massimo a circa 3.9 m da p.c. allo SLE è di 0.9mm.

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. Le verifiche strutturali e geotecniche sul tirante sono soddisfatte come di seguito specificato.

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

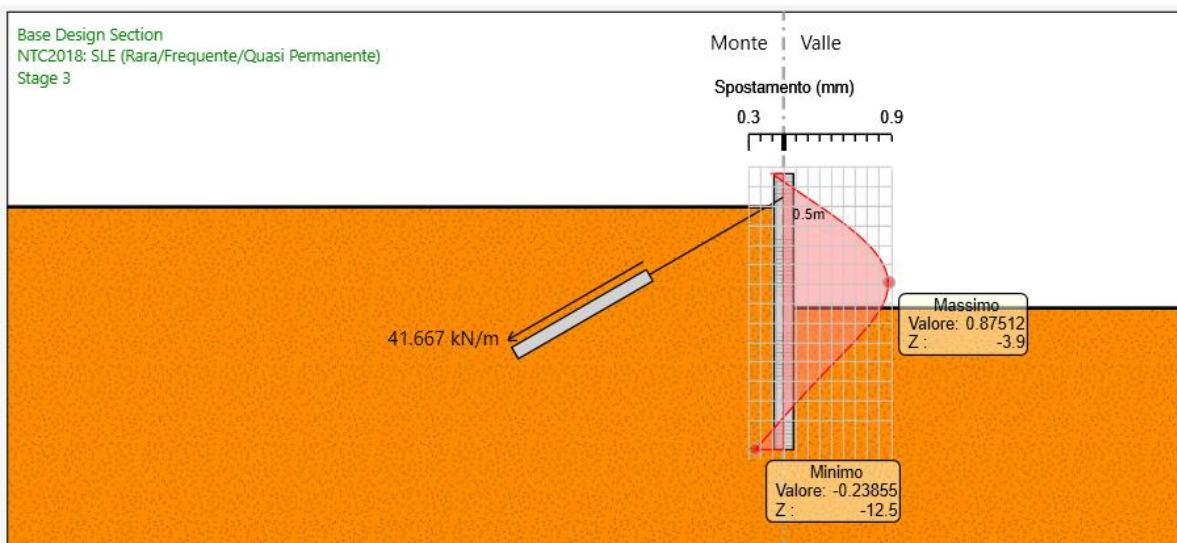


Figura 10 Involuppo spostamenti allo SLE.  $|u_{max}|=0.87$  mm

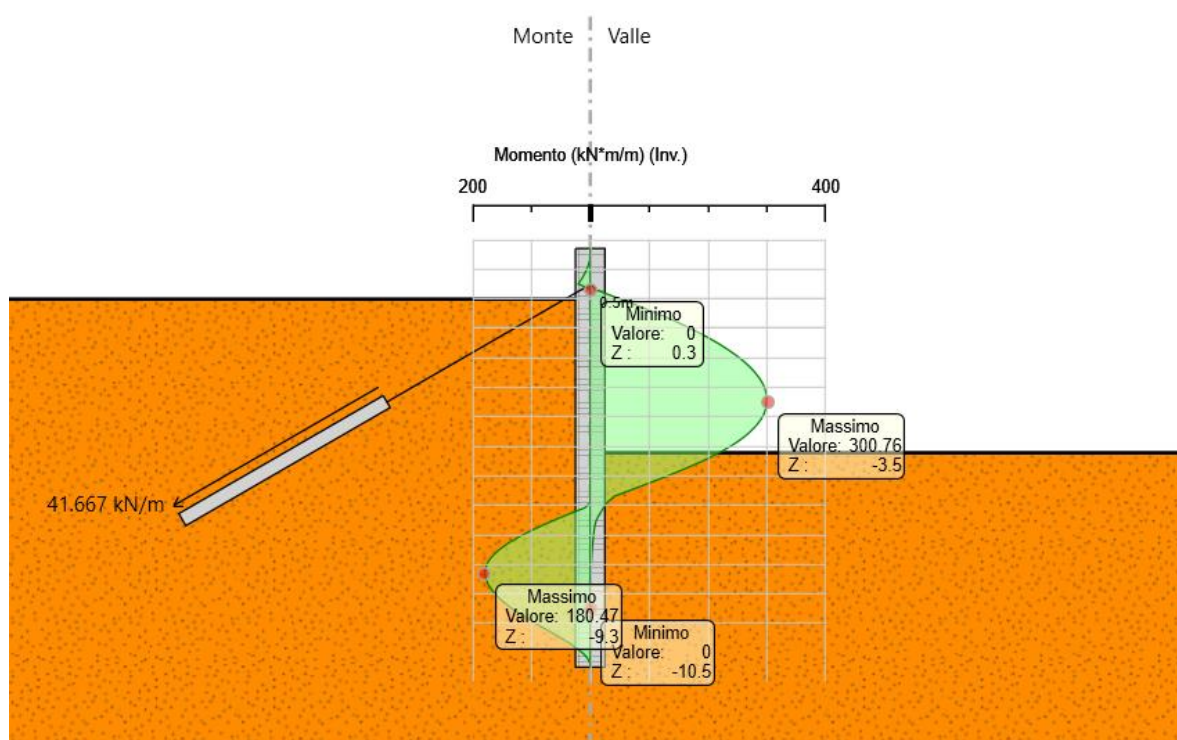


Figura 11 Involuppo momento flettente

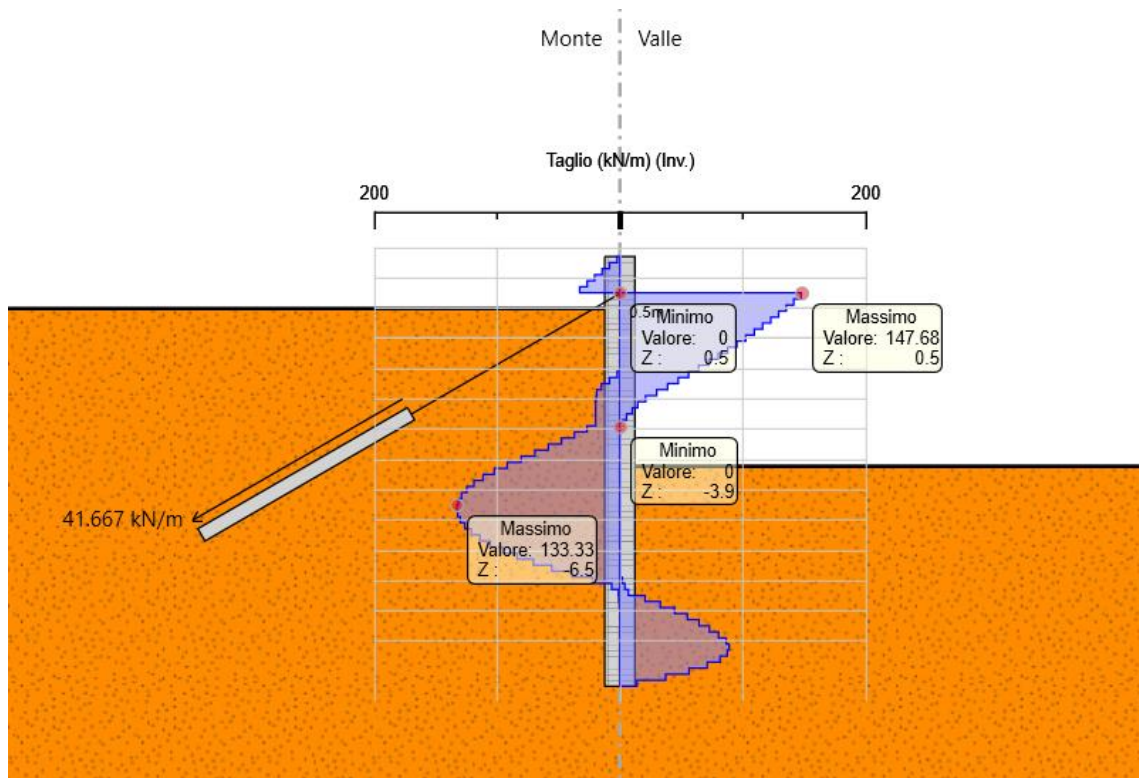


Figura 12 Inviluppo taglio



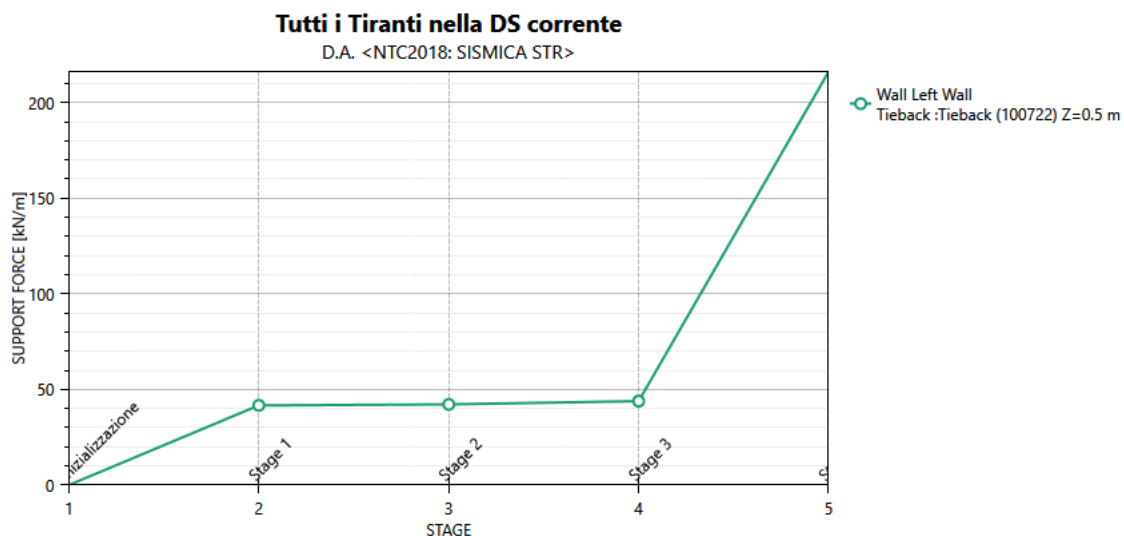
### 8.1.4 Verifiche strutturali dei tiranti

Nel seguito viene presentata la verifica strutturale dei tiranti.

La lunghezza libera del tirante inclinato è definita in modo tale da posizionare il tratto iniettato (iniezione tipo IRS) fuori dal cono di spinta. La resistenza geotecnica del tirante è calcolata secondo il metodo di Bustamante e Doix. Nel calcolo sono stati considerati i seguenti parametri:

$\alpha = 1.4$  (Iniezione IRS)

$\tau = 220$  kPa (Iniezione IRS)



Nella seguente tabella si riporta il resoconto delle verifiche strutturali e geotecniche.

Tirante	Sollecitazione [kN]	Resistenza GEO [kN]	Resistenza STR [kN]	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR
N.1	518.92	2177.1	773.77	0.237	0.671

### 8.1.5 Verifica delle travi di ripartizione

I tiranti sono previsti con interasse trasversale pari a 2.40 m. Per tale ragione, si rende necessario il dimensionamento di una trave di ripartizione, avente la funzione di ripartire lo sforzo assiale dei tiranti su tutti i pali costituenti la paratia.

Nella fattispecie il cordolo in c.a. di H.1,70 x L.1,50 funge da trave di ripartizione, esso presenta un'armatura longitudinale pari a 10 $\phi$ 20 e trasversale Spirale a 2 bracci  $\phi$ 12 con passo 20cm.

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sulla trave di ripartizione è stato effettuato considerando lo schema di trave su più appoggi e considerando agente un carico uniforme pari allo sforzo normale del tirante distribuito lungo l'interasse. Da tale schema sono state ottenute le seguenti sollecitazioni:

$$M_{\max} = q \cdot l^2/10 = 134,49 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{\max} = q \cdot l/2 = 268,99 \text{ Kn}$$

#### Verifica a flessione

Verifica C.A. S.L.U. - File: VERIFICHE SEZIONE

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	170	150	1	15,71	7
			2	15,71	143

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 134,49 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
 S.L.U. +  S.L.U. -  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviato

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,13 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333 ‰  
 $\tau_{c1}$  2,114 ‰

M<sub>xRd</sub> -887,6 kN m

$\sigma_c$  -18,13 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  2,212 ‰  
 $\epsilon_s$  67,5 ‰  
 d 143 cm  
 x 4,537 x/d 0,03173  
 $\delta$  0,7

#### Verifica a taglio

SEZIONE CLS			ARMATURA A TAGLIO					CALCOLO DEI TAGLI RESISTENTI			
h	d	b	$\phi_{legat}$	Bracci	$A_\phi$	$A_{sw}$	S	$V_{ed}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	FS
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm²]	[mm²]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	
1500	1430	1700	12	2	113	226	200,0	269	632,9	11434	2,35



### 8.1.6 Verifiche strutturali pali della paratia

La verifica strutturale del palo è stata eseguita direttamente dal programma PARATIE PLUS 20 con le armature precedentemente indicate (armatura longitudinale: 18Ø20mm, armatura a taglio: Spirale 2 bracci Ø12mm a passo 20cm) e le massime sollecitazioni derivanti dal calcolo. Di seguito, sono riportate le verifiche allo SLV: 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.

