

**STRADA STATALE 4 "VIA SALARIA"**  
**Adeguamento della piattaforma stradale e messa in  
sicurezza dal km 56+000 al km 64+000**  
**Stralcio 1 da pk 0+000 a pk 1+900**

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **RM 368**

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGER S.p.A. (capogruppo mandataria)  
PROGIN S.p.A.  
S.I.N.A. S.p.A. – BRENG S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli n. 23799

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



IL GEOLOGO:  
Dott. Geol. Gianluca PANDOLFI ELMI (Progin S.p.A.)  
Ordine dei Geologi Regione Umbria n. 467



Direttore Tecnico:  
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:  
Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:  
Dott. Ing. Paolo NARDOCCI



PROTOCOLLO

DATA

\_\_\_\_\_ 202\_

**OPERE D'ARTE MINORI**

**TOMBINI**

Tombino pk 0+060 - Relazione di calcolo opere provvisionali

CODICE PROGETTO

**D P R M 3 6 8 E 2 3**

NOME FILE  
T01TM01STRRE02D

CODICE  
ELAB.

**T 0 1 T M 0 1 S T R R E 0 2**

REVISIONE

**D**

SCALA:

-

| REV. | DESCRIZIONE   | DATA    | REDATTO     | VERIFICATO | APPROVATO  |
|------|---|---------|-------------|------------|------------|
| D    | Emissione a seguito di validazione e istruttoria ANAS | 01-2024 | M. Piccolo  | P. Valente | L. Infante |
| C    | Revisione Interna                                     | 08-2023 | M. Boccardi | P. Valente | L. Infante |
| B    | Emissione a seguito istruttoria ANAS                  | 06-2023 | M. Piccolo  | P. Valente | L. Infante |
| A    | Prima emissione                                       | 12-2022 | M. Piccolo  | P. Valente | L. Infante |

## Indice

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA</b> .....   | <b>1</b>  |
| 1.1      | Descrizione dell'opera.....   | 2         |
| <b>2</b> | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....                                     | <b>6</b>  |
| 2.1      | Elaborati di riferimento.....   | 7         |
| <b>3</b> | <b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....                                | <b>8</b>  |
| 3.1      | Classe di esposizione e copriferri.....                                   | 8         |
| 3.2      | Calcestruzzo cordoli e pali (C25/30).....                                 | 9         |
| 3.3      | Calcestruzzo strutture per soletta e cordoli porta barriere (C35/45)..... | 10        |
| 3.4      | Acciaio per barre d'armatura (B450C).....                                 | 10        |
| 3.5      | Acciaio da carpenteria (S355).....  | 10        |
| 3.6      | Acciaio da carpenteria (S275).....  | 11        |
| 3.7      | Acciaio pe trefoli.....   | 11        |
| <b>4</b> | <b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO</b> .....                                     | <b>12</b> |
| 4.1      | Unità Geotecniche.....  | 12        |
| 4.2      | Parametri geotecnici caratteristici di progetto.....                      | 12        |
| 4.3      | Stratigrafia di progetto.....   | 14        |
| <b>5</b> | <b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO</b> .....                           | <b>16</b> |
| <b>6</b> | <b>CRITERI DI PROGETTAZIONE AI SENSI DEL D.M. 17-01-2018</b> .....        | <b>17</b> |
| 6.1      | METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO.....                     | 17        |
| <b>7</b> | <b>CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI</b> .....                | <b>24</b> |
| 7.1      | VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLU.....                                     | 24        |
| 7.1.1    | Pressoflessione.....  | 24        |
| 7.1.2    | Taglio.....   | 25        |
| 7.2      | VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLE.....                                     | 26        |

|           |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| 7.3       | VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALI.....                               | 27               |
| 7.3.1     | Trazione.....  | 27               |
| 7.3.2     | Compressione.....  | 27               |
| 7.3.3     | Flessione monoassiale.....   | 27               |
| 7.3.4     | Taglio.....  | 28               |
| 7.3.5     | Flessione e Taglio.....  | 29               |
| 7.3.6     | Presso o tenso-flessione retta.....                                | 29               |
| 7.4       | VERIFICHE SLU (UPL).....   | 30               |
| <b>8</b>  | <b><i>CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI .....</i></b>      | <b><i>33</i></b> |
| 8.1       | Generalità.....  | 33               |
| 8.2       | Metodologie di calcolo.....  | 33               |
| 8.3       | Spinte dei terreni in fase statica.....                            | 35               |
| 8.4       | Azione eccezionale dovuta all’urto dell’autoveicolo.....           | 38               |
| 8.5       | Combinazioni di carico.....  | 40               |
| <b>9</b>  | <b><i>ANALISI E VERIFICHE PARATIE “FASI REALIZZATIVE”.....</i></b> | <b><i>41</i></b> |
| 9.1       | Paratia Libera.....  | 41               |
| 9.1.1     | Modello di calcolo.....  | 41               |
| 9.1.2     | Spostamenti orizzontali e cedimenti.....                           | 43               |
| 9.1.3     | Sollecitazioni: Momento flettente e Taglio.....                    | 44               |
| 9.1.4     | Verifiche geotecniche.....   | 46               |
| 9.1.5     | Verifiche strutturali micropali.....                               | 47               |
| 9.1.6     | Verifiche strutturali cordolo.....                                 | 51               |
| <b>10</b> | <b><i>ANALISI E VERIFICHE PARATIE “TOMBINO” .....</i></b>          | <b><i>53</i></b> |
| 10.1      | Modello di calcolo.....  | 53               |
| 10.2      | Fasi di calcolo.....   | 54               |
| 10.3      | Risultati delle analisi.....                                       | 55               |
| 10.3.1    | Verifica del complesso opera-terreno.....                          | 55               |
| 10.3.2    | Sollecitazioni, Sforzi e Deformazioni.....                         | 57               |
| 10.4      | Verifiche strutturali pali.....                                    | 59               |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 10.4.1    | Armatura pali e incidenza .....                                 | 59         |
| 10.4.2    | Verifiche SLU .....   | 59         |
| 10.5      | Verifica di capacità portante verticale dei pali.....           | 61         |
| 10.6      | Analisi e verifiche di tipo idraulico SLU-UPL.....              | 62         |
| 10.7      | Verifiche strutturali solettone di copertura .....              | 65         |
| 10.8      | Verifiche locali cordolo porta barriere per azioni d’urto.....  | 71         |
| <b>11</b> | <b><i>ANALISI E VERIFICHE PARATIE “MURI D’IMBOCCO”.....</i></b> | <b>74</b>  |
| 11.1      | Tipologico A.....   | 74         |
| 11.1.1    | Modello di calcolo.....   | 74         |
| 11.1.2    | Spostamenti orizzontali e cedimenti.....                        | 76         |
| 11.1.3    | Sollecitazioni: Momento flettente e Taglio.....                 | 77         |
| 11.1.4    | Verifiche geotecniche .....                                     | 79         |
| 11.1.5    | Verifiche strutturali micropali.....                            | 80         |
| 11.1.6    | Verifiche puntoni e travi di ripartizione.....                  | 84         |
| 11.1.7    | Verifiche strutturali cordolo.....                              | 85         |
| 11.2      | Tipologico B .....  | 86         |
| 11.2.1    | Modello di calcolo.....   | 86         |
| 11.2.2    | Spostamenti orizzontali e cedimenti.....                        | 89         |
| 11.2.3    | Sollecitazioni: Momento flettente e Taglio.....                 | 90         |
| 11.2.4    | Verifiche geotecniche .....                                     | 92         |
| 11.2.5    | Verifiche strutturali micropali.....                            | 93         |
| 11.2.6    | Verifiche puntoni e travi di ripartizione.....                  | 97         |
| 11.2.7    | Verifiche strutturali cordolo.....                              | 99         |
| <b>12</b> | <b><i>ANALISI E VERIFICHE MURO STRADA .....</i></b>             | <b>101</b> |
| 12.1      | Modello di calcolo.....   | 102        |
| 12.2      | Analisi dei carichi e combinazioni .....                        | 103        |
| 12.2.1    | Pesi propri e carichi permanenti .....                          | 103        |
| 12.2.2    | Spinte del terreno in fase statica.....                         | 103        |
| 12.2.3    | Coefficienti sismici .....                                      | 104        |



|           |  |                   |
|-----------|--|-------------------|
| 12.2.4    | Spinte del terreno in fase sismica .....               | 105               |
| 12.2.5    | Azione d’Urto .....                                    | 106               |
| 12.2.6    | Azione da traffico .....                               | 106               |
| 12.2.7    | Combinazioni di carico .....                           | 107               |
| 12.3      | Sollecitazioni Muro .....                              | 109               |
| 12.4      | Verifiche Strutturali Muro.....                        | 111               |
| <b>13</b> | <b><i>CODICI DI CALCOLO .....</i></b>                  | <b><i>112</i></b> |
| 13.1      | Affidabilità dei codici di calcolo.....                | 112               |
| 13.2      | Giudizio motivato di accettabilità dei risultati ..... | 112               |
| <b>14</b> | <b><i>TABULATI DI CALCOLO .....</i></b>                | <b><i>113</i></b> |
| 14.1      | Paratia Fasi Realizzative (Libera) .....               | 113               |
| 14.2      | Paratia Tombino.....                                   | 139               |
| 14.3      | Paratia Muri d’Imbocco (Tipologico A) .....            | 199               |
| 14.4      | Paratia Muri d’Imbocco (Tipologico B).....             | 251               |

## **1 PREMESSA**

Nell’ambito della progettazione esecutiva dell’intervento di adeguamento della piattaforma stradale e messa in sicurezza della STRADA STATALE 4 “VIA SALARIA” dal km 56+000 al km 64+000, è prevista la realizzazione di opere di sostegno provvisoria, per l’esecuzione degli scavi necessari alla demolizione dei tombini esistenti e alla loro ricostruzione.

La presente relazione di calcolo riguarda il dimensionamento e verifica delle opere provvisorie del tombino TM01 necessarie a contenere gli scavi per la realizzazione dell’opere minori, tombino scatolare di grandi dimensioni e muri d’imbocco, da realizzarsi alla pk 0+060.

## 1.1 Descrizione dell'opera

Le opere provvisionali a sostegno degli scavi per la realizzazione dell'opere minori, tombino scatolare di grandi dimensioni e muri d'imbocco, sono costituiti da paratie di pali/micropali.

Dal Punto di vista realizzativo per consentire l'utilizzo della strada, il tombino verrà costruito per Fasi, in particolare sono state individuate n. 4 Fasi così come si evince dagli elaborati grafici allegati e dalle figure di seguito riportate e, per ognuna di esse al fine di lasciare fruibile parte della strada, è prevista la realizzazione di una cortina di micropali con diametro 250 mm, interasse 0.4 m e lunghezza 7/8 m, disposti su 1 fila e, armati con tubo in acciaio S355 di diametro 193.7 mm e spessore 12 mm (Figura 1, 2, 3 e 4).

Le opere provvisionali necessarie per la realizzazione del Tombino sono costituite da una cortina di pali del diametro di 1000 mm disposti su 2 file a quinconce su entrambi i lati dello scavo. Le due pareti di pali sono collegate in testa da un solettone in c.a. di altezza 1.30m (vedi Figura 5 e 6). La modalità esecutiva prevede, dopo l'esecuzione dei pali, la realizzazione del solettone superiore, lo scavo a foro cieco e la demolizione del tombino esistente. Dopo di che si procederà con i lavori di sistemazione del terreno e la realizzazione del nuovo tombino.

Infine, per quanto riguarda le opere provvisionali dei Muri d'imbocco, esse sono raggruppabili in due tipologie in funzione dell'altezza massima di scavo (Figura 1, 2, 3 e 4):

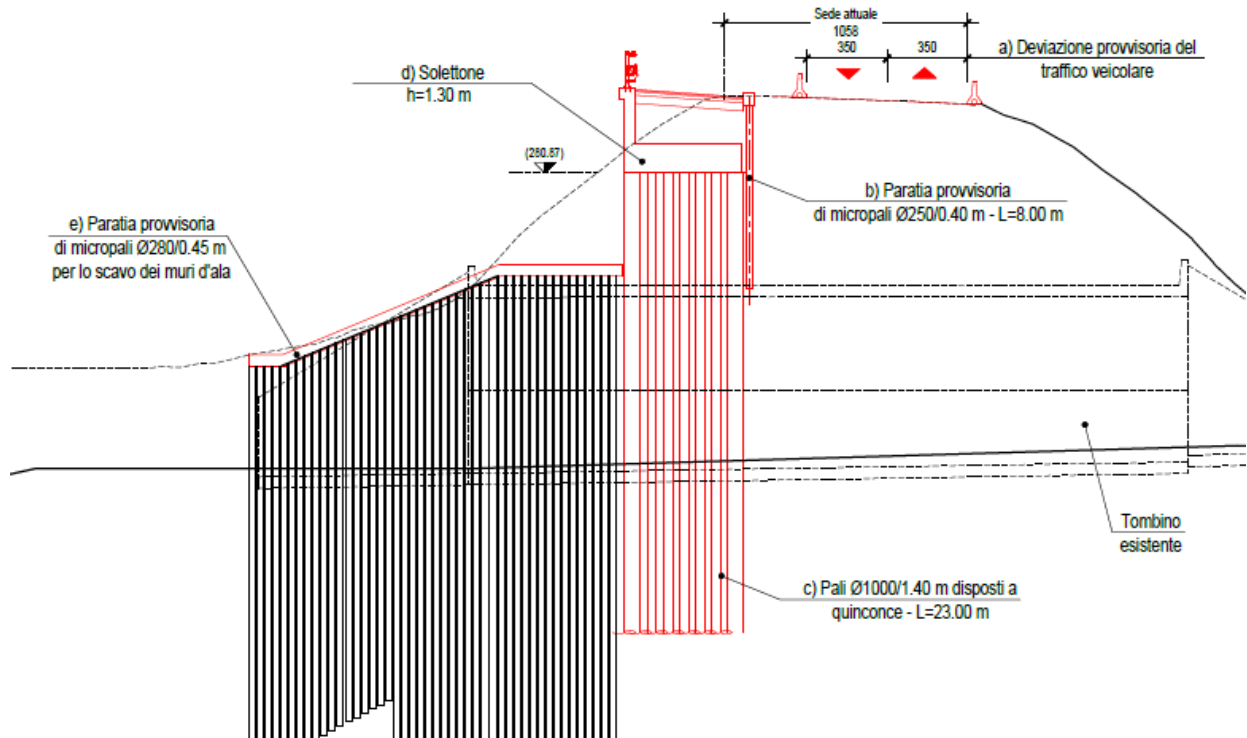
- **Tipologia A ( $4 < h_{max} \leq 8m$ ):**  
cortina di micropali del diametro di 280 mm, interasse 0.45 m e lunghezza 16 m, disposti su 1 fila su entrambi i lati dello scavo, armati con tubo in acciaio S355 di diametro 219.10 mm e spessore 20mm e, con un'ordine di Puntoni ad una profondità di 3,5m.
- **Tipologia B ( $8 < h_{max} \leq 11m$ ):**  
cortina di micropali del diametro di 280 mm, interasse 0.45 m e lunghezza 22 m, disposti su 1 fila su entrambi i lati dello scavo, armati con tubo in acciaio S355 di diametro 219.10 mm e spessore 20mm e, con due ordini di Puntoni, uno a profondità 4m e l'altro ad una profondità di 6.5m.

**Tabella 1 – Opere provvisionali**

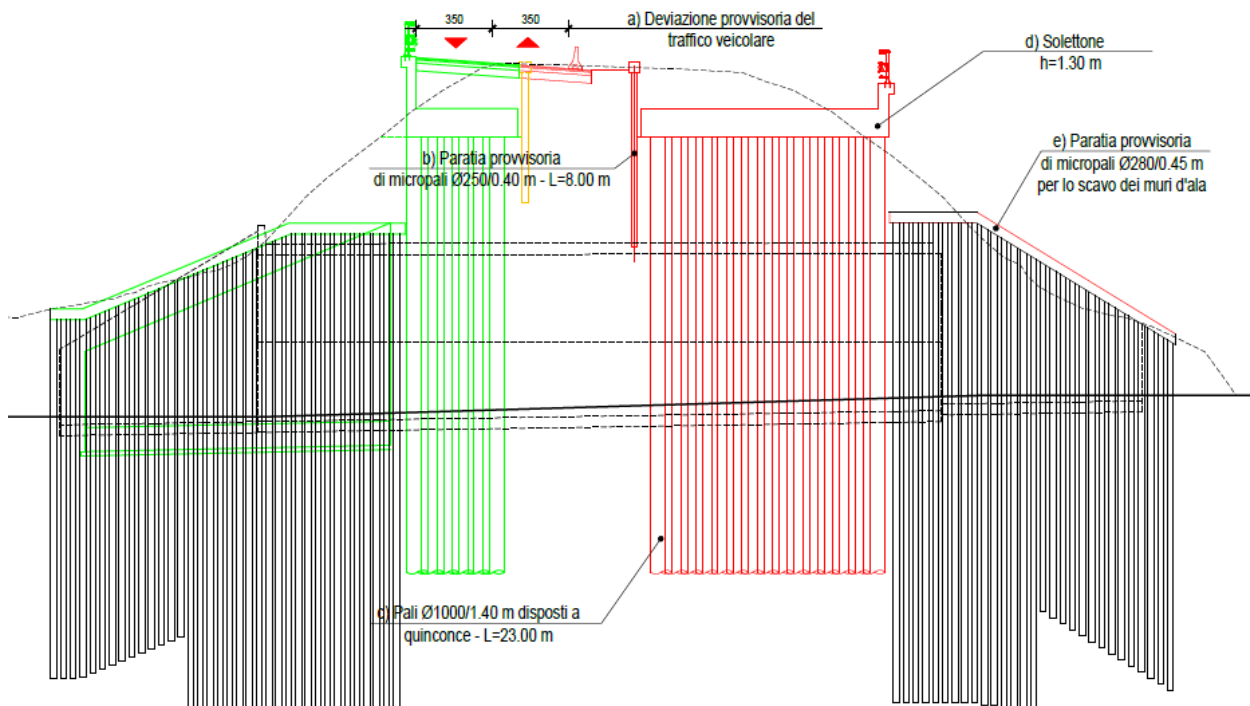
| Opera          | tipo                        | n <sub>file</sub><br>[-] | d<br>[m] | i <sub>long</sub><br>[m] | i <sub>trasv</sub><br>[m] | L <sub>p</sub><br>[m] | H <sub>exc</sub><br>[m] | solet. superiore |          |                           |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|----------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|----------|---------------------------|
|                |                             |                          |          |                          |                           |                       |                         | sp<br>[m]        | L<br>[m] | r <sub>medio</sub><br>[m] |
| Scatolare      | Paratia di Micropali Fase 1 | 1                        | 0.25     | 0.4                      | -                         | 8/7                   | 3.5                     |                  |          |                           |
|                | Paratia di Micropali Fase 2 | 1                        | 0.25     | 0.4                      | -                         | 8/7                   | 3.5                     |                  |          |                           |
|                | Paratia di pali a quinconce | 2                        | 1.0      | 1.40                     | 1.0                       | 23                    | 13.80                   | 1.30             | 15.80    | 1.45                      |
| Muri d'imbocco | Paratia di micropali Tipo A | 1                        | 0.28     | 0.45                     | -                         | 16                    | 8.00                    | -                | -        | -                         |
|                | Paratia di micropali Tipo B | 1                        | 0.28     | 0.45                     | -                         | 22                    | 11.00                   | -                | -        | -                         |

**r<sub>medio</sub>**: spessore ricoprimento medio al di sopra del solettone superiore incluso pacchetto di pavimentazione stradale

Di seguito si riportano le figure con le indicazioni delle parti d'opera da realizzare ed esistenti per le singole Fasi, ed inoltre, per ulteriori dettagli sugli interventi previsti nelle singole fasi si rimanda alle tavole delle "fasi esecutive e scavi (T01TM01STRPE01)" e delle "Fasi di lavorazione e apprestamenti per la sicurezza Tombini (T01SI00SICSC03)".



**Figura 1 – Fase 1**



**Figura 2 - Fase 2**

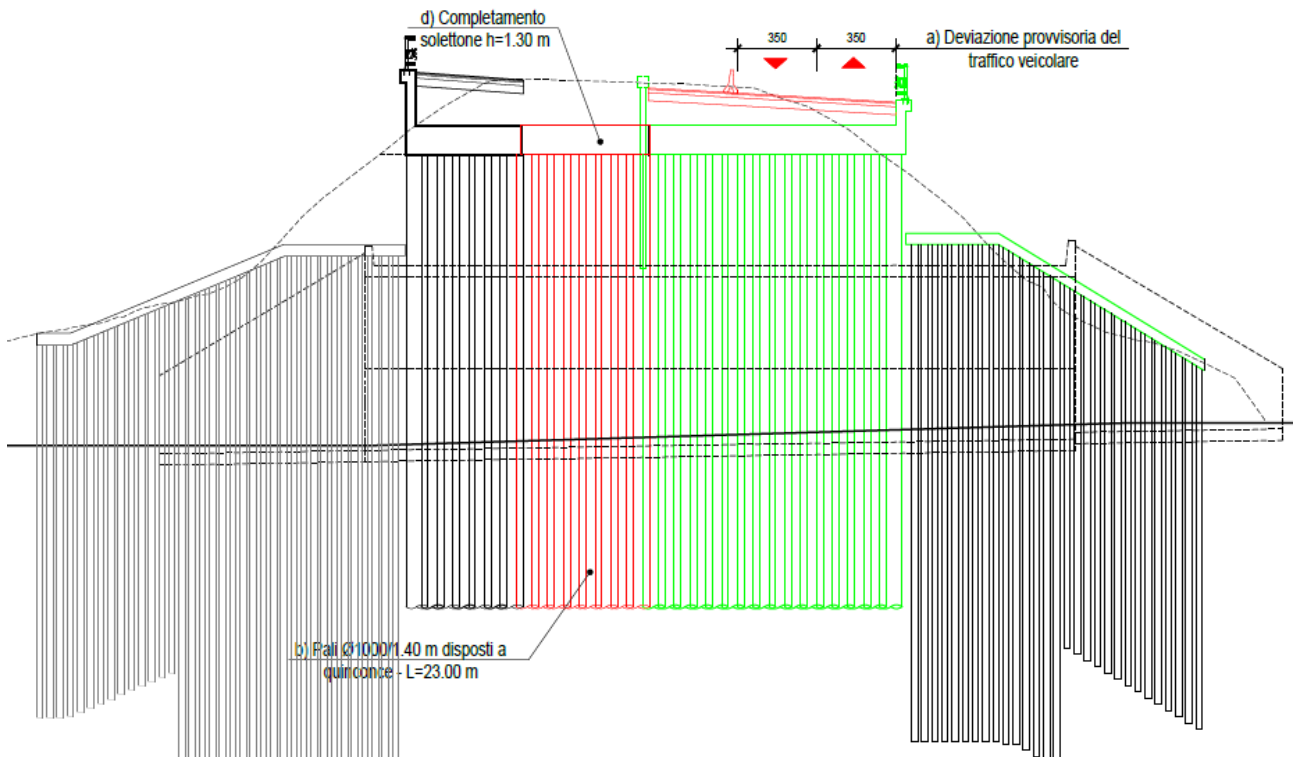


Figura 3 – Fase 3

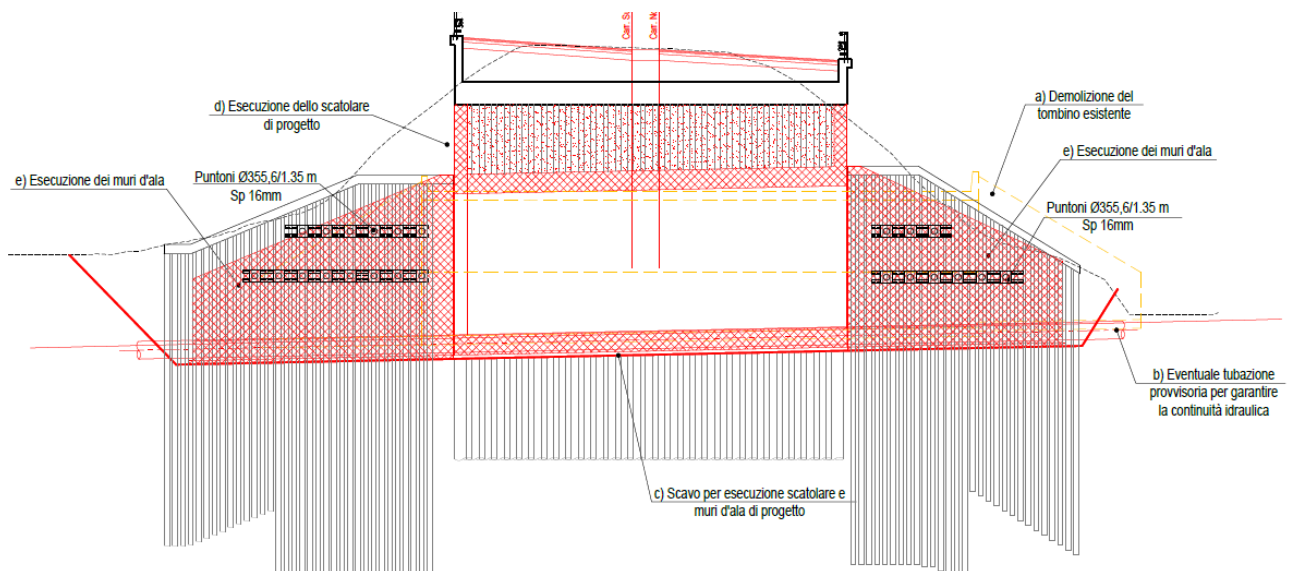


Figura 4 – Fase 4

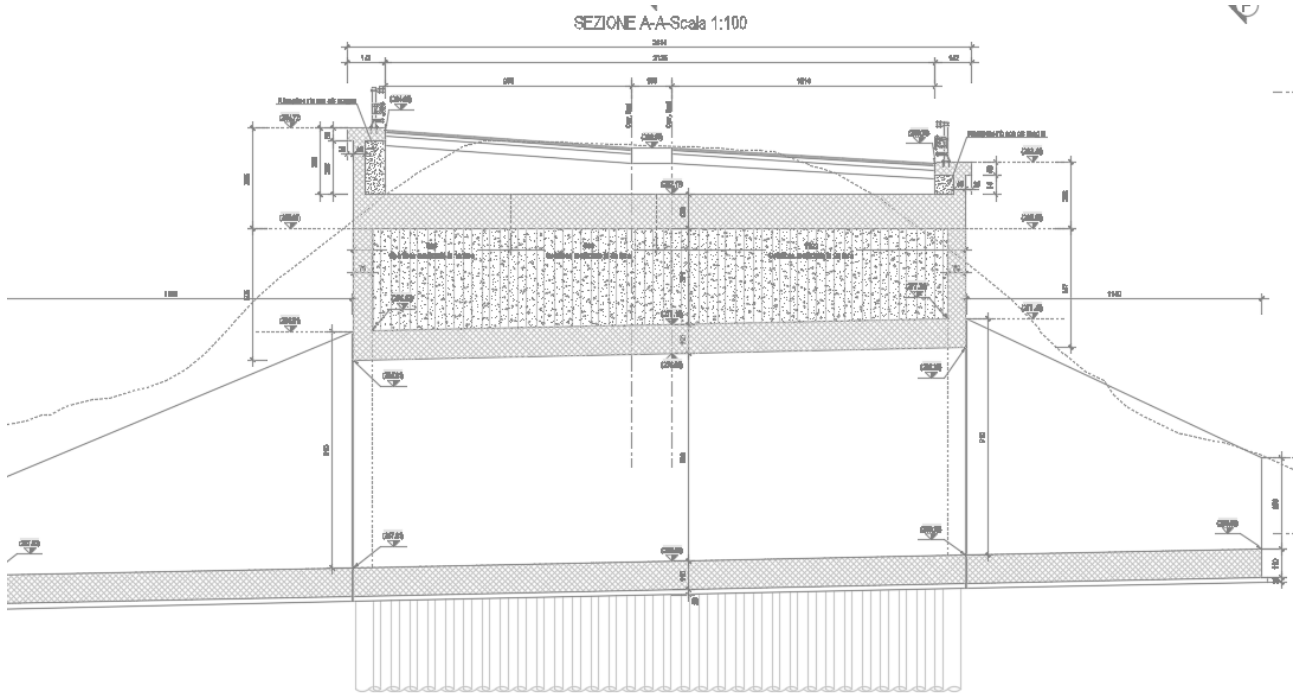


Figura 5 – Sezione Longitudinale TM01

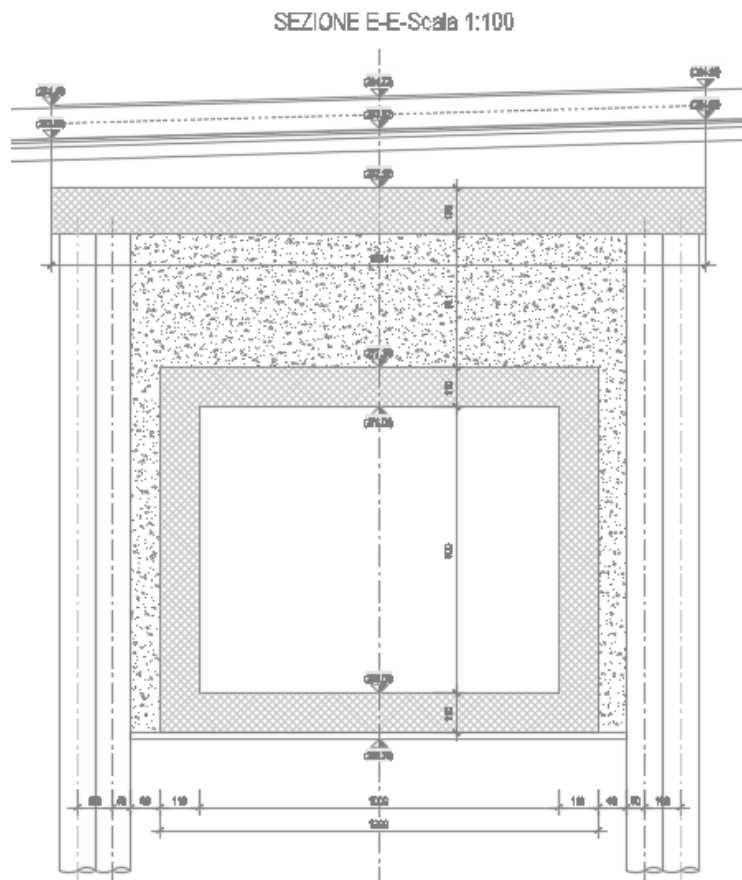


Figura 6 – Sezione Trasversale TM01

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l’elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- D.M. 17 gennaio 2018 - *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)*;
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 - *Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018*;
- UNI EN 1992-1-1 - *Progettazione delle strutture di calcestruzzo*;
- UNI EN 206-1-2016 - *Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità*.
- UNI 11104\_2016: *Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1*
- Decreto Protezione Civile 21 ottobre 2003: Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- OPCM 20 marzo 2003 n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- OPCM 3 maggio 2005 n. 3431: Ulteriori modifiche ed integrazioni dell’ordinanza del Presidente del consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- OPCM 8 luglio 2004 n. 3362: Modalità di attivazione del Fondo per investimenti straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri istituito ai sensi dell’art. 32-bis del decreto legge 30 settembre 2003 n. 269 convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003 n. 326.
- OPCM 28 aprile 2006: Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, come licenziate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e ss. mm. ii..
- Raccomandazioni AGI (1977);
- Modalità Tecniche ANISG (1977).
- Quaderni tecnici ANAS

## 2.1 Elaborati di riferimento

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l'insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all'opera in esame e riportati in elenco elaborati:

| CODIFICA ELABORATI |   |   |    |   |   |     |    |   |   | DESCRIZIONE ELABORATI  |
|--------------------|---|---|----|---|---|-----|----|---|---|--|
| T                  | 0 | 1 | GE | 0 | 1 | GEO | RE | 0 | 1 | Relazione geologica  |
| T                  | 0 | 1 | GE | 0 | 3 | GEO | RE | 0 | 1 | Relazione sismica  |
| T                  | 0 | 1 | GE | 0 | 2 | GEO | RE | 0 | 1 | Relazione geotecnica generale                                  |
| T                  | 0 | 1 | TM | 0 | 1 | STR | DI | 0 | 1 | Tombino pk 0+060 - Disegno di insieme e carpenterie            |
| T                  | 0 | 1 | TM | 0 | 1 | STR | DI | 0 | 2 | Tombino pk 0+060 - Carpenterie Opere provvisionali             |
| T                  | 0 | 1 | TM | 0 | 1 | STR | PE | 0 | 1 | Tombino pk 0+060 - Fasi esecutive e scavi                      |
| T                  | 0 | 1 | TM | 0 | 1 | STR | AR | 0 | 1 | Tombino pk 0+060 - Armatura solettone di protezione            |
| T                  | 0 | 1 | SI | 0 | 0 | SIC | SC | 0 | 3 | Fasi di lavorazione e apprestamenti per la sicurezza - Tombini |



### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione delle strutture oggetto di calcolo nell’ambito del presente documento:

#### 3.1 Classe di esposizione e copriferri

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206:2016, si definiscono di seguito le classi di esposizione del calcestruzzo delle diverse parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Cordoli: XC2;
- Cordoli porta barriere: XC4-XD3
- Soletta: XC4-XF4;
- Pali e Micropali: XC2

| PROSPETTO 1 - UNI 11104:2016  |  |   | PROSPETTO 1 - UNI 11104:2016   |   |  |
|---|--|---|--|---|--|
| CLASSI DI ESPOSIZIONE   |  |   | CLASSI DI ESPOSIZIONE  |   |  |
| Denominazione della classe  | Descrizione dell'ambiente  | Esempi informativi di situazioni a cui possono corrispondere le classi di esposizione   | Denominazione della classe   | Descrizione dell'ambiente   | Esempi informativi di situazioni a cui possono corrispondere le classi di esposizione  |
| <b>1   Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>   |  |   | <b>4   Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>   |   |  |
| X0  | Per calcestruzzo privo di armatura o altri inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: ambiente molto asciutto. | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico. | Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ai cloruri dell'acqua di mare o a sol saline trasportate dall'acqua, l'esposizione deve essere classificata come segue: |   |  |
|   |  |   | XS1  | Aria che trasporta sol saline marina in assenza di contatto con l'acqua di mare   | Calcestruzzo per strutture in zone costiere.   |
|   |  |   | XS2  | Acqua di mare   | Calcestruzzo di parti di strutture marine completamente immerse in acqua.  |
|   |  |   | XS3  | Aree soggette a marea, moto ondoso, spruzzi di acqua di mare  | Calcestruzzo di opere portuali, per esempio banchine, moli, pontili. Calcestruzzo di opere di difesa marittima, per esempio barriere frangiflutti, dighe foranee.  |
| <b>2   Corrosione indotta da carbonatazione</b>   |  |   | <b>5   Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti</b>   |   |  |
| Nel caso in cui il calcestruzzo che contiene armatura o altri inserti metallici sia esposto all'aria ed all'umidità, l'esposizione deve essere classificata come segue:   |  |   | Nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto ad un significativo attacco da cicli di gelo/disgelo, purché bagnato, l'esposizione deve essere classificata come segue:                               |   |  |
| XC1   | Permanente secco, asciutto o saturo d'acqua  | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria bassa. Calcestruzzo permanentemente immerso in acqua o esposto a condensa.   | XF1  | Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo, in assenza di agente disgelante.                    | Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo.   |
| XC2   | Prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco  | Calcestruzzo a contatto con l'acqua per lungo tempo. Calcestruzzo di strutture di contenimento acqua. Calcestruzzo di molte fondazioni.   | XF2  | Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo, in presenza di agente disgelante.                   | Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo in presenza di sali disgelanti, per esempio opere stradali esposte al gelo in presenza di sali disgelanti trasportati dall'aria. |
| XC3   | Moderata o alta umidità dell'aria  | Calcestruzzo in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità dell'aria da moderata ad alta.   | XF3  | Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo, in assenza di agente disgelante.                     | Calcestruzzo di elementi orizzontali in edifici dove possono aver luogo accumuli d'acqua.  |
| XC4   | Ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua  | Calcestruzzo in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Calcestruzzo ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.  | XF4  | Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare. | Calcestruzzo di elementi orizzontali, di strade o pavimentazioni, esposti al gelo ed ai sali disgelanti oppure esposti al gelo in zone costiere.   |
| <b>3   Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>  |  |   | <b>6   Attacco chimico*</b>  |   |  |
| Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ad acqua contenente cloruri da origini diverse da quelle dell'acqua di mare, inclusi i sali disgelanti, l'esposizione deve essere classificata come segue: |  |   | Nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto ad attacco chimico derivante da acque sotterranee e dal terreno, l'esposizione deve essere classificata come segue:                                    |   |  |
| XD1   | Moderata umidità dell'aria   | Calcestruzzo esposto ad azione aggressive dei cloruri trasportati dall'aria per esempio derivanti dall'uso di sali disgelanti. Per esempio impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali.  | XA1  | Ambiente chimicamente debolmente aggressivo   | Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014.  |
| XD2   | Prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco  | Calcestruzzo per impianti di trattamento acqua o esposto ad acque contenenti cloruri, per esempio acque industriali o piscine.  | XA2  | Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo  | Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014.  |
| XD3   | Ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua  | Calcestruzzo esposto a spruzzi di soluzioni di cloruri, per esempio derivanti da sali disgelanti. Per esempio su impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali. Calcestruzzo di opere accessorie stradali (muri di sostegno), parti di ponti, pavimentazioni stradali o industriali o di parcheggi.                      | XA3  | Ambiente chimicamente fortemente aggressivo   | Calcestruzzo esposto a terreno naturale e acqua del terreno con caratteristiche chimiche del prospetto 2 della UNI EN 206:2014.  |

*Classi di esposizione secondo norma UNI – EN 206-2016*

La determinazione delle classi di resistenza dei conglomerati, di cui ai successivi paragrafi, sono state inoltre determinate tenendo conto delle classi minime stabilite dalla stessa norma UNI-EN 11104:2016, di cui alla successiva tabella:

### VALORI LIMITE PER LA COMPOSIZIONE E LE PROPRIETÀ DEL CALCESTRUZZO

| PROSPETTO 5<br>UNI 11104:2016           | CLASSI DI ESPOSIZIONE                      |  |        |        |        |   |        |        |                                    |        |        |                                  |   |         |        |   |        |  |
|---|--|--|--------|--------|--------|---|--------|--------|------------------------------------|--------|--------|----------------------------------|---|---------|--------|---|--------|--|
|   | Nessun rischio di corrosione dell'armatura | Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione |        |        |        | Corrosione delle armature indotta da cloruri                                    |        |        |                                    |        |        | Attacco da cicli di gelo/disgelo |   |         |        | Ambiente aggressivo per attacco chimico |        |  |
|   |  |  |        |        |        | Acqua di mare   |        |        | Cloruri provenienti da altre fonti |        |        |                                  |   |         |        |   |        |  |
|   |  | X0   | XC1    | XC2    | XC3    | XC4   | XS1    | XS2    | XS3                                | XD1    | XD2    | XD3                              | XF1   | XF2     | XF3    | XF4                                     | XA1    | XA2  |
| Massimo rapporto a/c                    | -  | 0,60   | 0,55   | 0,50   | 0,50   | 0,45  | 0,55   | 0,50   | 0,45                               | 0,50   | 0,50   | 0,45                             | 0,50  | 0,50    | 0,45   | 0,55                                    | 0,50   | 0,45   |
| Minima classe di resistenza             | C12/15                                     | C25/30   | C30/37 | C32/40 | C32/40 | C35/45  | C30/37 | C32/40 | C35/45                             | C32/40 | C35/45 | C32/40                           | C25/30  | C30/37  | C30/37 | C32/40                                  | C35/45 | C35/45   |
| Minimo contenuto in cemento (Kg/m³) (a) | -  | 300  | 320    | 340    | 340    | 360   | 320    | 340    | 360                                | 320    | 340    | 360                              | 320   | 340     | 360    | 320                                     | 340    | 360  |
| Contenuto minimo in aria (%)            |  |  |        |        |        |   |        |        |                                    |        |        |                                  | (b)   | 4,0 (b) |        |   |        |  |
| Altri requisiti                         |  |  |        |        |        | È richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156 |        |        |                                    |        |        |                                  | È richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo |         |        |   |        | In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati (c) |

(a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con  $D_{max} > 20$ mm; per  $D_{max}$  inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per  $D_{max}$  tra 12mm e 16 mm).

(b) Quando si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

(c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

(d) Quando si applica il concetto di valore  $k$  il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

#### Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – 11104

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura (copriferri di ricoprimento), intesi come la distanza tra l'estremità del ferro (staffe/ripartizione) ed il lembo più esterno di calcestruzzo, tengono infine conto delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della circolare esplicativa alle NTC2018; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm

- Cordoli e soletta: 50 mm
- Pali: 60 mm

### 3.2 Calcestruzzo cordoli e pali (C25/30)

|   |  |                                   |                  |
|---|--|-----------------------------------|------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg:              |  | <b>R<sub>ck</sub>= 30</b>         | MPa              |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica a 28 gg:          | (0,83*R <sub>ck</sub> )                              | <b>f<sub>ck</sub>= 24.9</b>       | MPa              |
| Resistenza a compressione cilindrica media:                           | (f <sub>ck</sub> +8)                                 | <b>f<sub>cm</sub>= 32.9</b>       | MPa              |
| Valore medio resistenza a trazione assiale:                           |  | <b>f<sub>ctm</sub>= 2.56</b>      | MPa              |
| Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione assiale:      |  | <b>f<sub>ctk,0,05</sub>= 1.79</b> | MPa              |
| Valore medio resistenza a trazione per flessione:                     |  | <b>f<sub>ctm</sub>= 3.07</b>      | MPa              |
| Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione per flessione |  | <b>f<sub>ctk,0,05</sub>= 2.15</b> | MPa              |
| **Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:                    |  | <b>γ<sub>c</sub>= 1.5</b>         | [-]              |
| Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:                        | (0,85*f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> )              | <b>f<sub>cd</sub>= 14.1</b>       | MPa              |
| Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:                    | (f <sub>ctk,0,05</sub> / γ <sub>s</sub> )            | <b>f<sub>ctd</sub>= 1.19</b>      | MPa              |
| *Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:                  | (1,2*f <sub>ctd</sub> )                              | <b>f<sub>ctd</sub> = 1.43</b>     | MPa              |
| Modulo di elasticità secante:   |  | <b>E<sub>cm</sub>= 31447</b>      | MPa              |
| Modulo di Poisson:  |  | <b>ν= 0-0,2</b>                   | [-]              |
| Coefficiente di dilatazione lineare                                   |  | <b>α= 0.00001</b>                 | °C <sup>-1</sup> |
| *Tensione massima ammissibile nella comb. Quasi Permanente            | <b>σ<sub>cmax QP</sub> = (0,45 f<sub>ck</sub>) =</b> | <b>11.21</b>                      | MPa              |
| *Tensione massima ammissibile nella comb. Caratteristica -Rara        | <b>σ<sub>cmax R</sub> = (0,60 f<sub>ck</sub>) =</b>  | <b>14.94</b>                      | MPa              |

\*\*Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

\*Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

### 3.3 Calcestruzzo strutture per soletta e cordoli porta barriere (C35/45)

|   |   |                              |                |                  |
|---|---|------------------------------|----------------|------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg:              |   | <b>R<sub>ck</sub>=</b>       | <b>45</b>      | MPa              |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica a 28 gg:          | (0,83*R <sub>ck</sub> )                               | <b>f<sub>ck</sub>=</b>       | 37.4           | MPa              |
| Resistenza a compressione cilindrica media:                           | (f <sub>ck</sub> +8)                                  | <b>f<sub>cm</sub>=</b>       | 45.4           | MPa              |
| Valore medio resistenza a trazione assiale:                           |   | <b>f<sub>ctm</sub>=</b>      | 3.35           | MPa              |
| Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione assiale:      |   | <b>f<sub>ctk,0,05</sub>=</b> | <b>2.35</b>    | MPa              |
| Valore medio resistenza a trazione per flessione:                     |   | <b>f<sub>ctm</sub>=</b>      | 4.02           | MPa              |
| Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione per flessione |   | <b>f<sub>ctk,0,05</sub>=</b> | <b>2.82</b>    | MPa              |
| **Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:                    |   | <b>γ<sub>c</sub>=</b>        | <b>1.5</b>     | [-]              |
| Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:                        | (0,85*f <sub>ck</sub> /γ <sub>c</sub> )               | <b>f<sub>cd</sub>=</b>       | <b>21.2</b>    | MPa              |
| Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:                    | (f <sub>ctk,0,05</sub> / γ <sub>s</sub> )             | <b>f<sub>ctd</sub>=</b>      | <b>1.56</b>    | MPa              |
| *Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:                  | (1,2*f <sub>ctd</sub> )                               | <b>f<sub>ctd f</sub>=</b>    | <b>1.88</b>    | MPa              |
| Modulo di elasticità secante:   |   | <b>E<sub>cm</sub>=</b>       | <b>34625</b>   | MPa              |
| Modulo di Poisson:  |   | <b>ν=</b>                    | <b>0-0,2</b>   | [-]              |
| Coefficiente di dilatazione lineare                                   |   | <b>α=</b>                    | <b>0.00001</b> | °C <sup>-1</sup> |
| *Tensione massima ammissibile nella comb. Quasi Permanente            | <b>σ<sub>cmx QP</sub> =</b> (0,45 f <sub>ck</sub> ) = | <b>16.81</b>                 | MPa            |                  |
| *Tensione massima ammissibile nella comb. Caratteristica -Rara        | <b>σ<sub>cmx R</sub> =</b> (0,60 f <sub>ck</sub> ) =  | <b>22.41</b>                 | MPa            |                  |

\*\*Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1.0

\*Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

### 3.4 Acciaio per barre d'armatura (B450C)

|  |                 |        |     |
|--|-----------------|--------|-----|
| Tipologia  |                 | B450C  |     |
| Resistenza caratteristica a snervamento          | f <sub>yk</sub> | 450    | MPa |
| Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio | γ <sub>c</sub>  | 1.15   |     |
| Resistenza di progetto a snervamento             | f <sub>yd</sub> | 391.3  | MPa |
| Modulo elastico longitudinale                    | E <sub>cm</sub> | 210000 | MPa |

**Tensione massima per la verifica agli SLE**      σ<sub>s max</sub>=(0,80 f<sub>yk</sub>) =      360      MPa  
 Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)

### 3.5 Acciaio da carpenteria (S355)

|   |                 |      |     |
|---|-----------------|------|-----|
| Tipologia                               |                 | S355 |     |
| Resistenza caratteristica a snervamento | f <sub>yk</sub> | 355  | MPa |
| Resistenza caratteristica a rottura     | f <sub>tk</sub> | 510  | MPa |

### 3.6 Acciaio da carpenteria (S275)

|   |          |      |     |
|---|----------|------|-----|
| Tipologia                               |          | S275 |     |
| Resistenza caratteristica a snervamento | $f_{yk}$ | 275  | MPa |
| Resistenza caratteristica a rottura     | $f_{tk}$ | 430  | MPa |

### 3.7 Acciaio pe trefoli

|  |                                 |        |     |
|--|---------------------------------|--------|-----|
| Tensione caratteristica di rottura:                    | $f_{ptk}$                       | 1860   | MPa |
| Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale: | $f_{p(1)k}$                     | 1670   | MPa |
| Allungamento sotto carico massimo:                     | $A_{gt}$                        | 3.50   | %   |
| Modulo di Elasticità:                                  | $E_s$                           | 210000 | MPa |
| Coefficienti parziale per le verifiche agli SLU:       | $\gamma_s$                      | 1.15   | -   |
| Resistenza di Calcolo                                  | $f_{yd} = f_{p(1)k} / \gamma_s$ | 1452   | MPa |

## 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Nel presente capitolo si riportano le principali unità geotecniche presenti ed a seguire i parametri geotecnici di progetto secondo quanto riportato nella relazione geotecnica generale alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

### 4.1 Unità Geotecniche

**Unità Ra, Rv** – Riporto antropico e riporto vegetale.

**Unità ec** – depositi eluvio colluviali: limo argilloso sabbioso.

**Unità AL** – argilla limosa talvolta sabbiosa (facies terrosa della formazione di Monte Sabino).

**Unità GS** – ghiaia sabbiosa con ciottoli (facies terrosa della formazione di Monte Sabino).

**Unità MS** – Formazione di Monte Sabino: conglomerati.

**Unità OB** – Formazione di Ornaro Basso: calcareniti.

**Unità SR/SB** – Formazione della scaglia rossa/bianca: calcari marnosi.

### 4.2 Parametri geotecnici caratteristici di progetto

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel profilo geologico e geotecnico.

#### Unità Ra - riporto antropico

|  |  |
|--|--|
| $\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                                |
| $c' = 0 \text{ kPa}$                     | coesione drenata                                       |
| $\phi' = 35^\circ$                       | angolo di resistenza al taglio                         |
| $E_o = 250 \div 400 \text{ MPa}$         | modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni |

#### Unità ec (limo sabbioso argilloso)

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| $\gamma = 18.0 \text{ kN/m}^3$   | peso di volume naturale                                |
| $c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$     | coesione drenata                                       |
| $\phi' = 26 \div 30^\circ$       | angolo di resistenza al taglio                         |
| $c_u = 100 \div 175 \text{ kPa}$ | resistenza al taglio in condizioni non drenate         |
| $E_o = 200 \div 400 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni |

#### Unità AL (argilla limosa)

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$   | peso di volume naturale                                |
| $c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$     | coesione drenata                                       |
| $\phi' = 26 \div 30^\circ$       | angolo di resistenza al taglio                         |
| $c_u = 75 \div 200 \text{ kPa}$  | resistenza al taglio in condizioni non drenate         |
| $E_o = 150 \div 400 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni |

**Unità GS (ghiaia sabbiosa)**

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$   | peso di volume naturale                                |
| $c' = 0 \text{ kPa}$             | coesione drenata                                       |
| $\phi' = 35\div 40^\circ$        | angolo di resistenza al taglio                         |
| $E_o = 350 \div 600 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni |

**Unità MS (conglomerati)**

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| $\gamma = 19.0\div 20 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                                |
| $c' = 5\div 20 \text{ kPa}$           | coesione drenata                                       |
| $\phi' = 35\div 42^\circ$             | angolo di resistenza al taglio                         |
| $E_o = 400 \div 800 \text{ MPa}$      | modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni |

**Unità SR / SB (calcari marnosi)**

|  |   |
|--|---|
| $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$                       | peso di volume naturale                                 |
| $\sigma_c = 21\div 93 \text{ MPa}$                 | resistenza a compressione monoassiale                   |
| $\sigma_{c,media} = 49 \text{ MPa}$                | resistenza a compressione monoassiale media             |
| $\sigma_{c,10\%} = 30 \text{ MPa}$                 | resistenza a compressione monoassiale decimo percentile |
| Parametri di resistenza per le fondazioni dirette: |   |
| $c' = 40\div 60 \text{ kPa}$                       | coesione drenata  |
| $\phi' = 40^\circ$                                 | angolo di resistenza al taglio                          |

**Unità SRa (calcari marnosi alterati litoidi)**

|                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale        |
| $c' = 40\div 50 \text{ kPa}$ | coesione drenata               |
| $\phi' = 40^\circ$           | angolo di resistenza al taglio |
| $E = 900 \text{ MPa}$        | modulo di deformazione         |

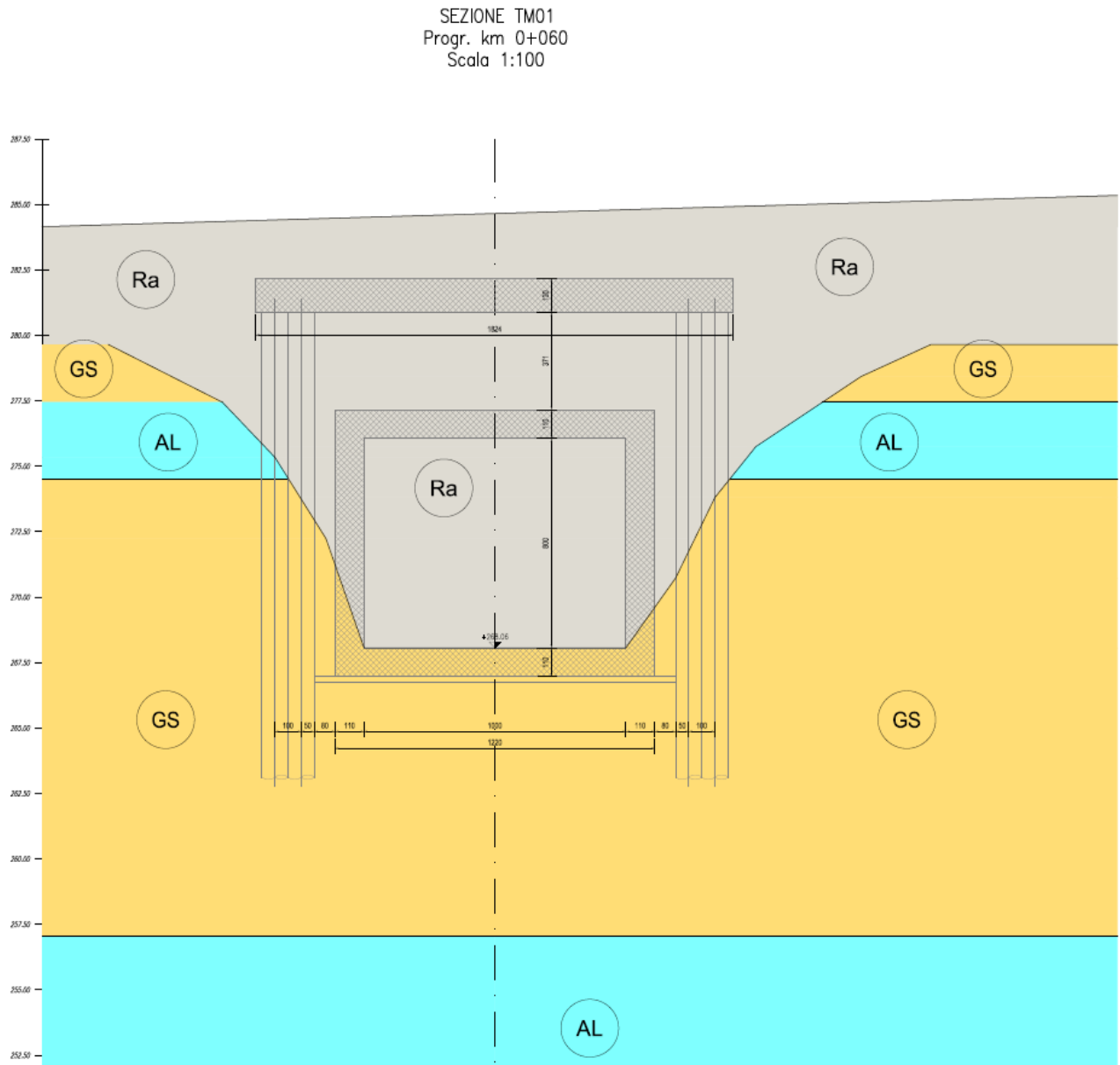
**Unità OB (calcareniti)**

|                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale               |
| $c' = 20\div 40 \text{ kPa}$   | coesione drenata                      |
| $\phi' = 24\div 26^\circ$      | angolo di resistenza al taglio        |
| $E = 75 \text{ MPa}$           | modulo di deformazione operativo      |
| $\sigma_c = 4 \text{ MPa}$     | resistenza a compressione monoassiale |

I moduli di deformabilità “operativi” da adottare per il calcolo delle deformazioni/cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni ( $E'_{op1}$ ), saranno assunti pari a 1/5 di quello iniziale ( $E_o$ ):  $E'_{op1} = E_o / 5$ .

### 4.3 Stratigrafia di progetto

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel profilo geologico e dalla caratterizzazione dei litotipi riportati nella relazione geotecnica generale.



In relazione all'ubicazione dell'opera, e alle quote di approfondimento della testa delle paratie, cautelativamente si è assunta la seguente stratigrafia di progetto a partire dalla quota di estradosso solettone.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Da 0.0 a 5.0 m</b>          | <b>Unità Ra (Riperti antropici)</b>       |
| $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                   |
| $c' = 0 \text{ kPa}$           | coesione drenata                          |
| $\phi' = 35^\circ$             | angolo di resistenza al taglio            |
| $E' = 90 \text{ MPa}$          | modulo di deformazione elastico operativo |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Da 5.0 a 8.0 m</b>          | <b>Unità AL (Argilla limosa)</b>          |
| $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                   |
| $c' = 5 \text{ kPa}$           | coesione drenata                          |
| $\phi' = 27^\circ$             | angolo di resistenza al taglio            |
| $E' = 50 \text{ MPa}$          | modulo di deformazione elastico operativo |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Da 8.0 a max</b>            | <b>Unità GS (ghiaia sabbiosa)</b>         |
| $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale                   |
| $c' = 0 \text{ kPa}$           | coesione drenata                          |
| $\phi' = 37^\circ$             | angolo di resistenza al taglio            |
| $E' = 100 \text{ MPa}$         | modulo di deformazione elastico operativo |

La quota di falda rilevata dai piezometri ubicati in prossimità dell'opera è posta a profondità di circa 8.00 m dal p.c.locale (estradosso solettone). Tale quota di falda è stata assunta nei modelli di analisi.



## **5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO**

Trattandosi di opere provvisoriale, per le quali si prevede un esercizio non superiore ai 2 anni, i dimensionamenti e relative verifiche sono state condotte esaminando la sola condizione statica, in accordo a quanto indicato al prg 2.4.1 delle NTC2018.

## 6 CRITERI DI PROGETTAZIONE AI SENSI DEL D.M. 17-01-2018

Nel presente paragrafo sono riportate alcune indicazioni salienti della Normativa riguardanti criteri generali di progettazione delle opere strutturali e geotecniche, oltre a specifiche da adottare per il caso delle Paratie di Sostegno.

### 6.1 METODO AGLI STATI LIMITE ED APPROCCI DI PROGETTO

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dal DM 17/01/18, con i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. La normativa distingue inoltre tra Stati Limite Ultimi e Stati Limite di Esercizio.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:  $R_d \geq E_d$ . Dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto

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

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

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

oppure

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

Il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$ , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 del DM 17.01.18, la verifica della condizione  $R_d \geq E_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

- EQU perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.
- STR raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

- GEO raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;
- UPL perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).
- HYD erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I del DM 17.01.18 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

|  |             | Coefficiente  | EQU | A1  | A2  |
|--|-------------|---------------|-----|-----|-----|
|  |             | $\gamma_F$    |     |     |     |
| Carichi permanenti $G_1$                       | Favorevoli  | $\gamma_{G1}$ | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
|  | Sfavorevoli |               | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$ | Favorevoli  | $\gamma_{G2}$ | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
|  | Sfavorevoli |               | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q                             | Favorevoli  | $\gamma_Q$    | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
|  | Sfavorevoli |               | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al § 2.5.3 del DM 17.01.18, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa, di seguito riportati per completezza:

### 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_s$ .

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali  $M1/M2$  da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto come già illustrati al paragrafo precedente:

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

| Parametro                                    | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale $\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|--|---|----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$                                       | $\gamma_{\varphi'}$              | 1,0  | 1,25 |
| Coesione efficace                            | $c'_k$  | $\gamma_c$                       | 1,0  | 1,25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$  | $\gamma_{cu}$                    | 1,0  | 1,4  |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma_r$  | $\gamma_\gamma$                  | 1,0  | 1,0  |

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme opere-terreno con esse interagenti da effettuare caso per caso in funzione del tipo di opera (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc..)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.I di seguito riportata:

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

|                                | Effetto     | Coefficiente Parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_E$ ) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti $G_1$       | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9 | 1,0  | 1,0  |
|                                | Sfavorevole |   | 1,1 | 1,3  | 1,0  |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,8 | 0,8  | 0,8  |
|                                | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5  | 1,3  |
| Azioni variabili Q             | Favorevole  | $\gamma_Q$  | 0,0 | 0,0  | 0,0  |
|                                | Sfavorevole |   | 1,5 | 1,5  | 1,3  |

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Nell'ambito delle Analisi di seguito esposte, si è fatto riferimento nella fattispecie all'APPROCCIO 1, andando ad esaminare tutti gli stati limite ritenuti significativi per il caso delle opere in progetto, secondo quanto specificato al già citato prg “6.5.3.1.2 Paratie” del DM 17.01.18, ovvero:

SLU di tipo geotecnica (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)

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

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

In particolare:

- la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno è stata effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell’Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I;
- le verifiche nei riguardi degli stati limite idraulici (UPL e HYD) devono essere eseguite come descritto nel § 6.2.4.2:

**6.2.4.2 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici**

Le opere geotecniche devono essere verificate nei confronti dei possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento.

A tal fine, nella valutazione delle pressioni interstiziali e delle quote piezometriche caratteristiche, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle condizioni stratigrafiche.

Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell’azione instabilizzante  $V_{inst,d}$ , ovvero sia della risultante delle pressioni idrauliche ottenuta considerando separatamente la parte permanente ( $G_{inst,d}$ ) e quella variabile ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad [6.2.4]$$

dove

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad [6.2.5]$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III. Al fine del calcolo della resistenza di progetto  $R_d$ , tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2). Ove necessario, il calcolo della resistenza va eseguito in accordo a quanto indicato nei successivi paragrafi per le fondazioni su pali e per gli ancoraggi.

**Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento**

|                                | Effetto     | Coefficiente Parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_E$ ) | Sollevamento (UPL) |
|--------------------------------|-------------|---|--------------------|
| Carichi permanenti $G_1$       | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9                |
|                                | Sfavorevole |   | 1,1                |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,8                |
|                                | Sfavorevole |   | 1,5                |
| Azioni variabili Q             | Favorevole  | $\gamma_{Q1}$                                       | 0,0                |
|                                | Sfavorevole |   | 1,5                |

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{c1}$ .

In condizioni di flusso prevalentemente verticale:

- a) nel caso di frontiera di efflusso libera, la verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico  $i$  risulti non superiore al gradiente idraulico critico  $i_c$  diviso per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 3$ , se si assume come effetto delle azioni il gradiente idraulico medio, e per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 2$  nel caso in cui si consideri il gradiente idraulico di efflusso;
- b) in presenza di un carico imposto sulla frontiera di efflusso, la verifica si esegue controllando che la pressione interstiziale in eccesso rispetto alla condizione idrostatica risulti non superiore alla tensione verticale efficace calcolata in assenza di filtrazione, divisa per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 2$ .

In tutti gli altri casi il progettista deve valutare gli effetti delle forze di filtrazione e garantire adeguati livelli di sicurezza, da prefissare e giustificare esplicitamente.

Si fa salvo, comunque, quanto previsto nel Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 26 giugno 2014 recante “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”, ove applicabile

Viste le condizioni stratigrafiche e le condizioni idrauliche al contorno (permeabilità dei terreni e profondità della falda a monte e a valle della paratia), si ritiene che le seguenti verifiche non risultano necessarie per le sezioni in esame:

- instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
- instabilità del fondo scavo per sollevamento;
- sifonamento del fondo scavo;
- Le rimanenti verifiche sono state effettuate secondo l’Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:
  - Combinazione 1: (A1+M1+R1)
  - Combinazione 2: (A2+M2+R1)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II, con i coefficienti gR del gruppo R1 pari all'unità.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento. Nella fattispecie con riferimento alle paratie dotate di Tiranti per le verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi dei tiranti di ancoraggio si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che li compongono (verifiche effettuate con il software Paratie Plus).

Per il dimensionamento della lunghezza libera dell'ancoraggio si deve verificare che essa sia tale da garantire che in condizioni statiche e sismiche il tratto “attivo” di fondazione dell'ancoraggio si trovi al di fuori del cuneo di Spinta Attiva, la cui inclinazione rispetto all'orizzontale in condizioni statiche è di  $45^\circ + \phi'/2$ . La lunghezza libera è definita dall'intersezione del tirante con un piano inclinato di  $45^\circ - \phi'/2$  sulla verticale, parallelo al piano passante per il piede della paratia e da esso distante  $0,20 h$  (AGI 2012 - Ancoraggi nei terreni e delle rocce). Valgono le seguenti espressioni:

$$L_{libera\_statica} = h' + d$$

$$h' = 0,20h / \cos(45^\circ - \alpha - \phi/2)$$

$$d = (h + t - h_i) \sin(45^\circ - \phi/2) / \sin(45^\circ + \alpha + \phi/2)$$

dove:

- $h$  = altezza fuori terra della paratia
- $\alpha$  = inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale
- $t$  = infissione della paratia
- $h_i$  = profondità del tirante

Per effetto del sisma, la potenziale superficie di scorrimento dei cunei di spinta rispetto all'orizzontale si riduce. Detta “ $L_s$ ” la lunghezza libera dell'ancoraggio in condizioni statiche, la corrispondente lunghezza libera in condizioni sismiche “ $L_e$ ” può essere ottenuta mediante la relazione (§ 7.11.6.4 del DM 17.01.18):

$$L_e = L_s \left( 1 + 1,5 \cdot \frac{a_{max}}{g} \right) \quad [7.11.12]$$

Per il dimensionamento geotecnico del tirante, deve risultare rispettata la condizione [6.2.1 del DM 17.01.18] con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I:



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

|            | Simbolo    | Coefficiente parziale |
|------------|------------|-----------------------|
| Temporanei | $\gamma_R$ | 1,1                   |
| Permanenti | $\gamma_R$ | 1,2                   |

La verifica a sfilamento della fondazione dell’ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto Ed con la resistenza di progetto Rad, determinata applicando alla resistenza caratteristica Rak (valutata secondo quanto descritto nel § 6.6.2 del DM 17.01.18) i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nella Tab. 6.6.I. Si specifica inoltre che quando l’armatura è realizzata mediante trefoli di acciaio armonico, nel rispetto della gerarchia delle resistenze al fine di contenere il rischio di rotture di tipo fragile, si deve verificare che la resistenza a sfilamento della fondazione dell’ancoraggio deve risultare minore della resistenza a snervamento dell’armatura.

Si è infine proceduto con una verifica nei riguardi degli Stati Limite di Esercizio (SLE), effettuando una stima delle deformazioni dell’opera e dei cedimenti del piano limite a tergo. In particolare per la valutazione dei cedimenti verticali si è fatto riferimento al “Metodo Paratie Plus” implementato direttamente all’interno del software.

Si rimanda ai Tabulati di Calcolo per la tabella riassuntiva di tutti i coefficienti parziali utilizzati nelle suddette verifiche.



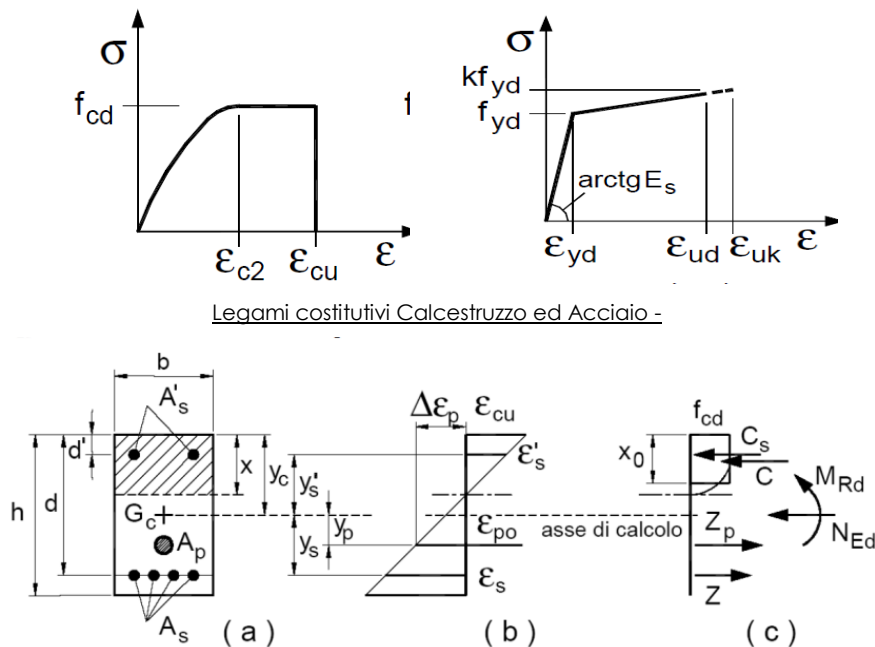
## 7 CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 e al 4.2.4. delle NTC.

### 7.1 VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLU

#### 7.1.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.3.2 delle NTC, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio -

Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed} \quad [4.1.18a]$$

$$\mu_\phi = \mu_\phi(N_{Ed}) \geq \mu_{Ed} \quad [4.1.18b]$$

dove

$M_{Rd}$  è il valore di progetto del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$N_{Ed}$  è il valore di progetto dello sforzo normale sollecitante;

$M_{Ed}$  è il valore di progetto del momento di domanda;

$\mu_\phi$  è il valore di progetto della duttilità di curvatura corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$\mu_{Ed}$  è la domanda in termini di duttilità di curvatura.

### 7.1.2 Taglio

La resistenza a taglio VRd della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

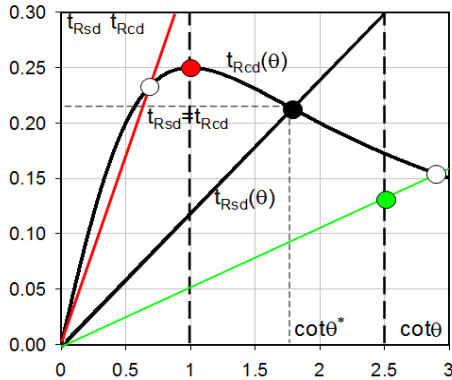
Dove:

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ ;
- $k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2$ ;
- $\rho_1 = A_{sw} / (b_w \cdot d)$
- $d$  = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;
- $b_w = 1000$  mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio VRd è il minimo tra la resistenza a taglio trazione VRsd e la resistenza a taglio compressione VRcd :

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha \quad V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)}{(1 + \text{ctg}^2\theta)}$$

Essendo:  $1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$



- Se la  $\text{cot} \theta^*$  è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rsd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una  $\text{cot} \theta = 2,5$ .
- Se la  $\text{cot} \theta^*$  è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una  $\text{cot} \theta = 1,0$ .
- Se la  $\text{cot} \theta^*$  è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.3.5.2 delle NTC, considerando ai fini delle verifiche, un angolo  $\theta$  di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle ( $\theta$ ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\text{cot} \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

( $\theta^*$  angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove:

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

$f'_{cd}$  = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

$f_{cd}$  = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

|            |                                  |                                 |  |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| $\alpha_c$ | coefficiente maggiorativo pari a | 1                               |  |
|            |                                  | $1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$      | per membrature non compresse                       |
|            |                                  | 1,25                            | per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$             |
|            |                                  | $2,5(1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$ | per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$ |
|            |                                  |                                 | per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$            |

$\omega_{sw}$  : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

## 7.2 VERIFICHE STRUTTURALI C.A. - SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato

Nel caso in esame, trattandosi di opere provvisionali, le verifiche non sono necessarie.

## 7.3 VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALI

### 7.3.1 Trazione

L'azione assiale di progetto  $N_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.5]$$

dove la resistenza di progetto a trazione  $N_{t,Rd}$  di membrature con sezioni indebolite da fori per collegamenti bullonati o chiodati deve essere assunta pari al minore dei valori seguenti:

a) la resistenza plastica di progetto della sezione lorda,  $A$ ,

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad [4.2.6]$$

b) la resistenza di progetto a rottura della sezione netta,  $A_{net}$ , in corrispondenza dei fori per i collegamenti

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \quad [4.2.7]$$

Qualora il progetto preveda la gerarchia delle resistenze, come avviene in presenza di azioni sismiche, la resistenza di progetto plastica della sezione lorda,  $N_{pl,Rd}$ , deve risultare minore della resistenza di progetto a rottura delle sezioni indebolite dai fori per i collegamenti,  $N_{u,Rd}$ :

$$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd} \quad [4.2.8]$$

### 7.3.2 Compressione

La forza di compressione di progetto  $N_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.9]$$

dove la resistenza di progetto a compressione della sezione  $N_{c,Rd}$  vale:

$$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,} \quad [4.2.10]$$

$$N_{c,Rd} = A_{eff} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 4.}$$

Non è necessario dedurre l'area dei fori per i collegamenti bullonati o chiodati, purché in tutti i fori siano presenti gli elementi di collegamento e non siano presenti fori sovradimensionati o asolati.

### 7.3.3 Flessione monoassiale

Il momento flettente di progetto  $M_{Ed}$  deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.11]$$

dove la resistenza di progetto a flessione retta della sezione  $M_{c,Rd}$  si valuta tenendo conto della presenza di eventuali fori in zona tesa per collegamenti bullonati o chiodati.

La resistenza di progetto a flessione retta della sezione  $M_{c,Rd}$  vale:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{per le sezioni di classe 1 e 2;} \quad [4.2.12]$$

in cui  $W_{pl}$  rappresenta il modulo di resistenza plastico della sezione

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{per le sezioni di classe 3;} \quad [4.2.13]$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{per le sezioni di classe 4;} \quad [4.2.14]$$

per le sezioni di classe 3,  $W_{el,min}$  è il modulo resistente elastico minimo della sezione in acciaio; per le sezioni di classe 4, invece, il modulo  $W_{eff,min}$  è calcolato eliminando le parti della sezione inattive a causa dei fenomeni di instabilità locali, secondo il procedimento esposto in UNI EN1993-1-5, e scegliendo il minore tra i moduli così ottenuti.

### 7.3.4 Taglio

Il valore di progetto dell'azione tagliante  $V_{Ed}$  deve rispettare la condizione

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.16]$$

dove la resistenza di progetto a taglio  $V_{c,Rd}$  in assenza di torsione, vale

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad [4.2.17]$$

dove  $A_v$  è l'area resistente a taglio. Per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f \quad [4.2.18]$$

per profilati a C o ad U caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f \quad [4.2.19]$$

per profilati ad I e ad H caricati nel piano delle ali si può assumere

$$A_v = A - \sum (h_w \cdot t_w) \quad [4.2.20]$$

per profilati a T caricati nel piano dell'anima si può assumere

$$A_v = 0,9 (A - b t_f) \quad [4.2.21]$$

per profili rettangolari cavi "profilati a caldo" di spessore uniforme si può assumere

$$A_v = Ah/(b+h) \text{ quando il carico è parallelo all'altezza del profilo,} \quad [4.2.22]$$

$$A_v = Ab/(b+h) \text{ quando il carico è parallelo alla base del profilo;}$$

per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme:

$$A_v = 2A/\pi \quad [4.2.23]$$

dove:

$A$  è l'area lorda della sezione del profilo,

$b$  è la larghezza delle ali per i profilati e la larghezza per le sezioni cave,

$h_w$  è l'altezza dell'anima,

$h$  è l'altezza delle sezioni cave,

$r$  è il raggio di raccordo tra anima ed ala,

$t_f$  è lo spessore delle ali,

$t_w$  è lo spessore dell'anima.



### 7.3.5 Flessione e Taglio

Se il taglio di progetto  $V_{Ed}$  è inferiore a metà della resistenza di progetto a taglio  $V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd} \quad [4.2.30]$$

si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione, eccetto nei casi in cui l'instabilità per taglio riduca la resistenza a flessione della sezione. Se il taglio di progetto  $V_{Ed}$  è superiore a metà della resistenza di progetto a taglio  $V_{c,Rd}$  bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

Posto

$$\rho = \left[ \frac{2V_{Ed}}{V_{c,Rd}} - 1 \right]^2 \quad [4.2.31]$$

la resistenza a flessione si determina assumendo per l'area resistente a taglio  $A_v$  la tensione di snervamento ridotta  $(1 - \rho) f_{yk}$ .

Per le sezioni ad I o ad H di classe 1 e 2 doppiamente simmetriche, soggette a flessione e taglio nel piano dell'anima, la corrispondente resistenza convenzionale di progetto a flessione retta può essere valutata come:

$$M_{y,v,Rd} = \frac{\left[ W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_w^2}{4t_w} \right] f_{yk}}{\gamma_{M0}} \leq M_{y,s,Rd} \quad [4.2.32]$$

in cui  $A_w$  rappresenta l'area dell'anima del profilo.

### 7.3.6 Presso o tenso-flessione retta

La presso- o tenso-flessione retta può essere trattata con riferimento a metodi di comprovata validità.

Per le sezioni ad I o ad H di classe 1 e 2 doppiamente simmetriche, soggette a presso o tenso-flessione nel piano dell'anima, la corrispondente resistenza convenzionale di progetto a flessione retta può essere valutata come:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a) \leq M_{pl,y,Rd} \quad [4.2.33]$$

Per le sezioni ad I o ad H di classe 1 e 2 doppiamente simmetriche, soggette a presso o tenso-flessione nel piano delle ali, la corrispondente resistenza convenzionale di progetto a flessione retta può essere valutata come:

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \text{ per } n \leq a \quad [4.2.34]$$

$$\text{o} \quad M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \left[ 1 - \left( \frac{n - a}{1 - a} \right)^2 \right] \text{ per } n > a \quad [4.2.35]$$

essendo

$M_{pl,y,Rd}$  il momento resistente plastico di progetto a flessione semplice nel piano dell'anima,

$M_{pl,z,Rd}$  il momento resistente plastico di progetto a flessione semplice nel piano delle ali,

e posto:

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} \quad [4.2.36]$$

$$a = \frac{(A - 2bt_f)}{A} \leq 0,5 \quad [4.2.37]$$

dove:

A è l'area lorda della sezione,

b è la larghezza delle ali,

$t_f$  è lo spessore delle ali.

Per sezioni generiche di classe 1 e 2 la verifica si conduce controllando che il momento di progetto sia minore del momento plastico di progetto, ridotto per effetto dello sforzo normale di progetto,  $M_{N,y,Rd}$ .

## 7.4 VERIFICHE SLU (UPL)

Le opere geotecniche devono essere verificate nei confronti dei possibili stati limite di sollevamento o di sifonamento. Per la stabilità al sollevamento deve risultare che il valore di progetto dell'azione instabilizzante  $V_{inst,d}$ , combinazione di azioni permanenti ( $G_{inst,d}$ ) e variabili ( $Q_{inst,d}$ ), sia non maggiore della combinazione dei valori di progetto delle azioni stabilizzanti ( $G_{stb,d}$ ) e delle resistenze ( $R_d$ ):

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d} + R_d \quad (6.2.4)$$

$$V_{inst,d} = G_{inst,d} + Q_{inst,d} \quad (6.2.5)$$

Per le verifiche di stabilità al sollevamento, i relativi coefficienti parziali sulle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.III. Tali coefficienti devono essere combinati in modo opportuno con quelli relativi ai parametri geotecnici (M2).

**Tabella 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.**

| CARICHI                                   | EFFETTO     | Coefficiente parziale<br>$\gamma_F$ (o $\gamma_E$ ) | SOLLEVAMENTO (UPL) |
|---|-------------|---|--------------------|
| Permanenti                                | Favorevole  | $\gamma_{G1}$                                       | 0,9                |
|   | Sfavorevole |   | 1,1                |
| Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup> | Favorevole  | $\gamma_{G2}$                                       | 0,0                |
|   | Sfavorevole |   | 1,5                |
| Variabili                                 | Favorevole  | $\gamma_{Qi}$                                       | 0,0                |
|   | Sfavorevole |   | 1,5                |

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Il controllo della stabilità al sifonamento si esegue verificando che il valore di progetto della pressione interstiziale instabilizzante ( $u_{inst,d}$ ) risulti non superiore al valore di progetto della tensione totale stabilizzante ( $\sigma_{stb,d}$ ), tenendo conto dei coefficienti parziali della Tab. 6.2.IV:

$$u_{inst,d} \leq \sigma_{stb,d} \quad (6.2.6)$$

In entrambe le verifiche, nella valutazione delle pressioni interstiziali, si devono assumere le condizioni più sfavorevoli, considerando i possibili effetti delle successioni stratigrafiche sul regime di pressione dell'acqua.

Nelle verifiche al sifonamento, in presenza di adeguate conoscenze sul regime delle pressioni interstiziali, i coefficienti di sicurezza minimi sono indicati nella Tab. 6.2.IV. Valori superiori possono essere assunti e giustificati tenendo presente della pericolosità del fenomeno in relazione alla natura del terreno nonché dei possibili effetti della condizione di collasso.

PARATIE PLUS offre vari strumenti per analizzare i risultati di un calcolo di filtrazione. Possiamo individuare due tipi di rappresentazioni:

- 1) classiche rappresentazioni dei risultati al modello geometrico; in questo caso è possibile rappresentare:
  - isocurve delle pressioni totali;
  - isocurve delle pressioni in eccesso;
  - vettori flusso;
- 2) strumenti che consentono di analizzare localmente alcune grandezze, puntuali oppure integrali riferite ad una regione del modello; sono disponibili tre strumenti interattivi:

- flow inspector;
- pressure inspector;
- piping inspector.

Il Piping inspector è uno strumento che consente di abbracciare una regione di terreno per la quale calcolare le seguenti grandezze utili per verifiche idrauliche di stabilità:

- la risultante delle pressioni neutre alla base ( $U_{base}$ );
- la risultante delle pressioni neutre in superficie ( $U_{top}$ ) generalmente diversa da zero solo se il terreno si trova sott'acqua;
- il peso totale della porzione di terreno ( $W$ );
- la risultante degli eventuali sovraccarichi permanenti in sommità ( $Q_d$ ).

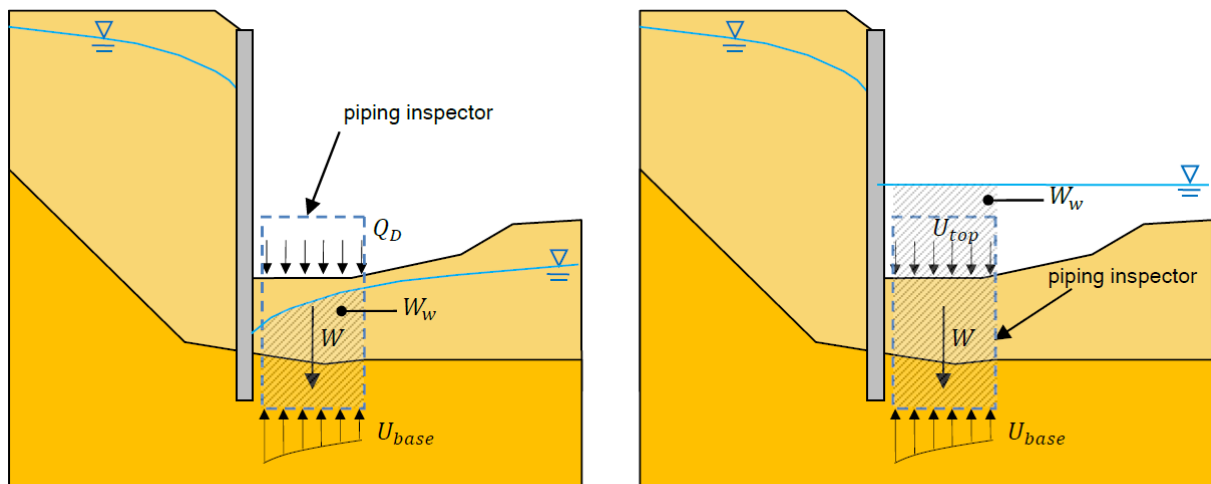


Figura 8-11 : piping inspector - due possibili casistiche

Viene inoltre calcolato il rapporto tra i carichi verticali e le sottospinte idrauliche, al fine di valutare la sicurezza a sollevamento, nel seguente modo:

$$F_{SUPPLIFT} = \frac{W + Q_d}{U_{base} - U_{top}}$$

Viene poi calcolato un coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento in termini efficaci, secondo la prassi tradizionale, come descritto nel seguito.

PARATIE PLUS calcola il volume (e quindi il peso totale  $W_w$ ) dell'acqua contenuta nella regione delimitata, ai lati e alla base, dal rettangolo di selezione e, superiormente, dalla freatica soprastante (regione tratteggiata in Figura 8-11); esprime quindi il coefficiente di sicurezza a sifonamento (convenzionalmente riferito alle indicazioni di Terzaghi) come:

$$F_{STerzaghi} = \frac{(W + U_{top} - W_w + Q_d)}{U_{base} - W_w} = \frac{W' + Q_d}{\Delta U_{base}}$$

Nel caso in cui  $Q_d$  e  $U_{top}$  siano nulli e si ipotizzi costante la pressione alla base e omogeneo il terreno, per una porzione di altezza  $H$  e larghezza  $B$ , si ha:



$$F_{S_{Terzaghi}} = \frac{W'}{\Delta U_{base}} = \frac{\gamma' \cdot H}{\gamma_w \cdot \Delta h}$$

dove l'incremento di pressione alla base rispetto alla pressione idrostatica riferita alla freatica soprastante è stato espresso come  $\gamma_w \cdot \Delta h$  essendo  $\gamma_w$  il peso di volume dell'acqua e  $\Delta h$  la perdita (o acquisto, in questo caso), di carico idraulico.

Definito  $i_E = \Delta h/H =$  gradiente medio d'efflusso e  $i_c = \gamma'/\gamma_w =$  gradiente critico, si ritrova la classica espressione:

$$F_{S_{Terzaghi}} = \frac{i_c}{i_E}$$

I due rapporti calcolati da PARATIE PLUS rappresentano modalità complementari, entrambe accettate, per esprimere il grado di sicurezza nei confronti della stabilità rispetto al sollevamento provocato dalla presenza di acqua in pressione.

Il rapporto  $F_{s,UPLIFT}$ , che, per ovvie ragioni, in assenza del termine  $Qd$  non può essere mai maggiore del rapporto tra il peso del terreno saturo ed il peso dell'acqua (quindi circa 2), è normalmente preso in esame nelle verifiche a sollevamento quando, ad esempio, è previsto un tampone in jet-grouting.

Valori accettabili di questo rapporto dipendono dall'ambito normativo in cui si opera, per la normativa italiana (2018), se si assume un coefficiente parziale  $\gamma_{G1}$  pari a 1.1 per le azioni destabilizzanti e pari a 0.9 per quelle stabilizzanti, la verifica sarebbe soddisfatta se  $F_{s,UPLIFT} > 1.1/0.9 = 1.22$ .

## 8 CRITERI GENERALI DI MODELLAZIONE ADOTTATI

### 8.1 Generalità

Le analisi finalizzate al dimensionamento delle paratie trattate nell'ambito del presente documento, sono state condotte con il programma di calcolo "Paratie Plus" della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

Il software Paratie Plus, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, 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 fasi esecutive.

Nel seguito si illustrano quindi le metodologie di calcolo utilizzate, le fasi di calcolo modellate e i risultati delle analisi e verifiche geotecniche dei pali costituenti la paratia.

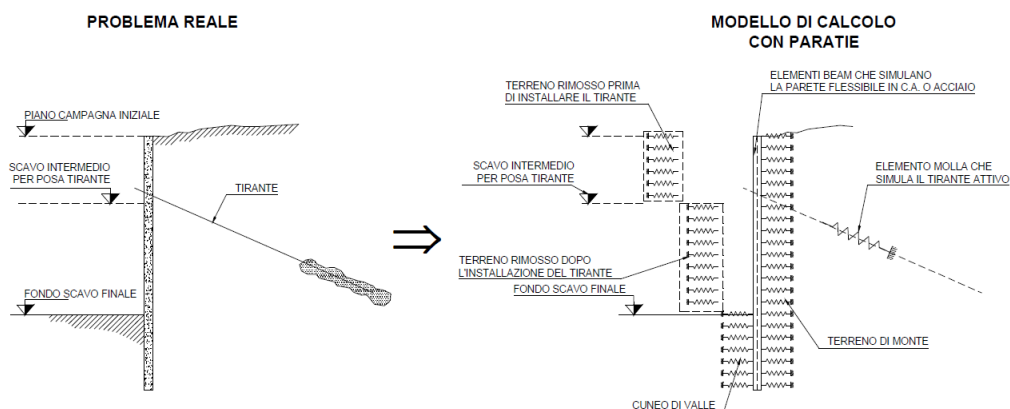
### 8.2 Metodologie di calcolo

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".



Al fine di ottenere informazioni attendibili sull'entità delle sollecitazioni e delle deformazioni nelle paratie è necessario poterne seguire il comportamento durante le principali fasi esecutive.