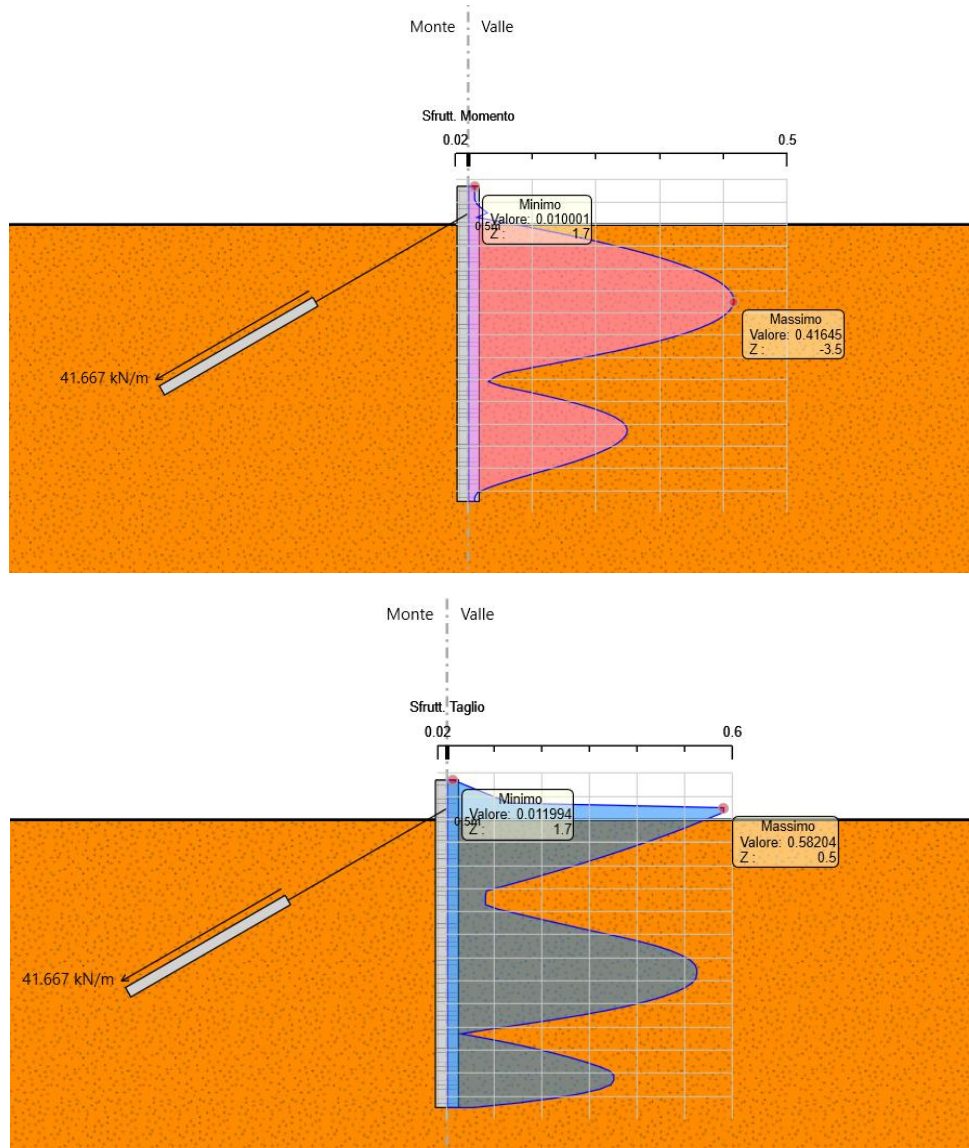


Figura 13 Verifica strutturale palo SLU

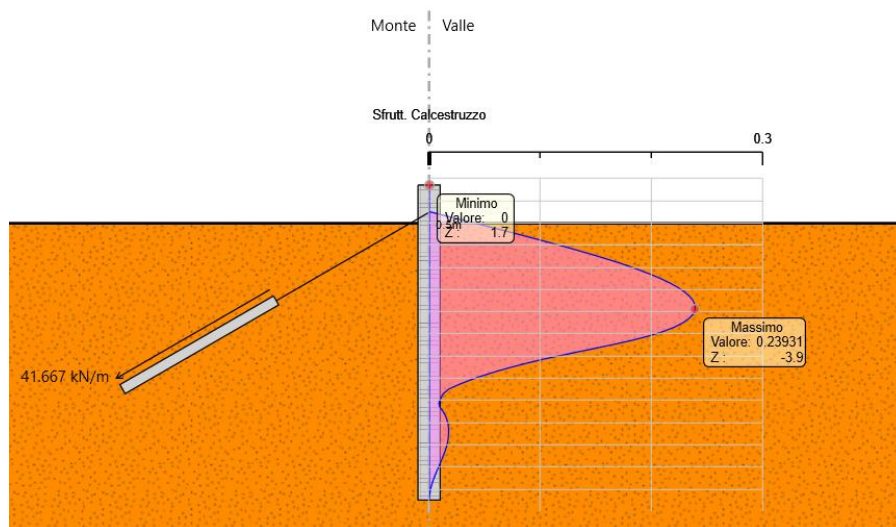


Figura 14 Verifica tensioni di esercizio nel calcestruzzo

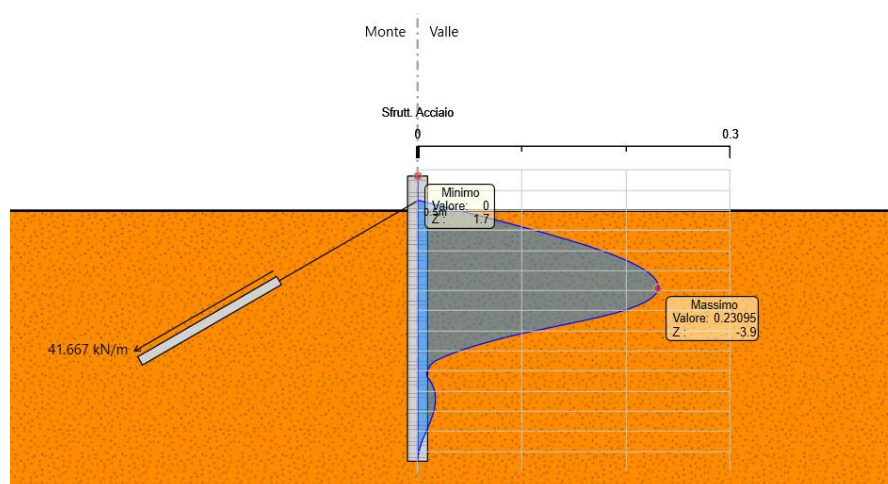


Figura 15 Verifica tensioni di esercizio nell'acciaio

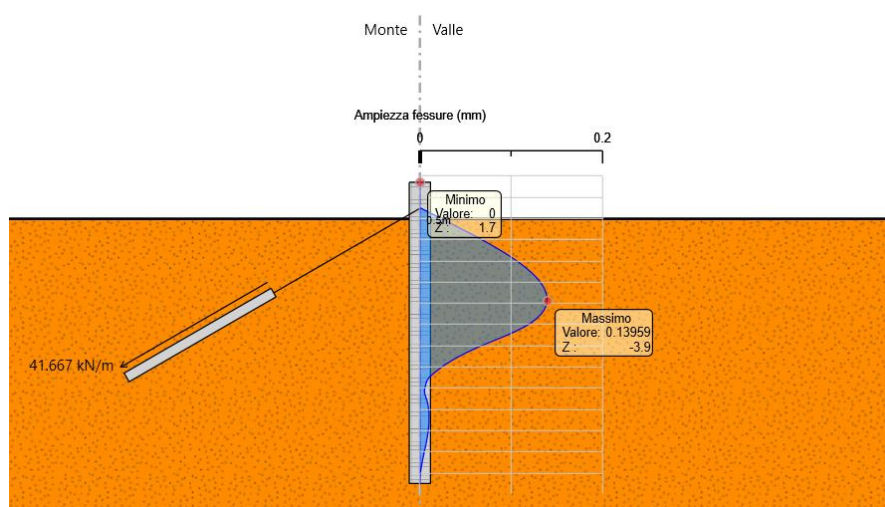


Figura 16 Verifica a fessurazione SLE

## 8.2 Sezione C-C

### 8.2.1 Parametri geotecnici di progetto

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

**Tabella 7 Caratteristiche meccaniche dei terreni interferenti con lo scavo**

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

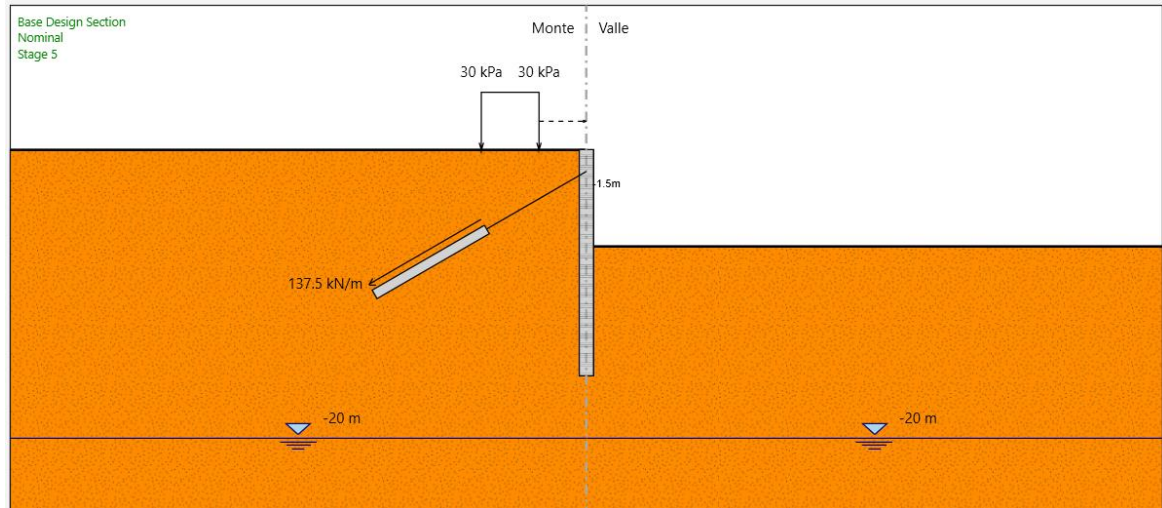
### 8.2.2 Fasistica di modellazione

Il software Paratie Plus prevede la possibilità di modellare la paratia seconda 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 della paratia di pali e applicazione del carico accidentale stradale di 30 kPa a monte
Fase 2	Scavo fino a quota 2 m da p.c. per inserimento ordine tiranti
Fase 3	Inserimento di un ordine di tiranti a 1.5 m
Fase 4	Scavo fino a quota 4 m da p.c.
Fase 5	Scavo fino a quota massima 6.7 m da p.c.
Fase 6	Applicazione dell'azione sismica

Nella seguente immagine si riporta la fase di calcolo corrispondente allo scavo massimo.



**Figura 17 – Fase 5**

### 8.2.3 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 e sollecitazione massima sul tirante.

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

- Armatura longitudinale: 20Ø26mm
- Armatura a taglio: Spirale 2 bracci Ø14mm a passo 15cm.

Lo spostamento massimo a circa 5.9 m da p.c. allo SLE è di 1.95mm.

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. Le verifiche strutturali e geotecniche sul tirante sono soddisfatte come di seguito specificato.

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



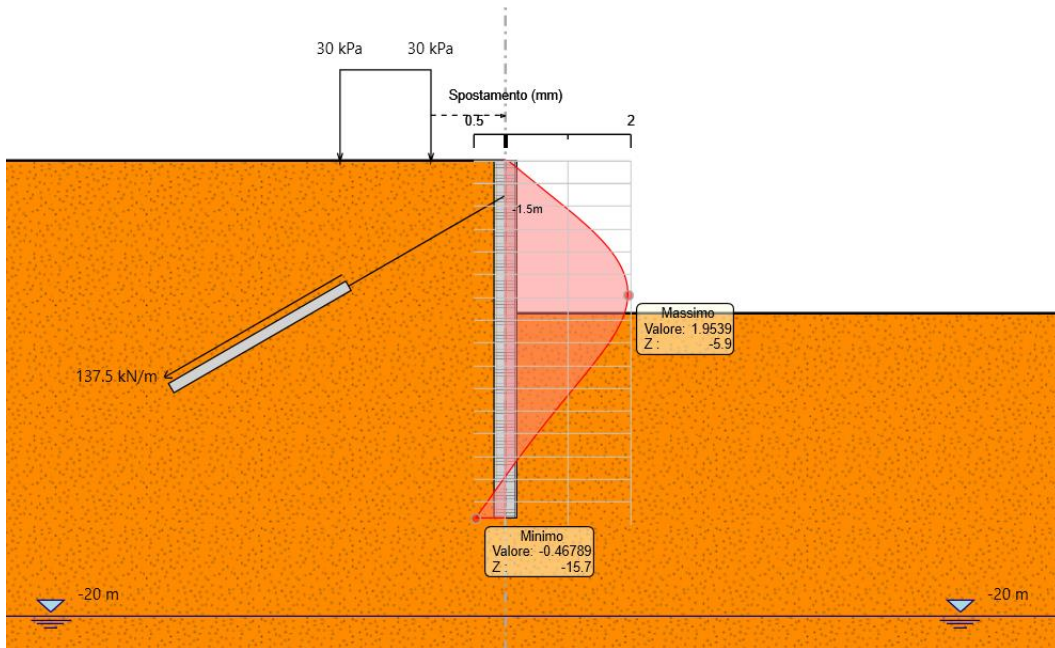


Figura 18 Involuppo spostamenti allo SLE.  $|u_{max}|=1.95\text{mm}$

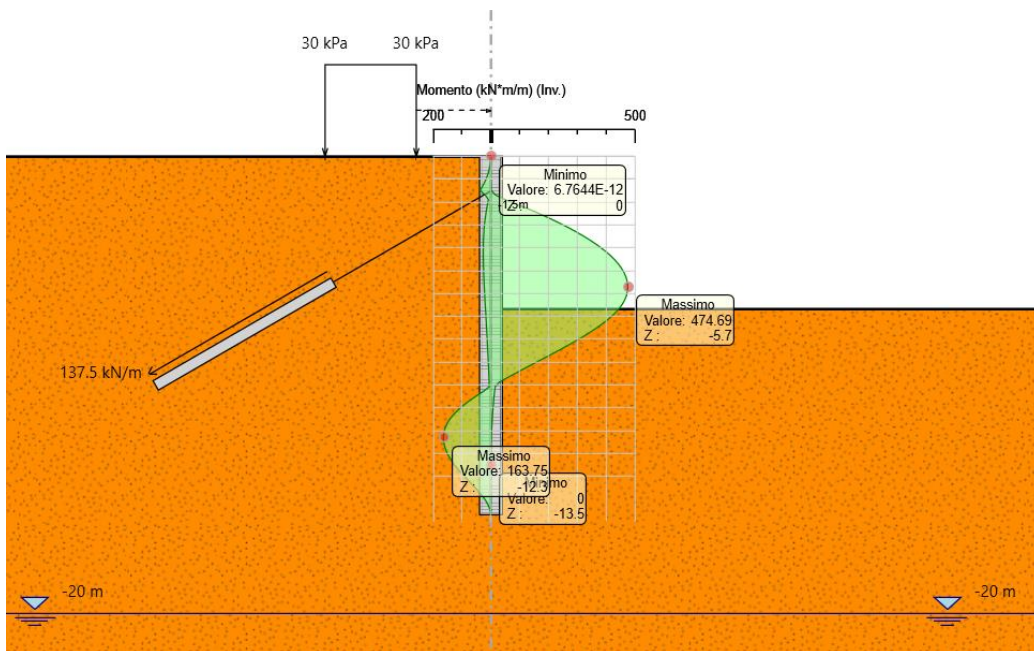


Figura 19 Involuppo momento flettente

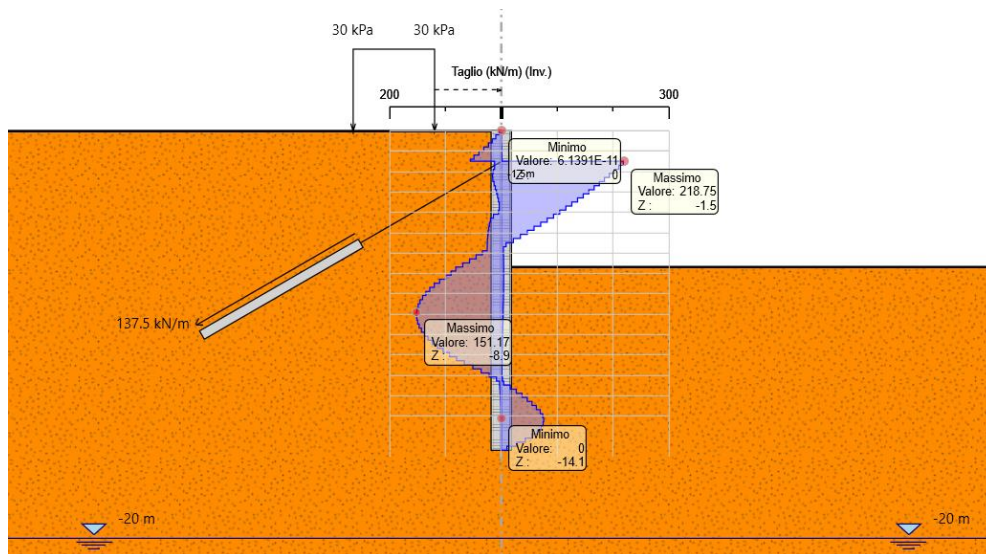


Figura 20 Involuppo taglio

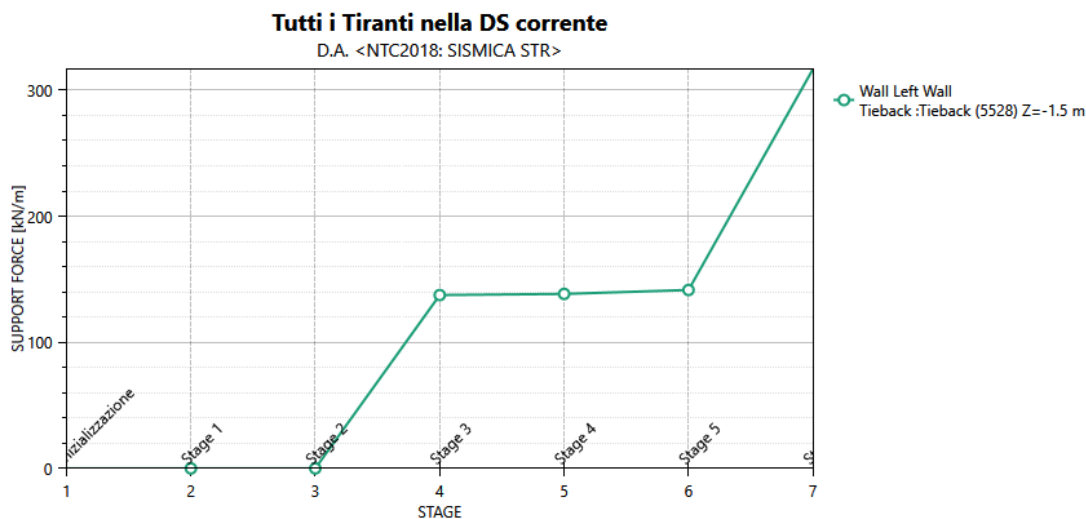
### 8.2.4 Verifiche strutturali dei tiranti

Nel seguito viene presentata la verifica strutturale dei tiranti.

La lunghezza libera del tirante inclinato è definita in modo tale da posizionare il tratto iniettato (iniezione tipo IRS) fuori dal cuneo di spinta. La resistenza geotecnica del tirante è calcolata secondo il metodo di Bustamante e Doix. Nel calcolo sono stati considerati i seguenti parametri:

$\alpha = 1.4$  (Iniezione IRS)

$\tau = 220$  kPa (Iniezione IRS)



Nella seguente tabella si riporta il resoconto delle verifiche strutturali e geotecniche.

Tirante	Sollecitazione [kN]	Resistenza GEO [kN]	Resistenza STR [kN]	Sfruttamento GEO	Sfruttamento STR
N.1	760.27	2177.10	773.77	0.349	0.983

### 8.2.5 Verifica delle travi di ripartizione

I tiranti sono previsti con interasse trasversale pari a 2.40 m. Per tale ragione, si rende necessario il dimensionamento di una trave di ripartizione, avente la funzione di ripartire lo sforzo assiale dei tiranti su tutti i pali costituenti la paratia.

Nella fattispecie il cordolo in c.a. di H.1,70 x L.1,50 funge da trave di ripartizione, esso presenta un'armatura longitudinale pari a 10 $\phi$ 26 e trasversale Spirale a 2 bracci  $\phi$ 14 con passo 20cm.