A tal riguardo, l'interazione fra la paratia e il terreno, è simulata modellando la prima con elementi finiti caratterizzati da una rigidità flessionale ed il secondo con molle elasto-plastiche connesse ai nodi della paratia di

rigidezza proporzionale al modulo di rigidezza del terreno. Inoltre, è possibile modellare eventuali elementi di sostegno della paratia (tiranti, puntoni) con molle dotate di opportuna rigidezza.

In particolare, la paratia è schematizzata attraverso un diaframma di spessore equivalente ricavato attraverso la seguente espressione:

$$s_{eq} = \sqrt[3]{12E_m J_p}$$

dove:

$E_m$  modulo elastico del materiale costituente la paratia

$J_p$  inerzia della sezione della paratia

Il terreno si comporta come un mezzo elastico sino a che il rapporto tra la tensione orizzontale efficace ( $\sigma'_{h}$ ) e la tensione verticale efficace ( $\sigma'_{v}$ ) risulta compreso tra il coefficiente di spinta attivo ( $k_a$ ) e passivo ( $k_p$ ), mentre quando il rapporto è pari a  $k_a$  o a  $k_p$  il terreno si comporta come un mezzo elasto-plastico.

Questo modello, nella sua semplicità concettuale, derivato direttamente dal modello di Winkler, 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 fasi esecutive.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse,  $k$ , è data da:  $k = E / L$

ove  $E$  è un modulo di rigidezza del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite  $\Delta$ , la rigidezza di ogni molla è:  $k = E\Delta / L$

Il valore di  $\Delta$  è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti.

Il valore di  $L$  è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva.

Si è scelto:

in zona attiva (uphill):

$$L_A = \frac{2}{3} \ell_A \tan(45^\circ - \phi' / 2)$$

Dove:  $\ell_A = \min\{l, 2H\}$ ;

con

$l$  = altezza totale della paratia

$H$  = altezza corrente dello scavo.

in zona passiva (downhill):

$$L_P = \frac{2}{3} \ell_P \tan(45^\circ + \phi' / 2)$$

Dove:  $\ell_P = \min\{l - H, H\}$

La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987). Si assume in ogni caso un valore di  $H$  non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il programma consente di seguire le fasi evolutive degli scavi a valle dell'opera, determinando, per ciascuna fase di scavo prevista, la deformata dell'opera e le sollecitazioni e gli stati tensionali nel terreno con essa interagente.

Il software consente di tener conto anche della presenza di vincoli lungo la paratia, sia di tipo elastico (molle /tiranti) che di tipo rigido.

La presenza dei tiranti viene infine schematizzata dal software come dei vincoli elastici, la cui deformabilità dipende dalle caratteristiche della sezione resistente in acciaio dei tiranti e dalla lunghezza libera degli stessi, eventualmente incrementata di una quantità funzione dell'efficienza ( $\leq 1$ ) associata al bulbo di ancoraggio.

**Per le analisi e verifiche svolte al capitolo 10, sono state modellate pareti combinate costituite da una doppia fila di pali  $\Phi 1000$  ad interasse  $1,00\text{m} \times 1,40\text{m}$  disposti a quinconce.**

### 8.3 Spinte dei terreni in fase statica

Le spinte agenti sull'opera di sostegno in fase statica dipendono direttamente dalla situazione geostatica e dai parametri di resistenza del terreno.

In particolare la pressione fondamentale dell'analisi è la  $\sigma'h$  che lo scheletro solido del terreno esercita sulla struttura di sostegno che dipende dagli spostamenti che essa subisce per effetto di  $\sigma'h$  stessa ovvero dipende dall'interazione fra la struttura ed il terreno a tergo dell'opera.

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso valle, la  $\sigma'h$  sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$- \quad \sigma'ha = K_a \sigma'v \quad \sigma'ha = K_a \sigma'v - 2c'(K_a)^{0.5} \quad \text{pressione attiva}$$

dove:  $K_a$  = coefficiente di spinta attiva;

Nel caso in cui la struttura subisca uno spostamento verso monte, la  $\sigma'h$  sul paramento di monte può essere calcolata come:

$$- \quad \sigma'hp = K_p \sigma'v + 2c'(K_p)^{0.5} \quad \text{pressione passiva}$$

dove:  $K_p$  = coefficiente di spinta passiva;

In condizioni statiche,  $K_a$  e  $K_p$  sono funzione dell'angolo di attrito efficace dello scheletro solido  $\phi'$ , dell'angolo di attrito fra struttura e terreno  $\delta$  dell'inclinazione  $\beta$  del paramento di monte della struttura di sostegno e dell'inclinazione  $i$  del terrapieno a tergo dell'opera .

Fra le varie formulazioni proposte per il calcolo di  $K_a$  e  $K_p$  in letteratura, si è fatto riferimento a quelle proposte da Coulomb [1773], per il calcolo del  $K_a$  e di Lancellotta (2002) per il calcolo del Coefficiente  $K_p$  di cui in seguito si riportano le espressioni generali:

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi' - \beta)}{\cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi') \sin(\phi' - i)}{\cos(\delta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} \quad K_p = \left[ \frac{\cos \delta}{1 - \sin \phi'} \left( \cos \delta + \sqrt{\sin^2 \phi' - \sin^2 \delta} \right) \right] e^{2\theta_P \tan \phi'}$$

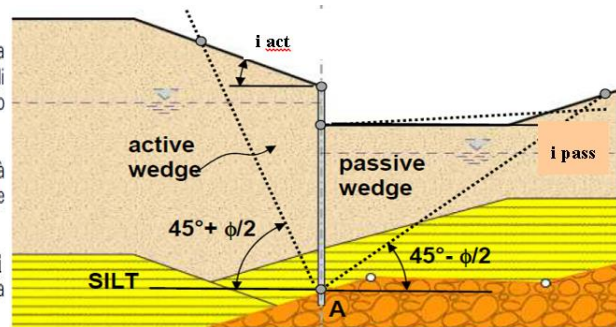
$$\theta_P = \arcsin \left( \frac{\sin \delta}{\sin \phi'} \right) + \delta$$

In considerazione del fatto che nell'ambito dei modelli oggetto di analisi, i terrapieni spingenti sulle opere sono caratterizzati da alternanze stratigrafiche tra formazioni diverse in termini di parametri fisico meccanici, la determinazione dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  viene effettuata per ciascuna unità tenendo conto del relativo

angolo d’attrito  $\phi'$  e quindi del valore dell’angolo d’attrito terra muro  $\delta$ , posto in generali pari  $0.6\phi'$ , a meno della fase sismica, ove si assume in ogni caso  $\delta=0$ .

Il valore di inclinazione del piano limite del terrapieno  $i$  da considerare nella valutazione dei coefficienti di spinta, è funzione della zona di estensione del potenziale cuneo di spinta agente sull’opera. Tale valore assume un valore diverso per ciascuno strato, è viene valutato automaticamente nel software di calcolo utilizzato secondo la procedura sinteticamente illustrata nel seguito con riferimento allo strato “SILT” (in giallo):

- dal punto A più basso dello strato in corrispondenza della parete, si traccia la linea di rottura piana corrispondente al cuneo di mobilitazione in spinta attiva (o passiva) secondo la teoria di Coulomb, senza considerare attrito terra-muro, fino a raggiungere la linea di scavo (o piano campagna);
- si determina quindi un ipotetico cuneo di terreno mobilitato, compreso tra il punto A e la sommità del tratto non esposto della parete: tale cuneo sarà delimitato superiormente da una superficie irregolare;
- calcolata l’area di tale cuneo, si calcola una superficie piana equivalente (inclinata di  $i$  sull’orizzontale) tale che l’area del triangolo equivalente sia pari all’area del cuneo prima determinato.



- Schema di valutazione delle pendenze equivalenti del piano limite per ciascuno strato -

In presenza di falda, occorre inoltre tener conto, alla generica profondità, dell’ulteriore contributo di spinta attiva associato a quest’ultima, che può essere espressa come segue.

$$\sigma_w = \gamma_w h_w$$

$\gamma_w$  = peso unità di volume dell’acqua

$h_w$  = battente idraulico alla quota considerate.

In condizioni drenate (regime stazionario), che sono le condizioni a vantaggio di sicurezza nel caso di esecuzione di scavi (detensionamento del terreno), la pressione dell’acqua (pressione neutra) nei pori è indipendente dalla deformazione dello scheletro solido (disaccoppiamento meccanico-idraulico).

Pertanto, nell’ipotesi semplificativa che il flusso nell’intorno della paratia si sviluppi prevalentemente in direzione verticale (certamente realistica in assenza di acquiferi confinati), il calcolo della pressione neutra  $p$  alla quota  $z$  può essere condotto considerando che il prodotto fra permeabilità  $k$  e perdita di carico  $i$  è costante (principio di conservazione della massa applicato alla legge di Darcy) ovvero, che in ciascun tratto omogeneo (permeabilità  $k$  costante), di spessore  $L = z - z_0$ , la perdita di carico  $i$  è costante:

$$p = p_0 - \gamma_w (1 + i)(z - z_0) \text{ pressione neutra}$$

dove:

$p_0$  è la pressione all’inizio di ciascun tratto omogeneo ovvero  $p(z = z_0)$

$\gamma_w$  è il peso specifico dell’acqua

$$i = \frac{-\Delta h}{L} = - \frac{[h(z) - h(z_0)]}{z - z_0}$$

$i$  è la perdita di carico

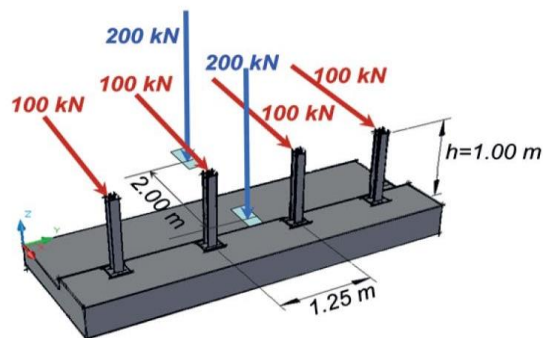
$z$  è la quota, positiva verso l’alto, alla quale si calcola  $p$



## 8.4 Azione eccezionale dovuta all’urto dell’autoveicolo

Al fine di quantificare il valore del momento flettente e del carico orizzontale equivalente da applicare alla sommità dell’opera d’arte per tener conto dell’eventuale collisione accidentale di veicoli sulle barriere collegate alla Paratia OS03 si possono seguire 2 differenti approcci:

- 1) Attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione pari a 100 kN. Essa rappresenta l’effetto dell’impatto da trasmettere ai vincoli e deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 100 mm sotto la sommità della barriera o 1,0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo (§3.6.3.3.2, NTC2018).



*Figura 7: schema di carico azione d'urto*

- 2) Considerando il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza utilizzata può fornire. Tale approccio ottempera quanto previsto dal § 4.7.3.3 della UNI EN 1991.2 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 Marzo 2013, DM 31/07/2012).

Il primo approccio è da utilizzare in assenza di specifiche prescrizioni, ovvero quando non si conoscono in fase di progetto le caratteristiche geometriche della barriera che dovrà essere installata ovvero in caso di condizioni di progettazione “non ordinarie”. In alternativa, a discrezione del progettista è possibile utilizzare come azione di progetto il momento di plasticizzazione del montante (cfr UNI EN 1991.2). È tuttavia necessario sottolineare che tale metodologia è applicabile quando in fase di progetto si conosce già il dispositivo di ritenuta da installare e le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

Planimetricamente, si considera una redistribuzione delle azioni sollecitanti secondo un angolo di diffusione pari a 45°.

Nel caso in esame, è stato applicato il secondo approccio, più idoneo e realistico, in quanto, pur non conoscendo ancora il tipo di barriera da installare e tutte le caratteristiche geometriche e statiche utili (comprensivi del sistema di fissaggio sul supporto in calcestruzzo, in conformità a quanto adottato in sede di prova di crash), cautelativamente è stata scelta nella gamma delle barriere indicate nelle linee guida Anas quella che consente lo sviluppo dei calcoli e delle verifiche con maggiore cautela, in quanto caratterizzata da momento plastico più alto e, quindi, trasmettente maggiori sollecitazioni sul muro di sostegno.

In particolare, si è fatto riferimento a barriere H4-bordo ponte con montanti costituiti da paletti verticali con sezione a C in acciaio S275 R, posti ad un interasse di  $i= 1,25$  m e ancorati al cordolo mediante piastra saldata e tirafondi. Si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche di tale barriera.

**BARRIERA H4- BORDO PONTE- SEZIONE A C**

| <b>B</b><br>[mm] | <b>H</b><br>[mm] | <b>C</b><br>[mm] | <b>S</b><br>[mm] | <b>W<sub>plastico</sub></b><br>[cm <sup>3</sup> ] | <b>M<sub>plastico</sub> [KNm]</b> | <b>M<sub>ampl</sub></b><br>[KNm] |
|------------------|------------------|------------------|------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| <b>160</b>       | 120              | 40               | 5.5              | 154,22  | 42,41                             | 63,62                            |

*Tabella 2: valori geometrici e meccanici barriera H4-bordo ponte*

L'azione derivante dal momento plastico della barriera può essere determinata considerando che la massima sollecitazione che tale sezione può trasmettere al muro di sostegno è quella che determina la formazione della prima cerniera plastica. Essa si forma con sufficiente approssimazione in corrispondenza dell'irrigidimento della barriera ipotizzato ad un'altezza di 20cm dalla base del palletto. Pertanto, considerando che la forza d'urto è applicata ad una quota  $d = 1,00$ m dal piano viabile, la distanza  $b_f$  tra la cerniera plastica e il punto di applicazione della forza è pari a 0.8m.

La forza d'urto associata alla formazione della prima cerniera plastica è quindi pari a:

$$H_{urto} = \frac{M_{ampl}}{b_f} = \frac{63.62}{0.8} = 79.53 \text{ KN}$$

Dove  $M_{ampl}$  è il momento plastico amplificato per un coefficiente di sicurezza pari a 1.5



## 8.5 Combinazioni di carico

In ottemperanza alle prescrizioni di normativa, le sollecitazioni associate alle diverse condizioni di carico elementari, sono state combinate secondo 4 combinazioni fondamentali (SLE / 2 SLU statiche / 1 SLU simica) come di seguito sinteticamente descritte, ove, per ciascuna di esse, sono specificati i valori dei coefficienti A-M-R previsti in accordo alle specifiche di normativa

| Attivo                              | Std | Collezione    | Nome                       | Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_unfavour) | Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour) | Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_unfavour) | Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour) | Carico Sismico (F_seis_load)        | Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterD) | Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterV) | Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_LPL_GDSstab) | Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_LPL_GSstab) | Carichi Variabili Destabilizzanti (F_LPL_QDSstab) | Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDSstab) | Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GSstab) |
|-------------------------------------|-----|---------------|----------------------------|--|--|---|---|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|---|--|---|
|                                     |     |               |                            | A  | A  | A   | A   | A                                   | A                                     | A                                     | A  | A   | A   | A  | A   |
|                                     |     |               |                            | YG   | YG   | YQ  | YQ  | YGE                                 | YG                                    | YG                                    | YGdst  | YGstab  | YQdst   | YGdst  | YGstab  |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     |               | Nominal                    | 1  | 1  | 1   | 1   | <input checked="" type="checkbox"/> | 1                                     | 1                                     | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     | NTC2018 (ITA) | NTC2018: SLE (Rara/Frequen | 1  | 1  | 1   | 1   | <input type="checkbox"/>            | 1                                     | 1                                     | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     |               | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 p    | 1.3  | 1  | 1.35  | 1   | <input type="checkbox"/>            | 1.3                                   | 1                                     | 1  | 1   | 1   | 1.3  | 0.9   |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     |               | NTC2018: A2+M2+R1          | 1  | 1  | 1.15  | 1   | <input type="checkbox"/>            | 1                                     | 1                                     | 1  | 1   | 1   | 1  | 0.9   |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     | NTC2018 (ITA) | NTC2018: SISMICA STR       | 1  | 1  | 1   | 1   | <input checked="" type="checkbox"/> | 1                                     | 1                                     | 1  | 1   | 1   | 1  | 1   |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     | NTC2018 (ITA) | NTC2018: SISMICA GEO       | 1  | 1  | 1   | 1   | <input checked="" type="checkbox"/> | 1                                     | 1                                     | 1  | 1   | 1   | 1.3  | 0.9   |

Lista degli approcci di progetto

| Attivo                              | Std | Collezione    | Nome                        | Stato Limite | Parziale su $\tan(\sigma')$ (F_fr) | Parziale su c' (F_eff_cohes) | Parziale su Su (F_Su) | Parziale su qu (F_qu) | Parziale su peso specifico (F_gamma) | Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls) | Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T) | Parziale elementi strutturali (F_wall) |
|-------------------------------------|-----|---------------|-----------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|---|---|---|--|
|                                     |     |               |                             |              | M                                  | M                            | M                     | M                     | M                                    | R   | R   | R   | R                                      |
|                                     |     |               |                             |              | Yp'                                | Yc'                          | Ycu                   | Yqu                   | Yy                                   | YRe   | YAp   | YAt   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     |               | Nominal                     | UNDEFINED    | 1                                  | 1                            | 1                     | 1                     | 1                                    | 1   | 1   | 1   | 1                                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     | NTC2018 (ITA) | NTC2018: SLE (Rara/Frequent | SERVICE      | 1                                  | 1                            | 1                     | 1                     | 1                                    | 1   | 1   | 1   | 1                                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     |               | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per   | ULTIMATE     | 1                                  | 1                            | 1                     | 1                     | 1                                    | 1   | 1.2   | 1.1   | 1                                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     |               | NTC2018: A2+M2+R1           | ULTIMATE     | 1.25                               | 1.25                         | 1.4                   | 1                     | 1                                    | 1   | 1.2   | 1.1   | 1                                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> |     |               | NTC2018: SISMICA            | ULTIMATE     | 1                                  | 1                            | 1                     | 1                     | 1                                    | 1   | 1.2   | 1.1   | 1                                      |

**Figura 8 – Combinazioni di carico**

Trattandosi di opere provvisoriale, per le quali si prevede un esercizio non superiore ai 2 anni, i dimensionamenti e relative verifiche sono state condotte esaminando la sola condizione statica, in accordo a quanto indicato al prg 2.4.1 delle NTC2018.

Pertanto le combinazioni da considerare sono 2: (A1-M1-R1 e A2-M2-R2).

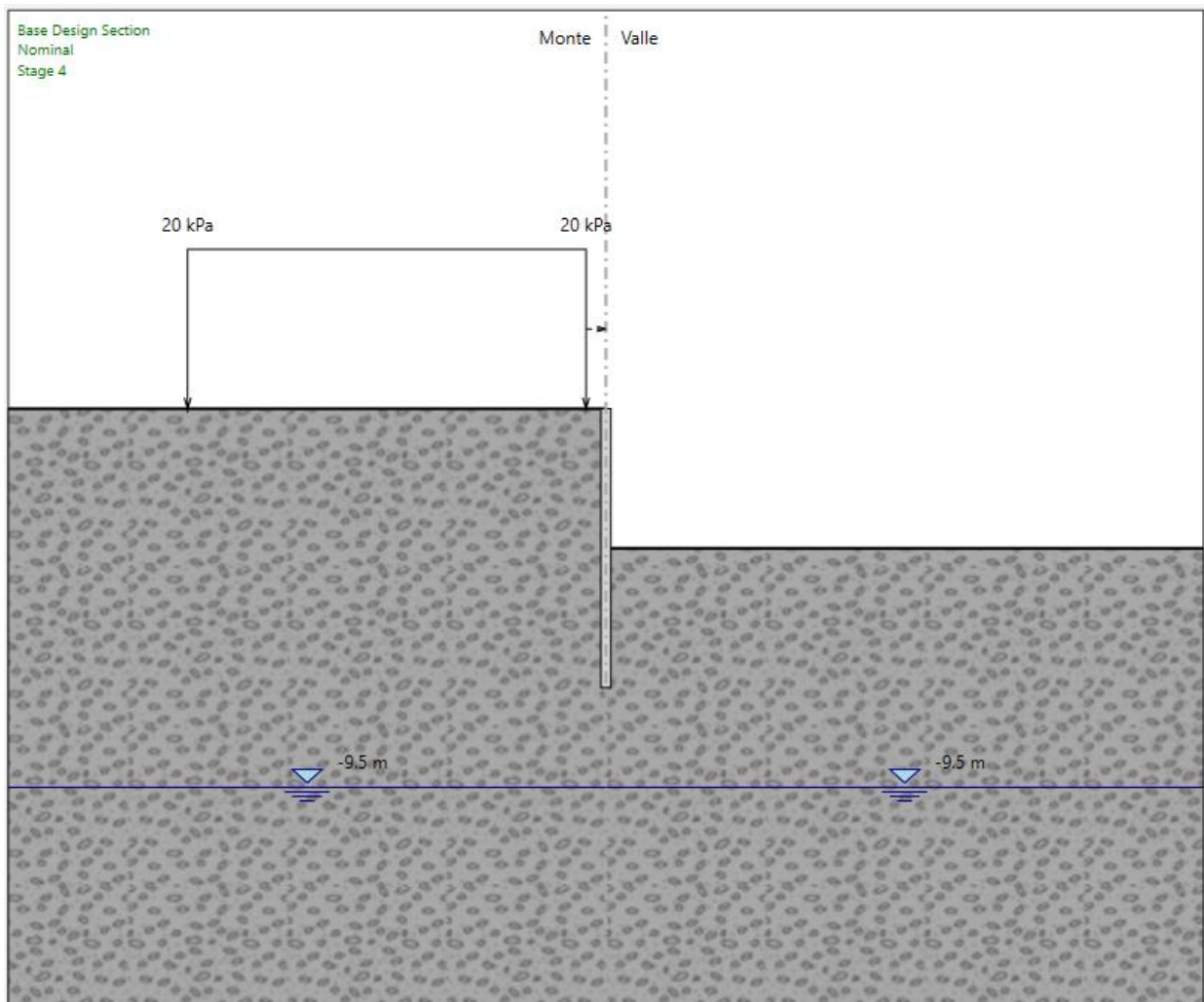
## 9 ANALISI E VERIFICHE PARATIE “FASI REALIZZATIVE”

Di seguito vengono riportate le analisi e le verifiche delle paratie da realizzare parallelamente alla strada esistente, le quali sono necessarie al fine di mantenerla in esercizio durante le fasi realizzative. In particolare viene analizzato cautelativamente il solo modello di paratia libera (L.7m), valido laddove c'è interferenza con il tombino esistente. A tal proposito, si fa presente che la lunghezza dei micropali nella zona centrale, in corrispondenza dell'interferenza massima, è stata individuata sulla base del rilievo celerimetrico del tombino esistente, rispetto al quale è stato comunque mantenuto un margine minimo di (1,00m) al fine di limitare il disturbo ed il carico sul tombino esistente durante le fasi realizzative della paratia. Si fa presente inoltre che un'eventuale perforazione del tombino nella zona centrale, durante l'esecuzione dei micropali, non inficerebbe la sicurezza strutturale e la funzionalità idraulica dello stesso, il quale dovrà comunque essere demolito successivamente.

### 9.1 Paratia Libera

#### 9.1.1 Modello di calcolo

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.



*Figura 9 – Modello Paratia (Fase finale)*

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §4.3, inoltre il modello di calcolo prevede l'applicazione di un carico stradale di 20 kPa a monte della paratia (viabilità provvisoria).

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello di calcolo:

| <b>MODELLO DI CALCOLO</b>       |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Tipologia struttura di sostegno | Micropali $\phi 250$ interasse 0.40 m |
| Lunghezza Micropali             | $L_{\text{palo}} = 7$ m               |
| Altezza di scavo max            | $H = 3.50$ m                          |

*Tabella – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo*

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente riportati i principali risultati delle verifiche geotecniche e strutturali del modello in esame. Nella seguente tabella sono riportate le armature previste in progetto:

| Elemento  | Diametro (mm) | Interasse (m) | Lunghezza (m) | Armature                                |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---|
| Micropali | $\Phi 250$    | 0,40          | 7,00          | Tubolare S355 $\phi 193.7$ mm sp. 12 mm |

Inoltre, per comodità viene riproposta una tabella con le proprietà stratigrafiche utilizzate per il modello:

*Figura 10: Stratigrafia e proprietà del terreno.*

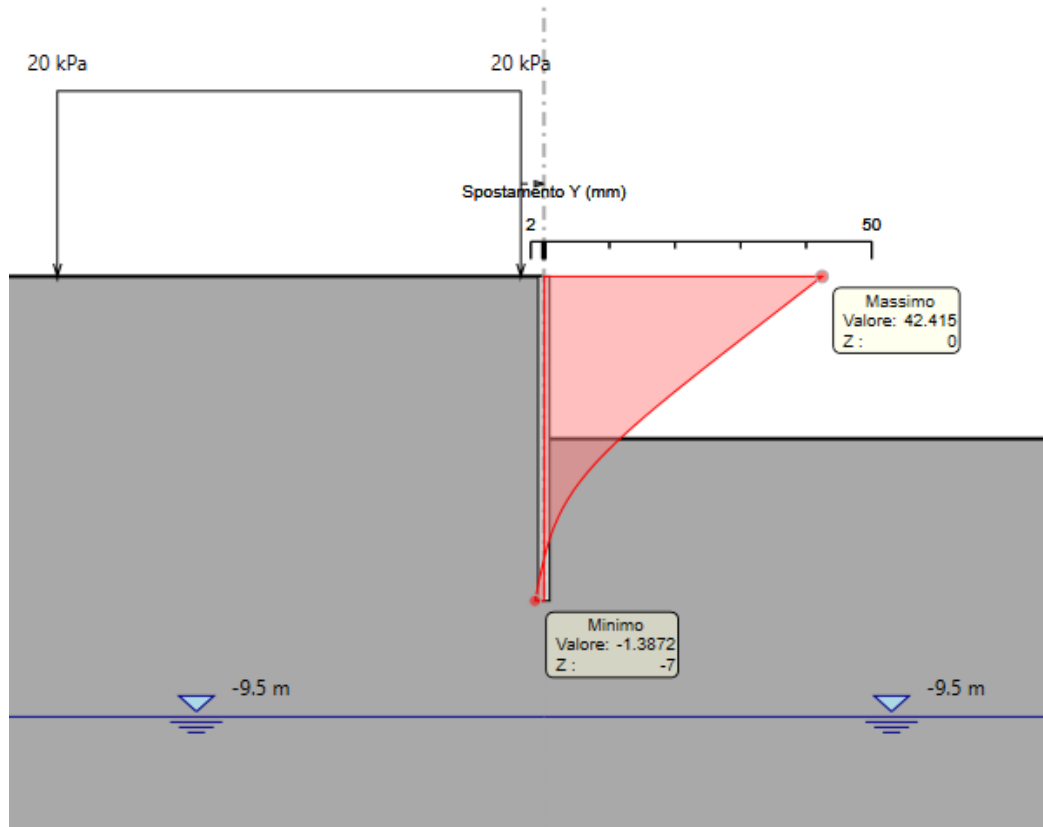
|  | Terreni             | $\gamma_{SAT}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c'$<br>[kPa] | $\phi'$<br>[°] | Moduli Elastici<br>[kPa] or [kN/m <sup>2</sup> ] |
|--|---------------------|--|---------------|----------------|--|
|  | Ra<br>Sabbia/Ghiaia | 19                                     | 0             | 35             | $E_{vd} = 70000$<br>$E_{ur} = 112000$            |

Per tutti gli altri dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

### 9.1.2 Spostamenti orizzontali e cedimenti

Il massimo spostamento orizzontale per la paratia si ottiene a quota 0 m nell'ultima fase di scavo (quota scavo -3.50m), e risulta pari a circa **42.4 mm** con un comportamento della paratia a sbalzo.

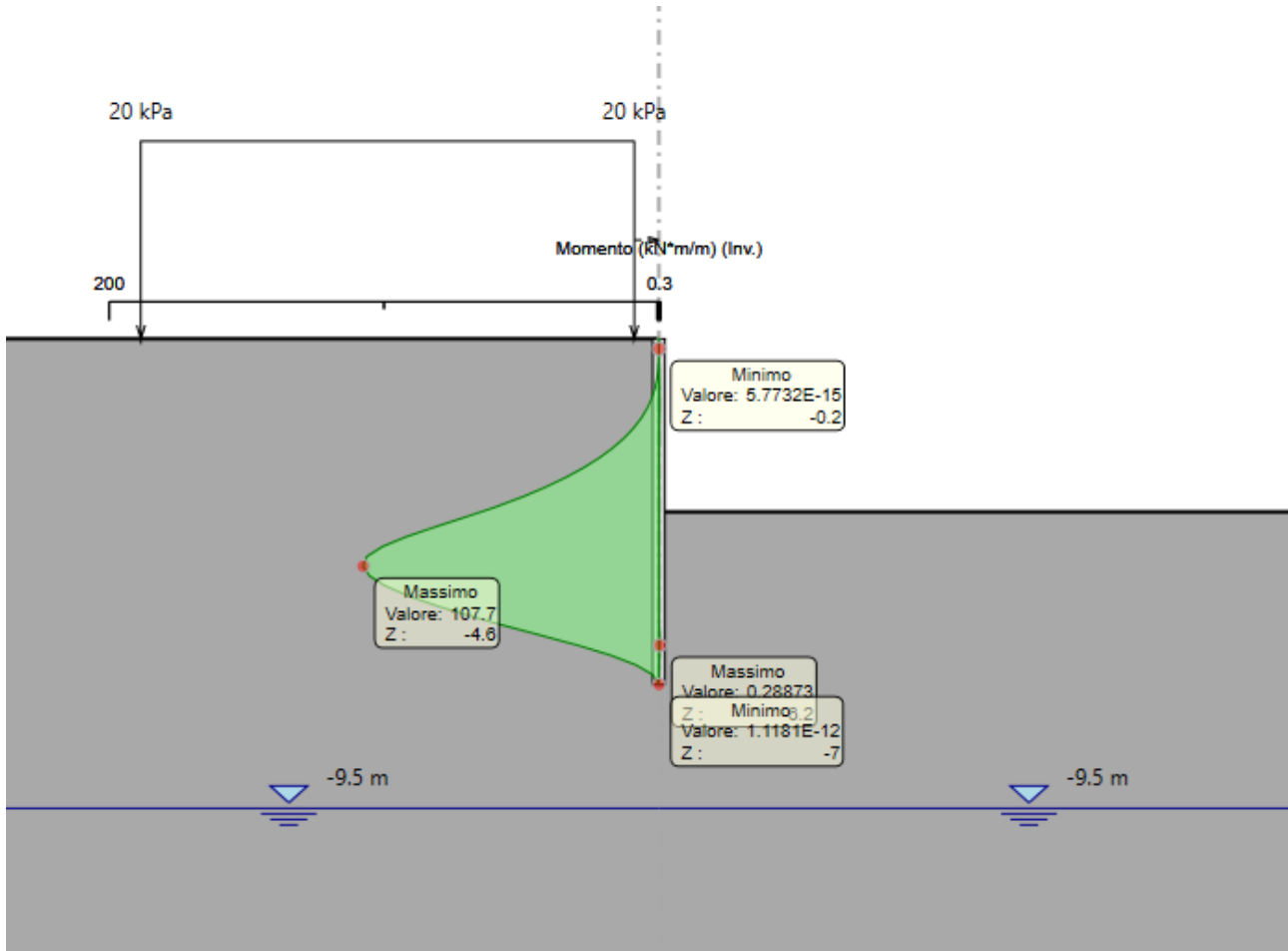
Gli spostamenti orizzontali risultano quindi compatibili con l'esercizio dell'opera.



*Figura 11: Involuppo Spostamenti SLE*

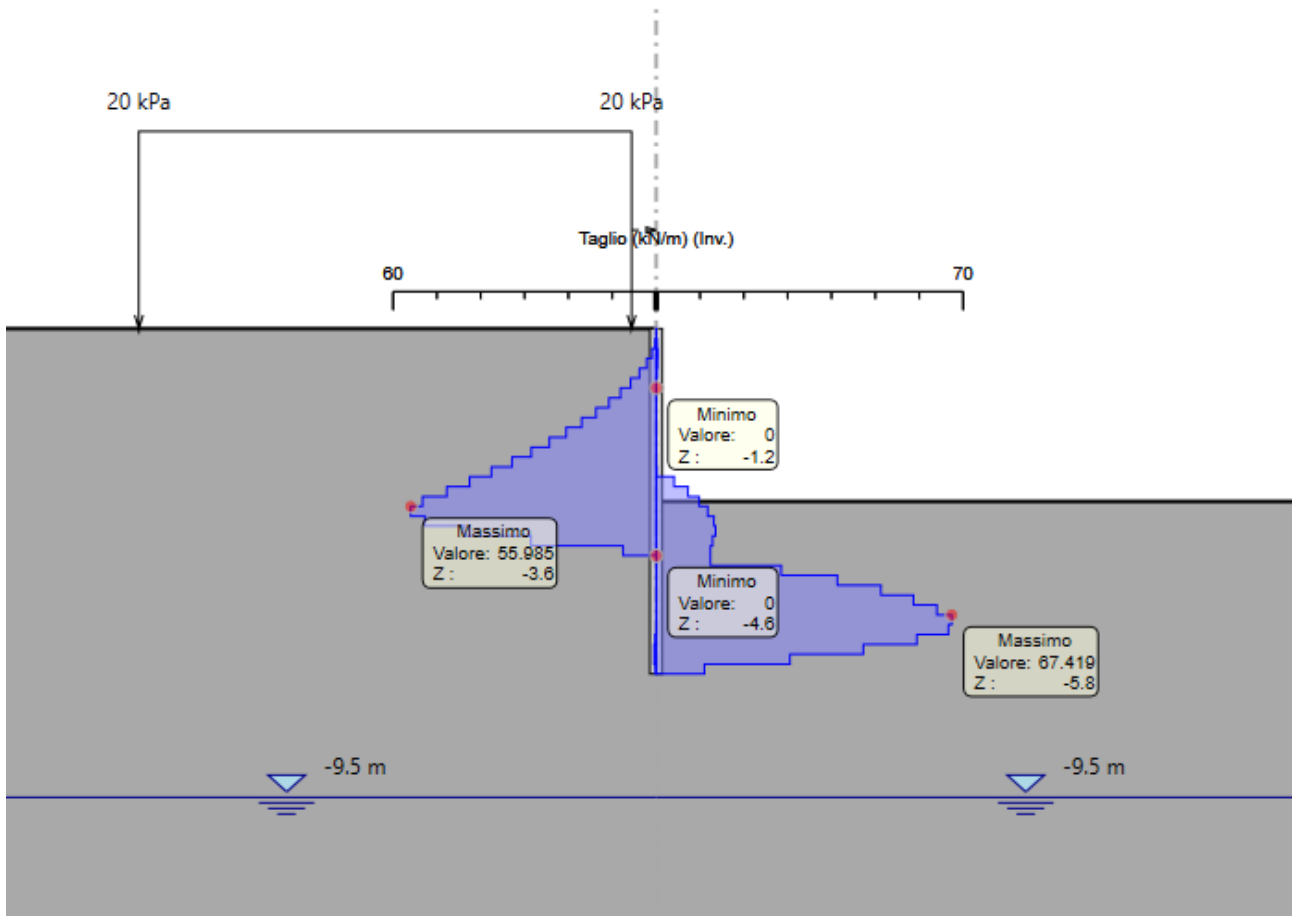
### 9.1.3 Sollecitazioni: Momento flettente e Taglio

Il massimo momento che si ottiene sulla paratia di Micropali si manifesta a quota -4.6 m e risulta pari a **107.7 kNm/m**.



*Figura 12: Involuppo Momento Flettente Condizioni Statiche*

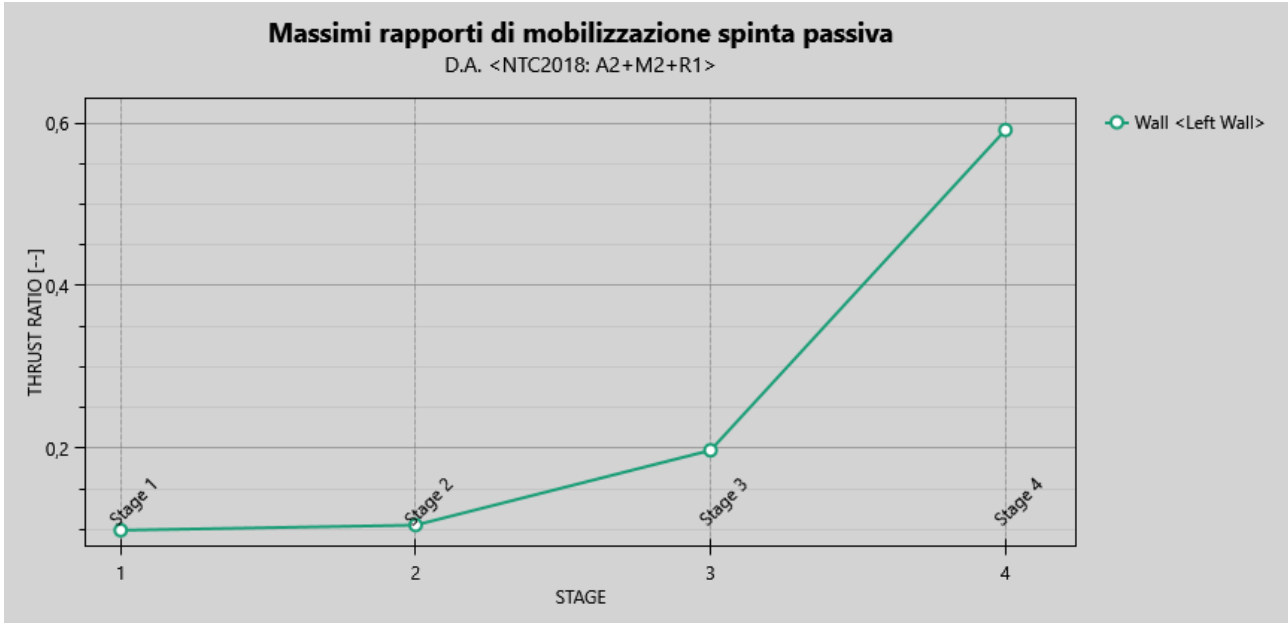
Il massimo taglio che si ottiene sulla paratia di Micropali si manifesta a quota -5.8 m e risulta pari a **67.42 kN/m**.



*Figura 13: Involuppo Taglio Condizioni Statiche*

#### 9.1.4 Verifiche geotecniche

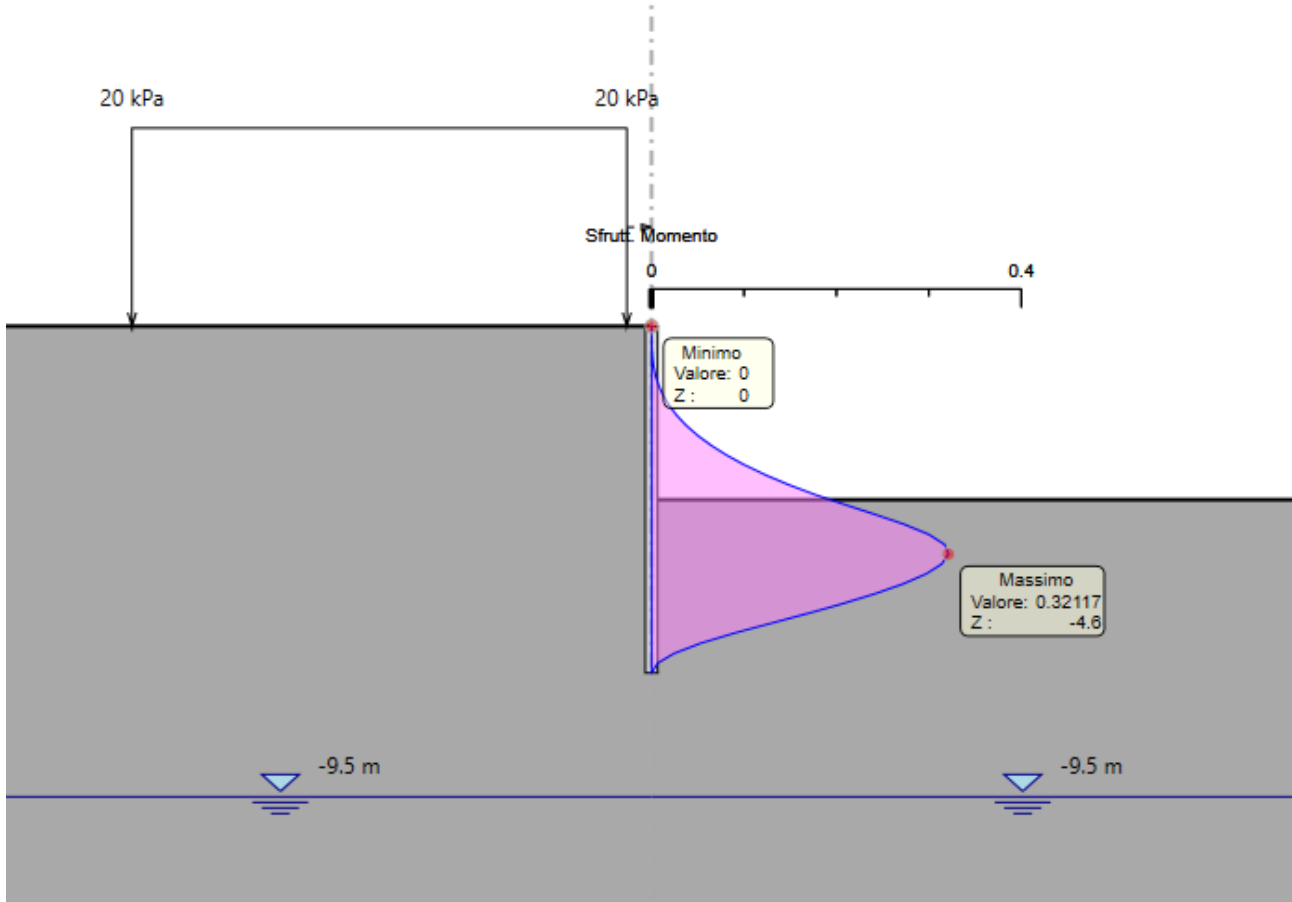
Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a **0,59**.



*Figura 14: Massimi rapporti di mobilitazione della spinta passiva combinazione A2+M2+R1*

### 9.1.5 Verifiche strutturali micropali

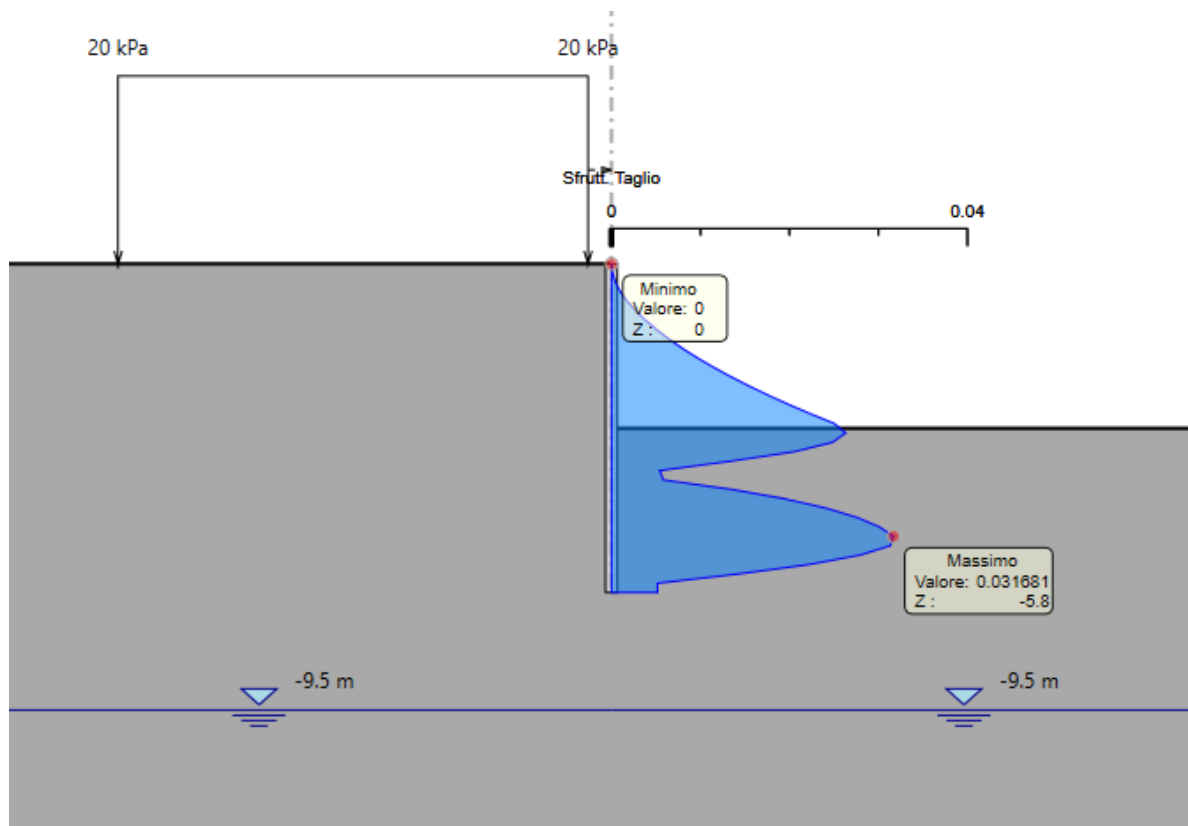
Il massimo coefficiente di sfruttamento a flessione che si ottiene per le paratie risulta pari a **0.32**.