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sulla trave di ripartizione è stato effettuato considerando lo schema di trave su più appoggi e considerando agente un carico uniforme pari allo sforzo normale del tirante distribuito lungo l'interasse. Da tale schema sono state ottenute le seguenti sollecitazioni:

$$M_{\max} = q \cdot l^2/10 = 182,47 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{\max} = q \cdot l/2 = 380,14 \text{ KN}$$

#### Verifica a flessione

Verifica C.A. S.L.U. - File: VERIFICHE SEZIONE

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	170	150	1	26,55	7
			2	26,55	143

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 182,47 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -1.476 kN m

Materiali

B450C		C32/40	
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3,5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm²	$f_{cd}$	18,13
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0,8 ?
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12,25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0,7333
		$\tau_{c1}$	2,114

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

$\sigma_c$  -18,13 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  2,826 ‰  
 $\epsilon_s$  67,5 ‰  
 d 143 cm  
 x 5,746 x/d 0,04018  
 $\delta$  0,7

#### Verifica a taglio

SEZIONE CLS			ARMATURA A TAGLIO					CALCOLO DEI TAGLI RESISTENTI			
h	d	b	$\phi_{legat}$	Bracci	$A_\phi$	$A_{sw}$	S	$V_{ed}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	FS
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm²]	[mm²]	[mm]	[kN]	[kN]	[kN]	
1500	1430	1700	14	2	154	308	200,0	380	861,4	11434	2,27



### 8.2.6 Verifiche strutturali pali della paratia

La verifica strutturale del palo è stata eseguita direttamente dal programma PARATIE PLUS 20 con le armature precedentemente indicate (armatura longitudinale: 20Ø26mm, armatura a taglio: Spirale 2 bracci Ø14mm a passo 15cm) e le massime sollecitazioni derivanti dal calcolo. Di seguito, sono riportate le verifiche allo SLV: 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.

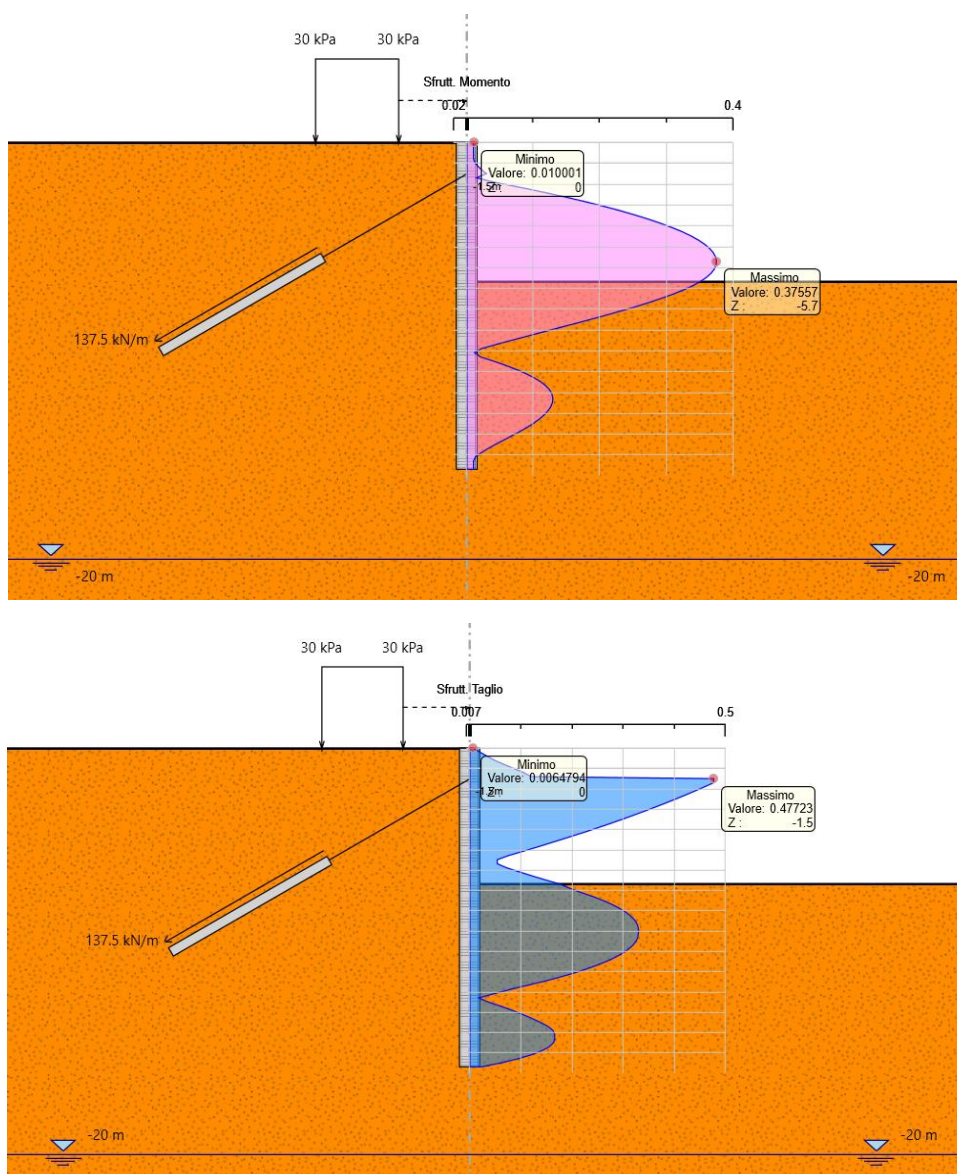
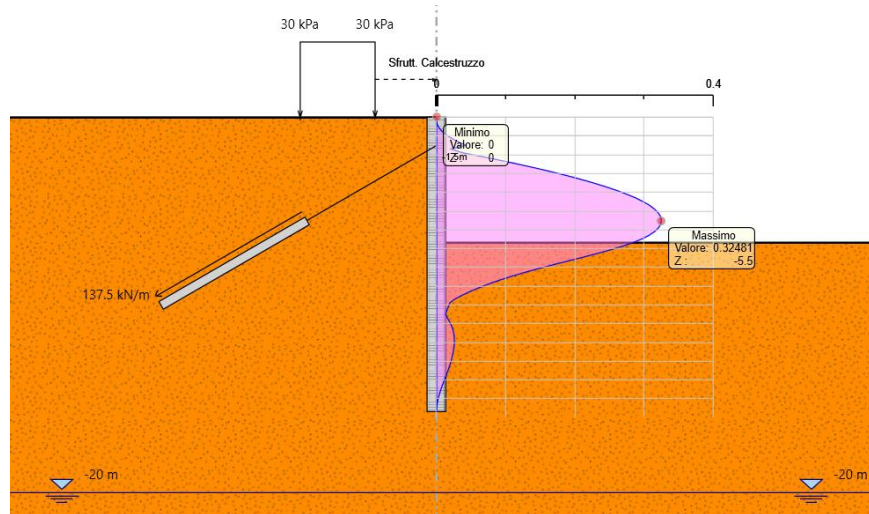
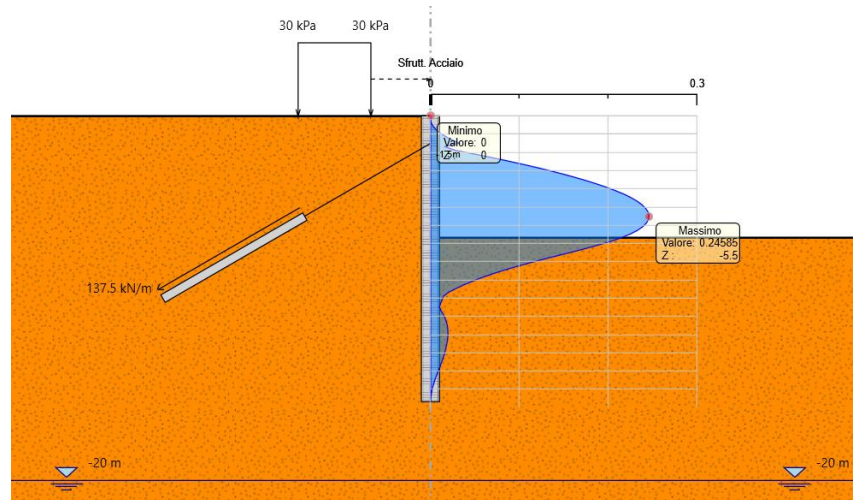


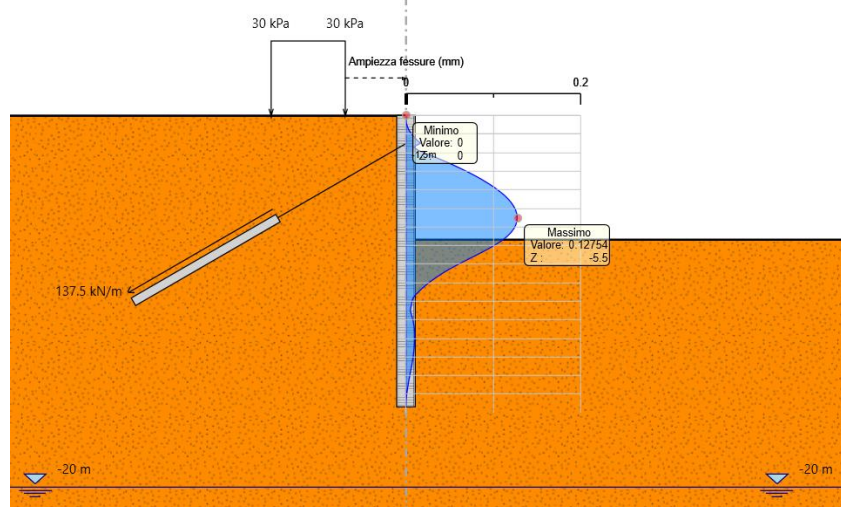
Figura 21 Verifica strutturale palo SLU



**Figura 22** Verifica tensioni di esercizio nel calcestruzzo



**Figura 23** Verifica tensioni di esercizio nell'acciaio



**Figura 24** Verifica a fessurazione SLE

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

### 9.1 Sezione B-B

**PARATIE** plus™

#### *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\RAMPA E - EX LIBERA - TIR\MARCO\rampa bidirezionale\_sez.B\_Tir30grad.pplus

Data: 06/05/2021 16:14:24

Design Section: Base Design Section

Mandataria



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

## Sommario

### Contenuto Sommario

### ***Descrizione del Software***

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



### Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 4.2 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c$	$c'$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	kPa	kPa									kPa			kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
1	S-SABBIE MEDIE SABBIE GHIAIOSE	19	19	35		0			Constant	35000	56000											



### **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : 1.7 m

Quota di fondo : -12.5 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 14.2 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 1.7 m

Barre 1

Numero di barre : 18

Diametro : 0.02 m

Distanza dal bordo : 0.081 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.05 m

Diametro : 0.012 m

Lunghezza : 14.2 m

Quota iniziale : 1.7 m

Passo : 0.2 m

Sezione : Pali D1000

Area equivalente : 0.654498469497874 m

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

Materiale calcestruzzo : C28/35

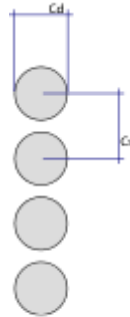
Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.2 m

Diametro : 1 m

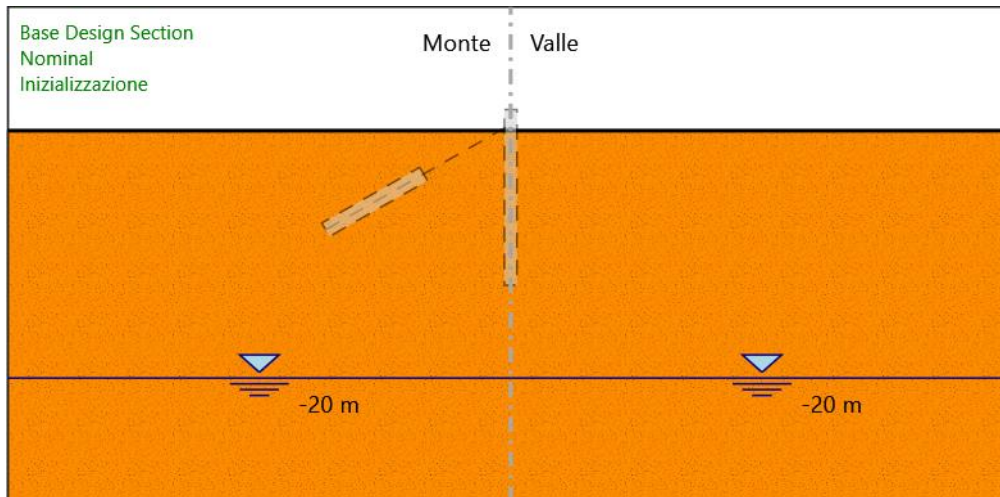
Efficacia : 1





## Fasi di Calcolo

### 4.1. Inizializzazione



#### Inizializzazione

##### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

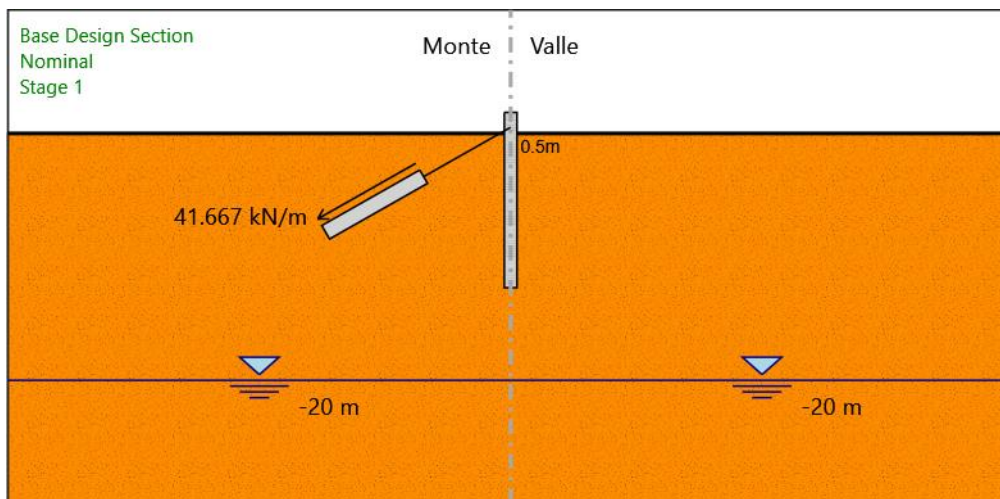
0 m

##### Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

## 4.2. Stage 1



### Stage 1

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

#### Elementi strutturali

##### Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 1.7 m

Quota di fondo : -12.5 m

Sezione : Pali D1000



Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : 0.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 100 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

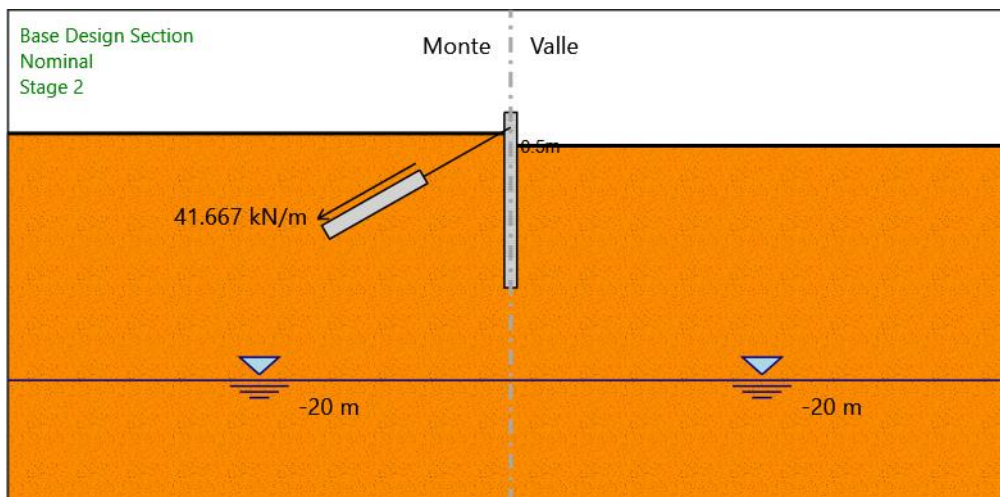
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

### 4.3. Stage 2



#### Stage 2

##### Scavo

###### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-1 m

##### Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

##### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 1.7 m

Quota di fondo : -12.5 m

Sezione : Pali D1000



Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : 0.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 100 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

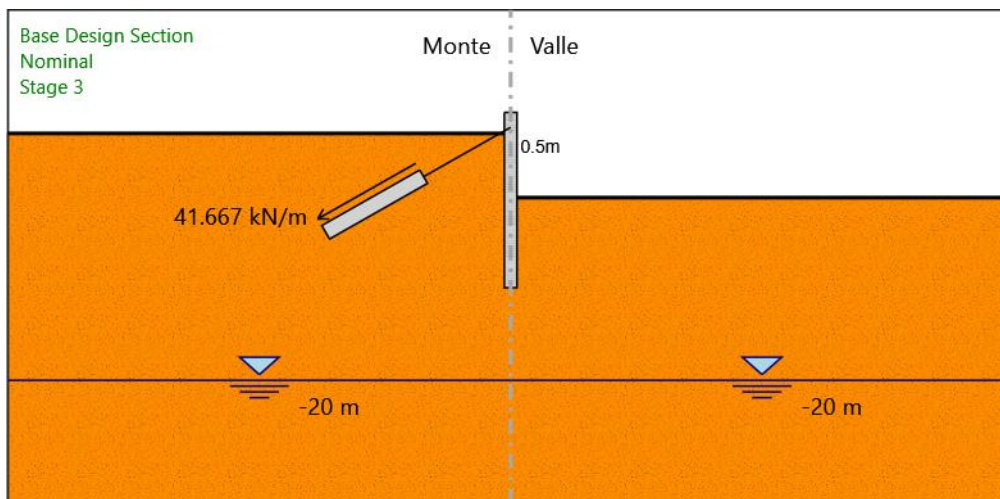
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

#### 4.4. Stage 3



#### Stage 3

##### Scavo

###### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.2 m

##### Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

##### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 1.7 m

Quota di fondo : -12.5 m

Sezione : Pali D1000





Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : 0.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 100 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

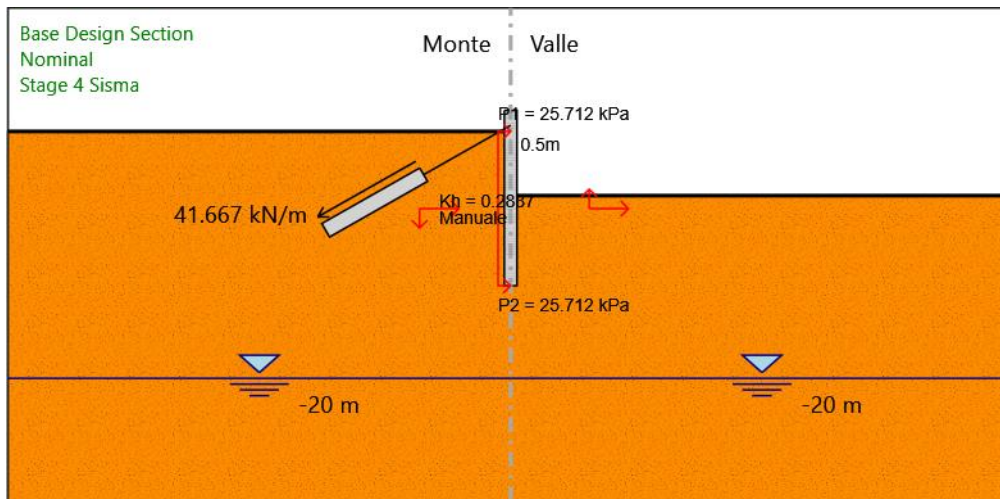
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

## 4.5. Stage 4 Sisma



Stage 4 Sisma

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5.2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-5.2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 1.7 m

Quota di fondo : -12.5 m

Sezione : Pali D1000



Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : 0.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 100 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

### 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 (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Lato (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_ GDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_HYD_ GDStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_HYD_ GDStab)
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: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	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_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (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 permanententi (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

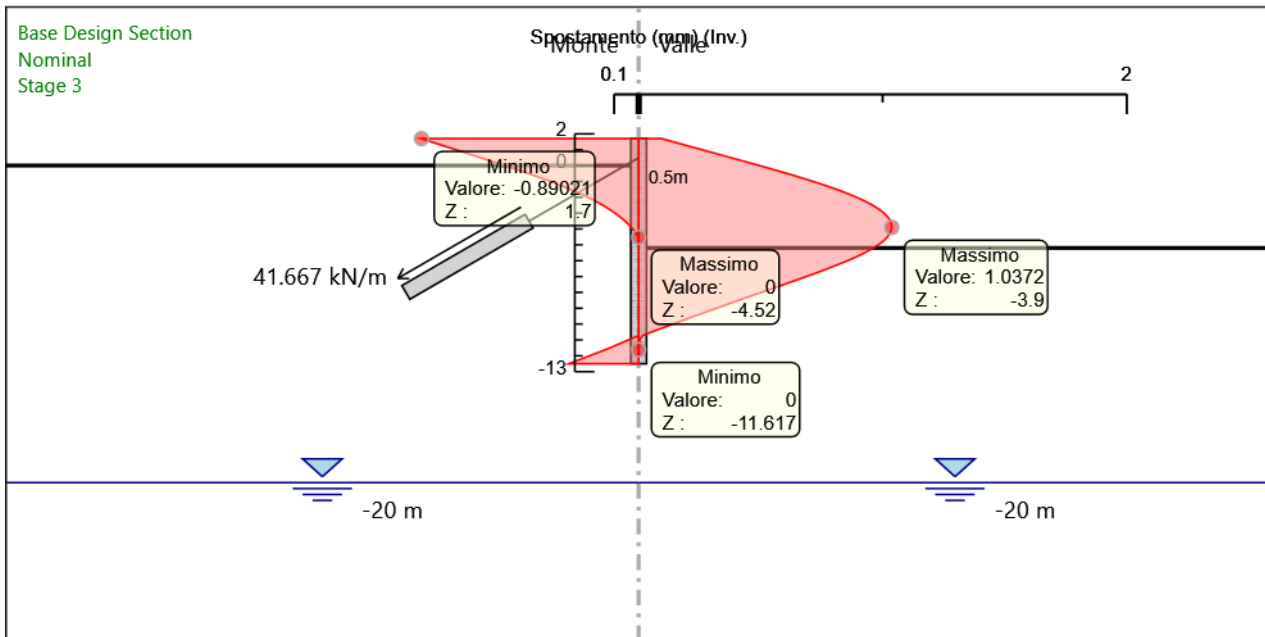


## 5. Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

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

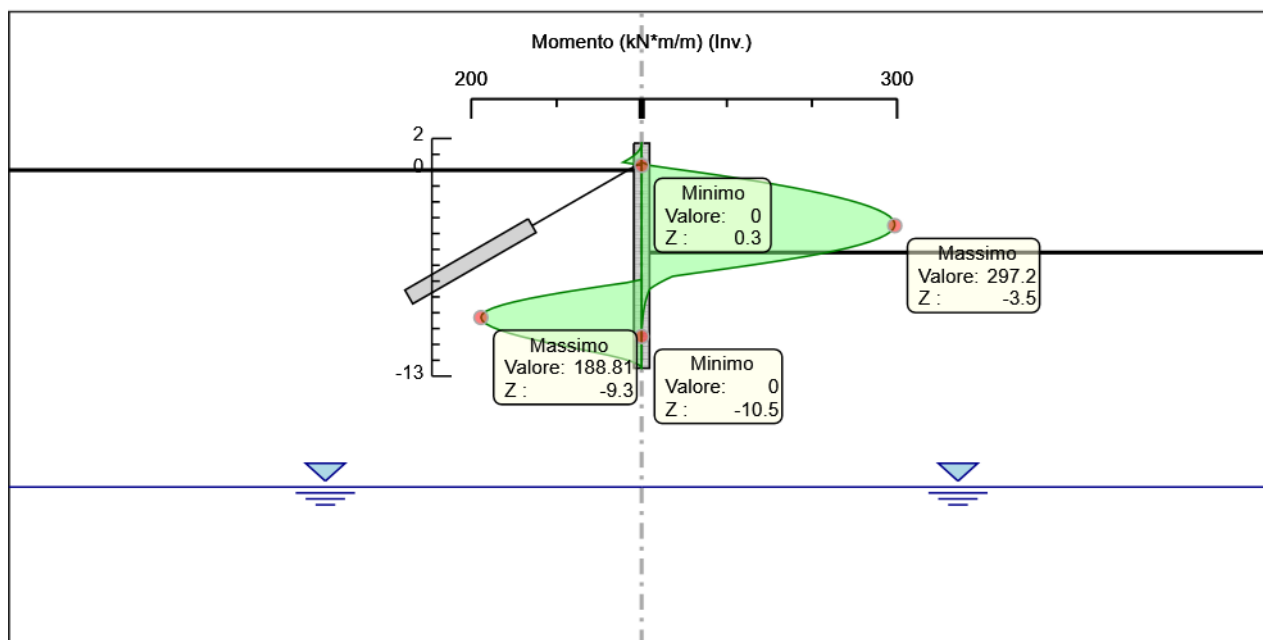
**Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)**

**5.1. Grafico Inviluppi Spostamento**



Spostamento

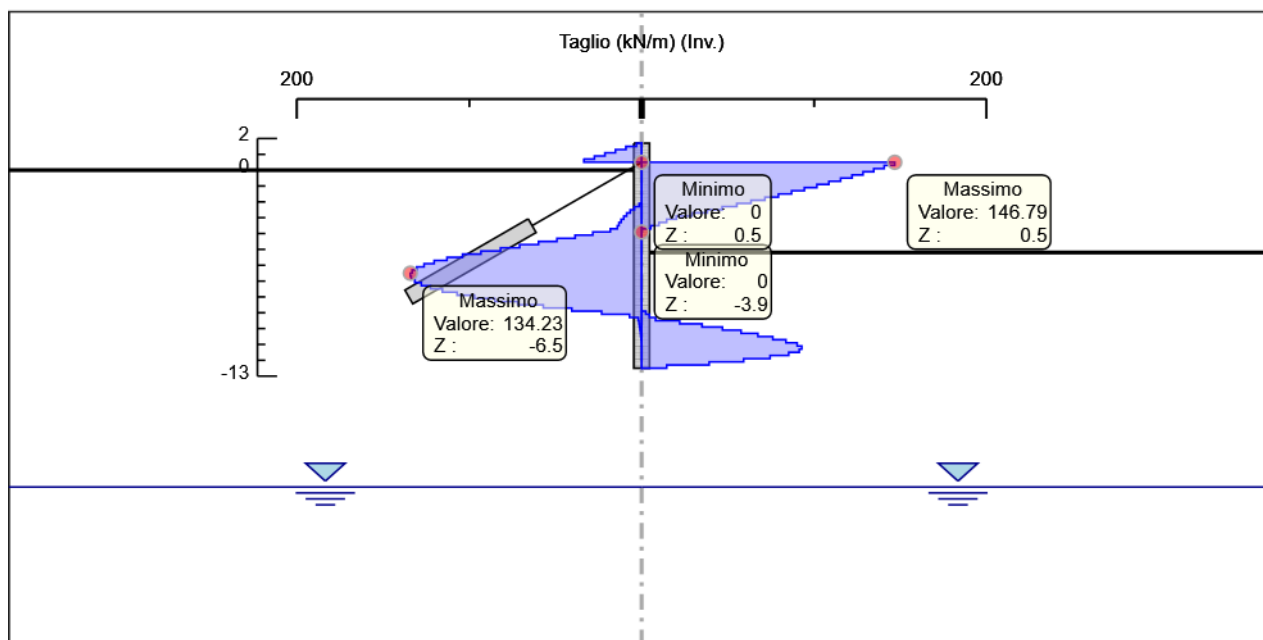
## 5.2. Grafico Involuppi Momento



Momento



### 5.3. Grafico Involuppi Taglio



Taglio

## 5.4. Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 4 Sisma	Left Wall	LEFT	14.87
NTC2018: SISMICA STR	Stage 4 Sisma	Left Wall	RIGHT	61.63

## 5.5. Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %
NTC2018: SISMICA STR	Stage 4	Sisma Left Wall	LEFT	122.89
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	RIGHT	169.95

***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	Sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO						

## 6.2. Risultati Caver

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

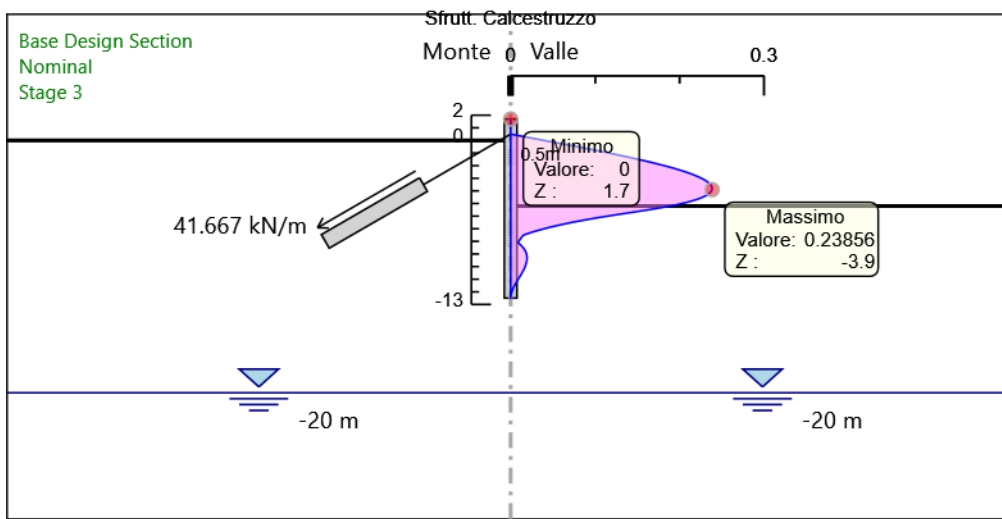
Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver
1.7	0
1.5	0
1.3	0
1.1	0
0.9	0
0.7	0
0.5	0
0.3	0.016
0.1	0.032
-0.1	0.048
-0.3	0.064
-0.5	0.079
-0.7	0.094
-0.9	0.109
-1.1	0.124
-1.3	0.138
-1.5	0.151
-1.7	0.164
-1.9	0.176
-2.1	0.188
-2.3	0.198
-2.5	0.207
-2.7	0.216
-2.9	0.223
-3.1	0.229
-3.3	0.234
-3.5	0.237
-3.7	0.239
-3.9	0.239
-4.1	0.237
-4.3	0.233
-4.5	0.227
-4.7	0.22
-4.9	0.209
-5.1	0.196
-5.3	0.181
-5.5	0.163
-5.7	0.144
-5.9	0.124
-6.1	0.105
-6.3	0.088
-6.5	0.072
-6.7	0.058
-6.9	0.045
-7.1	0.034
-7.3	0.024
-7.5	0.015
-7.7	0.013
-7.9	0.011
-8.1	0.009
-8.3	0.012
-8.5	0.015
-8.7	0.017
-8.9	0.018
-9.1	0.019
-9.3	0.019





Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-9.5	0.019	
-9.7	0.019	
-9.9	0.018	
-10.1	0.016	
-10.3	0.015	
-10.5	0.013	
-10.7	0.012	
-10.9	0.01	
-11.1	0.008	
-11.3	0.006	
-11.5	0.005	
-11.7	0.003	
-11.9	0.002	
-12.1	0.001	
-12.3	0	
-12.5	0	

### 6.2.2. Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



Involupi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

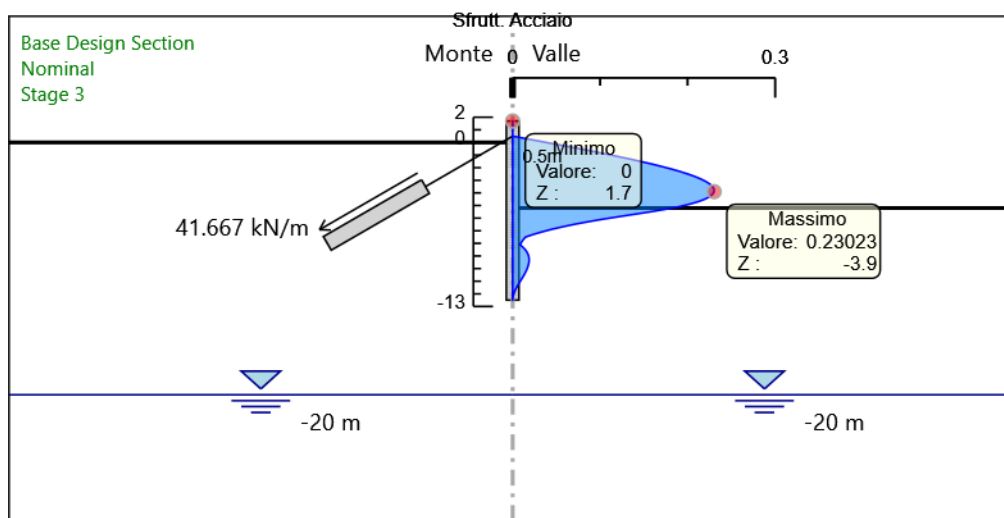
### 6.2.3. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
1.7	0	
1.5	0	
1.3	0	
1.1	0	
0.9	0	
0.7	0	
0.5	0	
0.3	0.015	
0.1	0.031	
-0.1	0.046	
-0.3	0.061	
-0.5	0.076	
-0.7	0.091	
-0.9	0.105	
-1.1	0.119	
-1.3	0.133	
-1.5	0.146	
-1.7	0.158	
-1.9	0.17	
-2.1	0.181	
-2.3	0.191	
-2.5	0.2	
-2.7	0.208	
-2.9	0.215	
-3.1	0.221	
-3.3	0.225	
-3.5	0.229	
-3.7	0.23	
-3.9	0.23	
-4.1	0.229	
-4.3	0.225	
-4.5	0.22	
-4.7	0.212	
-4.9	0.202	
-5.1	0.189	
-5.3	0.174	
-5.5	0.157	
-5.7	0.139	
-5.9	0.12	
-6.1	0.102	
-6.3	0.085	
-6.5	0.07	
-6.7	0.056	
-6.9	0.044	
-7.1	0.033	
-7.3	0.023	
-7.5	0.015	
-7.7	0.012	
-7.9	0.01	
-8.1	0.008	
-8.3	0.012	
-8.5	0.014	
-8.7	0.016	
-8.9	0.018	
-9.1	0.019	
-9.3	0.019	
-9.5	0.019	
-9.7	0.018	
-9.9	0.017	



Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-10.1	0.016	
-10.3	0.015	
-10.5	0.013	
-10.7	0.011	
-10.9	0.01	
-11.1	0.008	
-11.3	0.006	
-11.5	0.004	
-11.7	0.003	
-11.9	0.002	
-12.1	0.001	
-12.3	0	
-12.5	0	

### 6.2.4. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



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

Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
1.7	0
1.5	0
1.3	0
1.1	0
0.9	0
0.7	0
0.5	0
0.3	0.009
0.1	0.019
-0.1	0.028
-0.3	0.037
-0.5	0.046
-0.7	0.055
-0.9	0.064
-1.1	0.072
-1.3	0.08
-1.5	0.088
-1.7	0.096
-1.9	0.103
-2.1	0.109
-2.3	0.115
-2.5	0.121
-2.7	0.126
-2.9	0.13
-3.1	0.134
-3.3	0.136
-3.5	0.138
-3.7	0.139
-3.9	0.139
-4.1	0.138
-4.3	0.136
-4.5	0.133
-4.7	0.128
-4.9	0.122
-5.1	0.114
-5.3	0.105
-5.5	0.095
-5.7	0.084
-5.9	0.072
-6.1	0.061
-6.3	0.051
-6.5	0.042
-6.7	0.034
-6.9	0.026
-7.1	0.02
-7.3	0.014
-7.5	0.009
-7.7	0.007
-7.9	0.006
-8.1	0.005
-8.3	0.007
-8.5	0.009
-8.7	0.01
-8.9	0.011
-9.1	0.011
-9.3	0.011
-9.5	0.011
-9.7	0.011
-9.9	0.01

Mandataria



Mandante

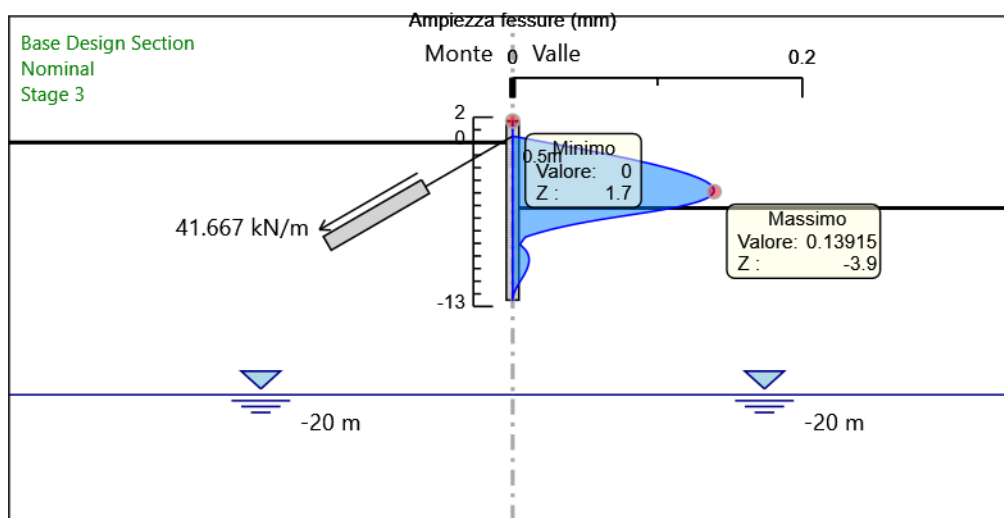


RELAZIONE DI CALCOLO

Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-10.1	0.01	
-10.3	0.009	
-10.5	0.008	
-10.7	0.007	
-10.9	0.006	
-11.1	0.005	
-11.3	0.004	
-11.5	0.003	
-11.7	0.002	
-11.9	0.001	
-12.1	0.001	
-12.3	0	
-12.5	0	



### 6.2.6. Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver



Involuppi  
Apertura Fessure - Caver

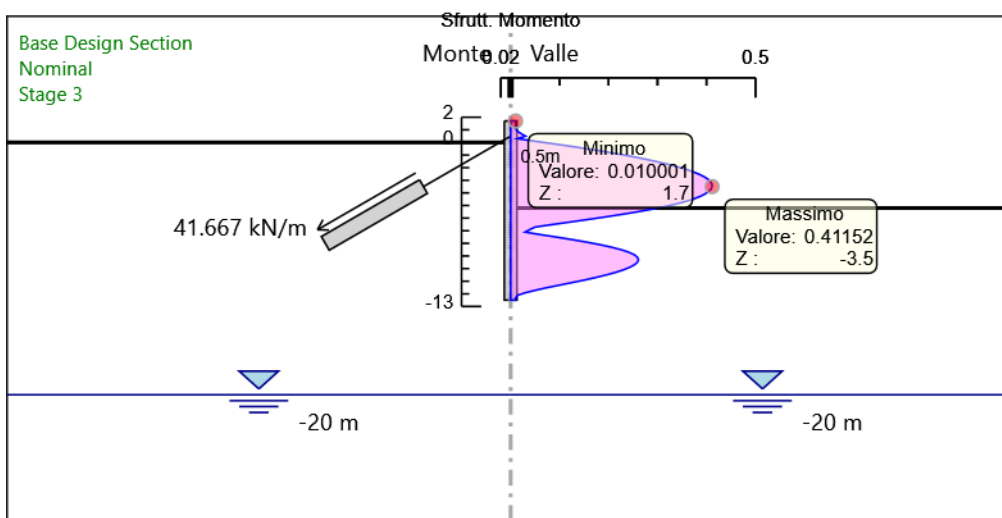
### 6.2.7. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
1.7	0.01	
1.5	0.01	
1.3	0.01	
1.1	0.01	
0.9	0.013	
0.7	0.021	
0.5	0.03	
0.3	0.014	
0.1	0.049	
-0.1	0.087	
-0.3	0.122	
-0.5	0.156	
-0.7	0.188	
-0.9	0.218	
-1.1	0.246	
-1.3	0.272	
-1.5	0.296	
-1.7	0.318	
-1.9	0.338	
-2.1	0.356	
-2.3	0.371	
-2.5	0.384	
-2.7	0.394	
-2.9	0.403	
-3.1	0.408	
-3.3	0.411	
-3.5	0.412	
-3.7	0.409	
-3.9	0.404	
-4.1	0.396	
-4.3	0.386	
-4.5	0.372	
-4.7	0.355	
-4.9	0.336	
-5.1	0.313	
-5.3	0.287	
-5.5	0.259	
-5.7	0.227	
-5.9	0.194	
-6.1	0.159	
-6.3	0.123	
-6.5	0.086	
-6.7	0.05	
-6.9	0.039	
-7.1	0.029	
-7.3	0.06	
-7.5	0.094	
-7.7	0.126	
-7.9	0.155	
-8.1	0.182	
-8.3	0.206	
-8.5	0.226	
-8.7	0.241	
-8.9	0.253	
-9.1	0.259	
-9.3	0.261	
-9.5	0.259	
-9.7	0.253	
-9.9	0.243	



Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-10.1	0.23	
-10.3	0.214	
-10.5	0.195	
-10.7	0.174	
-10.9	0.151	
-11.1	0.126	
-11.3	0.101	
-11.5	0.075	
-11.7	0.052	
-11.9	0.031	
-12.1	0.015	
-12.3	0.01	
-12.5	0.01	

### 6.2.8. Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Cover

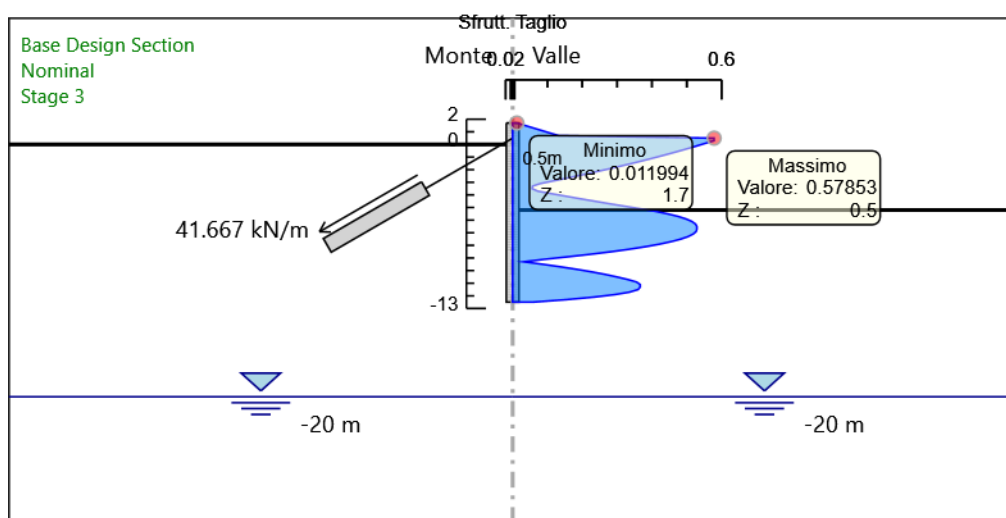
### 6.2.9. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
1.7	0.012	
1.5	0.036	
1.3	0.06	
1.1	0.084	
0.9	0.108	
0.7	0.132	
0.5	0.579	
0.3	0.579	
0.1	0.555	
-0.1	0.531	
-0.3	0.506	
-0.5	0.481	
-0.7	0.455	
-0.9	0.428	
-1.1	0.4	
-1.3	0.372	
-1.5	0.343	
-1.7	0.313	
-1.9	0.282	
-2.1	0.25	
-2.3	0.218	
-2.5	0.184	
-2.7	0.15	
-2.9	0.115	
-3.1	0.079	
-3.3	0.057	
-3.5	0.056	
-3.7	0.072	
-3.9	0.112	
-4.1	0.152	
-4.3	0.194	
-4.5	0.236	
-4.7	0.279	
-4.9	0.323	
-5.1	0.368	
-5.3	0.409	
-5.5	0.445	
-5.7	0.474	
-5.9	0.498	
-6.1	0.514	
-6.3	0.525	
-6.5	0.529	
-6.7	0.529	
-6.9	0.527	
-7.1	0.519	
-7.3	0.504	
-7.5	0.483	
-7.7	0.456	
-7.9	0.422	
-8.1	0.382	
-8.3	0.336	
-8.5	0.284	
-8.7	0.225	
-8.9	0.16	
-9.1	0.092	
-9.3	0.032	
-9.5	0.087	
-9.7	0.138	
-9.9	0.185	



Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-10.1	0.227	
-10.3	0.266	
-10.5	0.3	
-10.7	0.33	
-10.9	0.356	
-11.1	0.366	
-11.3	0.366	
-11.5	0.36	
-11.7	0.336	
-11.9	0.294	
-12.1	0.233	
-12.3	0.154	
-12.5	0.057	

### 6.2.10. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



### 6.2.11. Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 1	100.008	2177.124	773.767	0.046	0.129		NO
Tieback	Stage 2	100.117	2177.124	773.767	0.046	0.129		NO
Tieback	Stage 3	105.805	2177.124	773.767	0.049	0.137		NO
Tieback	Stage 4 Sisma	106.149	2177.124	773.767	0.049	0.137		NO

### 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
Tieback	Stage 1	130.01	1036.726	773.767	0.125	0.168		NO
Tieback	Stage 2	130.152	1036.726	773.767	0.126	0.168		NO
Tieback	Stage 3	137.547	1036.726	773.767	0.133	0.178		NO
Tieback	Stage 4 Sisma	137.993	1036.726	773.767	0.133	0.178		NO

### 6.2.13. Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption:		Tipo Risultato:			NTC2018			
NTC2018: A2+M2+R1		Verifiche Tiranti			(ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 1	100.008	1036.726	773.767	0.096	0.129		NO
Tieback	Stage 2	100.156	1036.726	773.767	0.097	0.129		NO
Tieback	Stage 3	107.402	1036.726	773.767	0.104	0.139		NO
Tieback	Stage 4 Sisma	118.182	1036.726	773.767	0.114	0.153		NO

### 6.2.14. Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption:	Tipo Risultato:	NTC2018					
NTC2018: SISMICA STR	Verifiche Tiranti	(ITA)					
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 1	100.008	1036.726	773.767	0.096	0.129	NO
Tieback	Stage 2	100.117	1036.726	773.767	0.097	0.129	NO
Tieback	Stage 3	105.805	1036.726	773.767	0.102	0.137	NO
Tieback	Stage 4 Sisma	516.449	1036.726	773.767	0.498	0.667	NO

### 6.2.15. Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

Design Assumption:	Tipo Risultato:	NTC2018						
NTC2018: SISMICA GEO	Verifiche Tiranti					(ITA)		
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 1	100.008	1036.726	773.767	0.096	0.129		NO
Tieback	Stage 2	100.117	1036.726	773.767	0.097	0.129		NO
Tieback	Stage 3	105.805	1036.726	773.767	0.102	0.137		NO
Tieback	Stage 4 Sisma	516.449	1036.726	773.767	0.498	0.667		NO



### 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

## 9.2 Sezione C-C

PARATIE *plus*<sup>TM</sup>

### *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\RAMPA E - TIR\MARCO\BIDIR\_RAMPA E TIR-v01.pplus

Data: 06/05/2021 16:29:13

Design Section: Base Design Section



Mandataria



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

## Sommario

### Contenuto Sommario

### ***Descrizione del Software***

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



### Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 4.2 m

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c_v$	$\phi_p$	$c'$	Su	Modulo Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	°	°	kPa	kPa			kPa	kPa			kPa		kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	SL	19	19	30				0		Constant		30000	45000									



### **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15.7 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 15.7 m

Materiale : B450C

Quota iniziale : 0 m

Barre 1

Numero di barre : 20

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.08 m

Staffe 1

Numero di staffe : 2

Copertura : 0.05 m

Diametro : 0.014 m

Lunghezza : 15.7 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.15 m

Sezione : Pali D1000

Area equivalente : 0.654498469497874 m

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

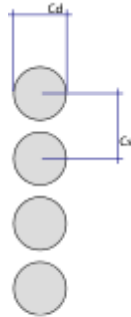
Materiale calcestruzzo : C28/35

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.2 m

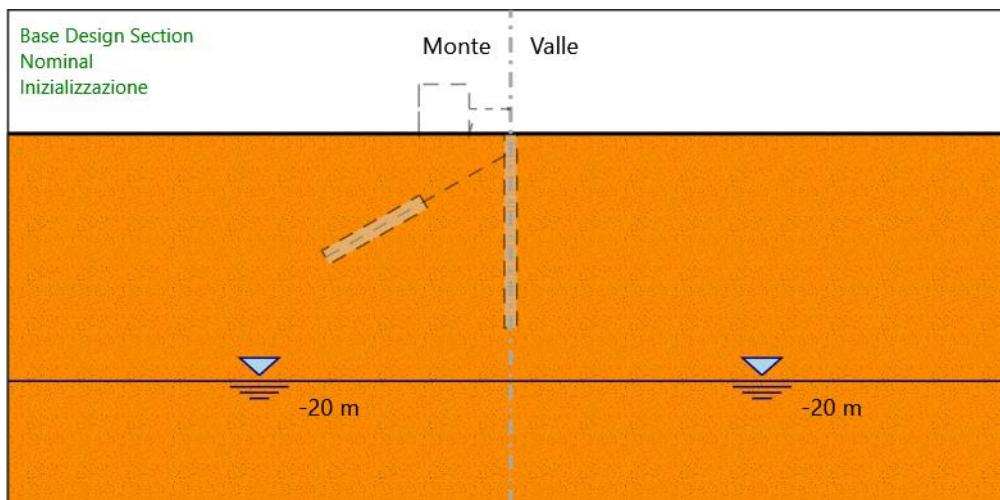
Diametro : 1 m

Efficacia : 1



## Fasi di Calcolo

### 4.1. Inizializzazione



#### Inizializzazione

##### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

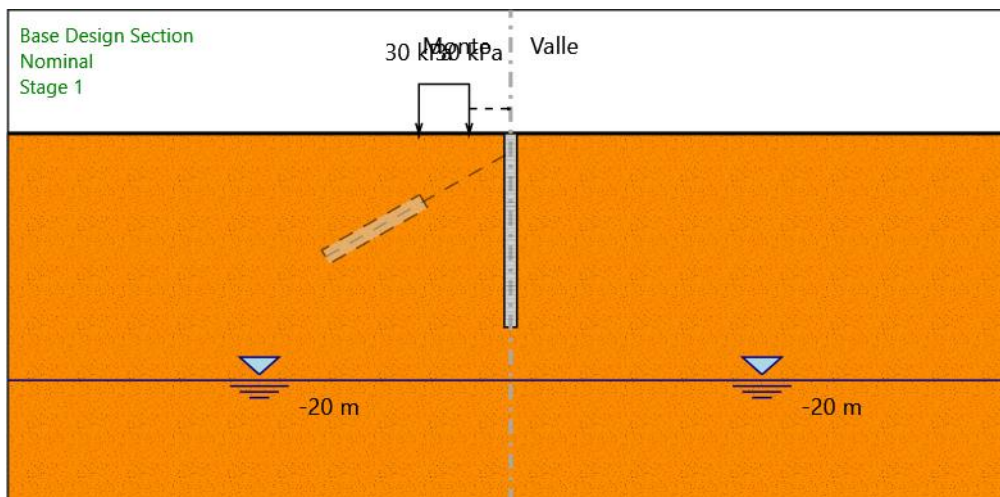
0 m

##### Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

## 4.2. Stage 1



### Stage 1

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -7.3 m

X finale : -3.3 m

Pressione iniziale : 30 kPa



Mandataria



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

Pressione finale : 30 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

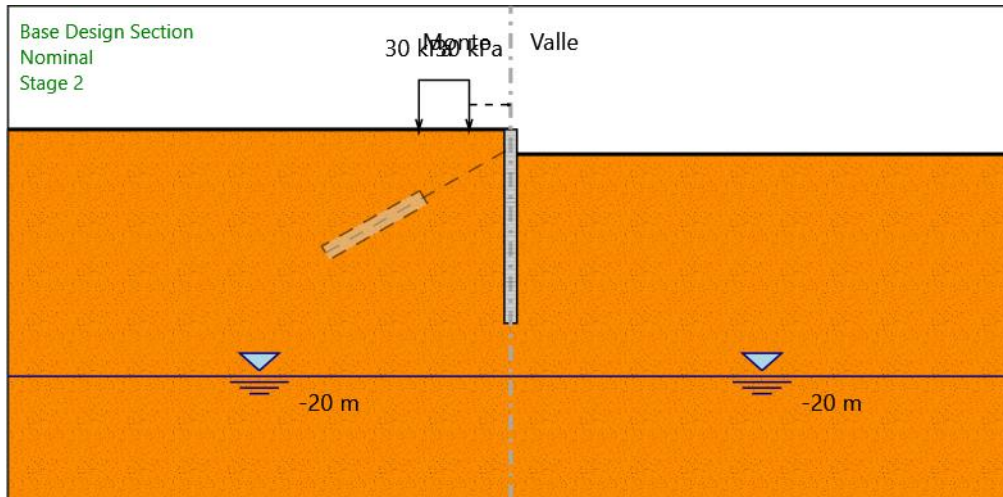
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15.7 m