*Figura 15: Inviluppo coefficiente di sfruttamento a flessione.*



Il massimo coefficiente di sfruttamento a taglio che si ottiene per la paratia risulta pari al **0,03**.



*Figura 16: Involuppo coefficiente di sfruttamento a taglio.*

Nella seguente tabella si riporta una scheda di verifica del tubolare in acciaio per le massime sollecitazioni:

| <b>SOLLECITAZIONI PER METRO LINEARE (Singola gamba)</b> |                        |                          |                                |
|---|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| <b>Paratia</b>  | <b>V<sub>MAX</sub></b> | <b>M<sub>MAX,y</sub></b> | <b>δ<sub>max,es</sub> [mm]</b> |
| STR   | 67,42 kN/m             | 107,7 kNm/m              |                                |

| <b>INTERASSE PALI (Singola Gamba)</b> |      |     |
|---------------------------------------|------|-----|
| int                                   | 0,40 | [m] |
| n°pali                                | 1    | [-] |

| <b>SOLLECITAZIONI SU SINGOLO PALO</b> |                        |                          |
|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>COMB.</b>                          | <b>V<sub>MAX</sub></b> | <b>M<sub>MAX,y</sub></b> |
| STR1                                  | 26,9 kN                | 43,1 kNm                 |
| <b>VERIFICA</b>                       | <b>26,9 kN</b>         | <b>43,1 kNm</b>          |

| <b>VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALO</b>                             |               |          |                    |
|--|---------------|----------|--------------------|
| <b>MATERIALI</b>   |               |          |                    |
| Tipo acciaio   |               | S 355    |                    |
| Valore di snervamento dell'acciaio del profilo:                    | $f_{yk}$      | 355      | MPa                |
| Valore di rottura dell'acciaio del profilo:                        | $f_{uk}$      | 510      | MPa                |
| Modulo di elasticità dell'acciaio:                                 | E             | 210000   | MPa                |
| Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio:                     | G             | 80769    | MPa                |
| <b>COEFFICIENTI PARZIALI</b>                                       |               |          |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza: | $\gamma_{M0}$ | 1,05     |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità:  | $\gamma_{M1}$ | 1,05     |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura     | $\gamma_{M2}$ | 1,25     |                    |
| <b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL PROFILO</b>                      |               |          |                    |
| Diametro esterno nominale  | D             | 193,70   | [mm]               |
| Spessore nominale  | T             | 12,00    | [mm]               |
| Diametro interno nominale  | d             | 169,70   | [mm]               |
| Area della sezione trasversale                                     | A             | 68,50    | [cm <sup>2</sup> ] |
| Area a taglio  | $A_v$         | 43,61    | [cm <sup>2</sup> ] |
| Momento d'inerzia  | I             | 2839,20  | [cm <sup>4</sup> ] |
| Raggio d'inerzia   | i             | 6,44     | [cm]               |
| Modulo di resistenza elastico                                      | $W_{el,yy}$   | 293,15   | [cm <sup>3</sup> ] |
| Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte               | $W_{pl,yy}$   | 396,75   | [cm <sup>3</sup> ] |
| Momento d'inerzia torsionale                                       | $I_t$         | 5678,40  | [cm <sup>4</sup> ] |
| Modulo di torsione   | $C_t$         | 586,31   | [cm <sup>3</sup> ] |
| Coefficiente e   | e             | 0,81     | [-]                |
| Diametro   | d             | 193,70   | [mm]               |
| Spessore   | t             | 12,00    | [mm]               |
| Rapporto tra diametro e spessore                                   | d/t           | 16,14    | [-]                |
| Classificazione della sezione                                      |               | CLASSE 1 |                    |
| <b>VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA SEZIONE TRASVERSALE</b>           |               |          |                    |
| <b>Resistenza a flessione</b>                                      |               |          |                    |
| Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore:                  | $M_{pl,y,Rd}$ | 134,14   | kNm                |
| Verifica a flessione attorno all'asse maggiore:                    |               | 0,32     |                    |
| <b>Resistenza a taglio</b>   |               |          |                    |

---

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| Resistenza plastica a taglio: | $V_{pl,z,Rd}$ 851,23 kN |
| Verifica a taglio:            | 0,03                    |

### 9.1.6 Verifiche strutturali cordolo

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi e, nel caso di paratie libere, cautelativamente si è considerata la luce delle campate pari a 2 volte l’interasse dei Pali, al fine di prevedere un’eventuale perdita di appoggio tra cordolo e Palo. Tale trave risulta caricata con un’azione uniformemente distribuita valutata a partire dalla sollecitazione di Taglio testa-palo derivante dal modello di calcolo dell’opera di sostegno. Definito  $V_{max}$  il massimo valore della sollecitazione di Taglio a metro lineare, il suddetto carico è così calcolato  $q_{sd}=V_{max}$ .

Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull’elemento strutturale saranno:

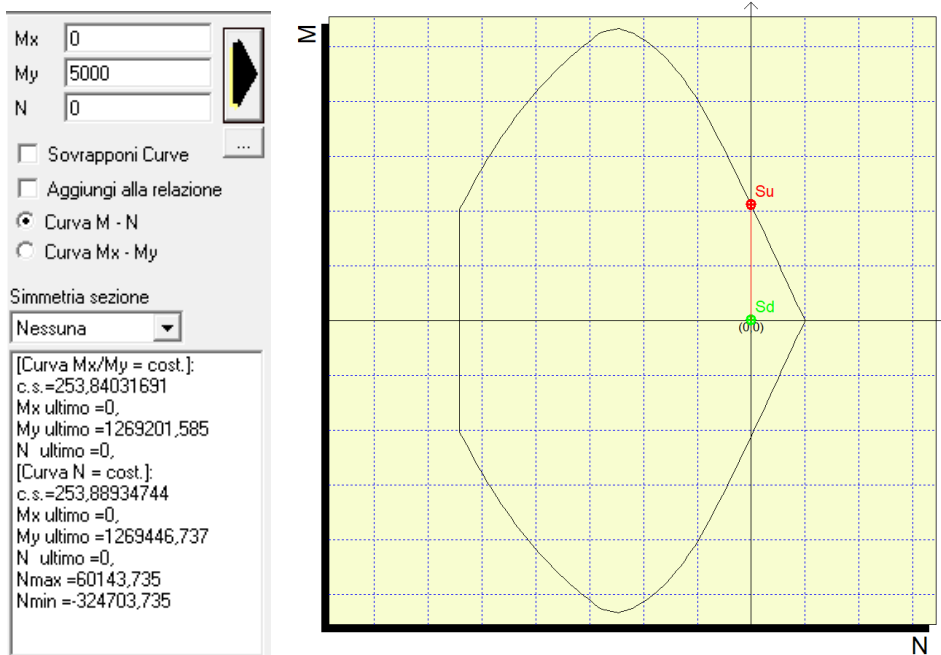
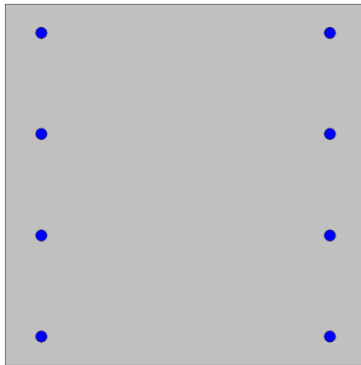
$$M_{S,d} = \frac{1}{10} \cdot q_{sd} \cdot l^2 \qquad T_{S,d} = \frac{1}{2} \cdot q_{sd} \cdot l$$

| SOLLECITAZIONI A METRO LINEARE |       |                  |          | SOLLECITAZIONI SU CORDOLO |              |
|--------------------------------|-------|------------------|----------|---------------------------|--------------|
|                                | COMB. | Td,max<br>[kN/m] | l<br>[m] | Mmax<br>[kNm]             | Vmax<br>[kN] |
| Paratia Fasi                   | SLU   | 6                | 0,80     | 0,5                       | 2,4          |

Si riporta l’armatura del cordolo e le verifiche a taglio e flessione realizzate con l’ausilio del software di calcolo PresFle+ v.5.15.

| CORDOLO PARATIA FASE 1 E 2 – C25/30 |                  |                                 |                                   |                         |
|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Altezza<br>(m)                      | Larghezza<br>(m) | Armatura scavo<br>longitudinale | Armatura terreno<br>longitudinale | Armatura<br>trasversale |
| 0,50                                | 0,50             | 4φ16                            | 4φ16                              | φ10/400 - 2 Bracci      |

*Tabella 3 – Caratteristiche geometriche e armature di progetto Cordolo*



**Figura 17 – Verifica a Flessione FS=254 - SLU**

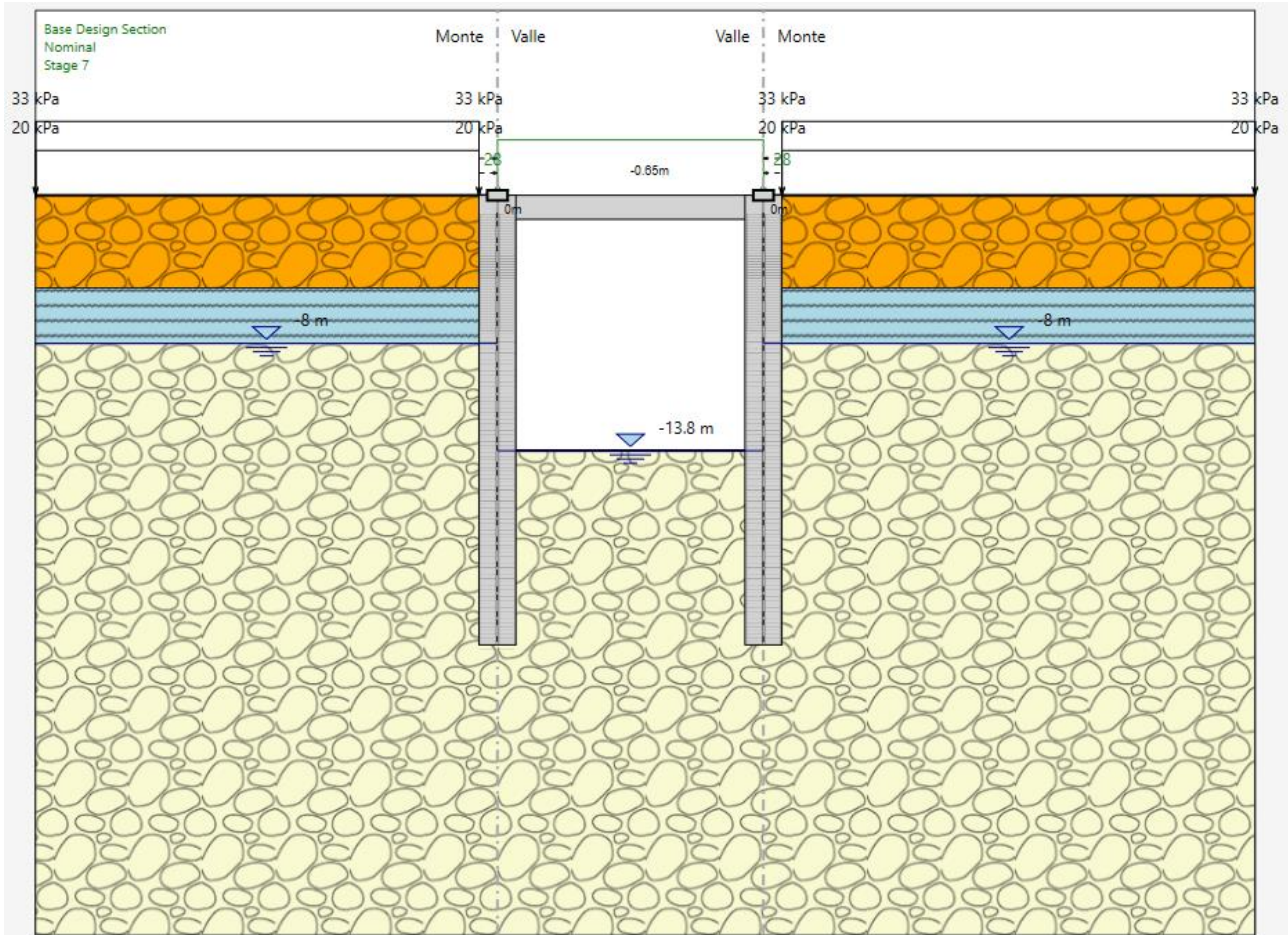
| Elemento | Geometrie              |           |           |           | Armatura long. tesa |    |                          | Sollecitazioni di Calcolo |                         | TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO |                |      |                          |                  |                            |                          |       |
|----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--|----------------|------|--------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|-------|
|          | b <sub>w</sub><br>(mm) | H<br>(mm) | c<br>(mm) | d<br>(mm) | n                   | Ø  | As<br>(mm <sup>2</sup> ) | N <sub>sd</sub><br>(KN)   | V <sub>sd</sub><br>(KN) | σ <sub>cp</sub><br>(Mpa)                           | ρ <sub>l</sub> | k    | f <sub>ck</sub><br>(Mpa) | v <sub>min</sub> | V <sub>Rdmin</sub><br>(KN) | V <sub>Rct</sub><br>(KN) | F.S.  |
| Cordolo  | 500                    | 500       | 50        | 450       | 4                   | 16 | 804                      | 0                         | 2,4                     | 0  | 0,004          | 1,67 | 24,9                     | 0,38             | 84,55                      | 93,24                    | 38,85 |

**Tabella 4 – Verifica a Taglio SLU**

## 10 ANALISI E VERIFICHE PARATIE “TOMBINO”

### 10.1 Modello di calcolo

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.



*Figura 18 – Modello Paratia (Fase finale)*

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §4.3, in particolare, cautelativamente nel modello di calcolo è stato considerato un livello di falda a monte maggiore di quello a valle, si specifica che durante le fasi di scavo si provvederà all’emungimento di acqua a valle e, pertanto, il livello di falda si abbasserà progressivamente anche a monte, a tal fine nei paragrafi successivi verranno riportate le analisi di filtrazione e le verifiche idrauliche del fondo scavo

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello di calcolo:

| <b>MODELLO DI CALCOLO</b>                |   |
|--|---|
| Tipologia struttura di sostegno          | 2 Pali $\phi 1000$ a quin-conce interasse 1.40x1.00 m |
| Lunghezza pali (da intradosso solettone) | $L_{\text{palo}} = 23$ m                              |
| Altezza di scavo max                     | $H = 13.80$ m   |

*Tabella – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo*

## 10.2 Fasi di calcolo

Le analisi eseguite sono di tipo sequenziale, riproducendo in successione tutte le principali fasi operative previste per la realizzazione dell'opera. Quindi, il termine di ciascuna analisi rappresenta la condizione iniziale per la fase successiva. Di seguito si riportano le fasi di calcolo che sono state analizzate in successione, nell'ambito delle analisi effettuate e le immagini delle fasi più significative.

Stage 1. Condizione geostatica.

Stage 2. Realizzazione pali.

Stage 3. Esecuzione scavo fino a quota intradosso solettone superiore

Stage 4. Realizzazione solettone superiore, sistemazione terreno a estradosso solettone (rinterro di spessore medio 1.65m equivalente ad un carico uniforme a tergo delle paratie di 33 kPa), applicazione di un carico stradale cautelativo da 20 kPa a tergo dell'opera (a fronte dei 9 kN/m<sup>2</sup> di normativa) e, un carico stradale tandem equivalente (vedi paragrafo 10.7) da 28 kPa sul solettone.

Stage 5/6/7. Esecuzione scavo fino a quota scavo max. Per ragioni legate al software di calcolo utilizzato la fase di scavo è stata suddivisa in tre step.

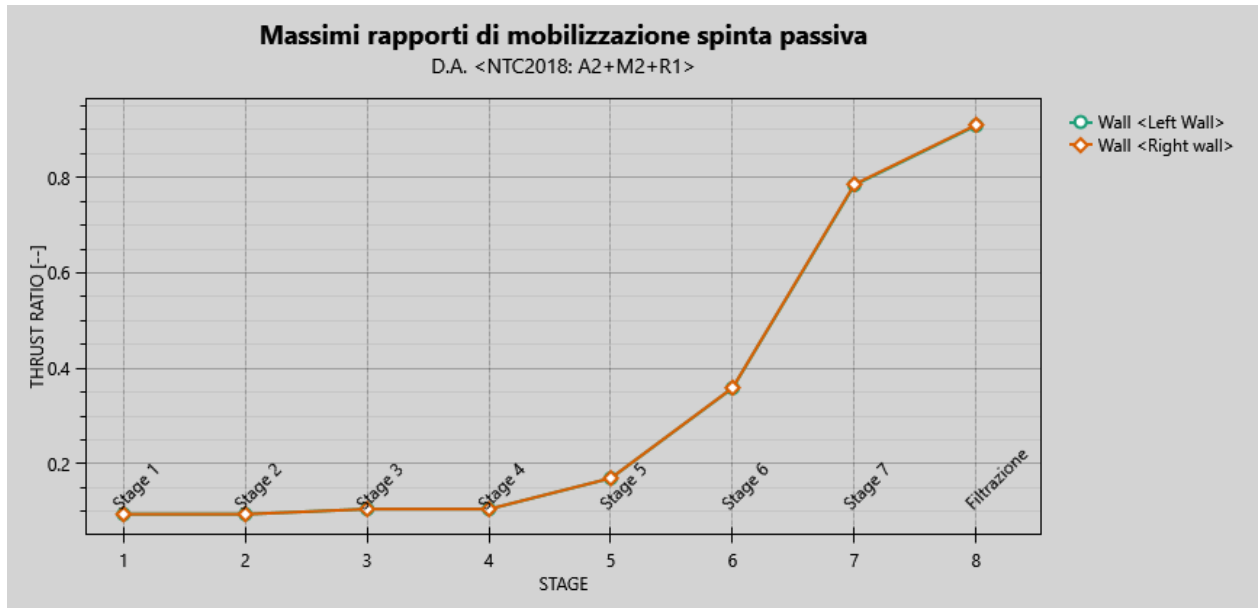
Stage 8. Filtrazione per le analisi e verifiche idrauliche.

Per le immagini dei singoli stage si rimanda ai tabulati di calcolo.

### 10.3 Risultati delle analisi

#### 10.3.1 Verifica del complesso opera-terreno

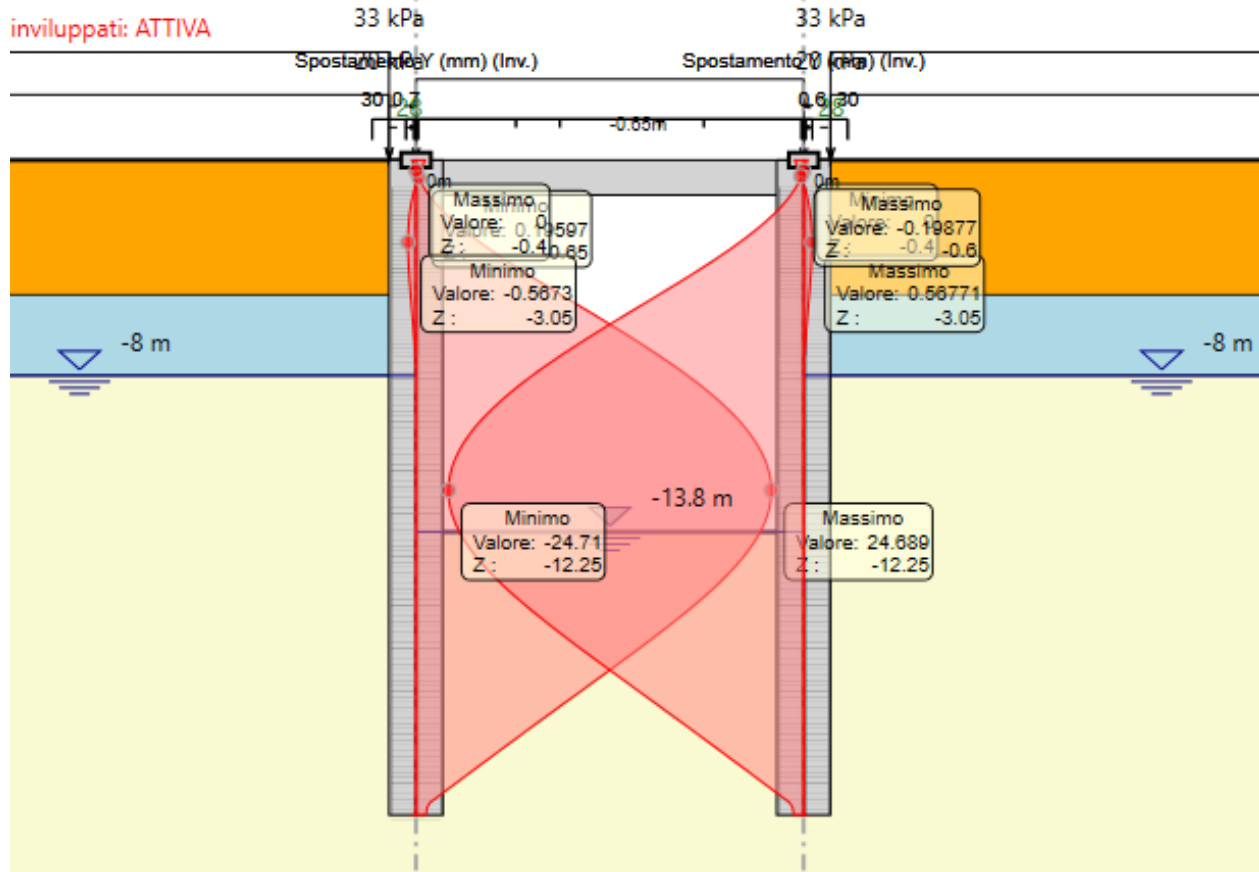
La verifica è finalizzata a garantire il corretto dimensionamento dell'opera con particolare riferimento alla profondità di infissione della paratia. A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output in termini di deformata dell'opera e percentuale di spinta mobilizzata.



L'andamento riporta i rapporti di mobilitazione in condizione statica GEO. La spinta sollecitante non eguaglia la resistenza passiva di progetto quindi la verifica è soddisfatta con un rapporto di mobilitazione di 0.9.



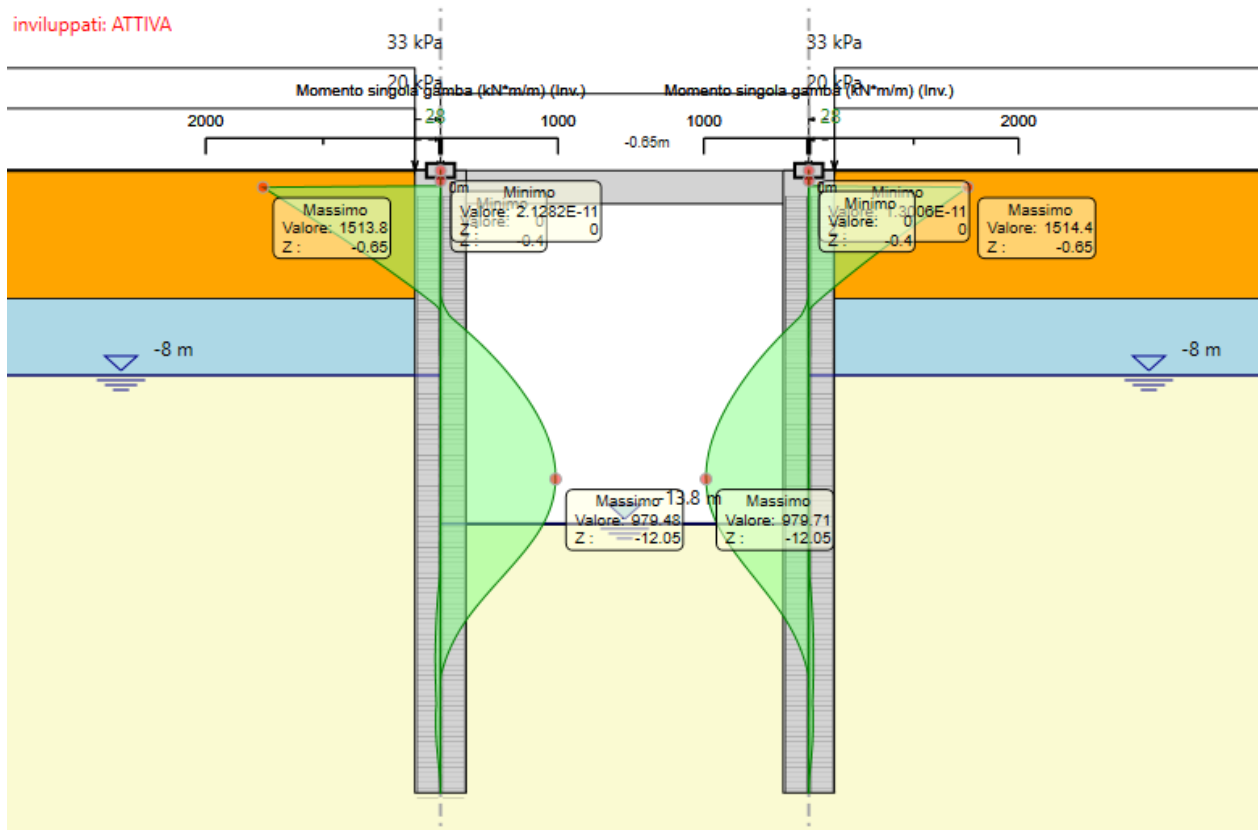
Gli spostamenti massimi attesi sono di entità tale da consentire il corretto funzionamento dell'opera nella vita utile prevista:



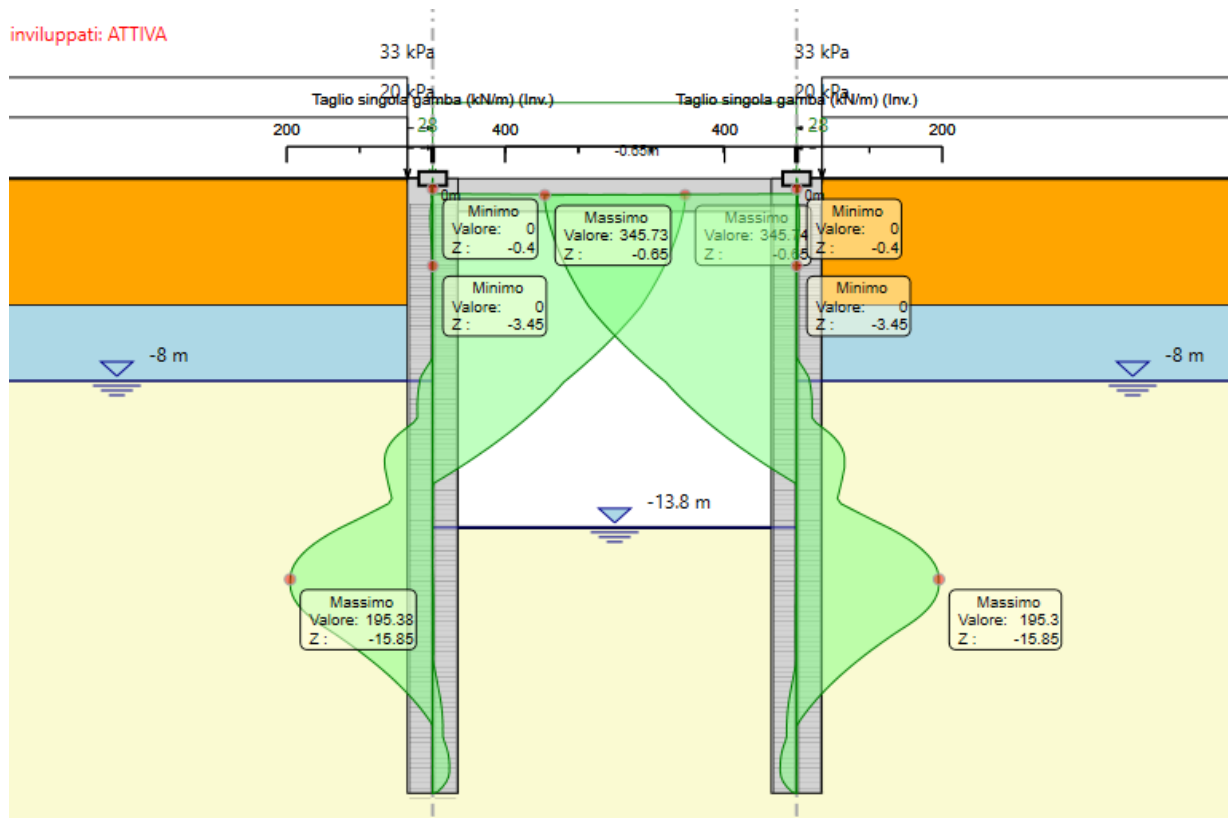
**Figura 19: Spostamenti paratia allo SLE (mm)- max 24.71 mm**

### 10.3.2 Sollecitazioni, Sforzi e Deformazioni

Nel seguito del presente paragrafo sono riportati, in forma grafica, i risultati delle Sollecitazioni e degli Sforzi di riferimento per la Verifica dei Pali, e cordoli delle paratie, con riferimento alle Combinazioni di Carico allo SLU.



**Figura 20: Involuppo momento sollecitante paratia SLU [kNm/m]**



**Figura 21: Involuppo Taglio sollecitante paratia SLU [kN/m]**

Nel seguito si riporta un riepilogo in forma tabellare delle sollecitazioni massime a metro lineare della singola fila di pali, e di conseguenza al fine di definire le sollecitazioni sul singolo palo, tali valori vengono moltiplicati per l'interasse.

| <i>*SOLLECITAZIONI MAX A METRO LINEARE (Singola Gamba)</i> |                     |                    |                           | <i>SOLLECITAZIONI SU SINGOLO PALO</i> |                   |                  |
|--|---------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------------|
| <i>COMB.</i>   | <i>Mmax [kNm/m]</i> | <i>Vmax [kN/m]</i> | <i>Interasse Fila [m]</i> | <i>n. pali</i>                        | <i>Mmax [kNm]</i> | <i>Vmax [kN]</i> |
| <i>SLU</i>   | <b>1320</b>         | <b>344</b>         | <b>1.4</b>                | <b>1</b>                              | <b>1848</b>       | <b>482</b>       |

Le sollecitazioni massime nel caso in esame si ottengono a testa pali, al fine di definirne il valore massimo è stata considerata una spuntatura a quota intradosso solettone.

## 10.4 Verifiche strutturali pali

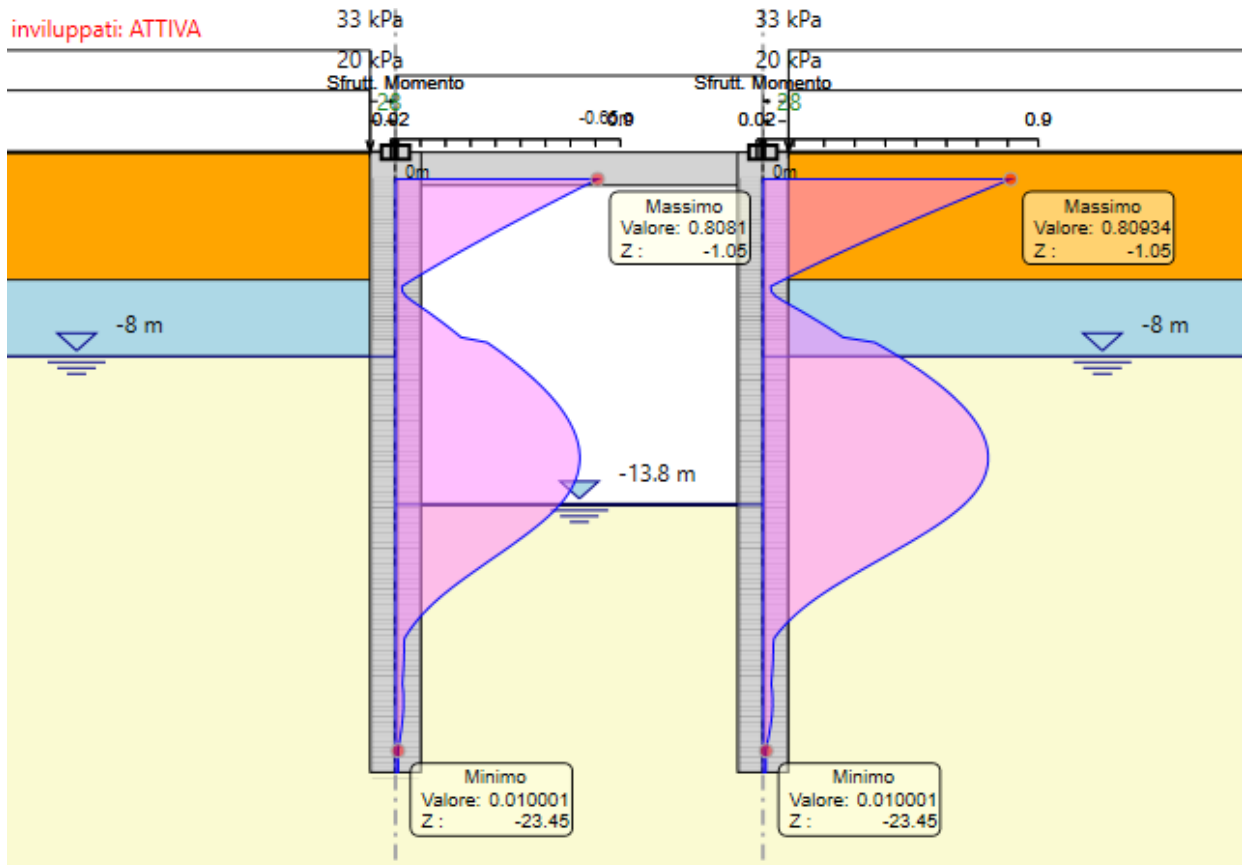
Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche strutturali dei pali a flessione e a taglio sulla base delle sollecitazioni restituite da paratie plus.

### 10.4.1 Armatura pali e incidenza

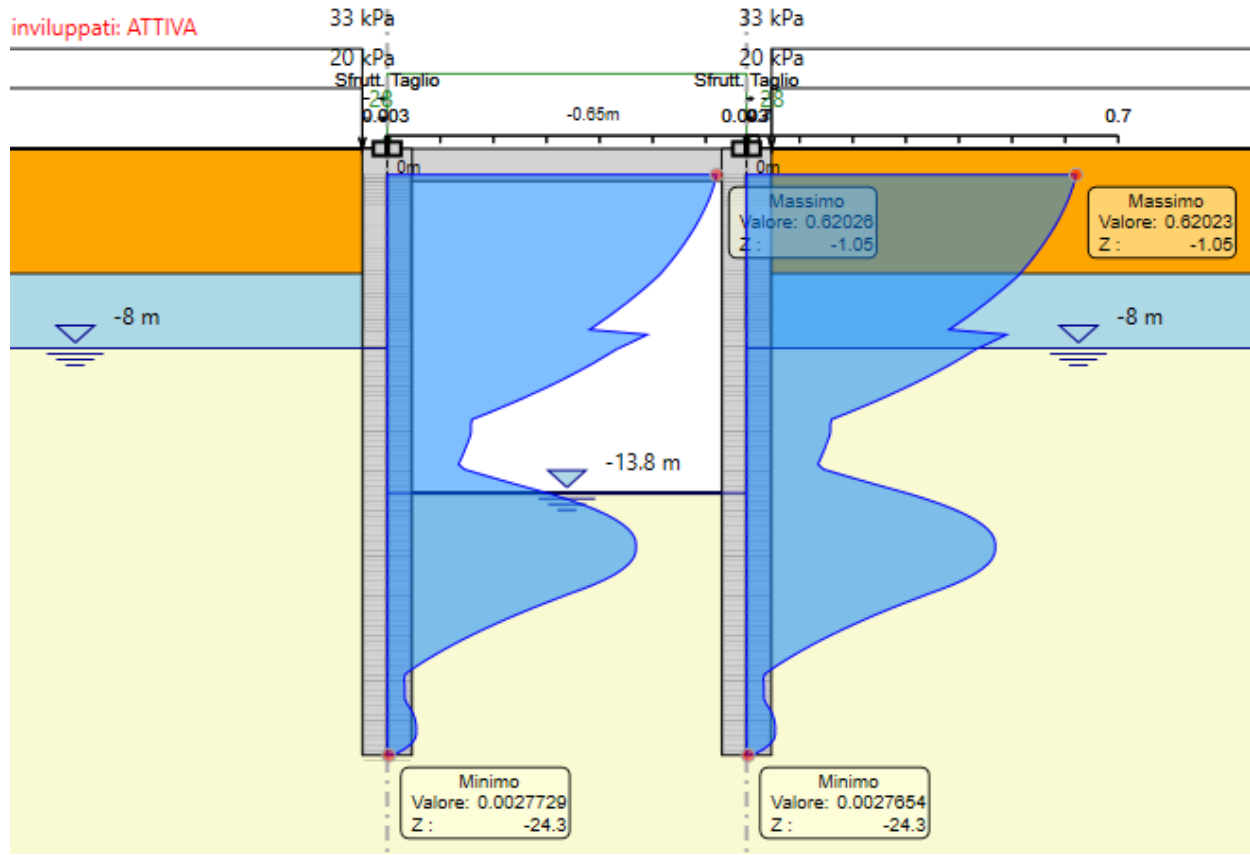
L'armatura longitudinale nei pali è costituita da una gabbia di 26 $\Phi$ 30 da quota testa palo fino a 6.00m di profondità e, successivamente da quota 6.00m fino a 23.00m da una gabbia di 26 $\Phi$ 26. L'armatura a taglio è invece costituita da una spirale di  $\Phi$ 12/15 cm fino a 6.00m di profondità, mentre da 6.00m a 23.00m è prevista una spirale  $\Phi$ 12/20. L'incidenza media dei pali è pertanto pari a circa 170 kg/mc.

### 10.4.2 Verifiche SLU

Nei grafici sono riportati i tassi di sfruttamento ottenuti come rapporto tra resistenza disponibile e sollecitazione agente, a tal fine si specifica che nella modellazione è stata considerata una doppia fila di pali a quinconce e, pertanto, i risultati sono relativi alla parete composta.



**Figura 22: Verifica a pressoflessione SLU**



*Figura 23: Verifica a Taglio SLU*

Le verifiche sono dunque soddisfatte (tassi di sfruttamento inferiori all'unità).

### 10.5 Verifica di capacità portante verticale dei pali

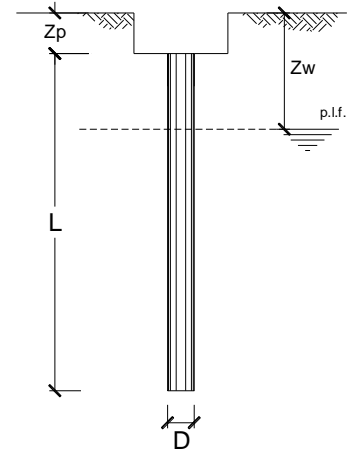
Per la verifica di capacità portante dei pali, in termini di azioni sui pali, è stata considerata la sollecitazione di taglio nel solettone in combinazione SLU estesa ad un'interassa di 1,40m (916 kN/m \* 1,40m), e a questa è stato sommato il peso di n. 2 pali (pali disposti a quinconce nell'interasse di 1,40m), quest'ultimo è stato amplificato del coefficiente 1.3 (A1) al fine di considerare la combinazione SLU (23m \* 0.785m<sup>2</sup> \* 25kN/m<sup>3</sup> \* 2 \* 1.3). In termini di resistenza offerta dai pali è stata considerata la resistenza laterale della parte di pali infissa (10.50m), calcolata ipotizzando il contributo della semicirconferenza di ogni palo, in modo da trascurare le zone comprese tra i due pali disposti a quinconce, inoltre, a questa resistenza è stata sommata la resistenza alla base, la quale cautelativamente è stata valutata per un solo palo. Di seguito si riporta la verifica di capacità portante verticale sulla base di quanto suddetto.

**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI MEDIO DIAMETRO**

**OPERA:** Pali D1000

**DATI DI INPUT:**

|  |      |      |   |       |                   |
|--|------|------|---|-------|-------------------|
| Diametro del Palo (D):                       | 1,00 | (m)  | Area del Palo (Ap):                     | 0,785 | (m <sup>2</sup> ) |
| Quota testa Palo dal p.c. (z <sub>p</sub> ): | 0,00 | (m)  | Quota falda dal p.c. (z <sub>w</sub> ): | 6,70  | (m)               |
| Carico Assiale Permanente (G):               | 2456 | (kN) | Carico Assiale variabile (Q):           | 0     | (kN)              |
| Numero di strati                             | 2    |      | Lpalo =                                 | 23,00 | (m)               |



| coefficienti parziali     | azioni                       |  | resistenza laterale e di base |                |                |
|---------------------------|------------------------------|--|-------------------------------|----------------|----------------|
|                           | permanenti<br>γ <sub>G</sub> | temporanee<br>variabili γ <sub>Q</sub> | ξ                             | γ <sub>b</sub> | γ <sub>s</sub> |
| Stato limite ultimo (EC7) | 1,00                         | 1,30                                   | 1,50                          | 1,60           | 1,30           |
| Tensioni ammissibili      | 1,00                         | 1,00                                   | 1,00                          | 1,00           | 1,00           |
| definiti dall'utente      | 1,00                         | 1,00                                   | 1,70                          | 1,35           | 1,15           |

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:**

| Strato | Spess<br>(m) | Tipo di terreno | Parametri del terreno     |             |           |                         |
|--------|--------------|-----------------|---------------------------|-------------|-----------|-------------------------|
|        |              |                 | γ<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | c'<br>(kPa) | φ'<br>(°) | c <sub>u</sub><br>(kPa) |
| 1      | 12,50        | GS              | 19,00                     | 0,0         | 0,0       | 0,0                     |
| 2      | 10,50        | GS              | 19,00                     | 0,0         | 37,0      | 0,0                     |

| Coefficienti di Calcolo |      |     |     |
|-------------------------|------|-----|-----|
| k                       | μ    | a   | α   |
| (-)                     | (-)  | (-) | (-) |
| 0,00                    | 0,00 |     |     |
| 0,40                    | 0,75 |     |     |
| 0,00                    | 0,00 |     |     |

| Risultati               |                       |                       |                         |                         |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Q <sub>si</sub><br>(kN) | N <sub>q</sub><br>(-) | N <sub>c</sub><br>(-) | q <sub>b</sub><br>(kPa) | Q <sub>bm</sub><br>(kN) |
| 0,00                    |                       |                       |                         |                         |
| 2244,33                 | 78,47                 | 0,00                  | 21500,7                 | 16886,6                 |
| 0,00                    | 0,00                  | 0,00                  | 0,0                     | 0,0                     |

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

**CAPACITA' PORTANTE MEDIA**

alla base  $R_{bm} = 16886,6$  (kN)  
laterale  $R_{sm} = 2244,3$  (kN)  
totale  $R_{cm} = 19130,9$  (kN)

**CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO**

$Q_d = Q_{bm}/(\xi \cdot \gamma_b) + Q_{lm}/(\xi \cdot \gamma_s)$   
 $Q_d = 8506,0$  (kN)

**CARICO ASSIALE AGENTE**

$N_d = N_g \cdot \gamma_g + N_q \cdot \gamma_q$   
 $N_d = 2456,0$  (kN)

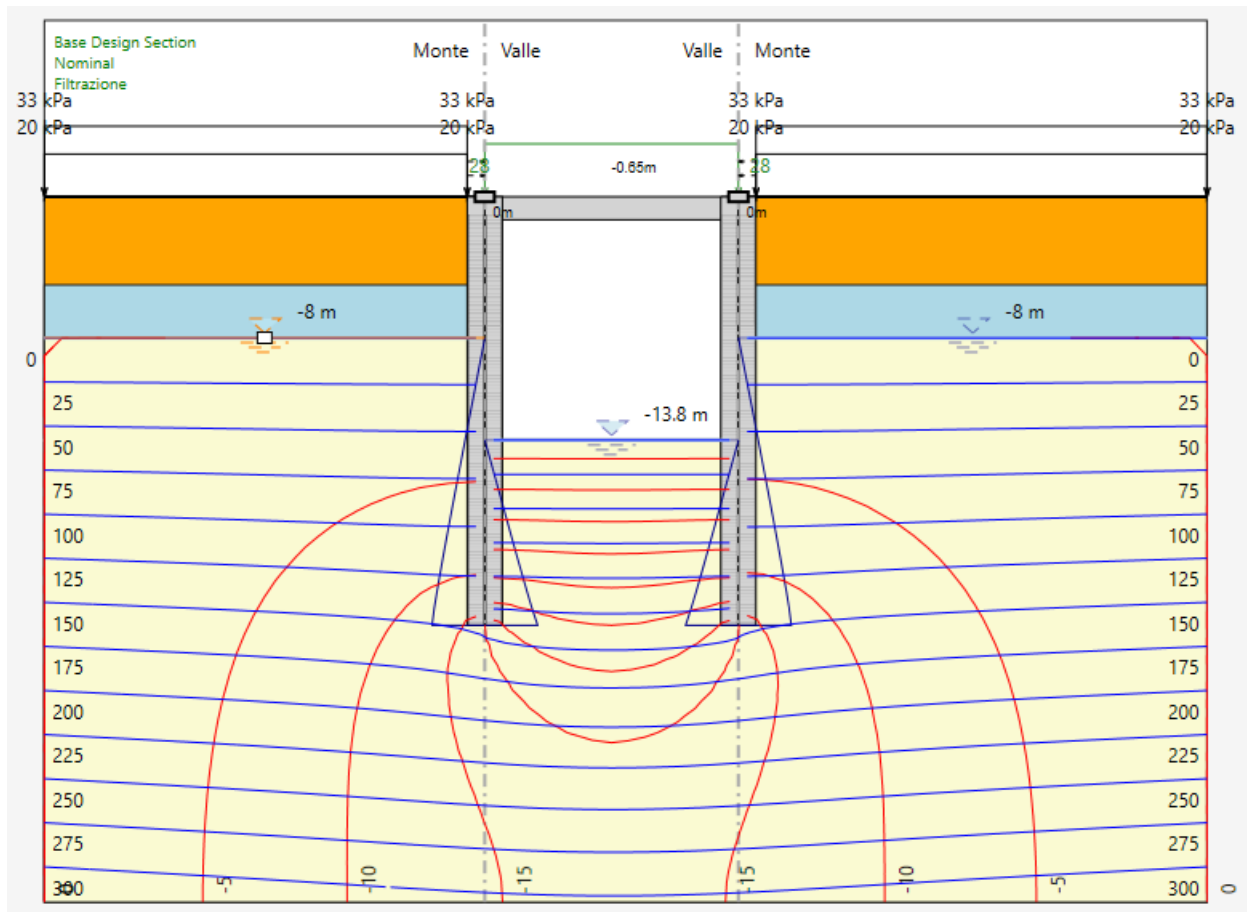
$F_s = Q_d / N_d$   
 $F_s = 3,46$

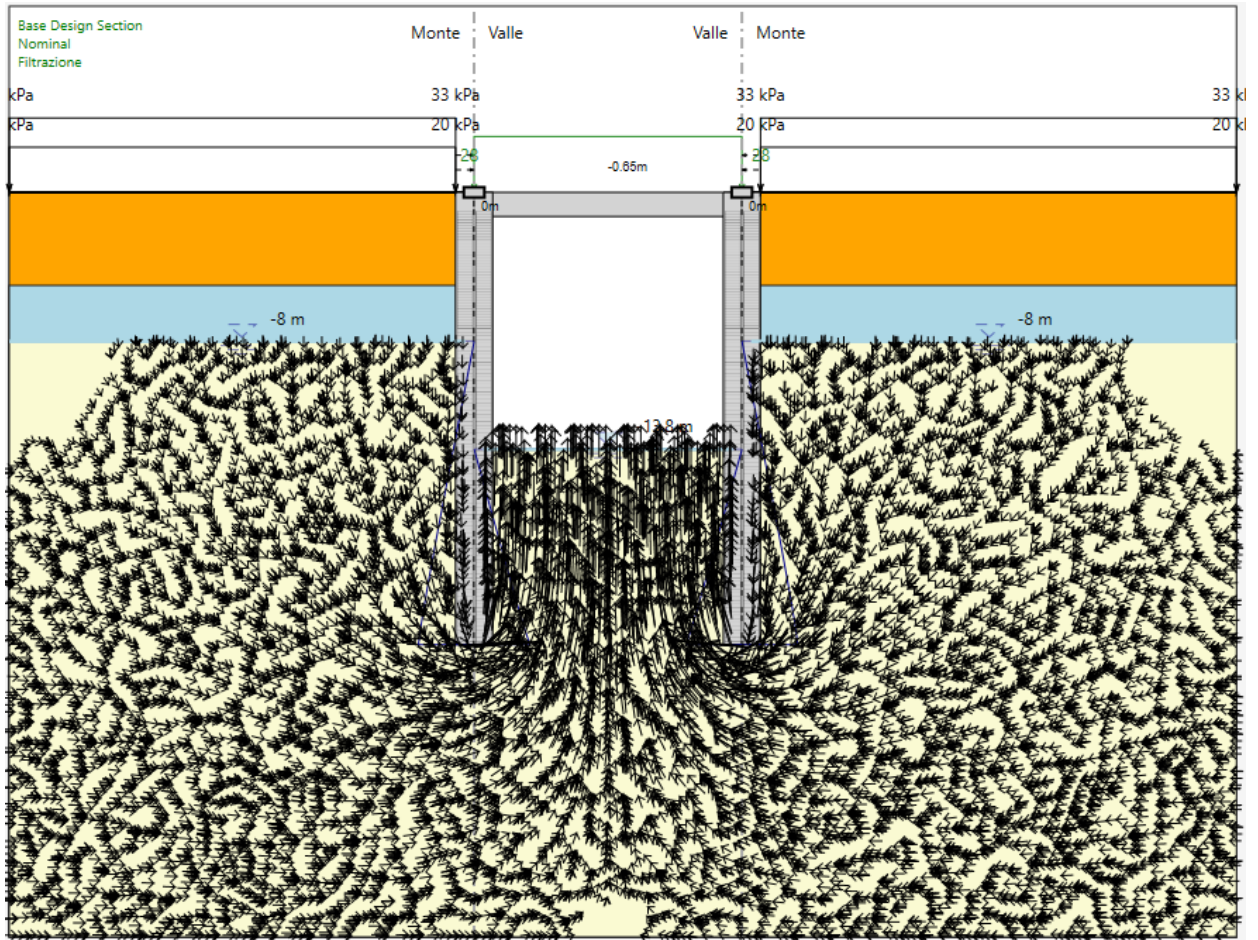
La verifica risulta soddisfatta.

## 10.6 Analisi e verifiche di tipo idraulico SLU-UPL

Di seguito si riporta l'analisi del moto di filtrazione eseguita con il modulo SEEPAGE di ParatiePlus, ed in particolare, si mostrano i risultati in termini di:

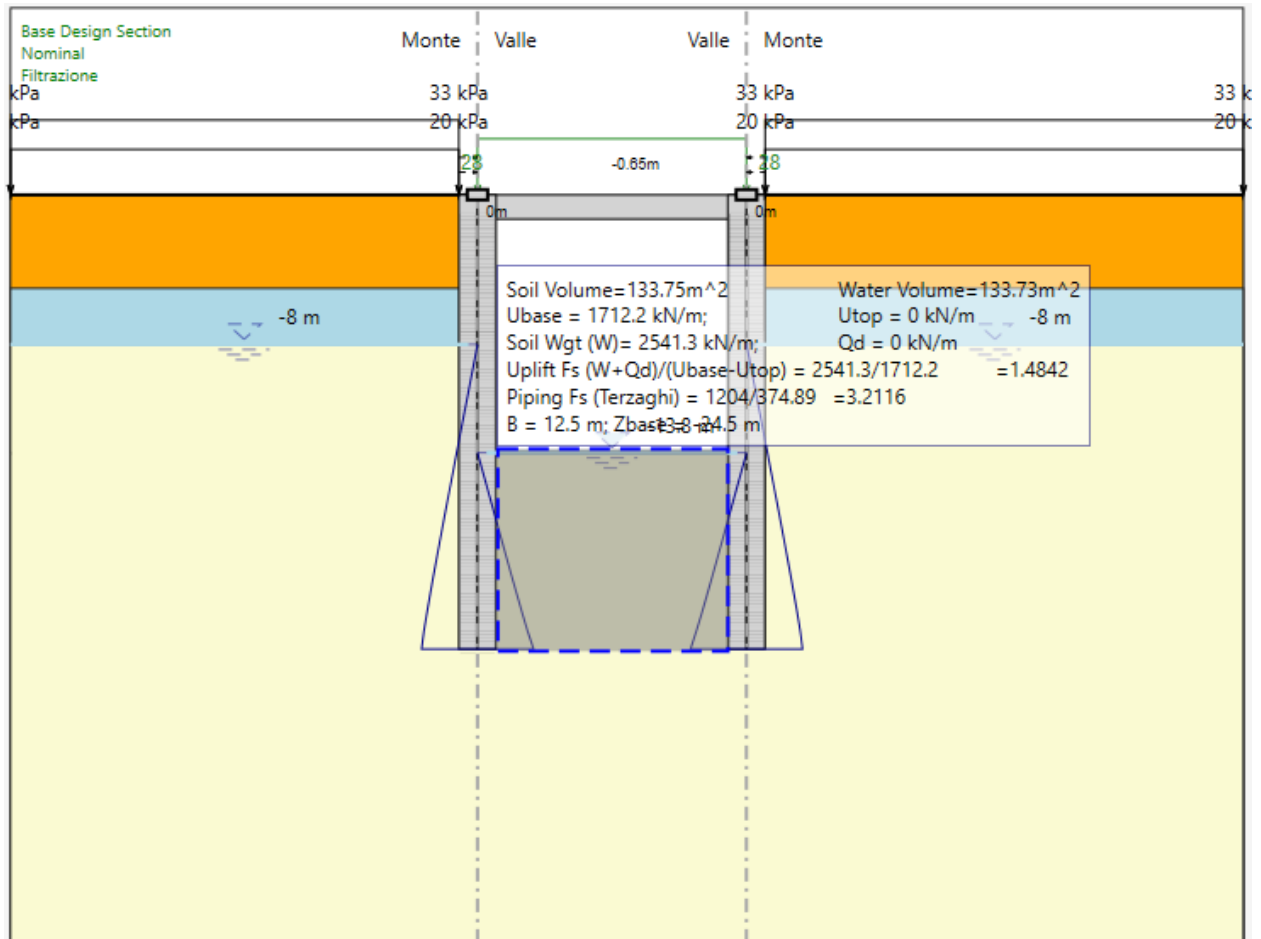
- isocurve delle pressioni totali (Colore Blu);
- isocurve delle pressioni in eccesso (Colore Rosso);
- vettori flusso (Colore Nero);







Ai fini delle verifiche di stabilità del fondo scavo (Sollevamento e Sifonamento), è stata utilizzata la funzione di Piping inspector come descritta in precedenza, ottenendo un coefficiente di sicurezza minimo al sollevamento pari a **1.48 il quale è maggiore di 1.22** e pertanto la verifica risulta soddisfatta e, un coefficiente di sicurezza a sifonamento pari a **3.21 il quale è maggiore dell'unità** e pertanto la verifica risulta soddisfatta.

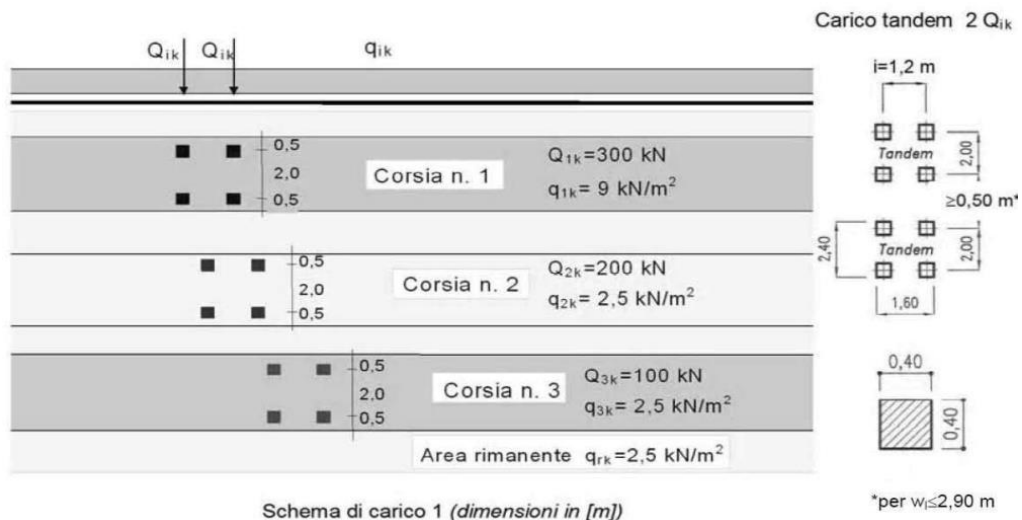


### 10.7 Verifiche strutturali solettone di copertura

Per il solettone di copertura si è considerato lo schema statico di una trave semi-incastata ai due estremi soggetta ad un carico uniforme distribuito pari al peso proprio, peso del terreno di ricoprimento di spessore assunto pari a 1,65m, e ad un carico uniforme equivalente al traffico veicolare determinato nel modo seguente:

I carichi da traffico considerati sono riconducibili allo Schema di Carico 1 definito dalla normativa vigente al paragrafo 5.1.3.3.3. Tale schema è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem  $Q_{ik}$ , applicati su un'impronta di pneumatico di forma quadrata e lato 40 cm, e da carichi uniformemente distribuiti  $q_{ik}$ .

Lo schema viene riproposto per tutte le corsie di carico, che la normativa prescrive di larghezza convenzionale di 3 m e di numero tale da ricoprire l'intera larghezza della superficie carrabile dell'impalcato, come indicato al paragrafo 5.1.3.3.5 delle NTC 2018. Per un numero massimo di 3 corsie si applicano le linee di carico costituite carichi concentrati  $Q_{ik}$  e distribuiti  $q_{ik}$ , con  $i$  da 1 a 3, secondo lo schema riportato in figura:



**Figura 24: Carichi da traffico - Schema di carico 1**

L'area rimanente della larghezza di superficie carrabile di impalcato è soggetta ad un carico distribuito  $q_{rk}$ .

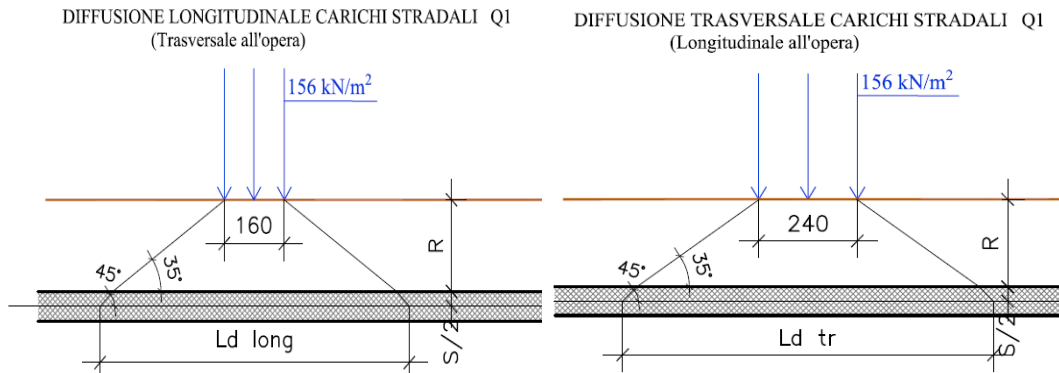
L'intensità dei carichi per le diverse corsie è riportato nella figura seguente.

**Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  per le diverse corsie**

| Posizione       | Carico asse $Q_{ik}$ [kN] | $q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|
| Corsia Numero 1 | 300                       | 9,00                          |
| Corsia Numero 2 | 200                       | 2,50                          |
| Corsia Numero 3 | 100                       | 2,50                          |
| Altre corsie    | 0,00                      | 2,50                          |

**Figura 25: Carichi da traffico – Intensità dei carichi per le diverse corsie**

Ai fini delle analisi, si è assunto di trasformare i carichi concentrati in un carico distribuito equivalente considerando una distribuzione a 35° nel rilevato stradale e a 45° nella soletta.



Nel caso in esame le verifiche sono condotte per l'opera TM01 avente un solettone di luce pari a 12,40m. Le verifiche sono state effettuate considerando uno strato di ricoprimento (Rilevato Stradale + Pacchetto stradale) pari a 1,65 m.

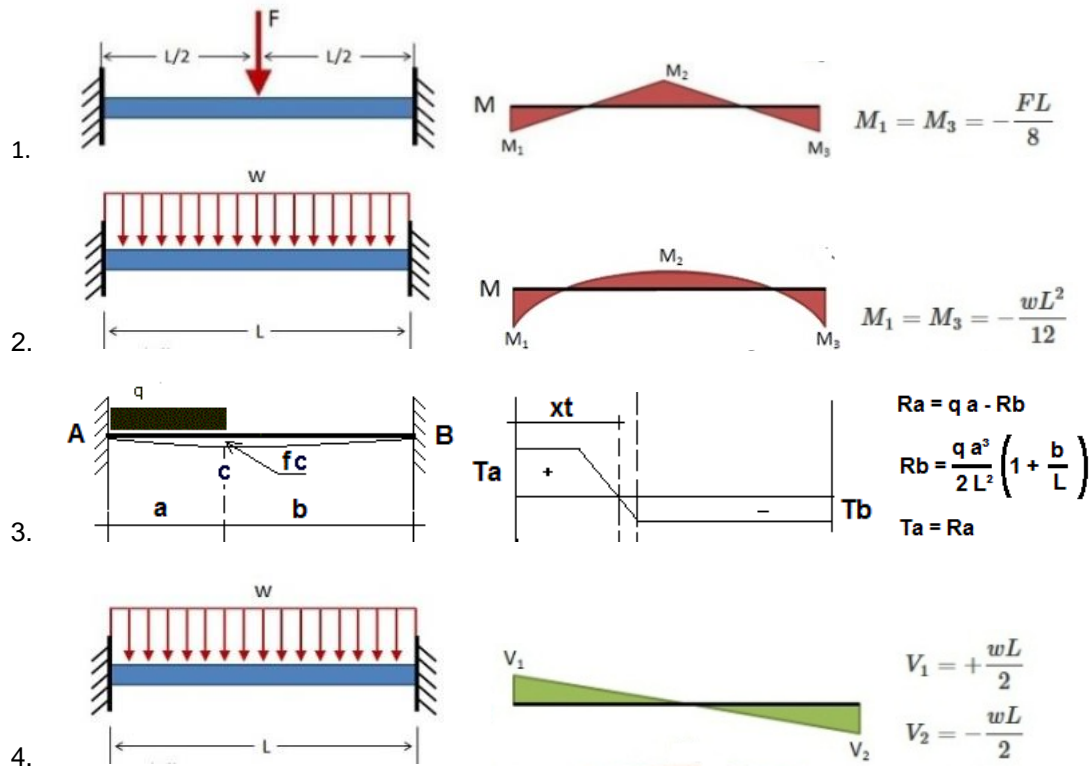
L'asse viario risulta trasversale alla sezione di progetto del sottovia, pertanto dal suddetto schema si prende in considerazione la condizione più gravosa di sovrapposizione dei carichi delle tre corsie.

| sovraccarico stradale h=1,45m |        |      |        |           |      |                         |                  |                    |                               |                                |                                |                               |        |
|-------------------------------|--------|------|--------|-----------|------|-------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|
|                               | q1k    | Q1k  | n assi | interasse | base | distribuito equivalente | altezza rilevato | spessore trasverso | angolo di diffusione rilevato | angolo di diffusione trasverso | lunghezza di diffusione trasv. | lunghezza di diffusione long. | QvK    |
|                               | [KN/m] | [KN] | [-]    | [m]       | [m]  | [KN/m]                  | [m]              | [m]                | [°]                           | [°]                            | [m]                            | [m]                           | [KN/m] |
| corsia 1                      | 9      | 300  | 2      | 1,6       | 2,4  | 156,25                  | 1,65             | 1,3                | 35                            | 45                             | 6,01                           | 5,21                          | 19,16  |
| corsia 2                      | 2,5    | 200  | 2      | 1,6       | 2,4  | 104,17                  | 1,65             | 1,3                | 35                            | 45                             | 6,01                           | 5,21                          | 12,77  |
| corsia 3                      | 2,5    | 100  | 2      | 1,6       | 2,4  | 52,08                   | 1,65             | 1,3                | 35                            | 45                             | 6,01                           | 5,21                          | 6,39   |

38,31

### Schema di diffusione in soletta dei carichi Q

Si specifica che il software di calcolo PARATIEPLUS non consente di caricare il solettone di copertura con due carichi distribuiti distinti, pertanto è stato considerato un unico carico distribuito su tutto il solettone, valutato considerando l'equivalenza tra gli schemi 1-2 al fine di massimizzare il momento flettente in mezzeria, e gli schemi 3-4 al fine di massimizzare il taglio nel nodo:



dove:

**SCHEMA 1-2**

$$F = (Q_{vk}) * L_{diff. longit.} = 199,6 \text{ kN}$$

Imponendo l'uguaglianza dei momenti all'incastro si ha:

$$\frac{FL}{8} = \frac{wL^2}{12} \rightarrow w = \frac{3F}{2L} = \frac{3}{2} * \frac{199,6}{12,40} = 24,15 \text{ kN/m}$$

**SCHEMA 3-4**

$$q = Q_{v,k} = 38,31 \text{ kN/m}$$

$$a = L_{diff. longit.} = 5,21 \text{ m}$$

Imponendo l'uguaglianza dei tagli all'incastro (A) si ha:

$$qa - \frac{qa^3}{2L^2} \left(1 + \frac{b}{L}\right) = \frac{wL}{2} \rightarrow w = 27,71 \text{ kN/m}$$

Nel modello di calcolo di Paratie Plus, cautelativamente al fine di massimizzare le sollecitazioni nei differenti elementi strutturali è stato applicato sul solettone il massimo dei carichi derivanti dai due schemi visti precedentemente, inoltre, a monte delle paratie è stato considerato un ulteriore carico stradale di 20 kPa. Infine, al fine di considerare una condizione di vincolo del solettone più realistica, sono state valutate manualmente le sollecitazioni di Momento flettente e Taglio sul solettone considerando uno schema di SEMI-INCASTRO.

Tutti gli schemi risultano soggetti ad un carico uniformemente distribuito pari al peso proprio, al peso del terreno di ricoprimento di spessore medio 1,65m e ad un carico da traffico equivalente di circa 28kN/m in ParatiePlus e 24,15 kN/m o 27,71 kN/m negli schemi di Semi-Incastro/Incastro (schema 1-2 e schema 3-4).

Pertanto cautelativamente le azioni agenti sul solettone di copertura, sono pari a:

**SCHEMA 1-2**

|                    |       |      |   |
|--------------------|-------|------|---|
| q=                 | 33    | kN/m | (peso pacchetto pavimentazione stradale e massetto delle pendenze---"G2") |
| q=                 | 32,5  | kN/m | (peso proprio solettone----"G1")  |
| q <sub>1-2</sub> = | 24,15 | kN/m | (carico da traffico equivalente---"Q1")                                   |

**SCHEMA 3-4**

|                    |       |      |   |
|--------------------|-------|------|---|
| q=                 | 33    | kN/m | (peso pacchetto pavimentazione stradale e massetto delle pendenze---"G2") |
| q=                 | 32,5  | kN/m | (peso proprio solettone----"G1")  |
| q <sub>3-4</sub> = | 27,71 | kN/m | (carico da traffico equivalente---"Q1")                                   |

I coefficienti di combinazione utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni sono quelli riportati nella tabella seguente:

| COEFFICIENTI  | SLErara | STR  |
|---------------|---------|------|
| $\gamma_{G1}$ | 1       | 1.3  |
| $\gamma_{G2}$ | 1       | 1.5  |
| $\gamma_Q$    | 1       | 1.35 |

**Combinazione SLU-STR**

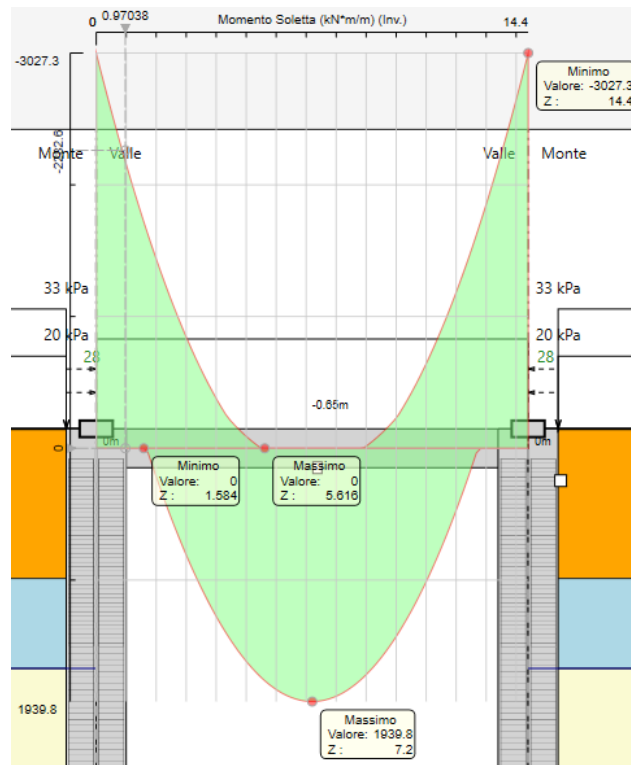
|              |  |          |
|--------------|--|----------|
| M,estremità  | (Momento incastro solettone $ql^2/12$ ) – SCHEMA INCASTRO        | 1670 kNm |
| M,campata:   | (Momento in campata solettone $ql^2/10$ ) – SCHEMA SEMI-INCASTRO | 2002 kNm |
| T,estremità: | (Taglio incastro solettone $ql/2$ ) – SCHEMA INCASTRO            | 806 kN   |

**Combinazione SLE-Rara**

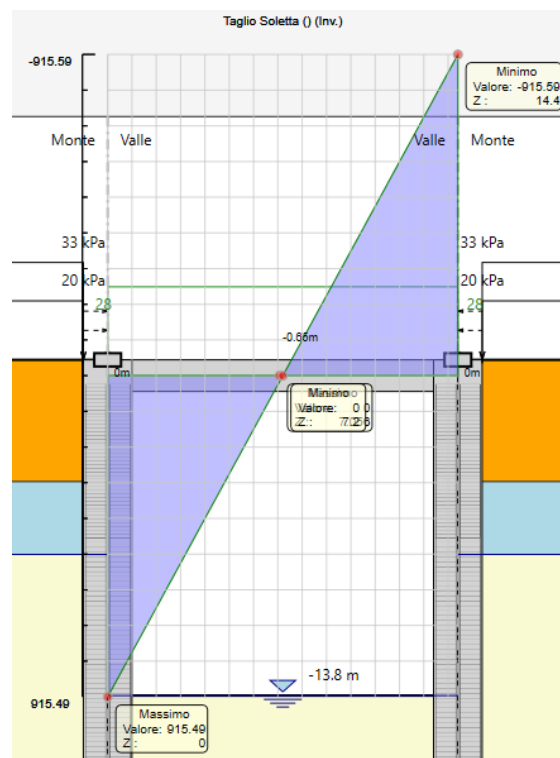
|             |  |          |
|-------------|--|----------|
| M,estremità | (Momento incastro solettone $ql^2/12$ ) – SCHEMA INCASTRO        | 1192 kNm |
| M,campata:  | (Momento in campata solettone $ql^2/10$ ) – SCHEMA SEMI-INCASTRO | 1430 kNm |

Dove: L : Luce netta solettone = 12.40 m (valutata in direzione parallela all'asse strada)

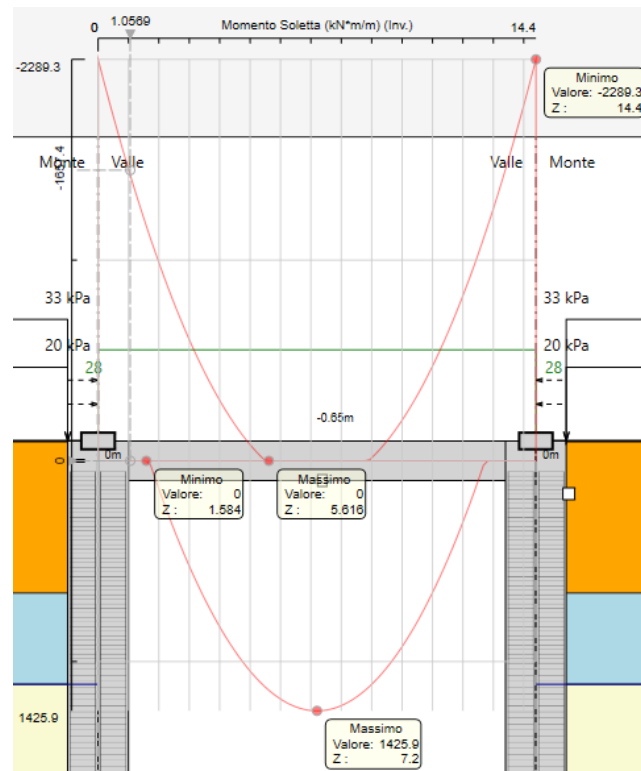
Di seguito si riportano le sollecitazioni di momento flettente e taglio in combinazione SLU, ottenute dal modello di calcolo con il software ParatiePlus,



**Figura 26: Involuppo momento sollecitante solettone SLU [kNm/m]**



**Figura 27: Involuppo taglio sollecitante solettone SLU [kNm/m]**



**Figura 28: Inviluppo momento sollecitante solettone SLE-Rara [kNm/m]**

Dal confronto degli schemi precedenti di seguito si riportano le massime sollecitazioni di momento flettente e taglio.

| SEZIONE   | SLU           |              | SLE-Rara      |
|-----------|---------------|--------------|---------------|
|           | Mmax<br>[kNm] | Vmax<br>[kN] | Mmax<br>[kNm] |
| Estremità | 2283          | 916          | 1658          |
| Campata   | 2002          | 0            | 1430          |

Di seguito si riportano le armature e le verifiche SLU e SLE del solettone.

**Armatura (sezione di estremità)**

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| Superiore   | φ26/10 + φ26/20 |
| Inferiore   | φ22/20          |
| Trasversale | φ12/20x40cm     |

**Armatura (in campata)**

|             |           |
|-------------|-----------|
| Superiore   | φ22/20    |
| Inferiore   | φ26/10    |
| Trasversale | φ12/40x40 |

| SEZIONE   | VERIFICHE SLU      |                    | VERIFICHE SLE-Rara                   |  |  |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|--|--|
|           | C.S.<br>(TRd/ TEd) | C.S.<br>(MRd/ MEd) | C.S.<br>tensioni cls<br>(σcRd/ σcEd) | C.S.<br>tensioni acciaio<br>(σaRd/ σaEd) | C.S.<br>fessurazione cls<br>(w1/ wmax) |
| Estremità | 1.36               | 1.58               | 1.78                                 | 1.93                                     | 1.33                                   |
| Campata   | -                  | 1.23               | 1.79                                 | 1.55                                     | 1.05                                   |

Le verifiche sono soddisfatte.

### 10.8 Verifiche locali cordolo porta barriere per azioni d’urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Il carico di progetto come definito al paragrafo 8.4 è costituito dalla forza orizzontale di plasticizzazione della barriera pari a  $F= 79.5\text{kN}$ , applicata alla quota di 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza  $d= 1.00$  m dalla base della barriera.

Il cordolo presenta una larghezza pari a 0.70m e uno spessore di 0.50m. Si dispongono staffe  $\Phi 12/20$ .

La funzione di tali staffe è duplice:

- Equilibrare l’azione orizzontale  $F$ ;
- Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.

Per il punto 1. Il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura seguente, ipotizzando una diffusione a  $45^\circ$  della sollecitazione agente a partire dalla posizione dei tirafondi tesi. Si considera una larghezza della piastra di 0.30m posizionata a 0.10m dal bordo del muro. La forza orizzontale  $F$  è equilibrata dalle barre  $\Phi 12/20$  che sono sempre presenti all’interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.



*Figura 29 – cono di diffusione verifica staffe orizzontali*

In dettaglio la forza orizzontale rappresenta l’azione di urto, che è pari a  $F=79.5$  kN.

Le barre  $\Phi 12/20$  oppongono una resistenza a tale forza espressa dalla seguente relazione:

$$F_R = n \cdot \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_d}$$

Dove  $A_s$  è l’area della staffa e  $n$  è il numero di bracci presenti nel cono di diffusione.



Nel caso in esame è stata assunta, in maniera cautelativa, come base del cono di rottura la larghezza della piastra pari a 0.3m che permette di individuare in una larghezza collaborante pari a 0.90m, 4 ferri e 8 bracci.

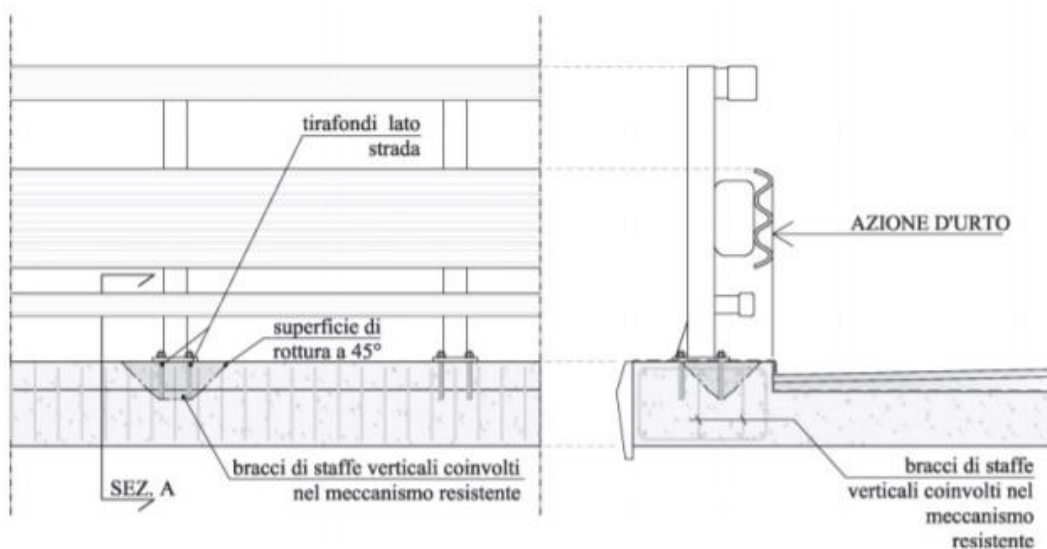
Conseguentemente si ha:

| <b>verifica delle staffe orizzontali</b> |                |       |       |      |
|--|----------------|-------|-------|------|
| L. collaborante                          | n. orizzontali | Fsd   | Frd   | FS   |
| [m]                                      |                | [KN]  | [KN]  |      |
| 0,90                                     | 8              | 79,53 | 354,0 | 4,45 |

**Tabella 5: verifica delle staffe orizzontali**

La verifica risulta soddisfatta.

Per il punto 2. Il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato nella seguente figura, ipotizzando una diffusione a 45° a partire dall’interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e da eventuali legature.



**Figura 30: cono di diffusione verifica staffe verticali**

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a  $l = 0.22$  m e un'altezza  $h$  della barriera sopra tale piastra di 1 m, si stima  $T_d$  come:

$$T_d = \frac{N \cdot h}{l}$$

Si dispongono delle staffe  $\Phi 12/20$ . Ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.22 m), risulta una lunghezza di diffusione trasversale pari a 0.38m e longitudinale di 0.6m. I bracci verticali compresi nel cono di diffusione sono 3.

Nel calcolare la resistenza delle staffe verticali si considera anche il contributo dei ferri longitudinali  $\Phi 16/20$  del paramento che sono accoppiati alle staffe.

Pertanto si calcola la trazione resistente pari a:

$$T_r = n \cdot A_s \cdot f_{yd}$$

| verifica delle staffe verticali |       |          |        |        |      |
|---------------------------------|-------|----------|--------|--------|------|
| Ltrasv                          | Blong | n. vert. | Td     | Tr     | FS   |
|                                 | [m]   | n. ferri | [KN]   | [KN]   |      |
| 0,38                            | 0,6   | 3        | 361,48 | 368,80 | 1,02 |

*Tabella 6: verifica delle staffe verticali*

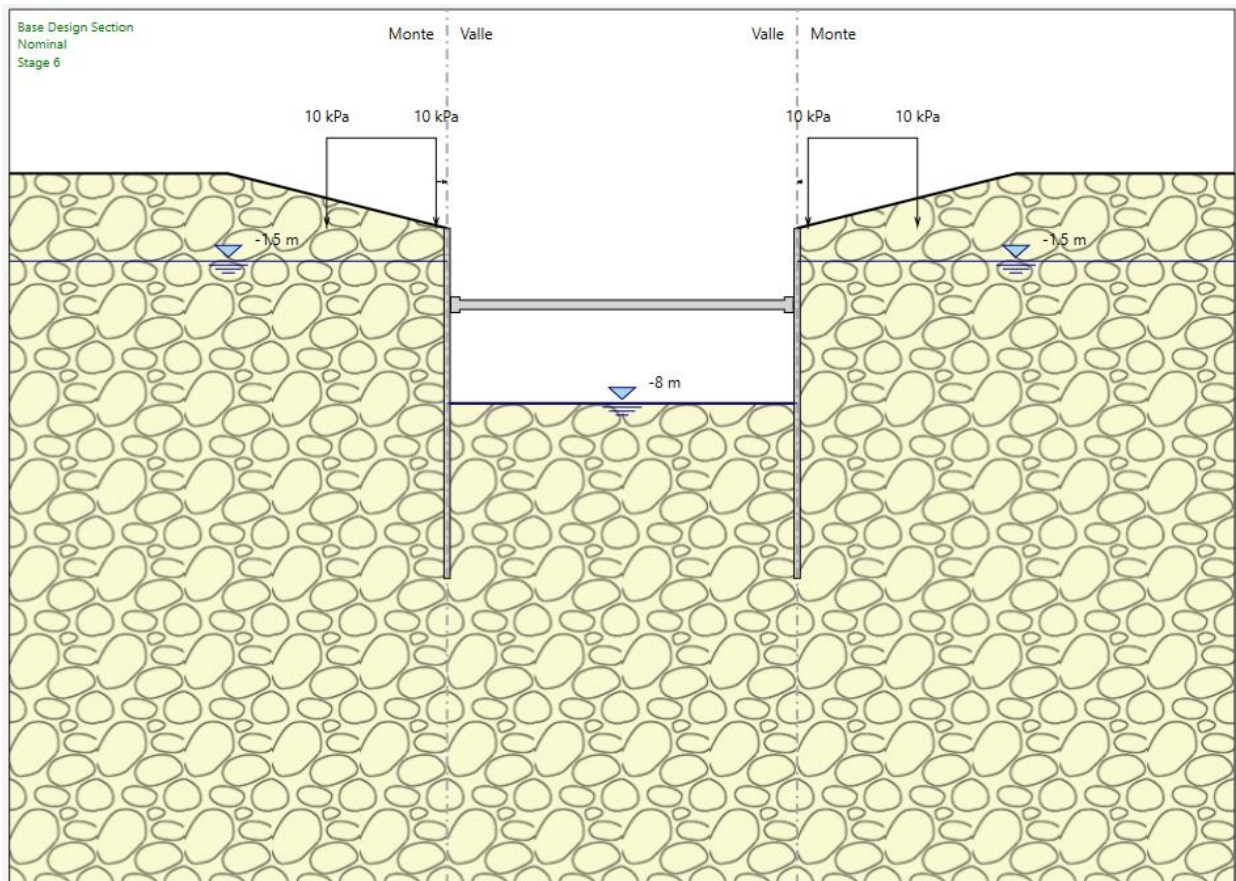
La verifica risulta soddisfatta.

## 11 ANALISI E VERIFICHE PARATIE “MURI D’IMBOCCO”

### 11.1 Tipologico A

#### 11.1.1 Modello di calcolo

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.



**Figura 31 – Modello Paratia (Fase finale)**

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §4.3, inoltre si considera un carico uniformemente distribuito pari a 10 kPa per la presenza dei mezzi di cantiere.

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello di calcolo:

| <b>MODELLO DI CALCOLO</b>       |                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Tipologia struttura di sostegno | Micropali $\phi 280$ interasse 0.45 m |
| Lunghezza Micropali             | $L_{\text{palo}} = 16$ m              |
| Altezza di scavo max            | $H = 8.00$ m                          |
| <b><u>Puntone (z=-3.5m)</u></b> |                                       |
| Tipo                            | Tubo in Acciaio S355                  |
| Lunghezza                       | $L = 16.00$ m                         |
| Diametro esterno                | $D = 355.6$ mm                        |
| Spessore                        | $S_p = 16$ mm                         |
| Interasse                       | $i = 1.35$ m                          |
| Travi di ripartizione           | 2 x HEB160                            |


*Tabella – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo*

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente riportati i principali risultati delle verifiche geotecniche e strutturali del modello in esame. Nella seguente tabella sono riportate le armature previste in progetto:

| Elemento  | Diametro (mm) | Interasse (m) | Lunghezza (m) | Armature                                |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---|
| Micropali | $\Phi 280$    | 0,45          | 16,00         | Tubolare S355 $\phi 219.1$ mm sp. 20 mm |

Inoltre, per comodità viene riproposta una tabella con le proprietà stratigrafiche utilizzate per il modello:

*Figura 32: Stratigrafia e proprietà del terreno.*

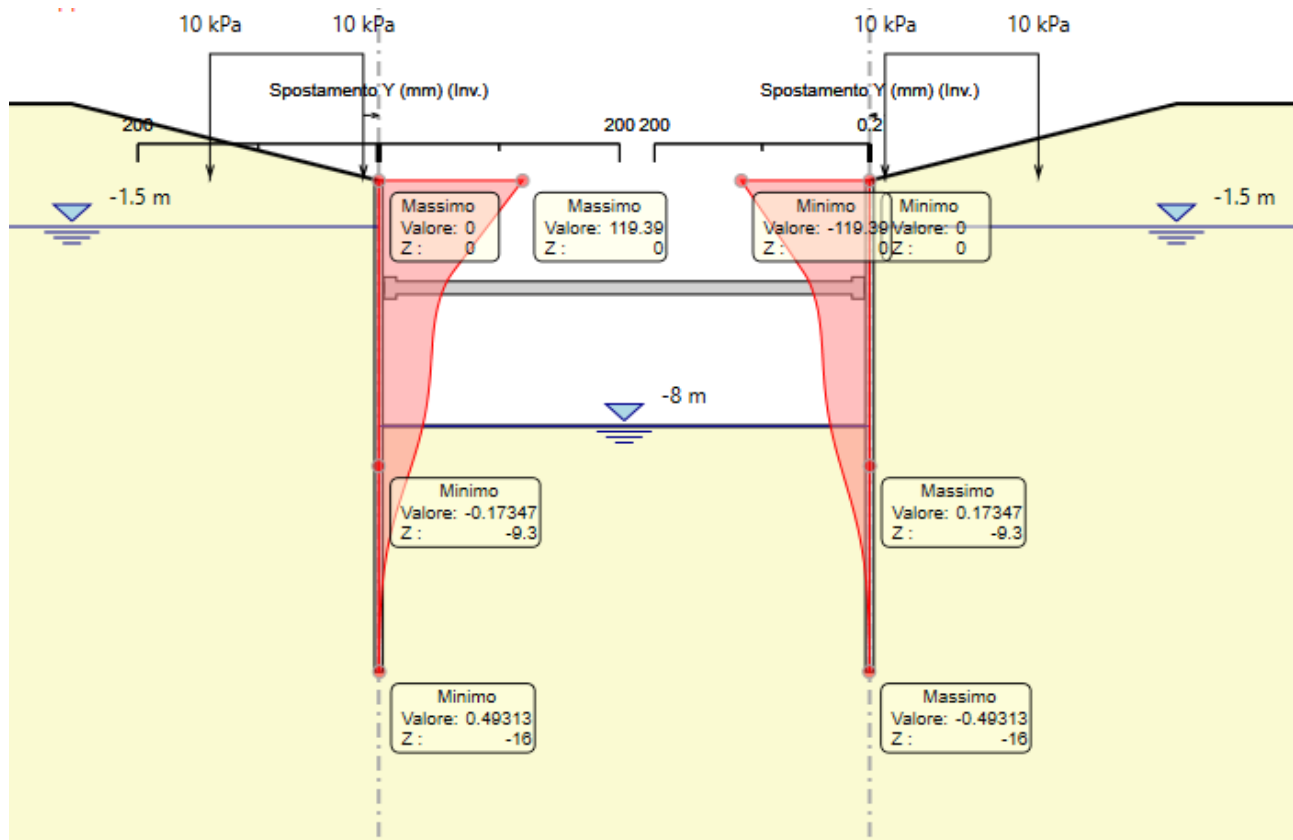
|   | Terreni             | $\gamma_{SAT}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c'$<br>[kPa] | $\phi'$<br>[°] | Moduli Elastici<br>[kPa] or [kN/m <sup>2</sup> ] |
|---|---------------------|--|---------------|----------------|--|
|  | GS<br>Sabbia/Ghiaia | 19                                     | 0             | 37             | $E_{vc} = 100000$<br>$E_{ur} = 180000$           |

Per tutti gli altri dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

### 11.1.2 Spostamenti orizzontali e cedimenti

Il massimo spostamento orizzontale per la paratia si ottiene a quota 0 m nell'ultima fase di scavo (quota scavo -8.00m), e risulta pari a circa **11.9 cm**.