Sezione : Pali D1000

### 4.3. Stage 2



#### Stage 2

##### Scavo

###### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

##### Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

##### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -7.3 m

X finale : -3.3 m

Pressione iniziale : 30 kPa

Mandataria



Mandante



RELAZIONE DI CALCOLO

Pressione finale : 30 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

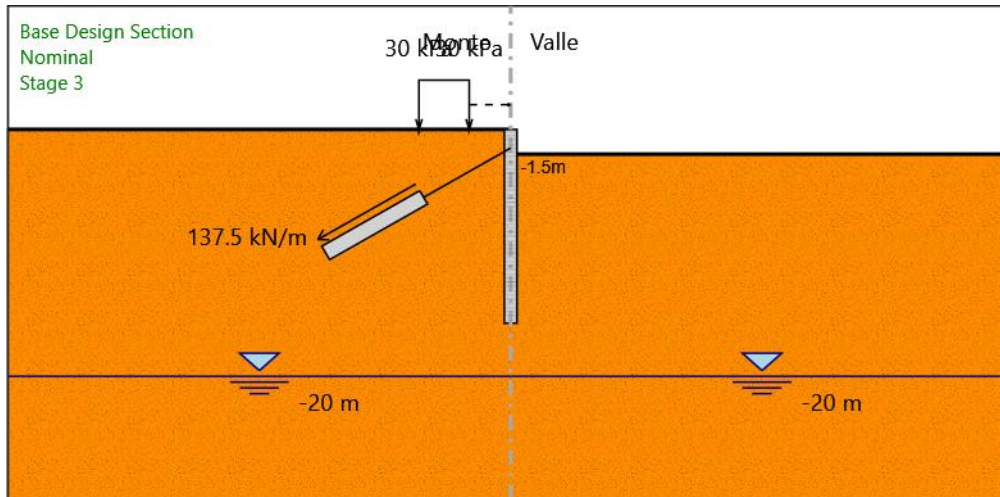
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15.7 m

Sezione : Pali D1000

#### 4.4. Stage 3



Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -7.3 m

X finale : -3.3 m

Pressione iniziale : 30 kPa



Pressione finale : 30 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15.7 m

Sezione : Pali D1000

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 330 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

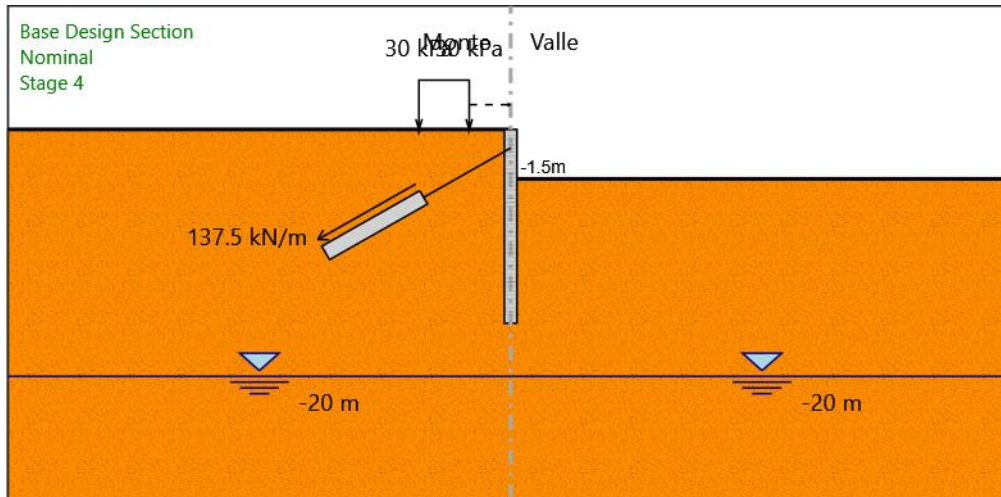
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

## 4.5. Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-4 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -7.3 m

X finale : -3.3 m

Pressione iniziale : 30 kPa



Pressione finale : 30 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15.7 m

Sezione : Pali D1000

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 330 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

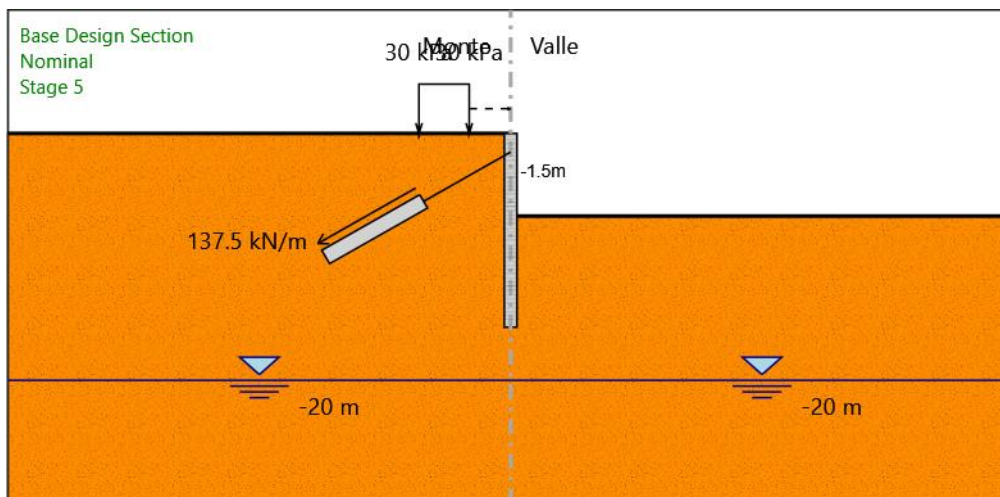
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

## 4.6. Stage 5



Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -7.3 m

X finale : -3.3 m

Pressione iniziale : 30 kPa





Pressione finale : 30 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15.7 m

Sezione : Pali D1000

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 330 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

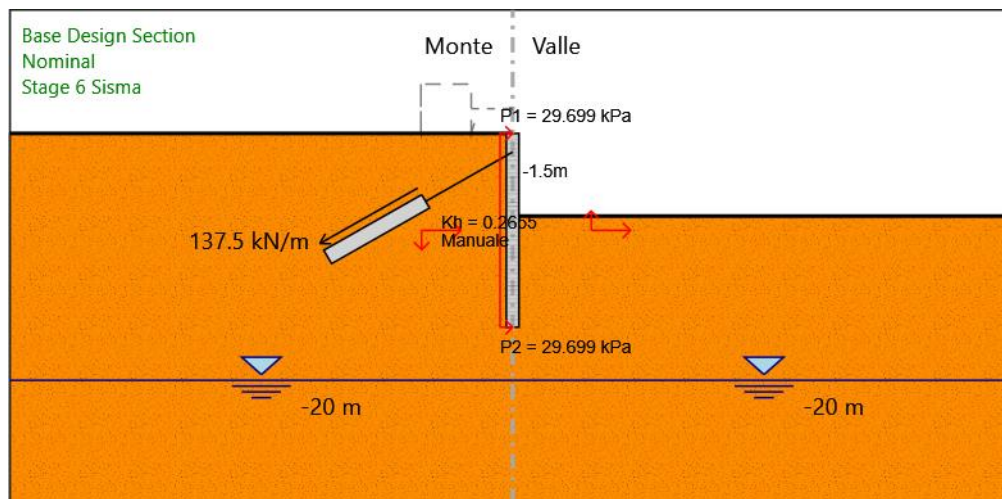
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

## 4.7. Stage 6 Sisma



Stage 6 Sisma

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -20 m

Falda di destra : -20 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m



Quota di fondo : -15.7 m

Sezione : Pali D1000

Tirante : Tieback

X : 0 m

Z : -1.5 m

Lunghezza bulbo : 9 m

Diametro bulbo : 0.25 m

Lunghezza libera : 8 m

Spaziatura orizzontale : 2.4 m

Precarico : 330 kN

Angolo : 30 °

Sezione : 4 strands

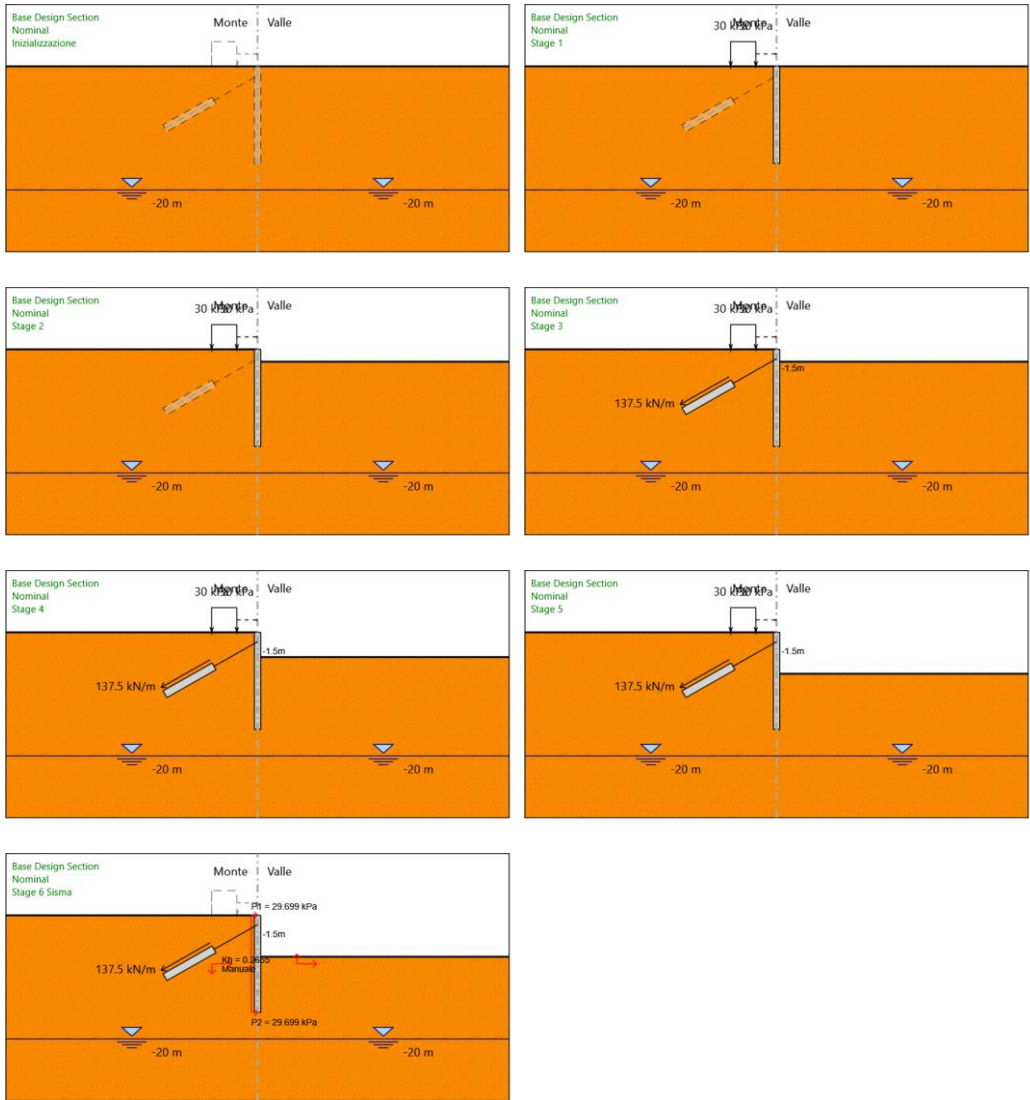
Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 4

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000556 m<sup>2</sup>

### 4.8. Tabella Configurazione Stage (Nominal)



### 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 (F_Wat erDR)	Pressio ni Acqua Lato (F_Wat erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_ GStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_ GStab)	Carichi Variabili Destabili zzanti (F_UPL_ QDStab)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_HYD_ GStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_HYD_ GStab)	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: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	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_cohe)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (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 permanententi (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	Stage 5	Stage 6	Sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO								

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

### 5.1. Tabella Inviluppi Spostamento Left Wall

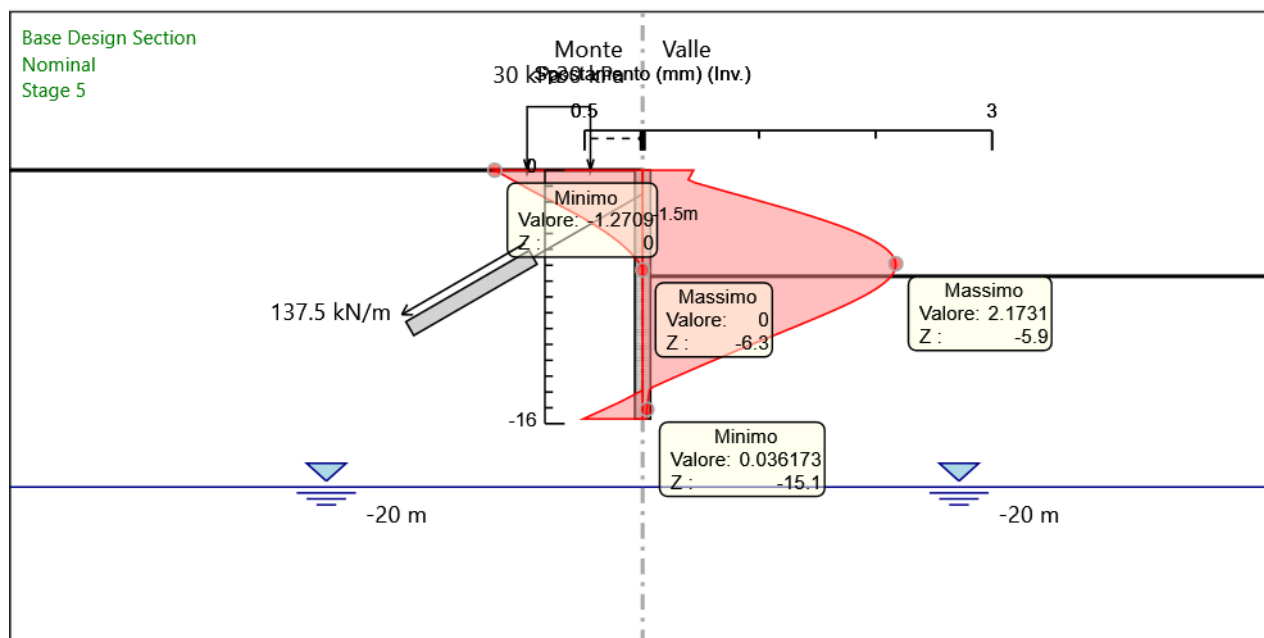
Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
0	-1.271	0.436
-0.2	-1.222	0.421
-0.4	-1.173	0.406
-0.6	-1.123	0.391
-0.8	-1.074	0.453
-1	-1.025	0.549
-1.2	-0.975	0.646
-1.4	-0.925	0.742
-1.5	-0.899	0.791
-1.7	-0.848	0.888
-1.9	-0.796	0.985
-2.1	-0.744	1.081
-2.3	-0.693	1.176
-2.5	-0.642	1.269
-2.7	-0.592	1.36
-2.9	-0.543	1.447
-3.1	-0.495	1.532
-3.3	-0.449	1.613
-3.5	-0.405	1.689
-3.7	-0.362	1.761
-3.9	-0.321	1.828
-4.1	-0.282	1.89
-4.3	-0.246	1.946
-4.5	-0.211	1.997
-4.7	-0.178	2.041
-4.9	-0.148	2.079
-5.1	-0.119	2.111
-5.3	-0.092	2.136
-5.5	-0.068	2.155
-5.7	-0.045	2.167
-5.9	-0.024	2.173
-6.1	-0.005	2.172
-6.3	0	2.165
-6.5	0	2.152
-6.7	0	2.132
-6.9	0	2.107
-7.1	0	2.077
-7.3	0	2.041
-7.5	0	2.001
-7.7	0	1.957
-7.9	0	1.909
-8.1	0	1.857
-8.3	0	1.803
-8.5	0	1.746
-8.7	0	1.686
-8.9	0	1.625
-9.1	0	1.563
-9.3	0	1.499
-9.5	0	1.434
-9.7	0	1.369
-9.9	0	1.303
-10.1	0	1.236
-10.3	0	1.17
-10.5	0	1.103
-10.7	0	1.036
-10.9	0	0.97