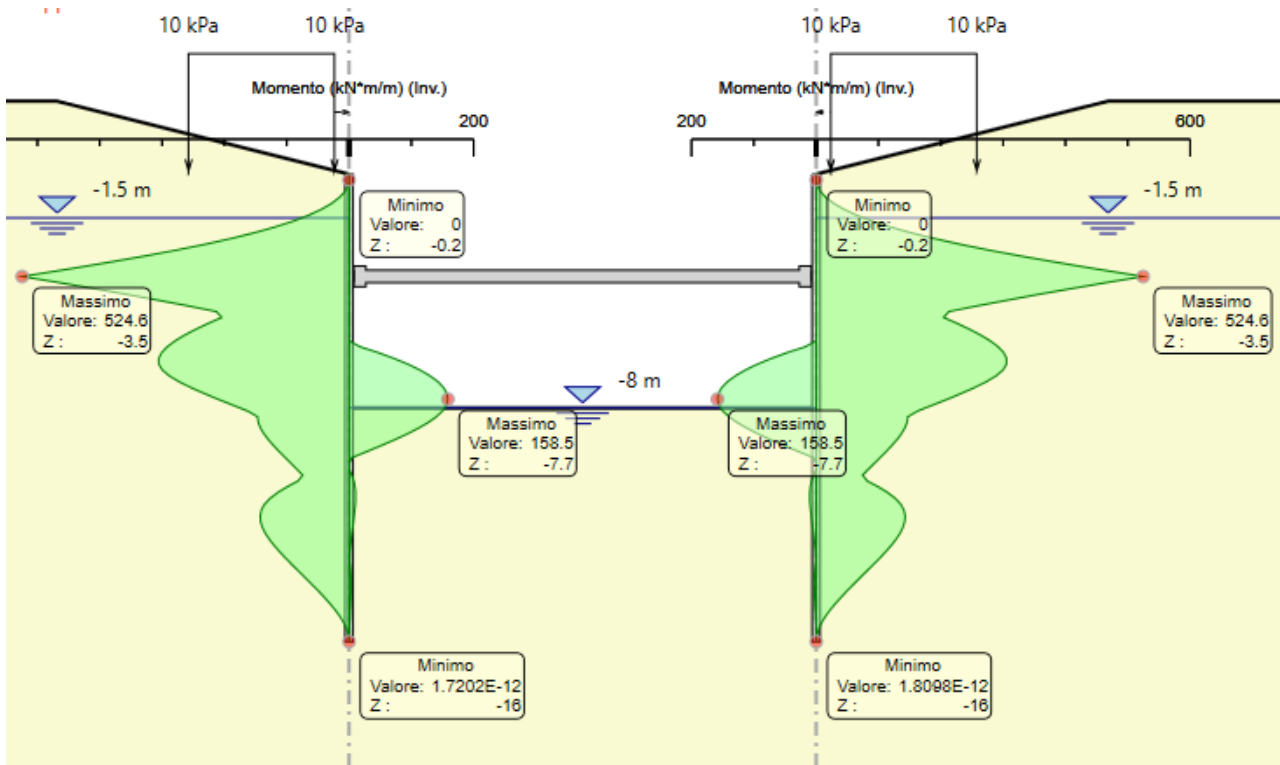
Gli spostamenti orizzontali risultano quindi compatibili con l'esercizio dell'opera.



**Figura 33: Involuppo Spostamenti SLE**

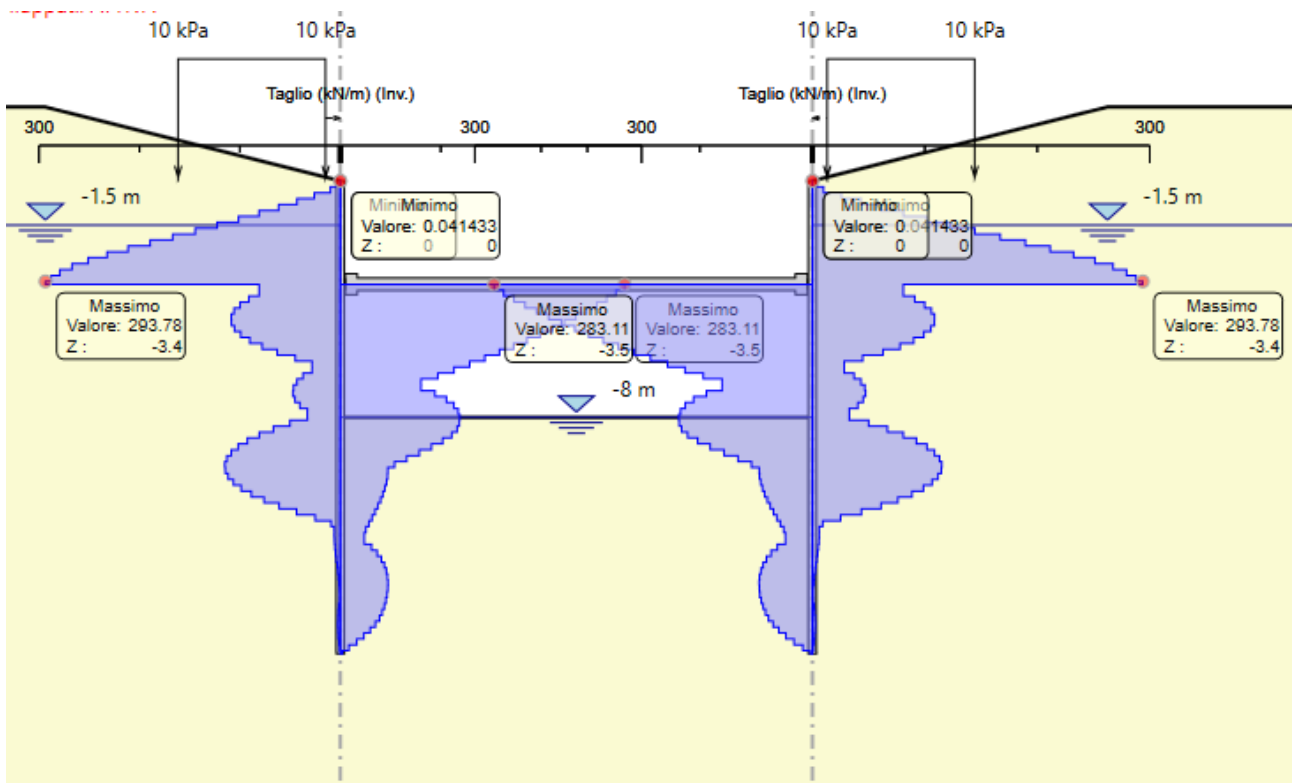
### 11.1.3 Sollecitazioni: Momento flettente e Taglio

Il massimo momento che si ottiene sulla paratia di Micropali si manifesta a quota -3.5 m e risulta pari a **525 kNm/m**.



*Figura 34: Involucro Momento Flettente Condizioni Statiche*

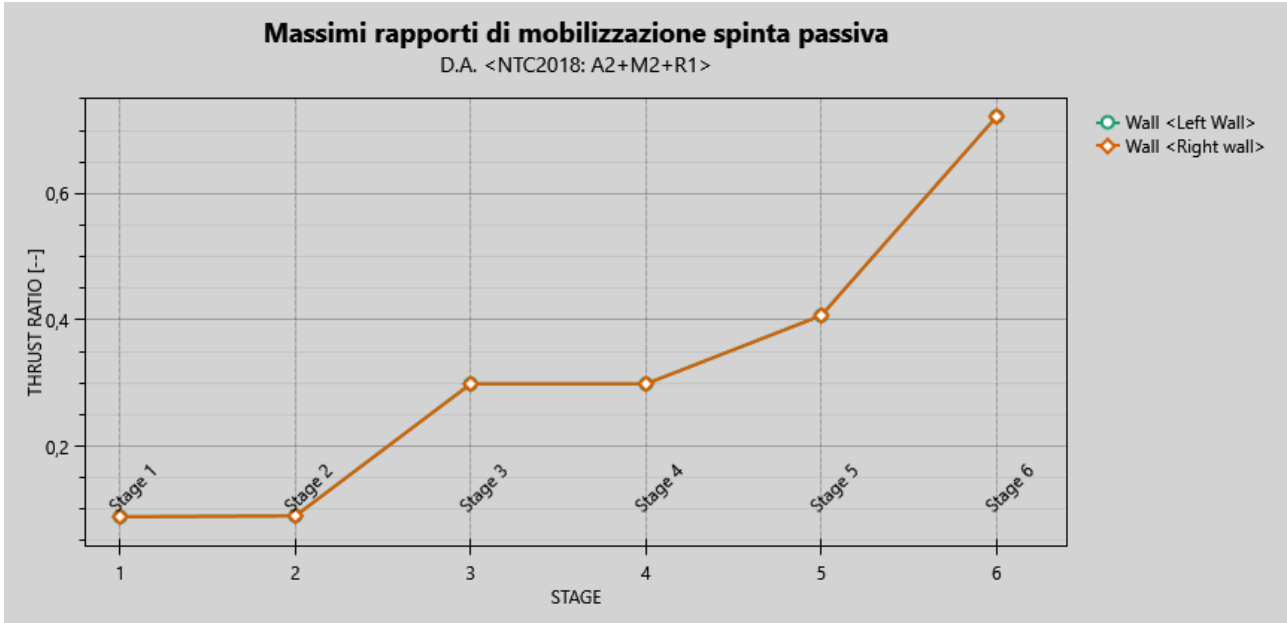
Il massimo taglio che si ottiene sulla paratia di Micropali si manifesta a quota -3.5 m e risulta pari a **294 kN/m**.



*Figura 35: Involuppo Taglio Condizioni Statiche*

#### 11.1.4 Verifiche geotecniche

Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a **0,72**.

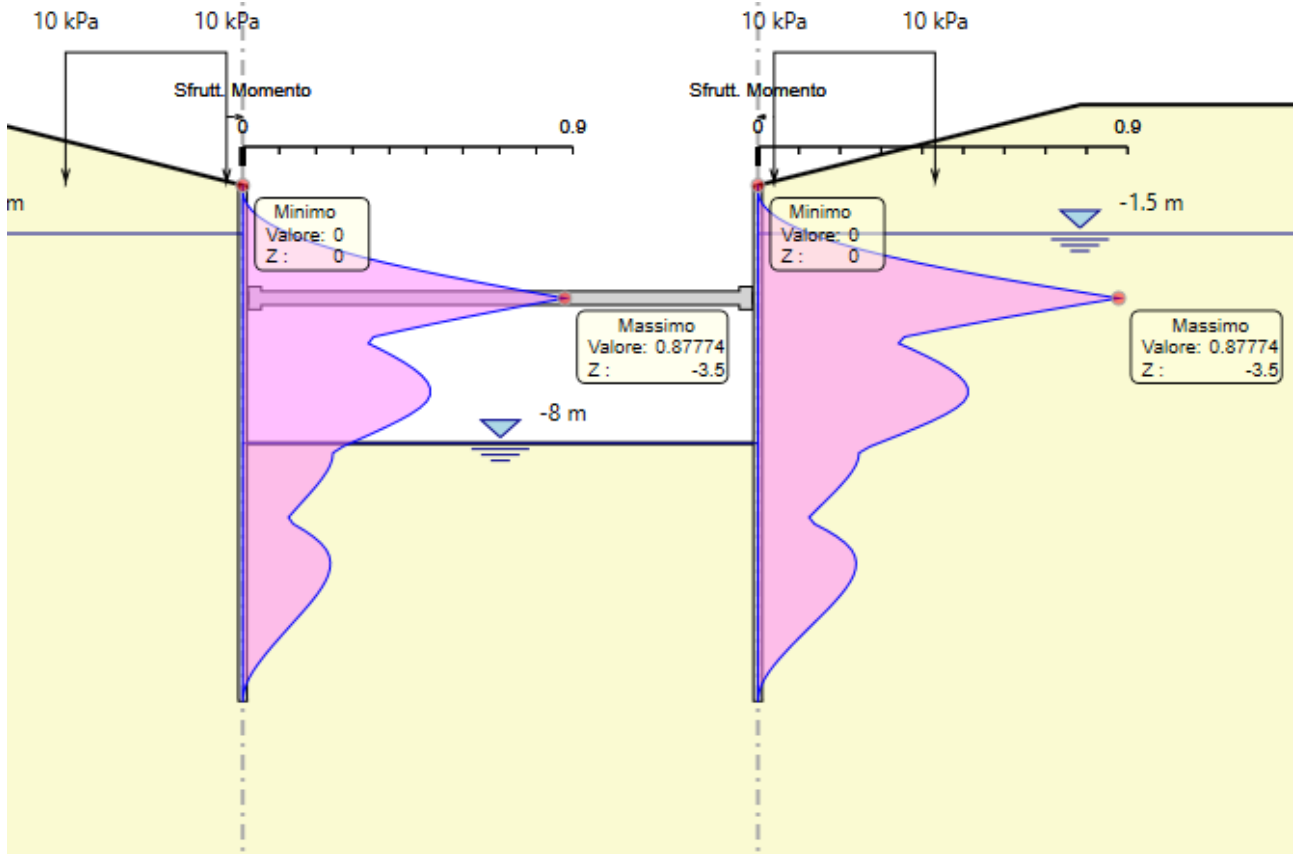


*Figura 36: Massimi rapporti di mobilitazione della spinta passiva combinazione A2+M2+R1*



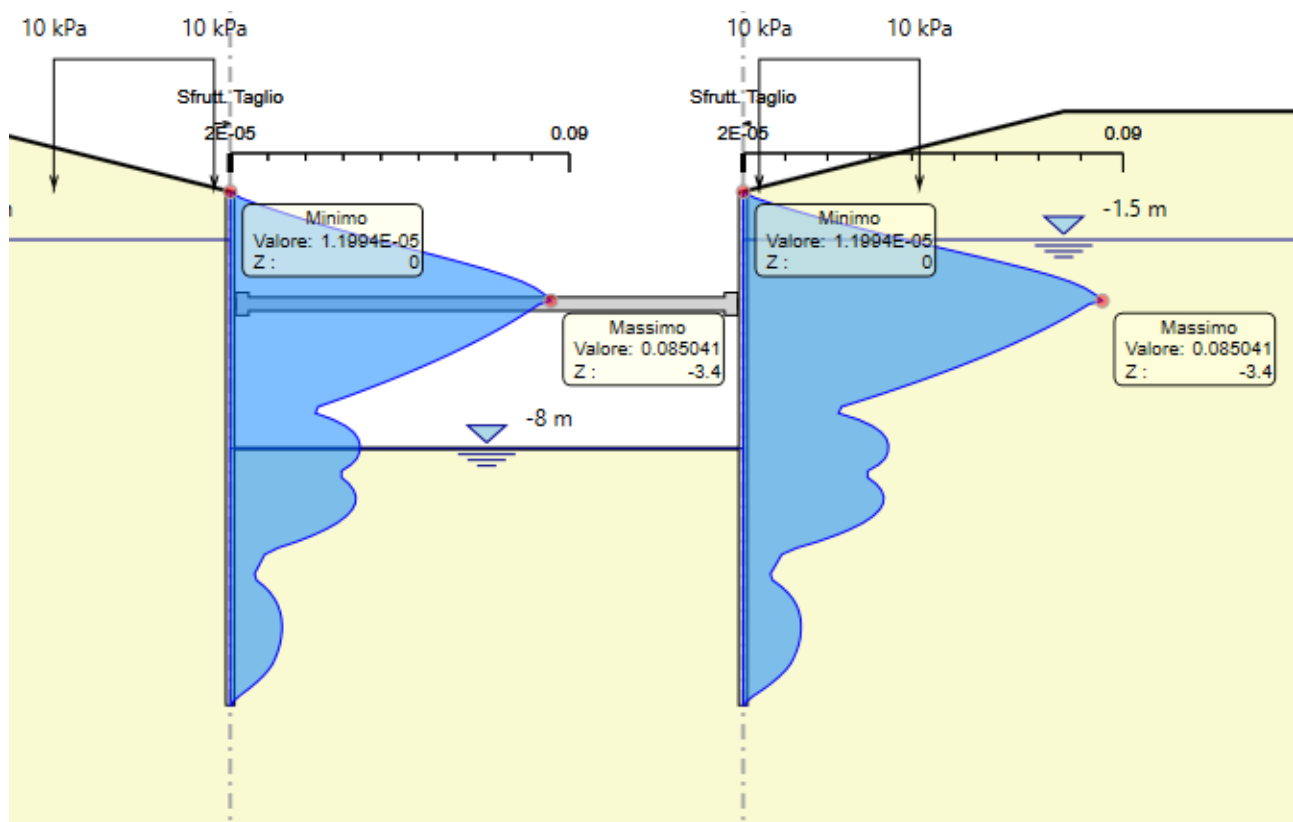
### 11.1.5 Verifiche strutturali micropali

Il massimo coefficiente di sfruttamento a flessione che si ottiene per le paratie risulta pari a **0.88**.



*Figura 37: Inviluppo coefficiente di sfruttamento a flessione.*

Il massimo coefficiente di sfruttamento a taglio che si ottiene per la paratia risulta pari al **0,09**.



*Figura 38: Involuppo coefficiente di sfruttamento a taglio.*

Nella seguente tabella si riporta una scheda di verifica del tubolare in acciaio per le massime sollecitazioni:

| <b>SOLLECITAZIONI PER METRO LINEARE (Singola gamba)</b> |                        |                          |                                |
|---|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| <b>Paratia</b>  | <b>V<sub>MAX</sub></b> | <b>M<sub>MAX,y</sub></b> | <b>δ<sub>max,es</sub> [mm]</b> |
| STR   | 294,00 kN/m            | 525,0 kNm/m              |                                |

| <b>INTERASSE PALI (Singola Gamba)</b> |      |     |
|---------------------------------------|------|-----|
| int                                   | 0,45 | [m] |
| n°pali                                | 1    | [-] |

| <b>SOLLECITAZIONI SU SINGOLO PALO</b> |                        |                          |
|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>COMB.</b>                          | <b>V<sub>MAX</sub></b> | <b>M<sub>MAX,y</sub></b> |
| STR1                                  | 132,3 kN               | 236,3 kNm                |
| <b>VERIFICA</b>                       | <b>132,3 kN</b>        | <b>236,3 kNm</b>         |

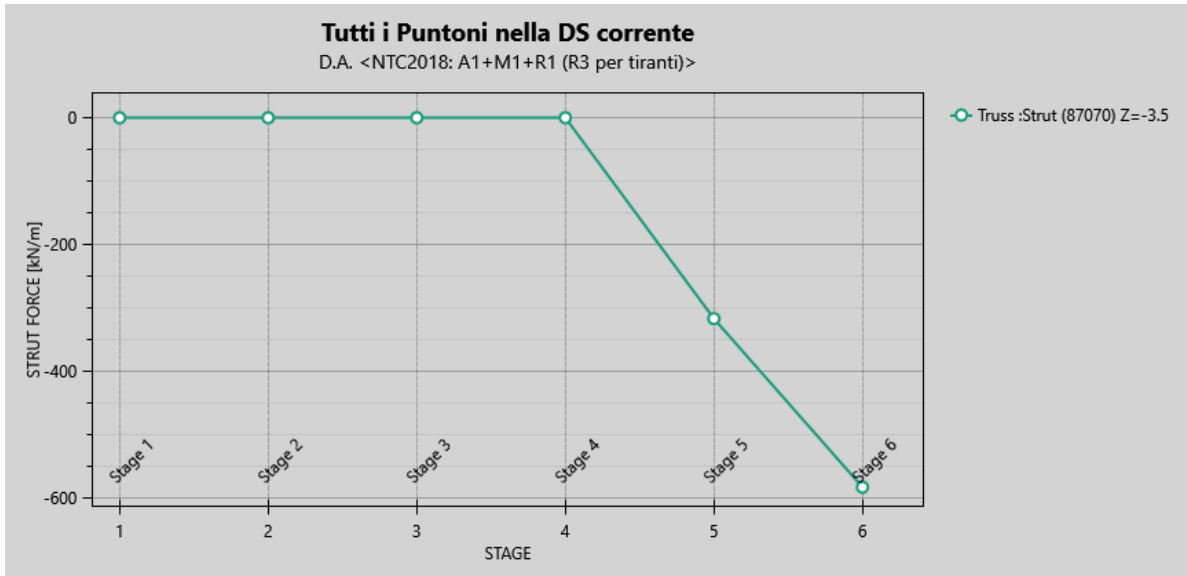
| <b>VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALO</b>                             |               |          |                    |
|--|---------------|----------|--------------------|
| <b>MATERIALI</b>   |               |          |                    |
| Tipo acciaio   |               | S 355    |                    |
| Valore di snervamento dell'acciaio del profilo:                    | $f_{yk}$      | 355      | MPa                |
| Valore di rottura dell'acciaio del profilo:                        | $f_{uk}$      | 510      | MPa                |
| Modulo di elasticità dell'acciaio:                                 | E             | 210000   | MPa                |
| Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio:                     | G             | 80769    | MPa                |
| <b>COEFFICIENTI PARZIALI</b>                                       |               |          |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza: | $\gamma_{M0}$ | 1,05     |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità:  | $\gamma_{M1}$ | 1,05     |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura     | $\gamma_{M2}$ | 1,25     |                    |
| <b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL PROFILO</b>                      |               |          |                    |
| Diametro esterno nominale  | D             | 219,10   | [mm]               |
| Spessore nominale  | T             | 20,00    | [mm]               |
| Diametro interno nominale  | d             | 179,10   | [mm]               |
| Area della sezione trasversale                                     | A             | 125,10   | [cm <sup>2</sup> ] |
| Area a taglio  | $A_v$         | 79,64    | [cm <sup>2</sup> ] |
| Momento d'inerzia  | I             | 6261,29  | [cm <sup>4</sup> ] |
| Raggio d'inerzia   | i             | 7,07     | [cm]               |
| Modulo di resistenza elastico                                      | $W_{el,yy}$   | 571,55   | [cm <sup>3</sup> ] |
| Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte               | $W_{pl,yy}$   | 795,48   | [cm <sup>3</sup> ] |
| Momento d'inerzia torsionale                                       | $I_t$         | 12522,59 | [cm <sup>4</sup> ] |
| Modulo di torsione   | $C_t$         | 1143,09  | [cm <sup>3</sup> ] |
| Coefficiente e   | e             | 0,81     | [-]                |
| Diametro   | d             | 219,10   | [mm]               |
| Spessore   | t             | 20,00    | [mm]               |
| Rapporto tra diametro e spessore                                   | d/t           | 10,96    | [-]                |
| Classificazione della sezione                                      |               | CLASSE 1 |                    |
| <b>VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA SEZIONE TRASVERSALE</b>           |               |          |                    |
| <b>Resistenza a flessione</b>                                      |               |          |                    |
| Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore:                  | $M_{pl,y,Rd}$ | 268,95   | kNm                |
| Verifica a flessione attorno all'asse maggiore:                    |               | 0,88     |                    |
| <b>Resistenza a taglio</b>   |               |          |                    |

---

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Resistenza plastica a taglio: | $V_{pl,z,Rd}$ 1554,57 kN |
| Verifica a taglio:            | 0,09                     |

### 11.1.6 Verifiche puntoni e travi di ripartizione

Nel seguito viene presentata la verifica strutturale dei puntoni e delle travi di ripartizione.



Nelle seguenti tabelle si riporta il resoconto delle verifiche strutturali dei puntoni:

Design Assumption:

| Puntone | Sezione    | Materiale | Passo orizz. (m) | Lunghezza (m) | D.A.       | Stage   | Carico distribuito (kN/m) | Azione Assiale (kN) | Sfruttamento M-N | Sfruttamento Taglio | Instabilità | $\lambda y$ | $\lambda z$ | $\lambda$ lateral |
|---------|------------|-----------|------------------|---------------|------------|---------|---------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| Strut   | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 4 | 0.00010753                | 0.00014516          | 0.088            | 0.006               | 0           | 0           | 0           | 0                 |
| Strut   | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 5 | -316.94                   | -427.88             | 0.1              | 0.006               | 0.456       | 133         | 133         | 0                 |
| Strut   | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 6 | -582.97                   | -787.02             | 0.184            | 0.006               | 0.768       | 133         | 133         | 0                 |

#### Verifiche Strutturali Puntoni

I puntoni sono previsti con interasse trasversale pari a 1.35 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 sono state considerate travi in acciaio S355 tipo HE160B. 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 dei puntoni distribuito lungo l'interasse. Si riportano di seguito le verifiche a Flessione e a Taglio effettuate con l'ausilio del software PARATIE PLUS 23.

Design Assumption:

| Trave di Ripartizione | Connessione | Sezione | Materiale | Passo orizz. (m) | D.A.          | Stage   | Carico distribuito (kN/m) | Azione Assiale (kN) | Sfruttamento M-N | Sfruttamento Taglio | Instabilità |
|-----------------------|-------------|---------|-----------|------------------|---------------|---------|---------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------|
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 4 | 0.00010753                | 0                   | 0                | 0                   | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 4 | 0.00010753                | 0                   | 0                | 0                   | 0           |
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 5 | -316.94                   | 0                   | 0.24             | 0.426               | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 5 | -316.94                   | 0                   | 0.24             | 0.426               | 0           |
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 6 | -582.97                   | 0                   | 0.462            | 0.784               | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 6 | -582.97                   | 0                   | 0.462            | 0.784               | 0           |

#### Verifiche Strutturali Travi di Ripartizione

### 11.1.7 Verifiche strutturali cordolo

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi e, nel caso di paratie libere, cautelativamente si è considerata la luce delle campate pari a 2 volte l’interasse dei Pali, al fine di prevedere un’eventuale perdita di appoggio tra cordolo e Palo. Tale trave risulta caricata con un’azione uniformemente distribuita valutata a partire dalla sollecitazione di Taglio testa-palo derivante dal modello di calcolo dell’opera di sostegno. Definito  $V_{max}$  il massimo valore della sollecitazione di Taglio a metro lineare, il suddetto carico è così calcolato  $q_{sd}=V_{max}$ .

Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull’elemento strutturale saranno:

$$M_{S,d} = \frac{1}{10} \cdot q_{Sd} \cdot l^2 \qquad T_{S,d} = \frac{1}{2} \cdot q_{Sd} \cdot l$$

Con riferimento alla Paratia di Micropali prevista per i muri d’imbocco, l’armatura del Cordolo è stata definita considerando la sezione di progetto che massimizzava il Taglio in testa, a tal fine si rimanda al Tipologico B.

Nella tabella seguente è riportata l’Armatura di progetto:

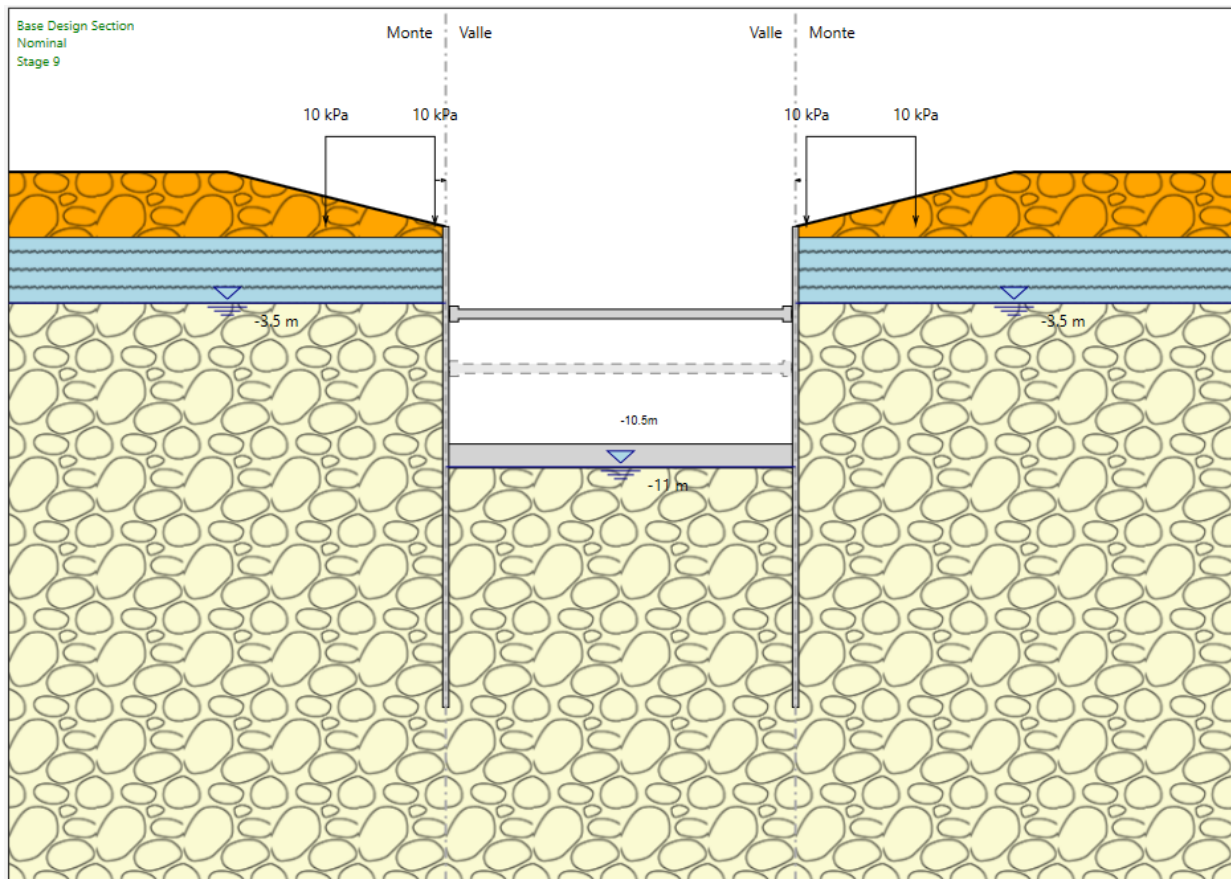
| <b>CORDOLO PARATIA MURI D’IMBOCCO – C25/30</b> |                         |  |  |                                |
|--|-------------------------|--|--|--------------------------------|
| <b>Altezza</b><br>(m)                          | <b>Larghezza</b><br>(m) | <b>Armatura scavo</b><br>longitudinale | <b>Armatura terreno</b><br>longitudinale | <b>Armatura</b><br>trasversale |
| 0,50   | 0,50                    | 4φ16                                   | 4φ16                                     | φ10/400 - 2 Bracci             |

*Tabella 7 – Caratteristiche geometriche e armature di progetto Cordolo*

## 11.2 Tipologico B

### 11.2.1 Modello di calcolo

Sono di seguito descritte le principali caratteristiche della struttura e del modello geotecnico per le analisi di verifica.



**Figura 39 – Modello Paratia (Fase finale)**

Il modello stratigrafico considerato ed il livello di falda sono quelli descritti al precedente §4.3, inoltre si considera un carico uniformemente distribuito pari a 10 kPa per la presenza dei mezzi di cantiere.

Nel seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello di calcolo:

| <b>MODELLO DI CALCOLO</b>         |                                       |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Tipologia struttura di sostegno   | Micropali $\phi 280$ interasse 0.45 m |
| Lunghezza Micropali               | $L_{\text{palo}} = 22$ m              |
| Altezza di scavo max              | $H = 11.00$ m                         |
| <b><u>Puntone 1 (z=-4.0m)</u></b> |                                       |
| Tipo                              | Tubo in Acciaio S355                  |
| Lunghezza                         | $L = 16.00$ m                         |
| Diametro esterno                  | $D = 355.6$ mm                        |
| Spessore                          | $Sp = 16$ mm                          |
| Interasse                         | $i = 1.35$ m                          |
| Travi di ripartizione             | 2 x HEB160                            |
| <b><u>Puntone 2 (z=-6.5m)</u></b> |                                       |
| Tipo                              | Tubo in Acciaio S355                  |
| Lunghezza                         | $L = 16.00$ m                         |
| Diametro esterno                  | $D = 355.6$ mm                        |
| Spessore                          | $Sp = 16$ mm                          |
| Interasse                         | $i = 1.35$ m                          |
| Travi di ripartizione             | 2 x HEB160                            |




*Tabella – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo*

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente riportati i principali risultati delle verifiche geotecniche e strutturali del modello in esame. Nella seguente tabella sono riportate le armature previste in progetto:

| Elemento  | Diametro (mm) | Interasse (m) | Lunghezza (m) | Armature                                |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---|
| Micropali | $\Phi 280$    | 0,45          | 22,00         | Tubolare S355 $\phi 219.1$ mm sp. 20 mm |

Inoltre, per comodità viene riproposta una tabella con le proprietà stratigrafiche utilizzate per il modello:

*Figura 40: Stratigrafia e proprietà del terreno.*

| Terreni   | $\gamma_{SAT}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $c'$<br>[kPa] | $\phi'$<br>[°] | Moduli Elastici<br>[kPa] or [kN/m <sup>2</sup> ] |
|---|--|---------------|----------------|--|
|  R<br>Sabbia/Ghiaia  | 20                                     | 0             | 35             | $E_{vc} = 90000$<br>$E_{ur} = 144000$            |
|  AL<br>Sabbia/Ghiaia | 19                                     | 10            | 28             | $E_{vc} = 50000$<br>$E_{ur} = 150000$            |
|  GS<br>Sabbia/Ghiaia | 19                                     | 0             | 37             | $E_{vc} = 100000$<br>$E_{ur} = 160000$           |

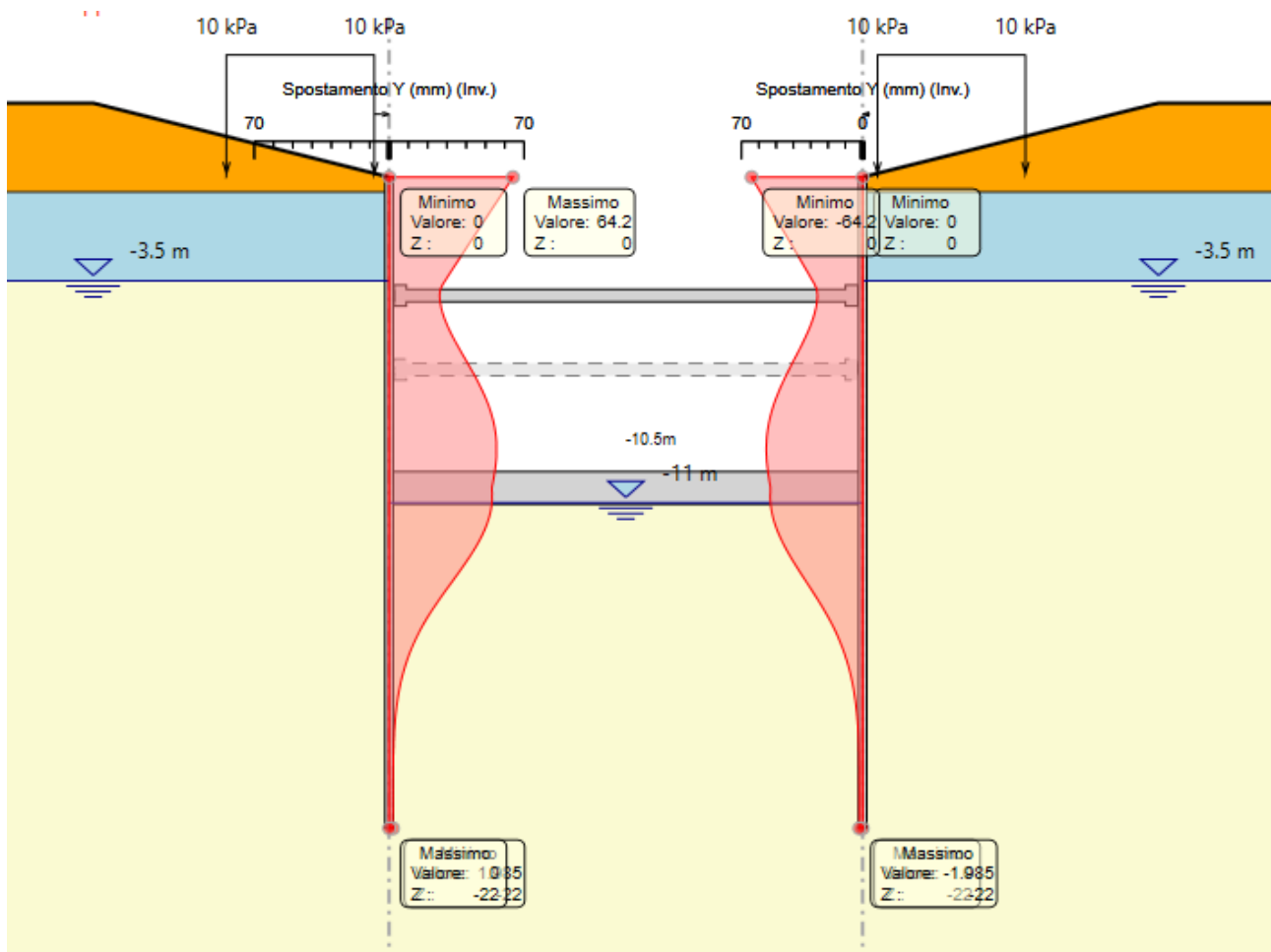


Per tutti gli altri dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo in allegato.

### 11.2.2 Spostamenti orizzontali e cedimenti

Il massimo spostamento orizzontale per la paratia si ottiene a quota 0 m nell'ultima fase di scavo (quota scavo - 11.00m), e risulta pari a circa **64 mm**.

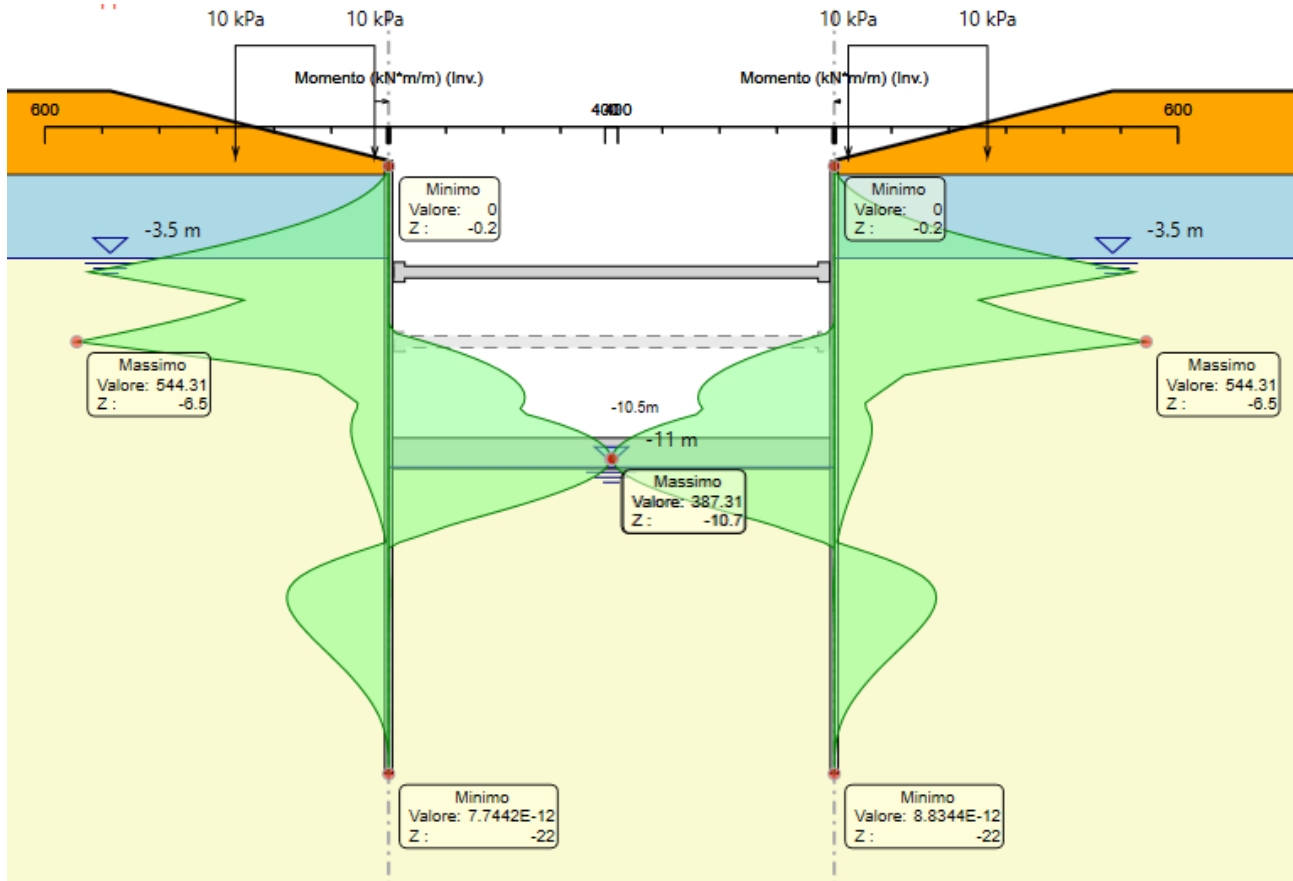
Gli spostamenti orizzontali risultano quindi compatibili con l'esercizio dell'opera.



*Figura 41: Involuppo Spostamenti SLE*

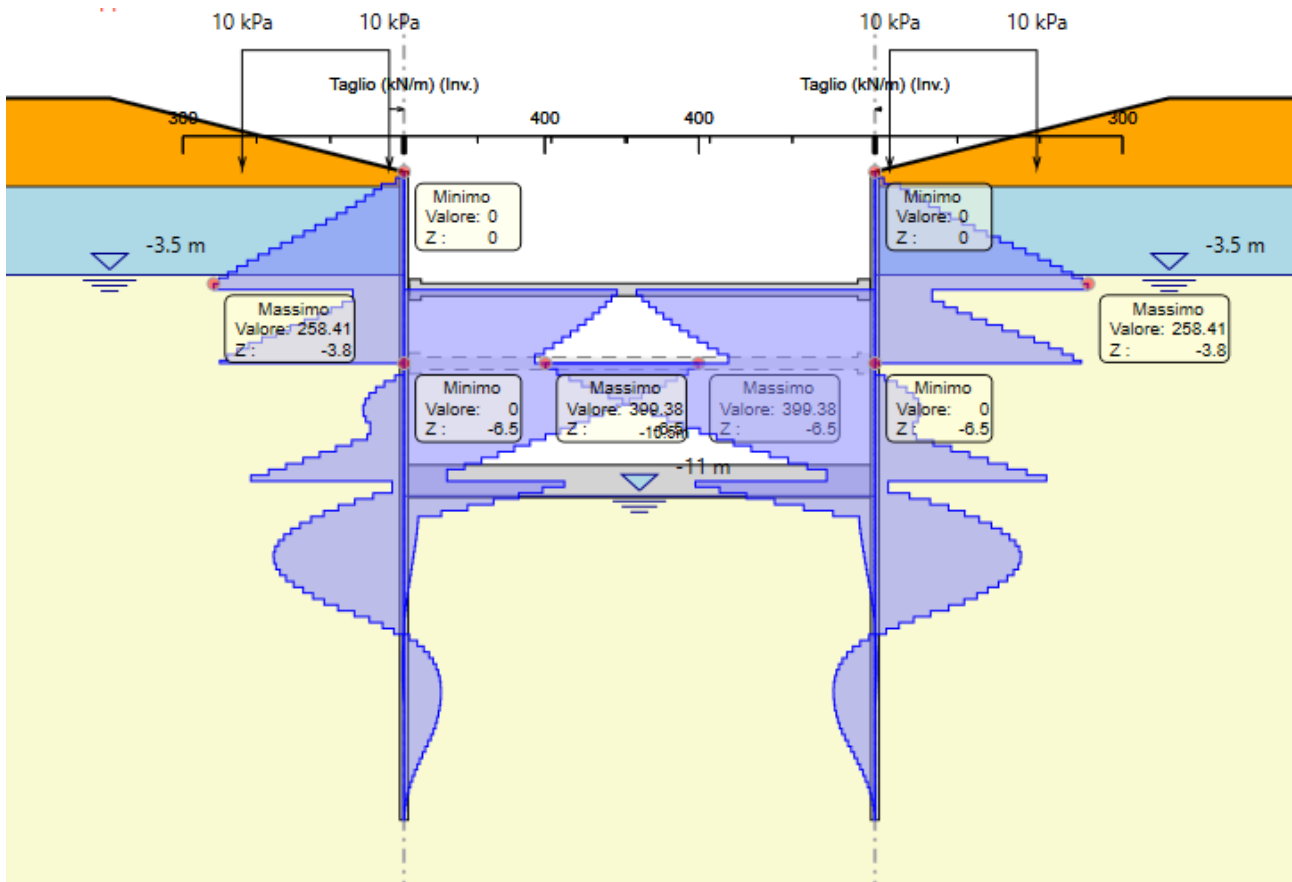
### 11.2.3 Sollecitazioni: Momento flettente e Taglio

Il massimo momento che si ottiene sulla paratia di Micropali si manifesta a quota -6.5 m e risulta pari a **544 kNm/m**.



*Figura 42: Involuppo Momento Flettente Condizioni Statiche*

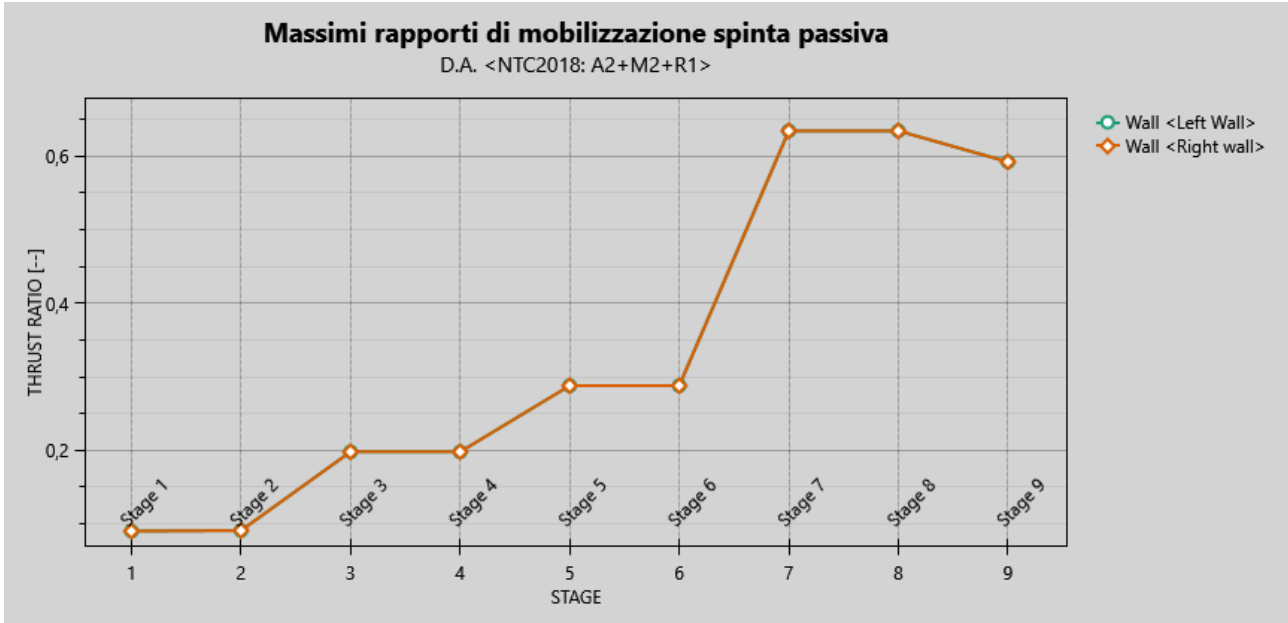
Il massimo taglio che si ottiene sulla paratia di Micropali si manifesta a quota -6.5 m e risulta pari a **400 kN/m**.



*Figura 43: Involuppo Taglio Condizioni Statiche*

#### 11.2.4 Verifiche geotecniche

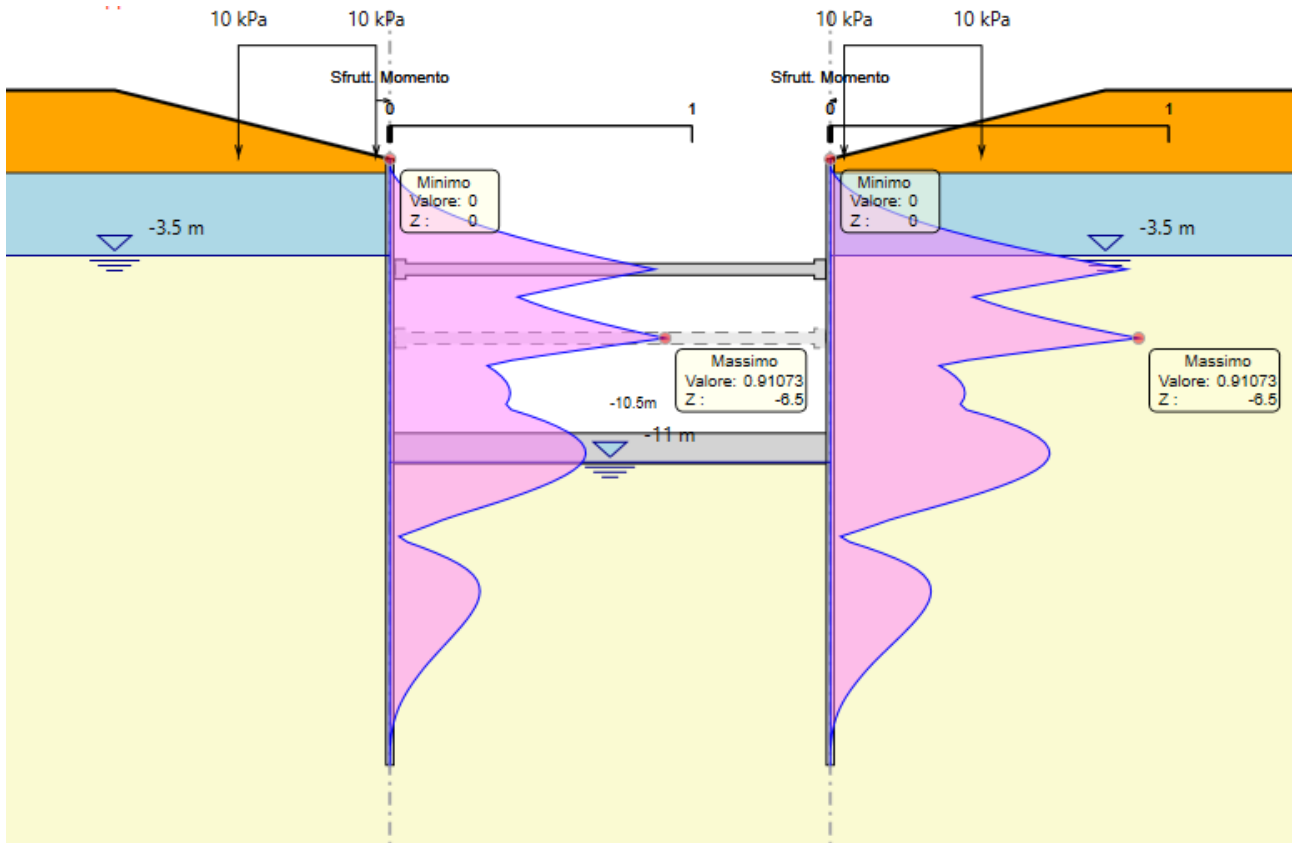
Il massimo rapporto di mobilitazione della spinta passiva è pari a **0,63**.



*Figura 44: Massimi rapporti di mobilitazione della spinta passiva combinazione A2+M2+R1*

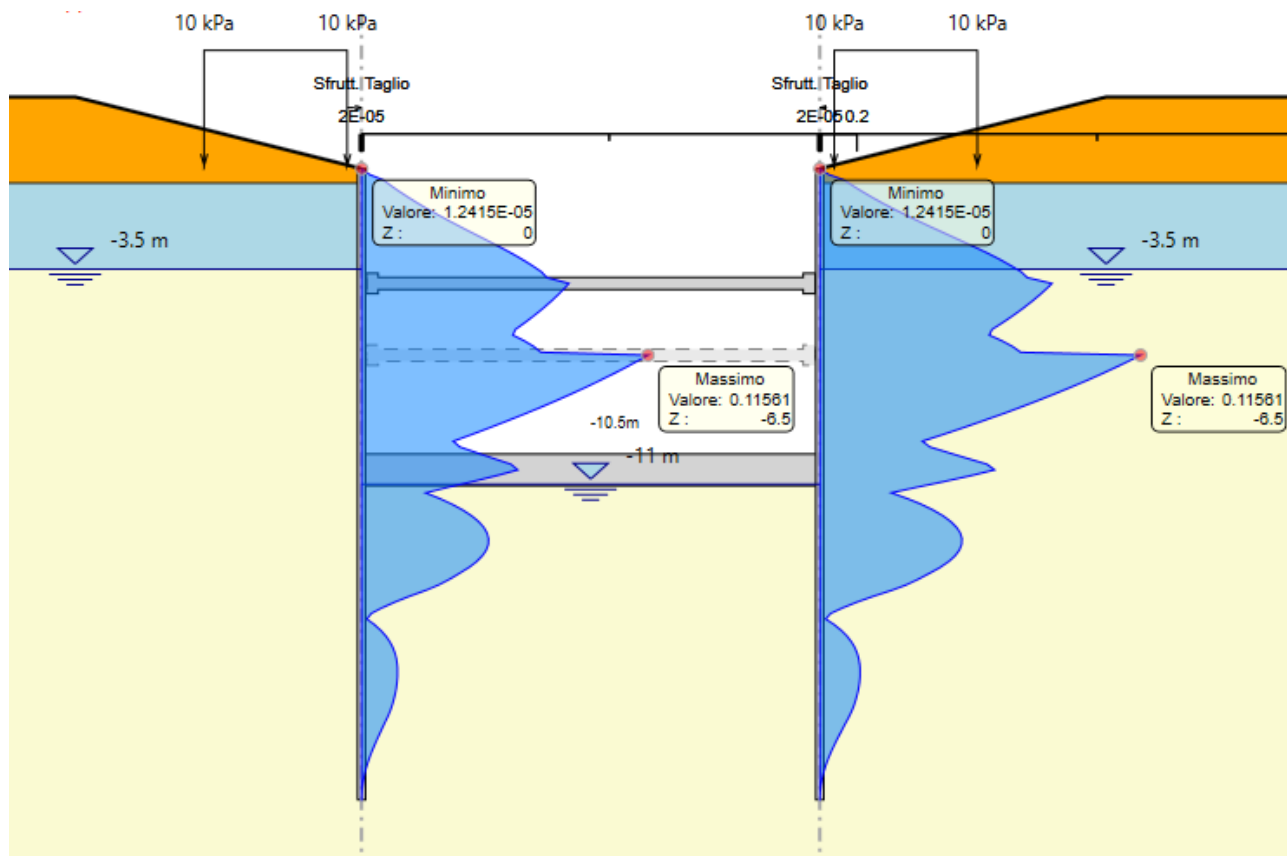
### 11.2.5 Verifiche strutturali micropali

Il massimo coefficiente di sfruttamento a flessione che si ottiene per le paratie risulta pari a **0.91**.



*Figura 45: Inviluppo coefficiente di sfruttamento a flessione.*

Il massimo coefficiente di sfruttamento a taglio che si ottiene per la paratia risulta pari al **0,12**.



*Figura 46: Involuppo coefficiente di sfruttamento a taglio.*

Nella seguente tabella si riporta una scheda di verifica del tubolare in acciaio per le massime sollecitazioni:

| <b>SOLLECITAZIONI PER METRO LINEARE (Singola gamba)</b> |                        |                          |                                |
|---|------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| <b>Paratia</b>  | <b>V<sub>MAX</sub></b> | <b>M<sub>MAX,y</sub></b> | <b>δ<sub>max,es</sub> [mm]</b> |
| STR   | 400,00 kN/m            | 544,0 kNm/m              |                                |

| <b>INTERASSE PALI (Singola Gamba)</b> |      |     |
|---------------------------------------|------|-----|
| int                                   | 0,45 | [m] |
| n°pali                                | 1    | [-] |

| <b>SOLLECITAZIONI SU SINGOLO PALO</b> |                        |                          |
|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| <b>COMB.</b>                          | <b>V<sub>MAX</sub></b> | <b>M<sub>MAX,y</sub></b> |
| <b>STR1</b>                           | 180,0 kN               | 244,4 kNm                |
| <b>VERIFICA</b>                       | <b>180,0 kN</b>        | <b>244,35 kNm</b>        |

| <b>VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALO</b>                             |               |          |                    |
|--|---------------|----------|--------------------|
| <b>MATERIALI</b>   |               |          |                    |
| Tipo acciaio   |               | S 355    |                    |
| Valore di snervamento dell'acciaio del profilo:                    | $f_{yk}$      | 355      | MPa                |
| Valore di rottura dell'acciaio del profilo:                        | $f_{uk}$      | 510      | MPa                |
| Modulo di elasticità dell'acciaio:                                 | E             | 210000   | MPa                |
| Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio:                     | G             | 80769    | MPa                |
| <b>COEFFICIENTI PARZIALI</b>                                       |               |          |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza: | $\gamma_{M0}$ | 1,05     |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità:  | $\gamma_{M1}$ | 1,05     |                    |
| coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura     | $\gamma_{M2}$ | 1,25     |                    |
| <b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL PROFILO</b>                      |               |          |                    |
| Diametro esterno nominale  | D             | 219,10   | [mm]               |
| Spessore nominale  | T             | 20,00    | [mm]               |
| Diametro interno nominale  | d             | 179,10   | [mm]               |
| Area della sezione trasversale                                     | A             | 125,10   | [cm <sup>2</sup> ] |
| Area a taglio  | $A_v$         | 79,64    | [cm <sup>2</sup> ] |
| Momento d'inerzia  | I             | 6261,29  | [cm <sup>4</sup> ] |
| Raggio d'inerzia   | i             | 7,07     | [cm]               |
| Modulo di resistenza elastico                                      | $W_{el,yy}$   | 571,55   | [cm <sup>3</sup> ] |
| Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte               | $W_{pl,yy}$   | 795,48   | [cm <sup>3</sup> ] |
| Momento d'inerzia torsionale                                       | $I_t$         | 12522,59 | [cm <sup>4</sup> ] |
| Modulo di torsione   | $C_t$         | 1143,09  | [cm <sup>3</sup> ] |
| Coefficiente e   | e             | 0,81     | [-]                |
| Diametro   | d             | 219,10   | [mm]               |
| Spessore   | t             | 20,00    | [mm]               |
| Rapporto tra diametro e spessore                                   | d/t           | 10,96    | [-]                |
| Classificazione della sezione                                      |               | CLASSE 1 |                    |
| <b>VERIFICHE DI RESISTENZA DELLA SEZIONE TRASVERSALE</b>           |               |          |                    |
| <b>Resistenza a flessione</b>                                      |               |          |                    |
| Resistenza a flessione attorno all'asse maggiore:                  | $M_{pl,y,Rd}$ | 268,95   | kNm                |
| Verifica a flessione attorno all'asse maggiore:                    |               | 0,91     |                    |
| <b>Resistenza a taglio</b>   |               |          |                    |

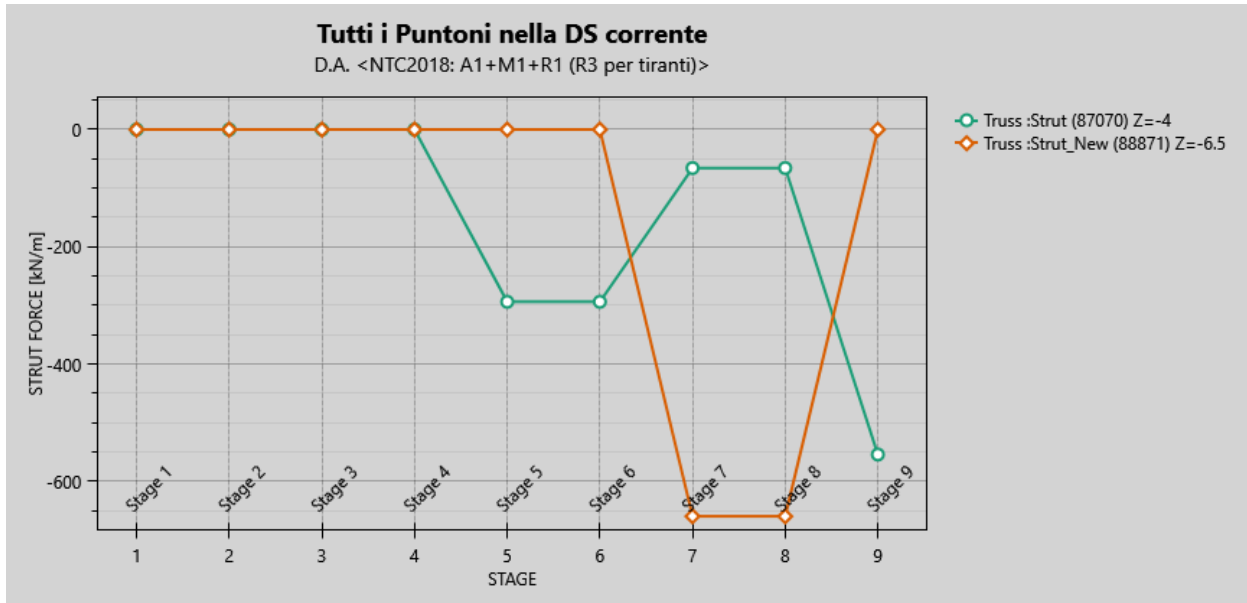


---

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Resistenza plastica a taglio: | $V_{pl,z,Rd}$ 1554,57 kN |
| Verifica a taglio:            | 0,12                     |

### 11.2.6 Verifiche puntoni e travi di ripartizione

Nel seguito viene presentata la verifica strutturale dei puntoni e delle travi di ripartizione.



Nelle seguenti tabelle si riporta il resoconto delle verifiche strutturali dei puntoni:

Design Assumption:

| Puntone   | Sezione    | Materiale | Passo orizz. (m) | Lunghezza (m) | D.A.       | Stage   | Carico distribuito (kN/m) | Azione Assiale (kN) | Sfruttamento M-N | Sfruttamento Taglio | Instabilità | $\lambda_y$ | $\lambda_z$ | $\lambda_{lateral}$ |
|-----------|------------|-----------|------------------|---------------|------------|---------|---------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Strut     | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 4 | 0                         | 0                   | 0.088            | 0.006               | 0           | 0           | 0           | 0                   |
| Strut     | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 5 | -293.77                   | -396.59             | 0.093            | 0.006               | 0.428       | 133         | 133         | 0                   |
| Strut     | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 6 | -293.77                   | -396.59             | 0.093            | 0.006               | 0.428       | 133         | 133         | 0                   |
| Strut_New | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 6 | -0.013518                 | -0.018249           | 0.088            | 0.006               | 0.083       | 133         | 133         | 0                   |
| Strut     | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 7 | -65.664                   | -88.647             | 0.088            | 0.006               | 0.16        | 133         | 133         | 0                   |
| Strut_New | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 7 | -659.5                    | -890.33             | 0.208            | 0.006               | 0.858       | 133         | 133         | 0                   |
| Strut     | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 8 | -65.613                   | -88.577             | 0.088            | 0.006               | 0.16        | 133         | 133         | 0                   |
| Strut_New | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 8 | -659.71                   | -890.6              | 0.208            | 0.006               | 0.858       | 133         | 133         | 0                   |
| Strut     | CHS355.6*1 | S355      | 1.35             | 16            | NTC2018: A | Stage 9 | -554.28                   | -748.27             | 0.175            | 0.006               | 0.735       | 133         | 133         | 0                   |

#### Verifiche Strutturali Puntoni

I puntoni sono previsti con interasse trasversale pari a 1.35 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 sono state considerate travi in acciaio S355 tipo HE160B. 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 dei puntoni distribuito lungo l'interasse. Si riportano di seguito le verifiche a Flessione e a Taglio effettuate con l'ausilio del software PARATIE PLUS 23.

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

Tiranti    Puntoni    Travi di Ripartizione in Acciaio    Travi di Ripartizione in Calcestruzzo

| Trave di Ripartizione | Connessione | Sezione | Materiale | Passo orizz. (m) | D.A.          | Stage   | Carico distribuito (kN/m) | Azione Assiale (kN) | Sfruttamento M-N | Sfruttamento Taglio | Instabilità |
|-----------------------|-------------|---------|-----------|------------------|---------------|---------|---------------------------|---------------------|------------------|---------------------|-------------|
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 4 | 0                         | 0                   | 0                | 0                   | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 4 | 0                         | 0                   | 0                | 0                   | 0           |
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 5 | -293.77                   | 0                   | 0.222            | 0.395               | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 5 | -293.77                   | 0                   | 0.222            | 0.395               | 0           |
| Default Left Wa       | Strut_New   | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 6 | -0.013518                 | 0                   | 0                | 0                   | 0           |
| Default Right V       | Strut_New   | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 6 | -0.013518                 | 0                   | 0                | 0                   | 0           |
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 6 | -293.77                   | 0                   | 0.222            | 0.395               | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 6 | -293.77                   | 0                   | 0.222            | 0.395               | 0           |
| Default Left Wa       | Strut_New   | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 7 | -659.5                    | 0                   | 0.546            | 0.886               | 0           |
| Default Right V       | Strut_New   | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 7 | -659.5                    | 0                   | 0.546            | 0.886               | 0           |
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 7 | -65.664                   | 0                   | 0.05             | 0.088               | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 7 | -65.664                   | 0                   | 0.05             | 0.088               | 0           |
| Default Left Wa       | Strut_New   | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 8 | -659.71                   | 0                   | 0.546            | 0.887               | 0           |
| Default Right V       | Strut_New   | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 8 | -659.71                   | 0                   | 0.546            | 0.887               | 0           |
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 8 | -65.613                   | 0                   | 0.05             | 0.088               | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 8 | -65.613                   | 0                   | 0.05             | 0.088               | 0           |
| Default Left Wa       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 9 | -554.28                   | 0                   | 0.434            | 0.745               | 0           |
| Default Right V       | Strut       | HE 160B | S355      | 1.35             | NTC2018: A1+I | Stage 9 | -554.28                   | 0                   | 0.434            | 0.745               | 0           |

**Verifiche Strutturali Travi di Ripartizione**

### 11.2.7 Verifiche strutturali cordolo

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi e, nel caso di paratie libere, cautelativamente si è considerata la luce delle campate pari a 2 volte l’interasse dei Pali, al fine di prevedere un’eventuale perdita di appoggio tra cordolo e Palo. Tale trave risulta caricata con un’azione uniformemente distribuita valutata a partire dalla sollecitazione di Taglio testa-palo derivante dal modello di calcolo dell’opera di sostegno. Definito Vmax il massimo valore della sollecitazione di Taglio a metro lineare, il suddetto carico è così calcolato  $q_{sd}=V_{max}$ .

Secondo tale modello le massime azioni di calcolo sull’elemento strutturale saranno:

$$M_{S,d} = \frac{1}{10} \cdot q_{sd} \cdot l^2 \qquad T_{S,d} = \frac{1}{2} \cdot q_{sd} \cdot l$$

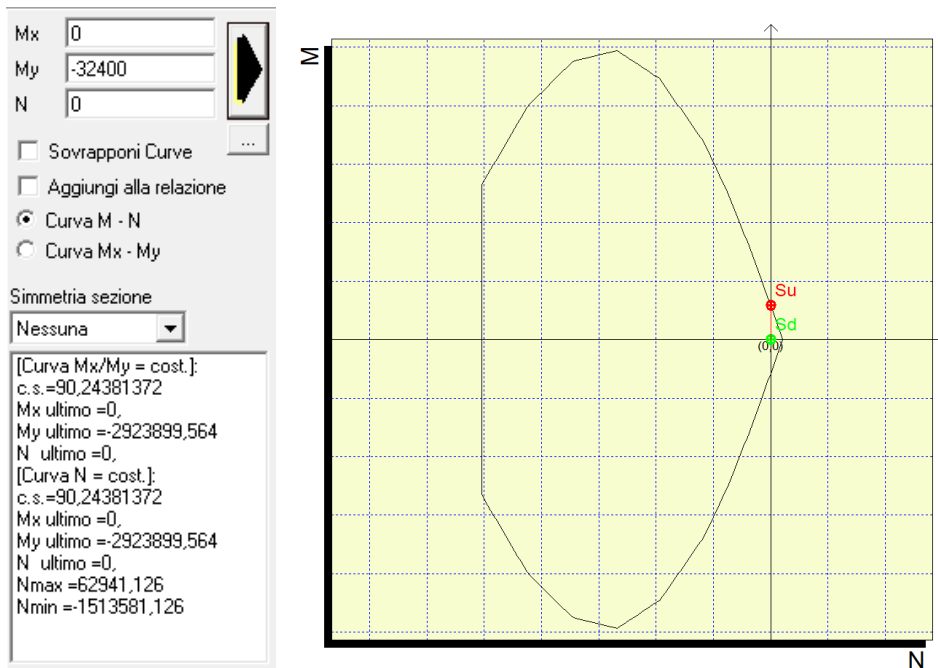
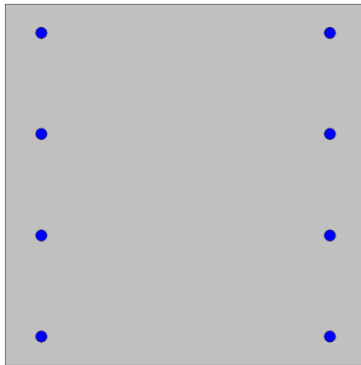
| SOLLECITAZIONI A METRO LINEARE |       |                  | SOLLECITAZIONI SU CORDOLO |               |              |
|--------------------------------|-------|------------------|---------------------------|---------------|--------------|
|                                | COMB. | Td,max<br>[kN/m] | l<br>[m]                  | Mmax<br>[kNm] | Vmax<br>[kN] |
| TIPO B                         | SLU   | 40               | 0.90                      | 3,24          | 18           |

Si riporta l’armatura del cordolo e le verifiche a taglio e flessione realizzate con l’ausilio del software di calcolo PresFle+ v.5.15.

Nella tabella seguente è riportata l’Armatura di progetto:

| CORDOLO PARATIA MURI D’IMBOCCO – C25/30 |                  |                                 |                                   |                         |
|---|------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Altezza<br>(m)                          | Larghezza<br>(m) | Armatura scavo<br>longitudinale | Armatura terreno<br>longitudinale | Armatura<br>trasversale |
| 0,50                                    | 0,50             | 4φ16                            | 4φ16                              | φ10/400 - 2 Bracci      |

*Tabella 8 – Caratteristiche geometriche e armature di progetto Cordolo*



*Figura 47 – Verifica a Flessione FS=90 - SLU*

| Elemento | Geometrie              |           |           |           | Armatura long. tesa |    |                          | Sollecitazioni di Calcolo |                         | TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO |                |      |                          |                  |                            |                          |      |
|----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--|----------------|------|--------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|------|
|          | b <sub>w</sub><br>(mm) | H<br>(mm) | c<br>(mm) | d<br>(mm) | n                   | Ø  | As<br>(mm <sup>2</sup> ) | N <sub>sd</sub><br>(KN)   | V <sub>sd</sub><br>(KN) | σ <sub>cp</sub><br>(Mpa)                           | ρ <sub>t</sub> | k    | f <sub>ck</sub><br>(Mpa) | v <sub>min</sub> | V <sub>Rdmin</sub><br>(KN) | V <sub>Rct</sub><br>(KN) | F.S. |
| Cordolo  | 500                    | 500       | 50        | 450       | 4                   | 16 | 804                      | 0                         | 18                      | 0  | 0,004          | 1,67 | 24,9                     | 0,38             | 84,55                      | 93,24                    | 5,18 |

*Tabella 9 – Verifica a Taglio SLU*

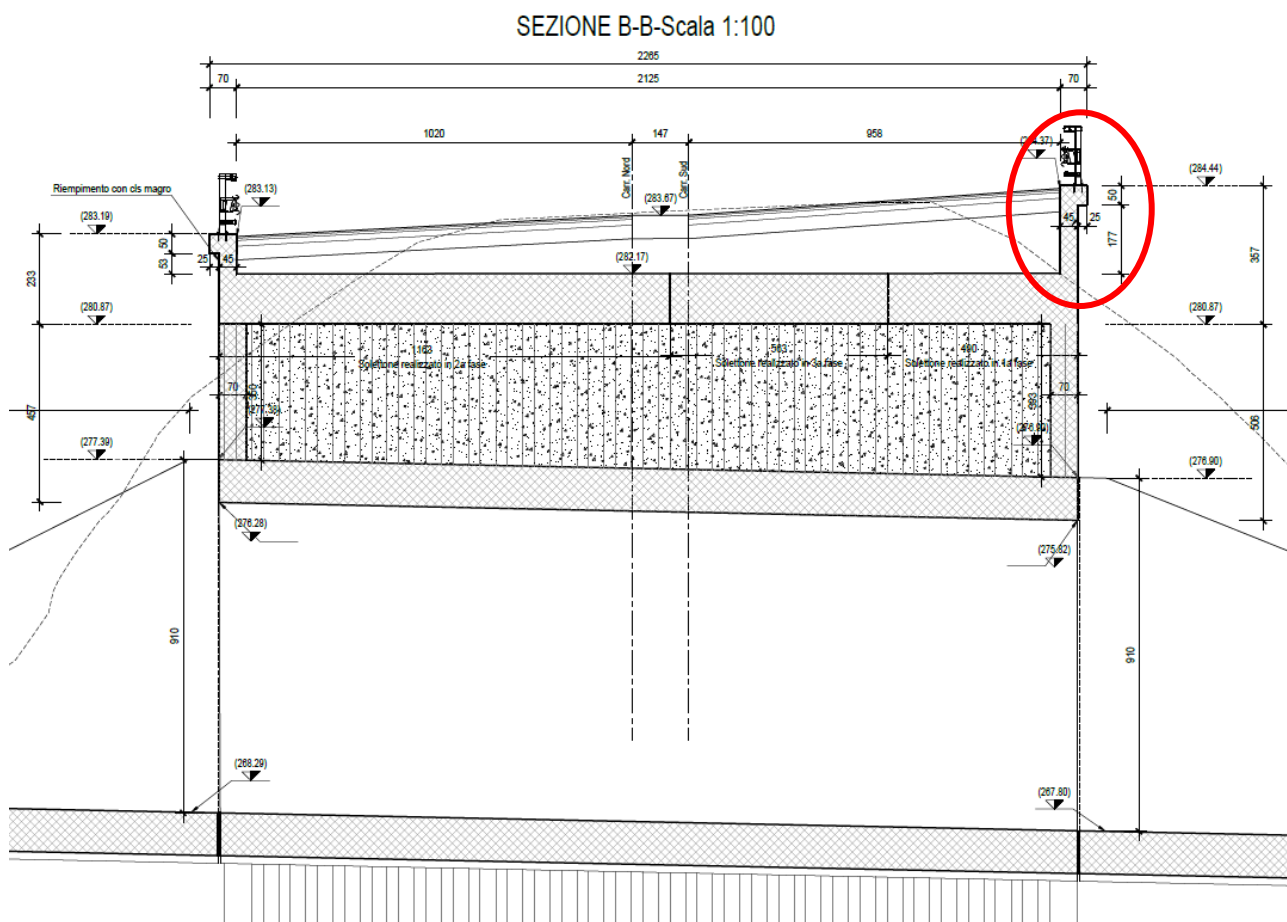
## 12 ANALISI E VERIFICHE MURO STRADA

In corrispondenza della strada, al di sopra del solettone, è prevista la realizzazione di un muro in calcestruzzo armato C35/45 di spessore complessivo pari 45 cm, sul quale poggia la barriera di sicurezza.

L'armatura di progetto prevista è la seguente:

- Armatura verticale lato interno (terreno) 1 $\Phi$ 22/10
- Armatura verticale lato esterno 1 $\Phi$ 16/20
- Armatura a taglio:  $\phi$ 12/40x40cm;

Di seguito si riporta la sezione del muro da realizzare:



*Figura 48: Sezione B-B con indicazione del muro strada.*

Nel seguito verranno analizzati il modello di calcolo, i carichi agenti sull'opera e le verifiche strutturali.

## 12.1 Modello di calcolo

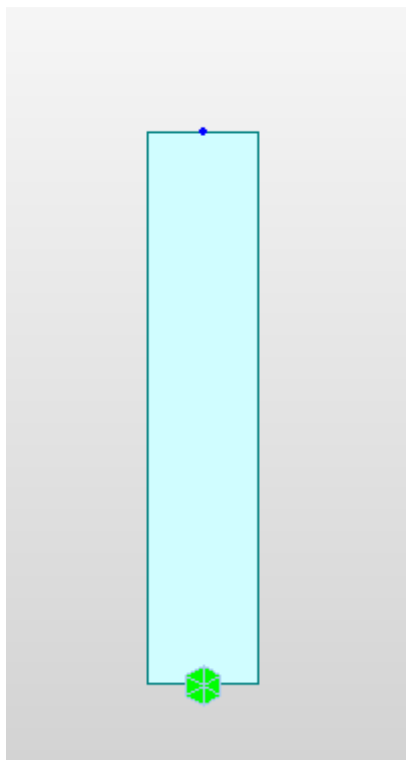
Per l'analisi della struttura, è stato implementato un modello di calcolo F.E.M. piano (X-Z) costituito da elementi Beam di spessore 45 cm, profondità 100 cm e lunghezza corrispondente alla massima altezza del Muro pari a circa 2,27m (comprensiva del cordolo porta barriera). Le condizioni di vincolo sono state definite tenendo conto della presenza del solettone di base, in particolare il muro è stato vincolato con un incastro alla base.

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del software MIDAS/CIVIL 2021 (v1.2), un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) prodotto dalla MIDAS Information Technology Co., Ltd., capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo

Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche, le sollecitazioni complessive agenti sull'opera al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento.

La direzione longitudinale dell'opera corrisponde all'asse Y del modello di calcolo, la direzione trasversale corrisponde all'asse X mentre la direzione verticale corrisponde all'asse Z.

Nel seguito viene riportato il modello considerato:



**Figura 49: Modello di calcolo.**

## 12.2 Analisi dei carichi e combinazioni

Nel presente paragrafo si descrivono i criteri di valutazione delle azioni sollecitanti le opere di sostegno e relative combinazioni di calcolo adottate.

### 12.2.1 Pesi propri e carichi permanenti

I pesi propri relativi alla struttura ed al terreno eventualmente gravante sulla fondazione, sono valutati tenendo conto dei pesi dell'unità di volume specifici  $\gamma$  come di seguito definiti:

**Calcestruzzo strutturale**  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

|  |                              |
|--|------------------------------|
| <b>Rinterro e pavimentazione stradale:</b> | $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ |
|--|------------------------------|

*Tabella 10: pesi di unità di volume calcestruzzo e terreno di rinterro*

Il peso proprio degli elementi strutturali è calcolato in automatico dal software di calcolo.

### 12.2.2 Spinte del terreno in fase statica

Per la valutazione delle Spinte del terreno, in considerazione della ridotta capacità deformativa dell'opera, si è assunto che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo. L'espressione della spinta esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza H, risulta espressa secondo la teoria di Coulomb dalla seguente relazione (per terreno incoerente):

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione:

$$K_0 = 1 - \sin\phi$$

Dove  $\phi$  rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfianco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono:

$$\begin{aligned} \sigma &= \gamma \cdot z \cdot K_0 + p_v \cdot K_0 \\ S &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0 + p_v \cdot K_0 \cdot H \end{aligned}$$

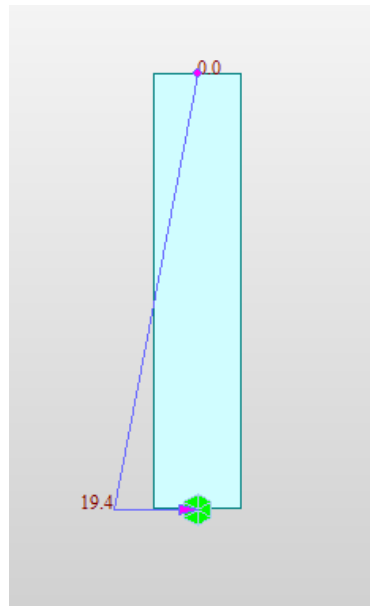
dove  $p_v$  è il carico verticale (permanente non strutturale o accidentale) agente in superficie.

In particolare, tali azioni sono applicate nel modello FEM come carichi triangolari o rettangolari agenti sul paramento. Si riportano i valori e le immagini relative all'applicazione delle spinte dovute al terreno:

**spinta del terreno su paramento**

| $\phi$    | $\gamma$             | K0    | $\sigma_h$ alla base paramento | spinta statica |
|-----------|----------------------|-------|--------------------------------|----------------|
| [°]       | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]   | [kPa]                          | [kN]           |
| <b>35</b> | 20                   | 0,426 | 19,4                           | 21,97          |





**Figura 50: spinta del terreno sul muro di sostegno**

### 12.2.3 Coefficienti sismici

Il §7.11.6.2.1 delle NTC 2018, precisa che l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguita mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

$g$  accelerazione di gravità;

$a_{max} = S_S S_T a_g$  accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento ( $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido,  $S_S$  e  $S_T$  sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito assume il valore di 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

| Parametri sismici |      |           |       |       |
|-------------------|------|-----------|-------|-------|
| ag/g              | S    | $\beta_m$ | Kh    | Kv    |
| 0,207             | 1,19 | 0,38      | 0,094 | 0,047 |

#### 12.2.4 Spinte del terreno in fase sismica

In condizioni sismiche si adotta la formulazione di Mononobe-Okabe, come riportato in Eurocodice 8\_ “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture” che permette di calcolare i coefficienti di spinta attiva sismici secondo le seguenti espressioni:

$$\beta \leq \phi - \vartheta \quad K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \vartheta \quad K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

In accordo con quanto definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l’incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

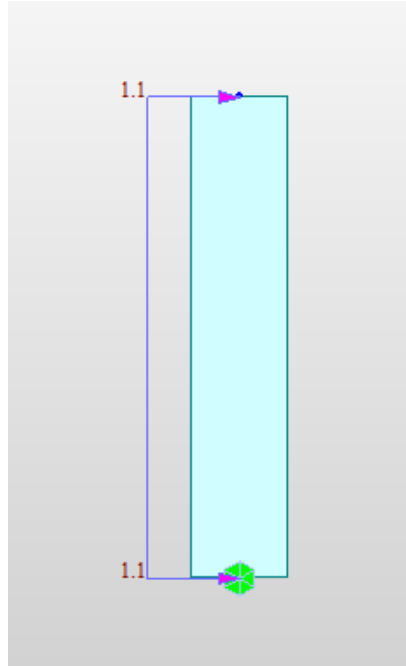
**oh alla base paramento**

| KA, mononobe | H+ V  | H-V   |
|--------------|-------|-------|
| [-]          | [KPa] | [KPa] |
| <b>0,310</b> | 15    | 13    |

In condizioni sismiche occorre tener conto anche della forza di inerzia associate al muro calcolata come il prodotto del loro peso per i coefficienti sismici verticali  $K_v$  e orizzontali  $K_h$ .

La forza di inerzia orizzontale associata al muro è pari a:

$$\sigma = K_h \cdot \gamma \cdot H = 0.094 \cdot 25 \cdot 0.45 = 1.05 \text{ KN/m}$$



**Figura 51: pressione dovuta all'inerzia sismica del Muro**

#### 12.2.5 Azione d'Urto

Sulla base di quanto riportato al paragrafo 8.4, si considera una forza orizzontale di 79,5 kN in testa al muro, inoltre essendo questa forza da normativa applicata ad un'altezza pari ad 1,00m da testa muro, si considera anche un momento pari a 79,5 kNm applicato in testa al muro.

#### 12.2.6 Azione da traffico

Si considera un carico accidentale da traffico a tergo del muro pari a 20 kPa, e quindi di conseguenza considerando il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ , si ha una spinta sul muro pari a 8,53 kPa.