Selected Design Assumptions Inviluppi: Spostamento Muro: LEFT		
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-11.1	0	0.904
-11.3	0	0.838
-11.5	0	0.773
-11.7	0	0.708
-11.9	0	0.643
-12.1	0	0.579
-12.3	0	0.516
-12.5	0	0.453
-12.7	0	0.391
-12.9	0	0.329
-13.1	0	0.267
-13.3	0	0.206
-13.5	0	0.145
-13.7	0	0.085
-13.9	-0.004	0.056
-14.1	-0.056	0.052
-14.3	-0.108	0.049
-14.5	-0.159	0.045
-14.7	-0.214	0.042
-14.9	-0.273	0.039
-15.1	-0.332	0.036
-15.3	-0.392	0.036
-15.5	-0.451	0.036
-15.7	-0.51	0.037



### 5.2. Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

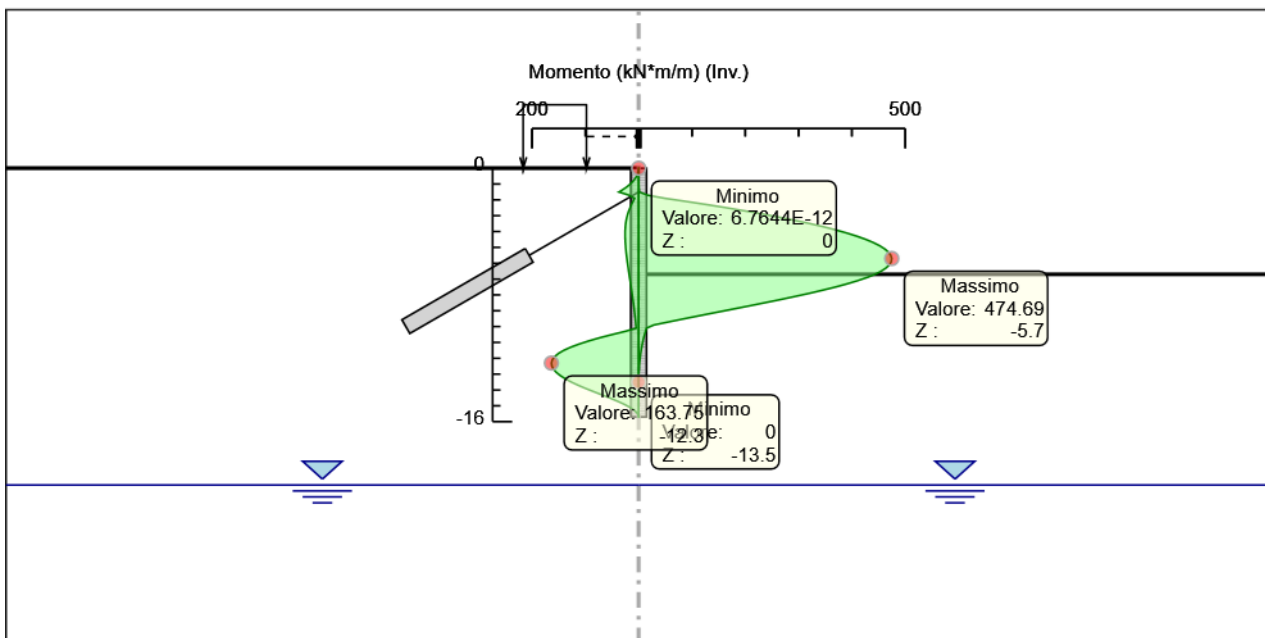
### 5.3. Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.594	0
-0.4	2.427	0.024
-0.6	5.548	0.082
-0.8	10.01	0.181
-1	15.862	0.33
-1.2	23.156	0.535
-1.4	31.94	0.803
-1.5	37.136	0.963
-1.7	18.481	16.546
-1.9	7.89	48.971
-2.1	10.691	89.434
-2.3	13.66	128.177
-2.5	16.194	165.15
-2.7	18.663	200.303
-2.9	20.696	233.585
-3.1	22.3	264.944
-3.3	23.525	294.331
-3.5	24.418	321.695
-3.7	25.024	346.985
-3.9	25.384	370.151
-4.1	25.537	391.141
-4.3	25.522	409.906
-4.5	25.362	426.395
-4.7	25.074	440.557
-4.9	24.672	452.341
-5.1	24.17	461.697
-5.3	23.581	468.575
-5.5	22.918	472.923
-5.7	22.191	474.691
-5.9	21.411	473.829
-6.1	20.588	470.286
-6.3	19.731	464.011
-6.5	18.848	454.953
-6.7	17.947	443.062
-6.9	17.034	428.288
-7.1	16.116	410.877
-7.3	15.2	391.074
-7.5	14.291	369.128
-7.7	13.394	345.282
-7.9	12.514	319.786
-8.1	11.656	292.884
-8.3	10.822	264.822
-8.5	10.017	235.849
-8.7	9.241	206.209
-8.9	8.498	176.149
-9.1	7.788	145.915
-9.3	7.114	115.755
-9.5	6.475	85.914
-9.7	5.872	56.638
-9.9	5.306	28.174
-10.1	4.775	14.587
-10.3	25.331	12.762
-10.5	49.88	11.079
-10.7	72.632	9.536
-10.9	93.34	8.128
-11.1	111.757	6.852
-11.3	127.638	5.703



Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-11.5	140.736	4.675
-11.7	150.805	3.764
-11.9	157.89	2.964
-12.1	162.152	2.268
-12.3	163.753	1.671
-12.5	162.853	1.166
-12.7	159.611	0.747
-12.9	154.185	0.407
-13.1	146.733	0.184
-13.3	137.413	0.021
-13.5	126.38	0
-13.7	113.79	0
-13.9	99.799	0
-14.1	84.9	0
-14.3	69.674	0
-14.5	54.641	0
-14.7	40.364	0
-14.9	27.405	0
-15.1	16.328	0
-15.3	7.694	0
-15.5	2.064	0
-15.7	0	0

### 5.4. Grafico Involuppi Momento



Momento

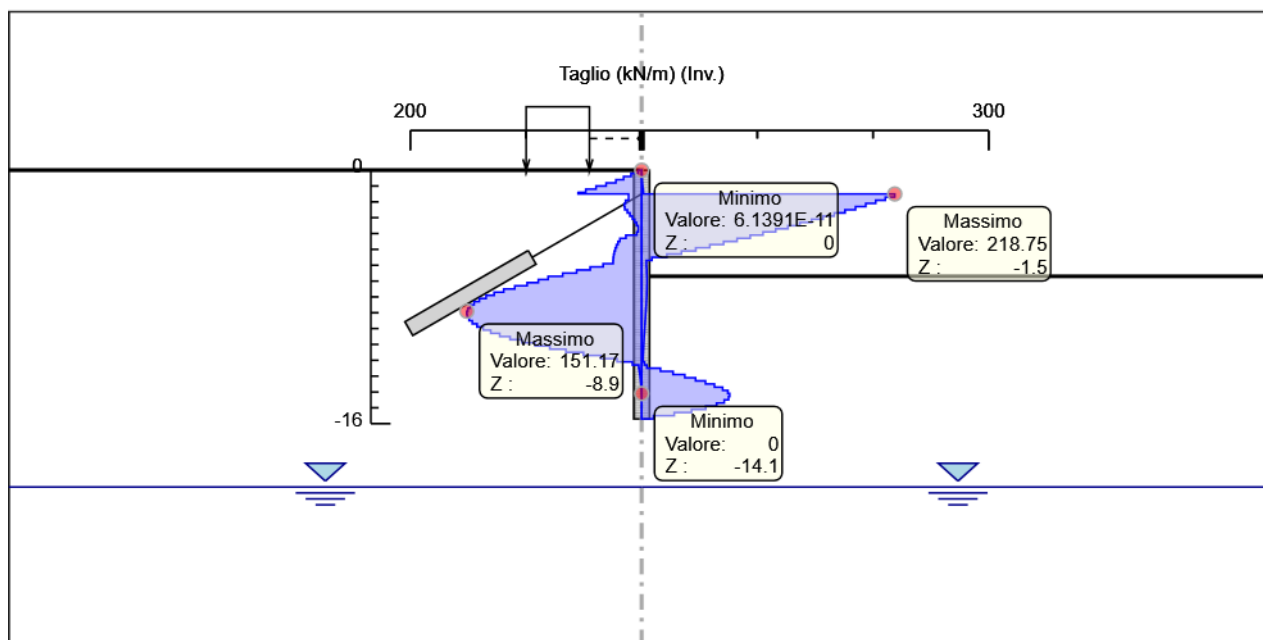
## 5.5. Tabella Inviluppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	2.97	0
-0.2	9.163	0.122
-0.4	15.609	0.288
-0.6	22.308	0.496
-0.8	30.703	0.744
-1	39.473	1.027
-1.2	48.273	1.341
-1.4	54.896	1.597
-1.5	54.896	218.75
-1.7	11.309	218.75
-1.9	14.001	210.659
-2.1	15.092	202.315
-2.3	15.092	193.718
-2.5	14.562	184.867
-2.7	12.345	175.764
-2.9	10.162	166.407
-3.1	8.023	156.797
-3.3	6.124	146.935
-3.5	4.465	136.819
-3.7	3.032	126.45
-3.9	4.256	115.828
-4.1	13.622	104.953
-4.3	18.776	93.825
-4.5	20.444	82.444
-4.7	21.797	70.809
-4.9	22.859	58.922
-5.1	23.656	46.781
-5.3	24.212	34.388
-5.5	24.55	21.741
-5.7	24.693	8.842
-5.9	33.267	4.114
-6.1	44.512	4.285
-6.3	56.175	4.414
-6.5	68.282	4.506
-6.7	80.853	4.565
-6.9	89.344	4.589
-7.1	99.012	4.589
-7.3	109.734	4.581
-7.5	119.225	4.547
-7.7	127.484	4.485
-7.9	134.511	4.399
-8.1	140.306	4.292
-8.3	144.869	4.168
-8.5	148.2	4.028
-8.7	150.3	3.877
-8.9	151.167	3.716
-9.1	151.167	3.547
-9.3	150.803	3.373
-9.5	149.206	3.195
-9.7	146.378	3.014
-9.9	142.318	2.833
-10.1	137.026	2.653
-10.3	130.502	2.475
-10.5	122.747	2.299
-10.7	113.759	2.128
-10.9	103.54	1.961
-11.1	92.088	1.8
-11.3	79.405	1.645



Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-11.5	65.49	1.497
-11.7	50.343	1.355
-11.9	35.424	1.221
-12.1	21.313	2.445
-12.3	8.005	4.501
-12.5	2.525	16.212
-12.7	2.095	27.129
-12.9	1.699	37.258
-13.1	1.335	46.602
-13.3	1.005	55.164
-13.5	0.712	62.947
-13.7	0.456	69.955
-13.9	0.237	74.499
-14.1	0.08	76.129
-14.3	0	76.129
-14.5	0	75.166
-14.7	0	71.386
-14.9	0	64.791
-15.1	0	55.386
-15.3	0	43.172
-15.5	0	28.149
-15.7	0	10.319

### 5.6. Grafico Inviluppi Taglio



Taglio

## 5.7. Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Involuppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva %
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 6 Sisma	Left Wall	LEFT	18.59
NTC2018: SISMICA STR	Stage 6 Sisma	Left Wall	RIGHT	70.46



## 5.8. Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva %	
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 6	Sisma	Left Wall	LEFT	111.11
NTC2018: A2+M2+R1	Inizializzazione	Left Wall	RIGHT		143.27

### ***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	Stage 5	Stage 6	Sisma
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: A2+M2+R1	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA STR	V	V	V	V	V	V	V	V
NTC2018: SISMICA GEO								

## 6.2. Risultati Cover

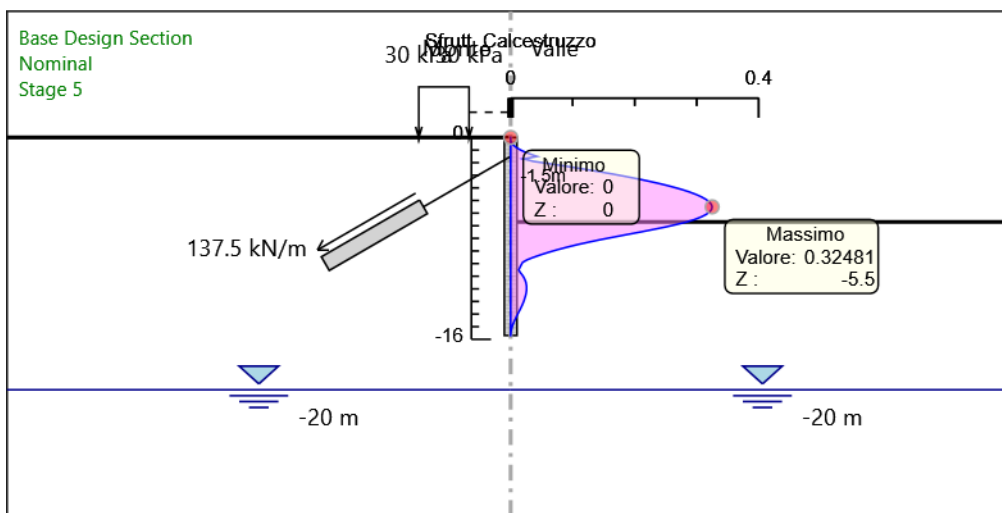
### 6.2.1. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Cover
0	0
-0.2	0
-0.4	0.001
-0.6	0.004
-0.8	0.009
-1	0.016
-1.2	0.025
-1.4	0.036
-1.5	0.043
-1.7	0.021
-1.9	0.037
-2.1	0.065
-2.3	0.092
-2.5	0.117
-2.7	0.141
-2.9	0.165
-3.1	0.186
-3.3	0.207
-3.5	0.226
-3.7	0.244
-3.9	0.26
-4.1	0.274
-4.3	0.287
-4.5	0.298
-4.7	0.307
-4.9	0.315
-5.1	0.32
-5.3	0.324
-5.5	0.325
-5.7	0.324
-5.9	0.321
-6.1	0.315
-6.3	0.307
-6.5	0.297
-6.7	0.283
-6.9	0.268
-7.1	0.249
-7.3	0.23
-7.5	0.209
-7.7	0.187
-7.9	0.166
-8.1	0.145
-8.3	0.125
-8.5	0.107
-8.7	0.091
-8.9	0.075
-9.1	0.061
-9.3	0.048
-9.5	0.037
-9.7	0.026
-9.9	0.019
-10.1	0.017
-10.3	0.015
-10.5	0.013
-10.7	0.015
-10.9	0.019



Involuppi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver	
-11.1		0.021
-11.3		0.023
-11.5		0.025
-11.7		0.025
-11.9		0.026
-12.1		0.026
-12.3		0.025
-12.5		0.024
-12.7		0.023
-12.9		0.022
-13.1		0.02
-13.3		0.018
-13.5		0.017
-13.7		0.015
-13.9		0.012
-14.1		0.01
-14.3		0.008
-14.5		0.006
-14.7		0.005
-14.9		0.003
-15.1		0.002
-15.3		0.001
-15.5		0
-15.7		0

### 6.2.2. Grafico Involupi Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver



Involupi  
Tasso di Sfruttamento Calcestruzzo - Caver

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

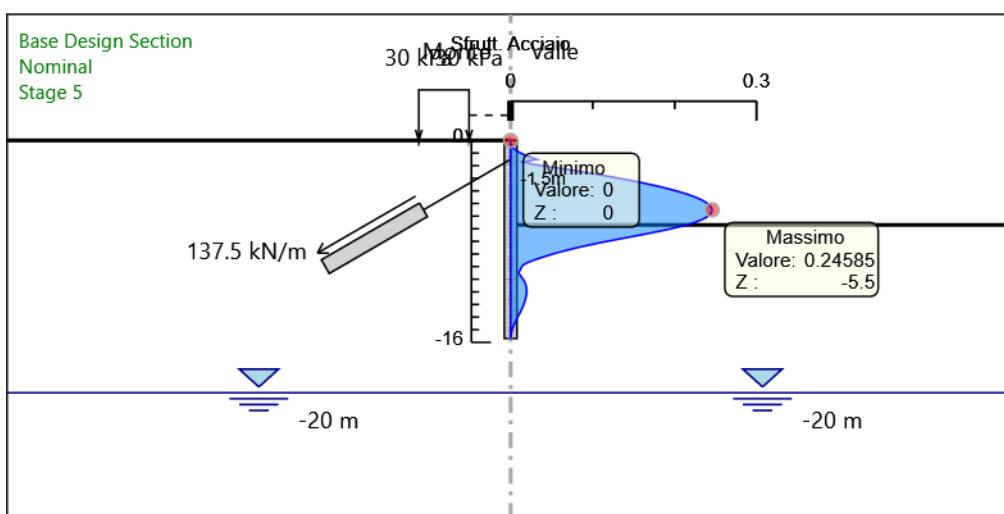
Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Cover	
0	0	
-0.2	0	
-0.4	0.001	
-0.6	0.003	
-0.8	0.007	
-1	0.012	
-1.2	0.019	
-1.4	0.028	
-1.5	0.032	
-1.7	0.016	
-1.9	0.028	
-2.1	0.049	
-2.3	0.069	
-2.5	0.089	
-2.7	0.107	
-2.9	0.125	
-3.1	0.141	
-3.3	0.157	
-3.5	0.171	
-3.7	0.184	
-3.9	0.197	
-4.1	0.208	
-4.3	0.217	
-4.5	0.226	
-4.7	0.233	
-4.9	0.238	
-5.1	0.242	
-5.3	0.245	
-5.5	0.246	
-5.7	0.245	
-5.9	0.243	
-6.1	0.239	
-6.3	0.233	
-6.5	0.225	
-6.7	0.215	
-6.9	0.202	
-7.1	0.189	
-7.3	0.174	
-7.5	0.158	
-7.7	0.142	
-7.9	0.126	
-8.1	0.11	
-8.3	0.095	
-8.5	0.081	
-8.7	0.069	
-8.9	0.057	
-9.1	0.046	
-9.3	0.037	
-9.5	0.028	
-9.7	0.02	
-9.9	0.015	
-10.1	0.013	
-10.3	0.011	
-10.5	0.01	
-10.7	0.012	
-10.9	0.014	
-11.1	0.016	
-11.3	0.018	
-11.5	0.019	



Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento Armature - Caver	
-11.7		0.019
-11.9		0.02
-12.1		0.019
-12.3		0.019
-12.5		0.018
-12.7		0.017
-12.9		0.017
-13.1		0.015
-13.3		0.014
-13.5		0.013
-13.7		0.011
-13.9		0.009
-14.1		0.008
-14.3		0.006
-14.5		0.005
-14.7		0.004
-14.9		0.002
-15.1		0.001
-15.3		0.001
-15.5		0
-15.7		0



### 6.2.4. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento Armature - Cover



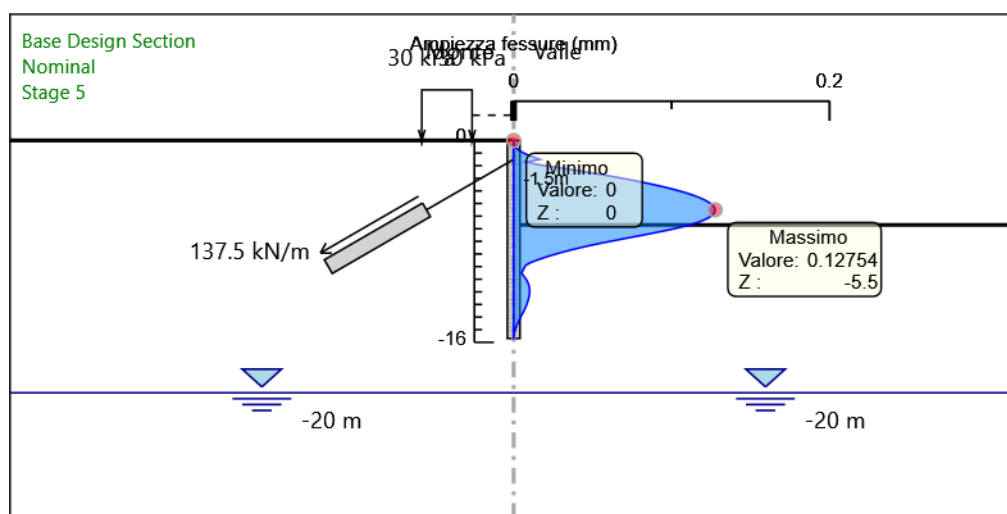
### 6.2.5. Tabella Involuppi Apertura Fessure - Caver : LEFT

Involuppi Apertura Fessure - Caver	LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)
0	0
-0.2	0
-0.4	0
-0.6	0.002
-0.8	0.004
-1	0.006
-1.2	0.01
-1.4	0.014
-1.5	0.017
-1.7	0.008
-1.9	0.015
-2.1	0.026
-2.3	0.036
-2.5	0.046
-2.7	0.056
-2.9	0.065
-3.1	0.073
-3.3	0.081
-3.5	0.089
-3.7	0.096
-3.9	0.102
-4.1	0.108
-4.3	0.113
-4.5	0.117
-4.7	0.121
-4.9	0.124
-5.1	0.126
-5.3	0.127
-5.5	0.128
-5.7	0.127
-5.9	0.126
-6.1	0.124
-6.3	0.121
-6.5	0.117
-6.7	0.111
-6.9	0.105
-7.1	0.098
-7.3	0.09
-7.5	0.082
-7.7	0.074
-7.9	0.065
-8.1	0.057
-8.3	0.049
-8.5	0.042
-8.7	0.036
-8.9	0.03
-9.1	0.024
-9.3	0.019
-9.5	0.014
-9.7	0.01
-9.9	0.008
-10.1	0.007
-10.3	0.006
-10.5	0.005
-10.7	0.006
-10.9	0.007
-11.1	0.008
-11.3	0.009
-11.5	0.01



Involuppi Apertura Fessure - Caver		LEFT
Z (m)	Apertura Fessure - Caver (mm)	
-11.7	0.01	
-11.9	0.01	
-12.1	0.01	
-12.3	0.01	
-12.5	0.01	
-12.7	0.009	
-12.9	0.009	
-13.1	0.008	
-13.3	0.007	
-13.5	0.007	
-13.7	0.006	
-13.9	0.005	
-14.1	0.004	
-14.3	0.003	
-14.5	0.003	
-14.7	0.002	
-14.9	0.001	
-15.1	0.001	
-15.3	0	
-15.5	0	
-15.7	0	

### 6.2.6. Grafico Involuppi Apertura Fessure - Caver



Involuppi  
Apertura Fessure - Caver

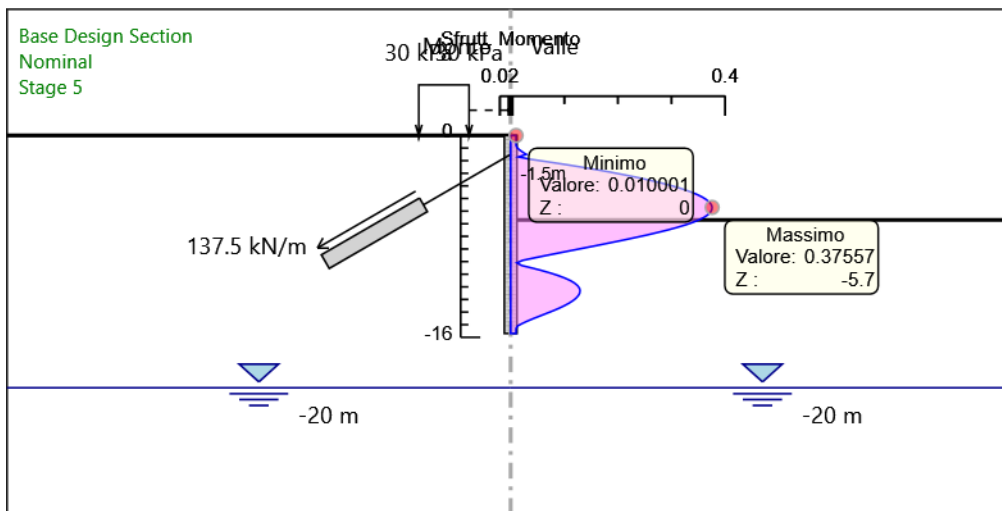
### 6.2.7. Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver : LEFT

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
0	0.01	
-0.2	0.01	
-0.4	0.01	
-0.6	0.01	
-0.8	0.01	
-1	0.013	
-1.2	0.018	
-1.4	0.025	
-1.5	0.029	
-1.7	0.015	
-1.9	0.039	
-2.1	0.071	
-2.3	0.101	
-2.5	0.131	
-2.7	0.158	
-2.9	0.185	
-3.1	0.21	
-3.3	0.233	
-3.5	0.255	
-3.7	0.275	
-3.9	0.293	
-4.1	0.309	
-4.3	0.324	
-4.5	0.337	
-4.7	0.349	
-4.9	0.358	
-5.1	0.365	
-5.3	0.371	
-5.5	0.374	
-5.7	0.376	
-5.9	0.375	
-6.1	0.372	
-6.3	0.367	
-6.5	0.36	
-6.7	0.351	
-6.9	0.339	
-7.1	0.325	
-7.3	0.309	
-7.5	0.292	
-7.7	0.273	
-7.9	0.253	
-8.1	0.232	
-8.3	0.21	
-8.5	0.187	
-8.7	0.163	
-8.9	0.139	
-9.1	0.115	
-9.3	0.092	
-9.5	0.068	
-9.7	0.045	
-9.9	0.022	
-10.1	0.012	
-10.3	0.02	
-10.5	0.039	
-10.7	0.057	
-10.9	0.074	
-11.1	0.088	
-11.3	0.101	
-11.5	0.111	



Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-11.7		0.119
-11.9		0.125
-12.1		0.128
-12.3		0.129
-12.5		0.129
-12.7		0.126
-12.9		0.122
-13.1		0.116
-13.3		0.109
-13.5		0.1
-13.7		0.09
-13.9		0.079
-14.1		0.067
-14.3		0.055
-14.5		0.043
-14.7		0.032
-14.9		0.022
-15.1		0.013
-15.3		0.01
-15.5		0.01
-15.7		0.01

### 6.2.8. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver

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

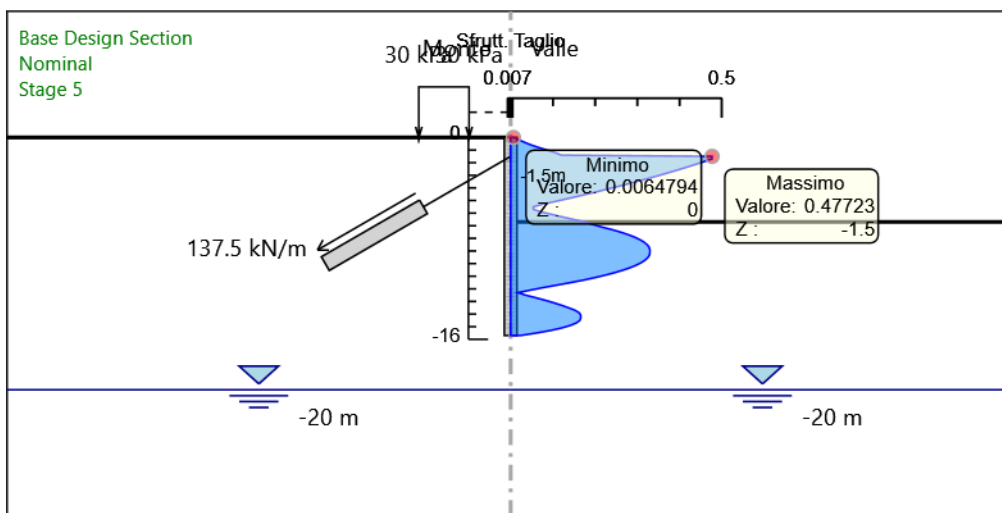
Involupi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
0	0.006	
-0.2	0.02	
-0.4	0.034	
-0.6	0.049	
-0.8	0.067	
-1	0.086	
-1.2	0.105	
-1.4	0.12	
-1.5	0.477	
-1.7	0.477	
-1.9	0.46	
-2.1	0.441	
-2.3	0.423	
-2.5	0.403	
-2.7	0.383	
-2.9	0.363	
-3.1	0.342	
-3.3	0.321	
-3.5	0.298	
-3.7	0.276	
-3.9	0.253	
-4.1	0.229	
-4.3	0.205	
-4.5	0.18	
-4.7	0.154	
-4.9	0.129	
-5.1	0.102	
-5.3	0.075	
-5.5	0.054	
-5.7	0.054	
-5.9	0.073	
-6.1	0.097	
-6.3	0.123	
-6.5	0.149	
-6.7	0.176	
-6.9	0.195	
-7.1	0.216	
-7.3	0.239	
-7.5	0.26	
-7.7	0.278	
-7.9	0.293	
-8.1	0.306	
-8.3	0.316	
-8.5	0.323	
-8.7	0.328	
-8.9	0.33	
-9.1	0.33	
-9.3	0.329	
-9.5	0.326	
-9.7	0.319	
-9.9	0.31	
-10.1	0.299	
-10.3	0.285	
-10.5	0.268	
-10.7	0.248	
-10.9	0.226	
-11.1	0.201	
-11.3	0.173	
-11.5	0.143	





Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver		LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-11.7	0.11	
-11.9	0.077	
-12.1	0.046	
-12.3	0.017	
-12.5	0.035	
-12.7	0.059	
-12.9	0.081	
-13.1	0.102	
-13.3	0.12	
-13.5	0.137	
-13.7	0.153	
-13.9	0.163	
-14.1	0.166	
-14.3	0.166	
-14.5	0.164	
-14.7	0.156	
-14.9	0.141	
-15.1	0.121	
-15.3	0.094	
-15.5	0.061	
-15.7	0.023	

### 6.2.10. Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver

### 6.2.11. Verifiche Tiranti NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

Design Assumption: NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)		Tipo Risultato: Verifiche Tiranti			NTC2018 (ITA)			
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	330	2177.124	773.767	0.152	0.426		NO
Tieback	Stage 4	332.246	2177.124	773.767	0.153	0.429		NO
Tieback	Stage 5	339.67	2177.124	773.767	0.156	0.439		NO
Tieback	Stage 6 Sisma	340.115	2177.124	773.767	0.156	0.44		NO

### 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
Tieback	Stage 3	429	1036.726	773.767	0.414	0.554		NO
Tieback	Stage 4	431.955	1036.726	773.767	0.417	0.558		NO
Tieback	Stage 5	441.645	1036.726	773.767	0.426	0.571		NO
Tieback	Stage 6 Sisma	442.226	1036.726	773.767	0.427	0.572		NO

### 6.2.13. Verifiche Tiranti NTC2018: A2+M2+R1

Design Assumption:	Tipo Risultato:	NTC2018					
NTC2018: A2+M2+R1	Verifiche Tiranti	(ITA)					
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	330	1036.726	773.767	0.318	0.426	NO
Tieback	Stage 4	332.433	1036.726	773.767	0.321	0.43	NO
Tieback	Stage 5	342.18	1036.726	773.767	0.33	0.442	NO
Tieback	Stage 6 Sisma	347.872	1036.726	773.767	0.336	0.45	NO

### 6.2.14. Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA STR

Design Assumption:	Tipo Risultato:	NTC2018					
NTC2018: SISMICA STR	Verifiche Tiranti	(ITA)					
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio Resistenza STR	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	330	1036.726	773.767	0.318	0.426	NO
Tieback	Stage 4	332.246	1036.726	773.767	0.32	0.429	NO
Tieback	Stage 5	339.67	1036.726	773.767	0.328	0.439	NO
Tieback	Stage 6 Sisma	760.266	1036.726	773.767	0.733	0.983	NO

### 6.2.15. Verifiche Tiranti NTC2018: SISMICA GEO

Design Assumption:	Tipo Risultato:	NTC2018						
NTC2018: SISMICA GEO	Verifiche Tiranti					(ITA)		
Tirante	Stage	Sollecitazione (kN)	Resistenza GEO (kN)	Resistenza STR (kN)	Ratio GEO	Ratio STR	Resistenza	Gerarchia delle Resistenze
Tieback	Stage 3	330	1036.726	773.767	0.318	0.426		NO
Tieback	Stage 4	332.246	1036.726	773.767	0.32	0.429		NO
Tieback	Stage 5	339.67	1036.726	773.767	0.328	0.439		NO
Tieback	Stage 6 Sisma	760.266	1036.726	773.767	0.733	0.983		NO



### 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