### 12.2.7 Combinazioni di carico

Si riporta nel seguito il riepilogo delle combinazioni di carico esaminate per l'analisi e la verifica del muro in oggetto.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

| Condizione     | $\gamma$ | $\psi$ | Effetto     |
|----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro      | 1.00     | --     | Favorevole  |
| Spinta terreno | 1.30     | --     | Sfavorevole |
| Urto           | 1.00     | --     | Sfavorevole |
| Traffico       | 1.50     | --     | Sfavorevole |

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

| Condizione               | $\gamma$ | $\psi$ | Effetto     |
|--------------------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro sisma +        | 1.00     | --     | Favorevole  |
| Spinta terreno sisma +   | 1.00     | --     | Sfavorevole |
| Inerzia orizzontale muro | 1.00     | --     | Sfavorevole |

Combinazione n°3 - STR (A1-M1-R3) H - V

| Condizione               | $\gamma$ | $\psi$ | Effetto     |
|--------------------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro sisma -        | 1.00     | --     | Favorevole  |
| Spinta terreno sisma -   | 1.00     | --     | Sfavorevole |
| Inerzia orizzontale muro | 1.00     | --     | Sfavorevole |

Combinazione n° 4 – SLE\_Rara

| Condizione     | $\gamma$ | $\psi$ | Effetto     |
|----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro      | 1.00     | --     | Favorevole  |
| Spinta terreno | 1.00     | --     | Sfavorevole |
| Urto           | 1.00     | 1.00   | Sfavorevole |
| Traffico       | 1.00     | 0.40   | Sfavorevole |

Combinazione n° 5 – SLE\_Frequente

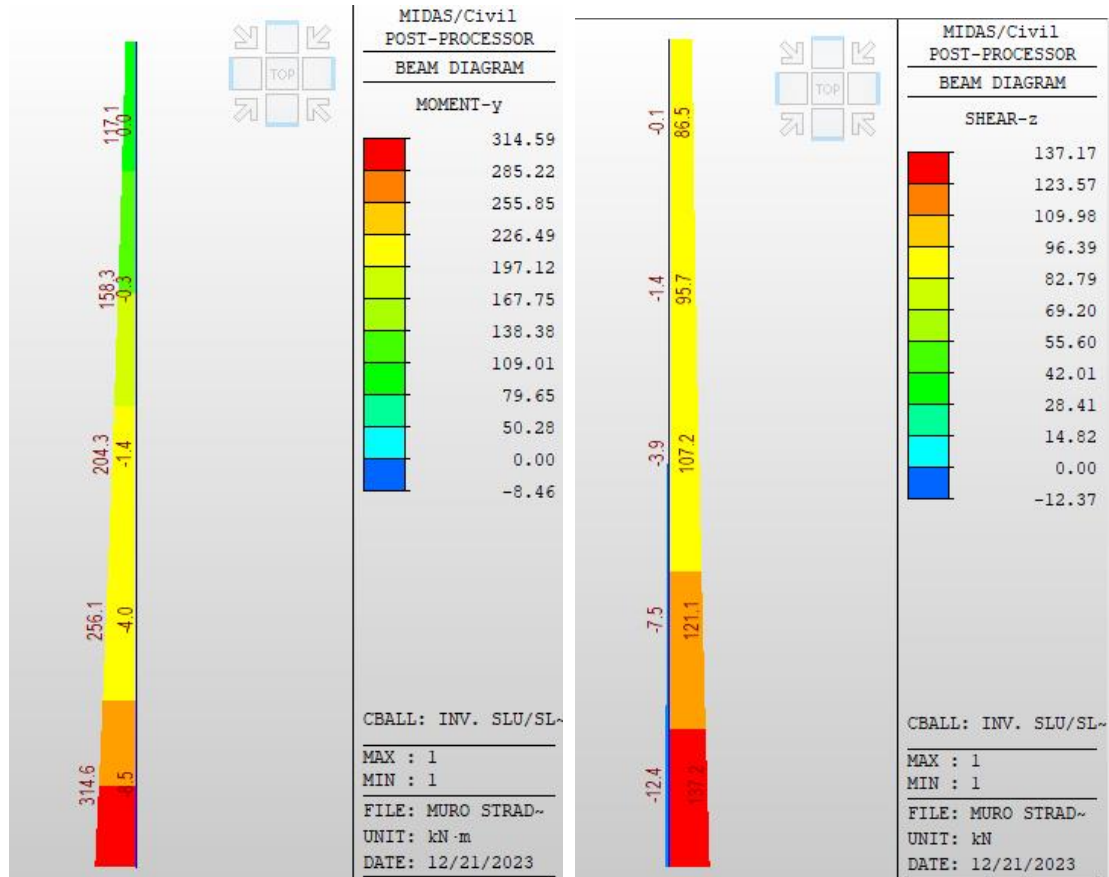
| Condizione     | $\gamma$ | $\psi$ | Effetto     |
|----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro      | 1.00     | --     | Favorevole  |
| Spinta terreno | 1.00     | --     | Sfavorevole |
| Urto           | 1.00     | 0.40   | Sfavorevole |
| Traffico       | 1.00     | 0.40   | Sfavorevole |

Combinazione n° 6 – SLE\_Quasi Permanente

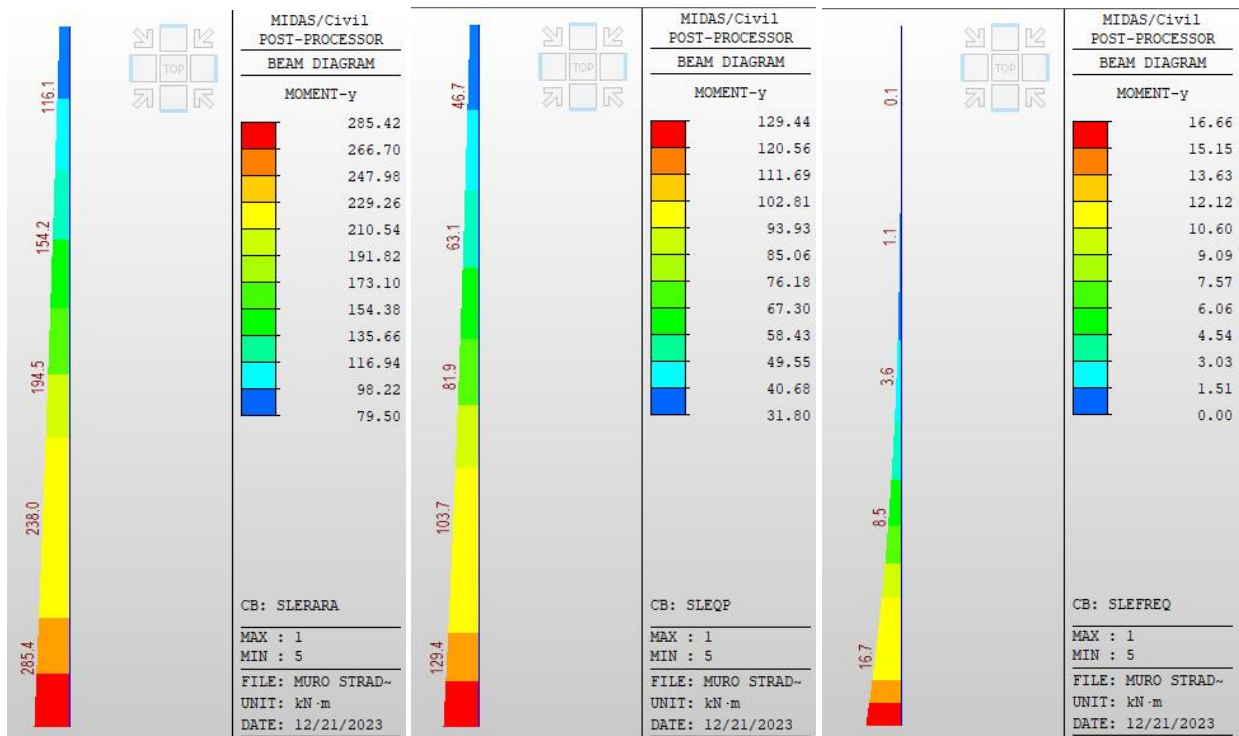
| Condizione     | $\gamma$ | $\psi$ | Effetto     |
|----------------|----------|--------|-------------|
| Peso muro      | 1.00     | --     | Favorevole  |
| Spinta terreno | 1.00     | --     | Sfavorevole |

### 12.3 Sollecitazioni Muro

Di seguito si riporta l'involuppo delle sollecitazioni di momento e taglio (SLU/SLV) per il modello in esame:



**Figura 52: Momento flettente e Taglio (Involuppo SLU/SLV)**



**Figura 53: Momento flettente SLE Rara, Quasi permanente e Frequente**

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime utilizzate nelle verifiche riportate nei successivi paragrafi:

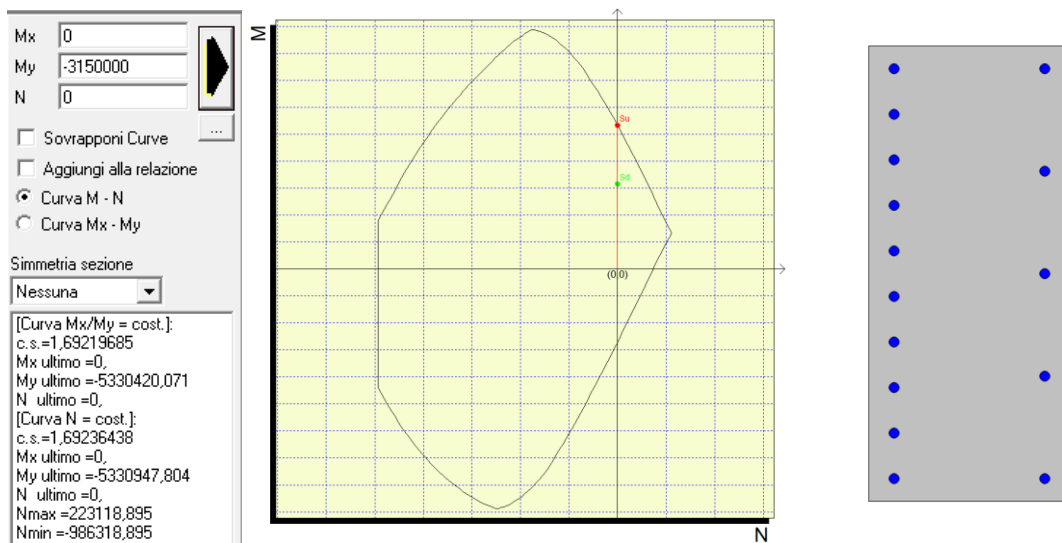
| Combinazione    | $M_{y,ED}$ | $T_{ED}$ |
|-----------------|------------|----------|
|                 | [kNm]      | [kN]     |
| SLU/SLV         | 315        | 138      |
| SLE_Rara        | 286        | -        |
| SLE_QPermanente | 130        | -        |
| SLE_Frequente   | 17         | -        |

## 12.4 Verifiche Strutturali Muro

L'armatura di progetto prevista è la seguente:

- Armatura verticale lato interno (terreno) 1Φ22/10
- Armatura verticale lato esterno 1Φ16/20
- Armatura a taglio: φ12/40x40cm;

Di seguito si riportano le verifiche strutturali SLU/SLV a flessione e taglio del muro:



**Figura 54: Verifica a flessione Muro – FS=1,69**

| Geometrie              |           |           |           | Armatura long. tesa |    |                                      | Sollecitazioni di Calcolo |                         | TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO |                |      |                          |                  |                            |                          |      |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|--|----------------|------|--------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|------|
| b <sub>w</sub><br>(mm) | H<br>(mm) | c<br>(mm) | d<br>(mm) | n                   | Ø  | A <sub>s</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | N <sub>sd</sub><br>(KN)   | V <sub>sd</sub><br>(KN) | σ <sub>cp</sub><br>(Mpa)                           | ρ <sub>l</sub> | k    | f <sub>ck</sub><br>(Mpa) | v <sub>min</sub> | V <sub>Rdmin</sub><br>(KN) | V <sub>Rct</sub><br>(KN) | F.S. |
| 1000                   | 450       | 50        | 400       | 10                  | 22 | 3799,4                               | 0                         | 138,00                  | 0  | 0,009          | 1,71 | 37,35                    | 0,48             | 190,84                     | 269,25                   | 1,95 |

**Figura 55: Verifica a Taglio Muro – FS=1,95**

La verifica a taglio risulta soddisfatta anche con la sola armatura a flessione, tuttavia si dispongono spilli φ10/20x40cm.

Di seguito si riportano le verifiche SLE in combinazione Rara, eseguite con il software PresFle:

| SEZIONE   | VERIFICHE SLE-Rara   |  |  |
|-----------|--|--|--|
|           | C.S.<br>tensioni cls<br>(σ <sub>cRd</sub> / σ <sub>cEd</sub> ) | C.S.<br>tensioni acciaio<br>(σ <sub>aRd</sub> / σ <sub>aEd</sub> ) | C.S.<br>fessurazione cls<br>(w <sub>1</sub> / w <sub>max</sub> ) |
| Estremità | 1.25   | 1.71   | 1.05   |



## 13 CODICI DI CALCOLO

Tutte le Analisi e Verifiche esposte nel presente documento sono state effettuate con l’Ausilio dei seguenti Software di calcolo:

- PARATIE PLUS v.23, HARPACEAS s.r.l
- MIDAS/CIVIL 2021 (v1.2), MIDAS Information Technology Co., Ltd
- “PresFle+ ver 5.15” (Verifiche di sezioni in cemento armato) prodotto e distribuito dalla Concrete srl, identificato nello specifico da licenza n° 4552054 intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- “Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti”.

### 13.1 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego..

### 13.2 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

## 14 TABULATI DI CALCOLO

### 14.1 Paratia Fasi Realizzative (Libera)

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

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

## *Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno*

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

| Strato di Terreno | Terreno | $\gamma$ dry      | $\gamma$ sat      | $\phi'$ | $\phi$ | $c_v$ | $\phi$ | $c'$ | Su  | Modulo   | Elastico | Eu    | Evc    | Eur | Ah | Avexp | Pa  | Rur/Rvc | Rvc | Ku                | Kvc               | Kur               |  |
|-------------------|---------|-------------------|-------------------|---------|--------|-------|--------|------|-----|----------|----------|-------|--------|-----|----|-------|-----|---------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|--|
|                   |         | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | °       | °      | °     | °      | kPa  | kPa |          |          | kPa   | kPa    | kPa |    |       | kPa |         | kPa | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> |  |
| 1                 | Ra      | 19                | 19                | 35      |        |       |        | 0    |     | Constant |          | 70000 | 112000 |     |    |       |     |         |     |                   |                   |                   |  |

## Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -7 m

Muro di sinistra

Sezione : D250 Interasse 0.40

Area equivalente : 0.032951699366025 m

Inerzia equivalente : 0.0001 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.25 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

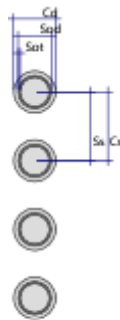
Sezione : CHS193.7\*12

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

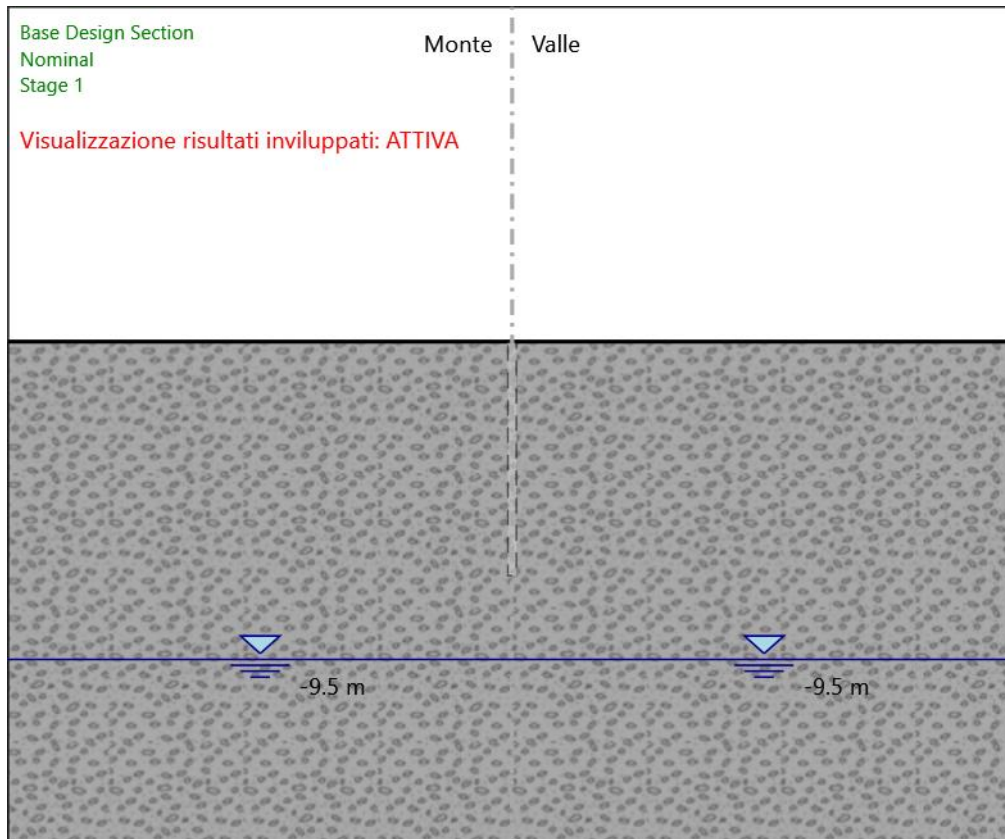
Spessore : 0.012 m

Diametro : 0.1937 m



## Fasi di Calcolo

### 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

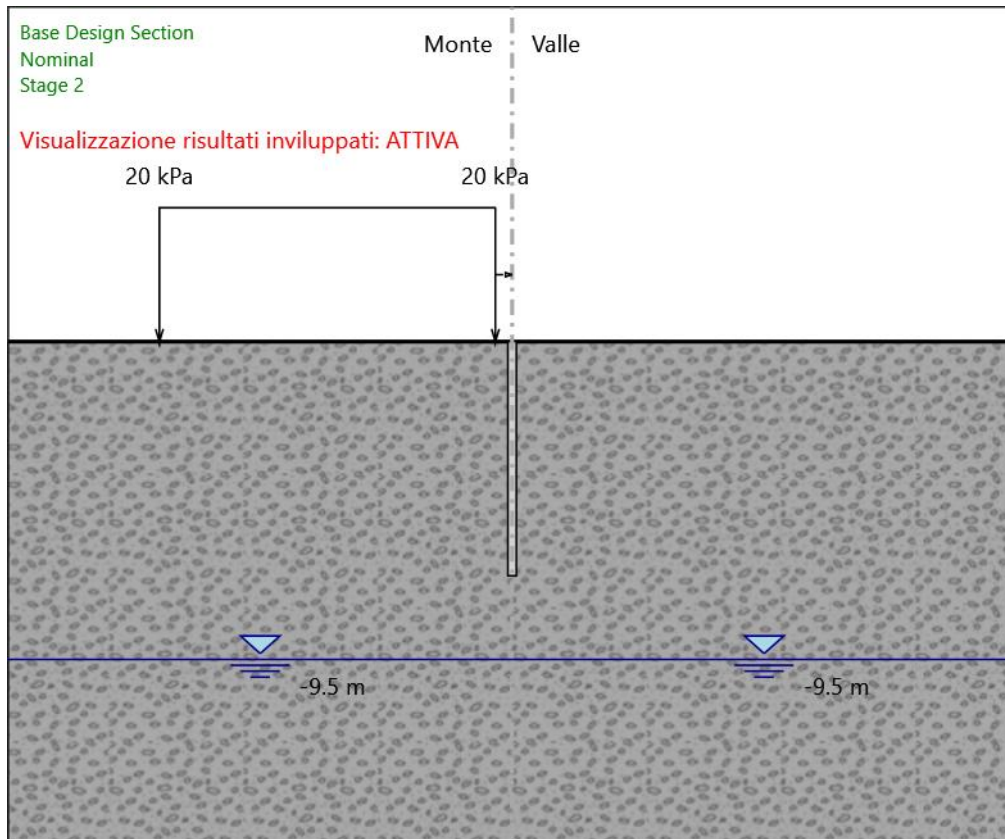
Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m



## Stage 2



Stage 2

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 : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -10.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

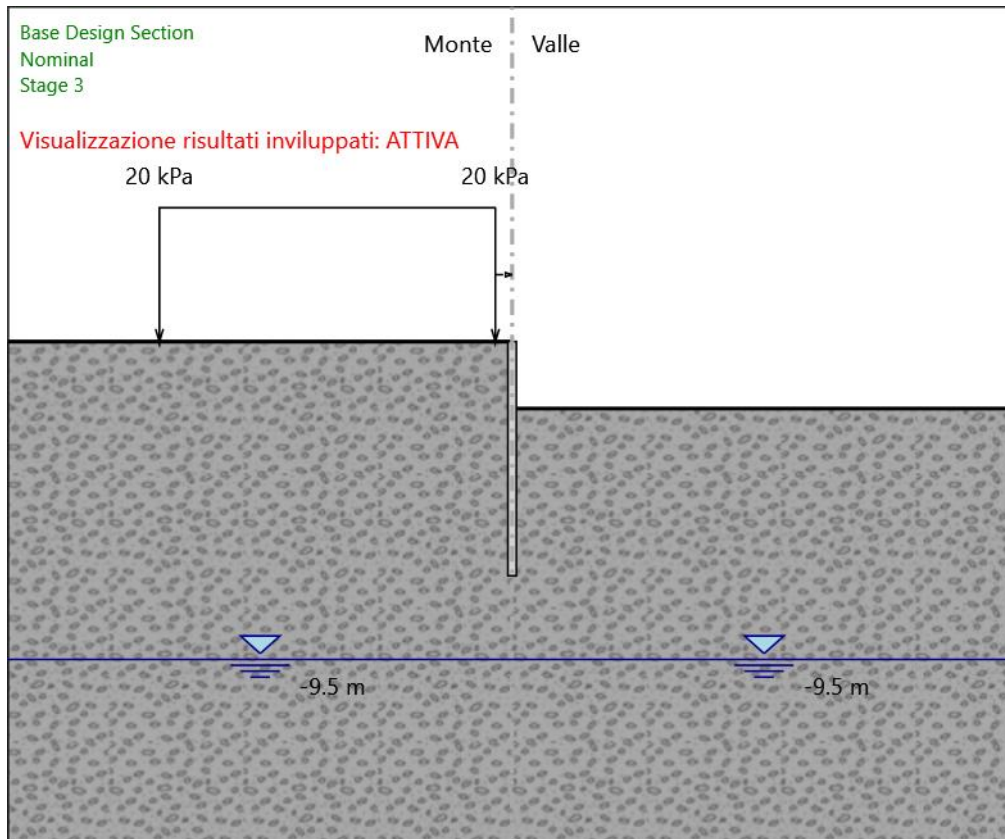
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : D250 Interasse 0.40



### 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 : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -10.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : Paratia

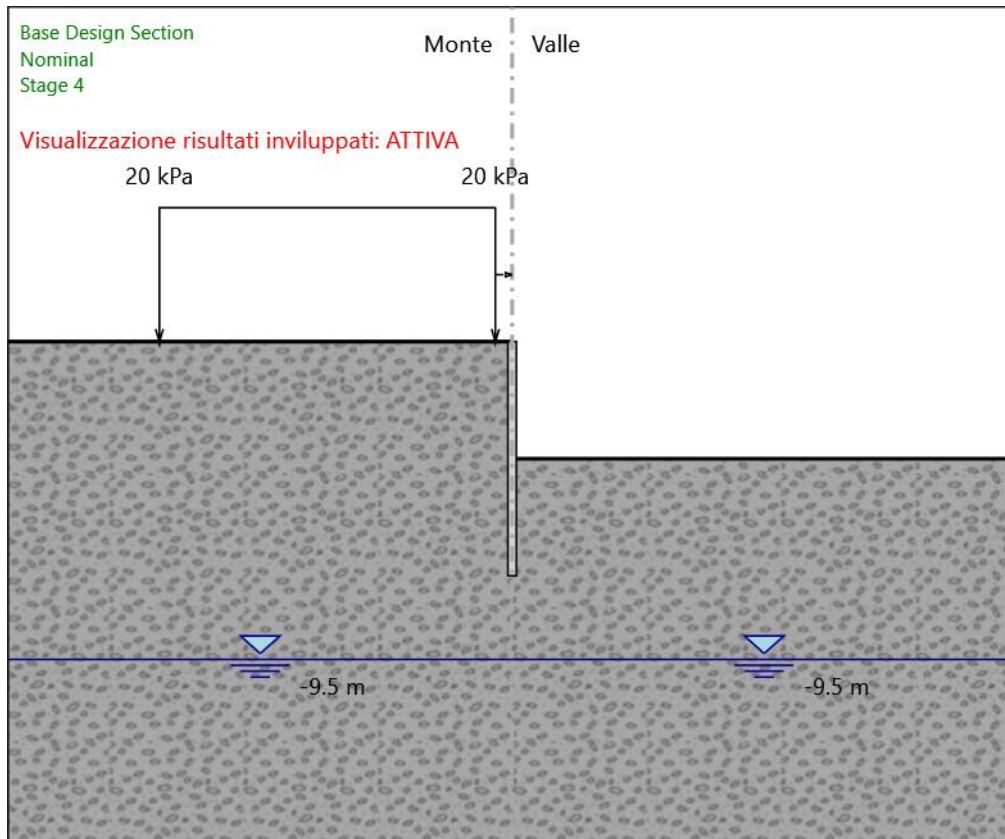
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : D250 Interasse 0.40

## Stage 4



Stage 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -9.5 m

Falda di destra : -9.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -10.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : Paratia

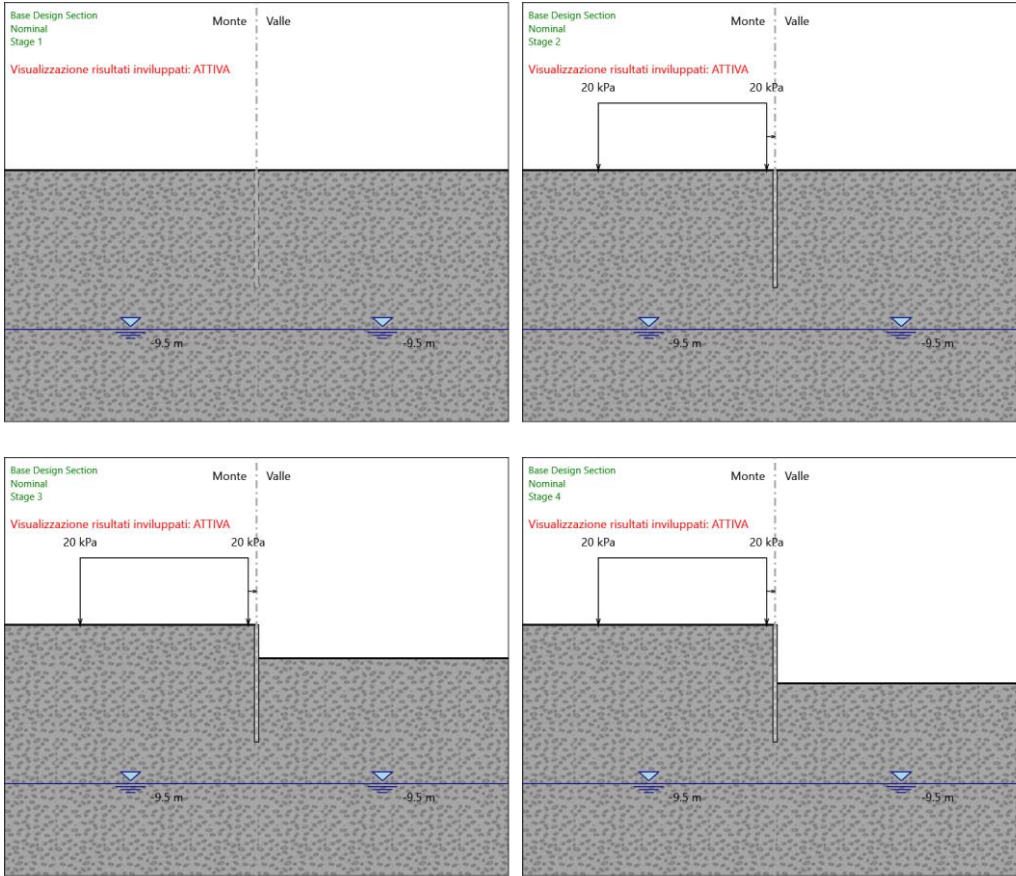
X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -7 m

Sezione : D250 Interasse 0.40

## Tabella Configurazione Stage (Nominal)



## Descrizione Coefficienti Design Assumption

| Nome  | Carichi<br>Permanenti<br>Sfavorevoli<br>(F_dead_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Permanenti<br>Favorevoli<br>(F_dead_loa<br>d_favour) | Carichi<br>Variabili<br>Sfavorevoli<br>(F_live_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Variabili<br>Favorevoli<br>(F_live_loa<br>d_favour) | Carico<br>Sismico<br>(F_seis<br>m_load) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Monte<br>(F_Wat<br>erDR) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Valle<br>(F_Wat<br>erRes) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>GStab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_UPL_<br>GStab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>QDStab) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>GStab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_HYD_<br>GStab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>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:<br>SLE<br>(Rara/Frequ<br>ente/Quasi<br>Permanente<br>) | 1  | 1   | 1   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| NTC2018:<br>A1+M1+R1<br>(R3 per<br>tiranti)                     | 1.3  | 1   | 1.5   | 1  | 0                                       | 1.3  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1.3   | 0.9   | 1   |
| NTC2018:<br>A2+M2+R1  | 1  | 1   | 1.3   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1.3   | 0.9   | 1   |

| Nome  | Parziale su tan( $\phi'$ )<br>(F_Fr) | Parziale su c'<br>(F_eff_cohe) | Parziale su Su<br>(F_Su) | Parziale su qu<br>(F_qu) | Parziale su peso specifico<br>(F_gamma) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Simbolo   | $\gamma_\phi$                        | $\gamma_c$                     | $\gamma_{cu}$            | $\gamma_{qu}$            | $\gamma_\gamma$                         |
| Nominal   | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi<br>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                                       |

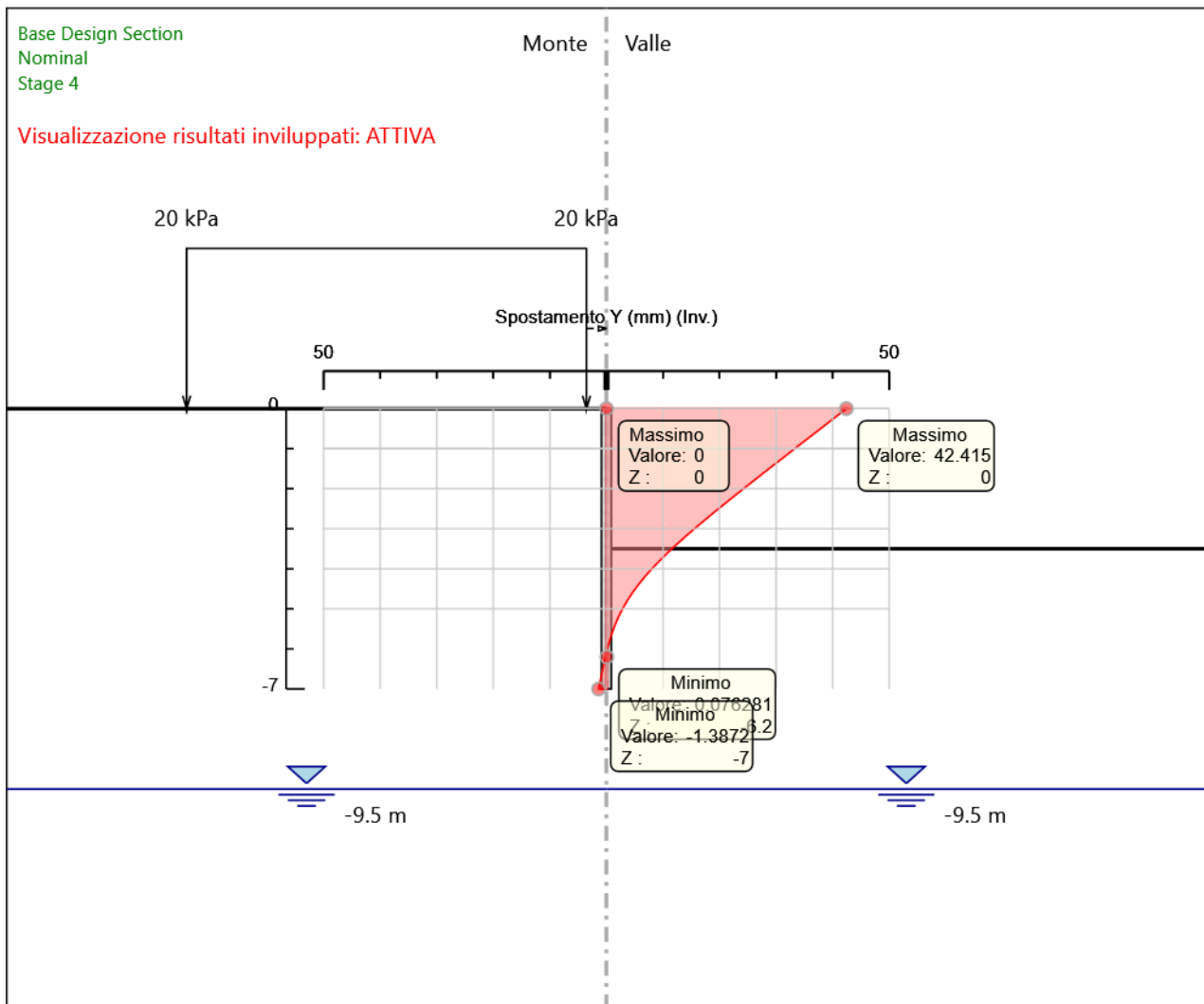
| Nome   | Parziale resistenza terreno (es.<br>Kp) (F_Soil_Res_walls) | Parziale resistenza Tiranti<br>permanenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti<br>temporanei (F_Anch_T) | Parziale elementi<br>strutturali (F_wall) |
|--|--|--|--|---|
| Simbolo  | $\gamma_{Re}$  | $\gamma_{ap}$  | $\gamma_{at}$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

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

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

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

### Grafico Inviluppi Spostamento



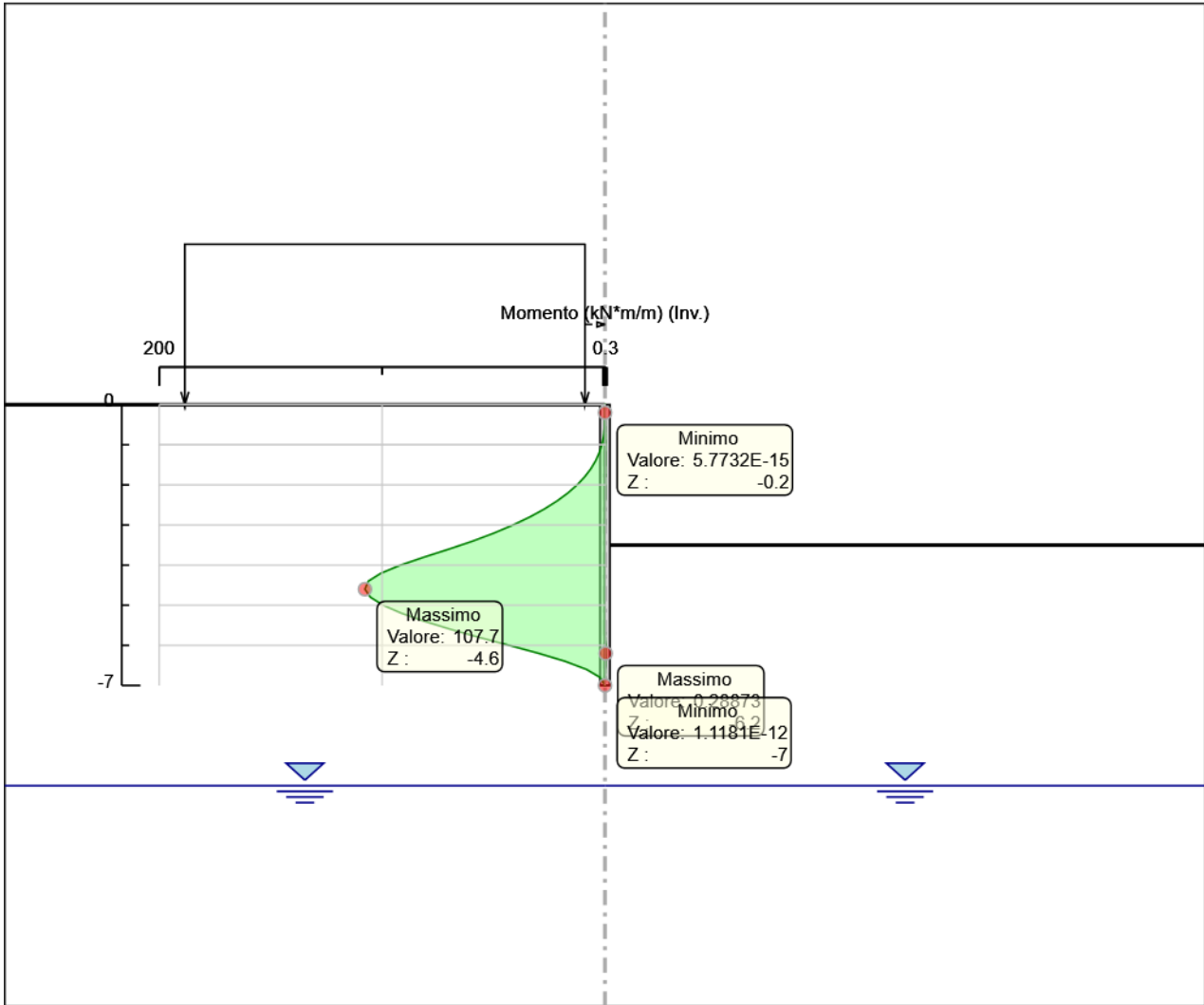
Spostamento

## Tabella Involuppi Momento Paratia

| Selected Design Assumptions<br>Z (m) | Involuppi: Momento     |                                       |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
|                                      | Lato sinistro (kN*m/m) | Muro: Paratia<br>Lato destro (kN*m/m) |
| 0                                    | 0                      | 0                                     |
| -0.2                                 | 0                      | 0                                     |
| -0.4                                 | 0.057                  | 0.04                                  |
| -0.6                                 | 0.249                  | 0.117                                 |
| -0.8                                 | 0.683                  | 0.184                                 |
| -1                                   | 1.444                  | 0.224                                 |
| -1.2                                 | 2.606                  | 0.235                                 |
| -1.4                                 | 4.236                  | 0.221                                 |
| -1.6                                 | 6.392                  | 0.199                                 |
| -1.8                                 | 9.136                  | 0.172                                 |
| -2                                   | 12.53                  | 0.145                                 |
| -2.2                                 | 16.632                 | 0.117                                 |
| -2.4                                 | 21.502                 | 0.092                                 |
| -2.6                                 | 27.197                 | 0.068                                 |
| -2.8                                 | 33.774                 | 0.046                                 |
| -3                                   | 41.287                 | 0.031                                 |
| -3.2                                 | 49.792                 | 0.021                                 |
| -3.4                                 | 59.345                 | 0.015                                 |
| -3.6                                 | 70.002                 | 0.011                                 |
| -3.8                                 | 81.199                 | 0.009                                 |
| -4                                   | 91.752                 | 0.007                                 |
| -4.2                                 | 100.478                | 0.003                                 |
| -4.4                                 | 106.19                 | 0.002                                 |
| -4.6                                 | 107.703                | 0.003                                 |
| -4.8                                 | 105.227                | 0.004                                 |
| -5                                   | 99.523                 | 0.005                                 |
| -5.2                                 | 91.257                 | 0.005                                 |
| -5.4                                 | 81.007                 | 0.004                                 |
| -5.6                                 | 69.267                 | 0.002                                 |
| -5.8                                 | 56.458                 | 0.089                                 |
| -6                                   | 42.974                 | 0.253                                 |
| -6.2                                 | 29.645                 | 0.289                                 |
| -6.4                                 | 17.755                 | 0.235                                 |
| -6.6                                 | 8.304                  | 0.139                                 |
| -6.8                                 | 2.201                  | 0.046                                 |
| -7                                   | 0                      | 0                                     |



## Grafico Involuppi Momento

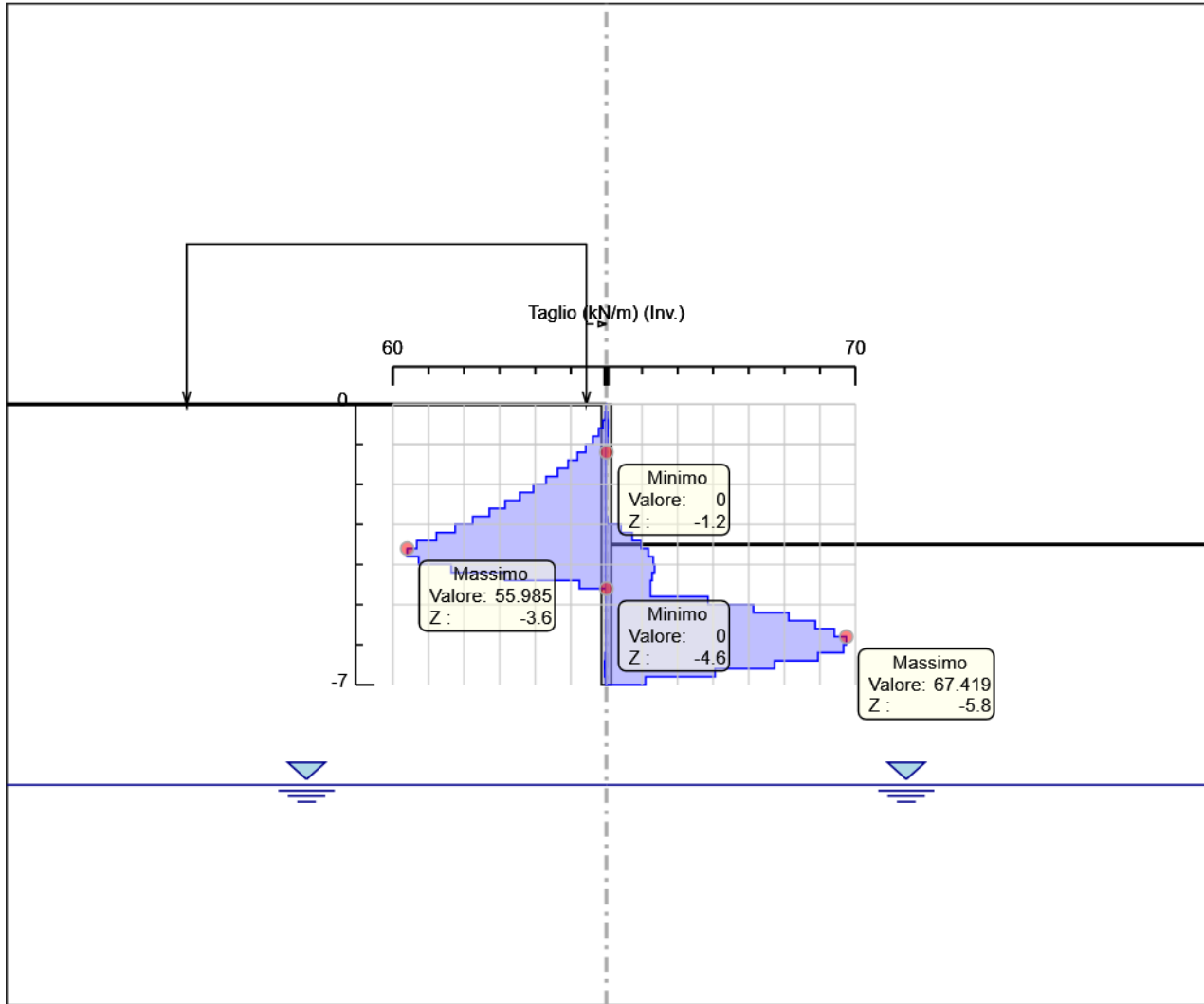


Momento

## Tabella Inviluppi Taglio Paratia

| Selected Design Assumptions | Inviluppi: Taglio    | Muro: Paratia      |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| 0                           | 0                    | 0                  |
| -0.2                        | 0.286                | 0.198              |
| -0.4                        | 0.961                | 0.388              |
| -0.6                        | 2.171                | 0.388              |
| -0.8                        | 3.804                | 0.333              |
| -1                          | 5.808                | 0.2                |
| -1.2                        | 8.152                | 0.056              |
| -1.4                        | 10.779               | 0                  |
| -1.6                        | 13.72                | 0                  |
| -1.8                        | 16.967               | 0                  |
| -2                          | 20.511               | 0                  |
| -2.2                        | 24.349               | 0                  |
| -2.4                        | 28.476               | 0                  |
| -2.6                        | 32.889               | 0                  |
| -2.8                        | 37.565               | 0.151              |
| -3                          | 42.524               | 4.104              |
| -3.2                        | 47.765               | 7.258              |
| -3.4                        | 53.285               | 9.783              |
| -3.6                        | 55.985               | 11.775             |
| -3.8                        | 55.985               | 13.168             |
| -4                          | 52.767               | 13.554             |
| -4.2                        | 43.63                | 13.554             |
| -4.4                        | 28.559               | 12.874             |
| -4.6                        | 7.567                | 12.382             |
| -4.8                        | 0                    | 28.521             |
| -5                          | 0                    | 41.328             |
| -5.2                        | 0.003                | 51.251             |
| -5.4                        | 0.011                | 58.7               |
| -5.6                        | 0.011                | 64.046             |
| -5.8                        | 0.005                | 67.419             |
| -6                          | 0.001                | 67.419             |
| -6.2                        | 0.267                | 66.646             |
| -6.4                        | 0.479                | 59.452             |
| -6.6                        | 0.479                | 47.251             |
| -6.8                        | 0.465                | 30.519             |
| -7                          | 0.232                | 11.003             |

## Grafico Involuppi Taglio



Taglio

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

| Design Assumption                              | Stage   | Muro      | Lato  | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva % |
|--|---------|-----------|-------|--|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Left Wall | LEFT  | 6.79   |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 4 | Left Wall | RIGHT | 25.62  |

## **Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva**

| <b>Design Assumption</b>                       | <b>Stage</b> | <b>Muro</b> | <b>Lato</b> | <b>Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva<br/>%</b> |
|--|--------------|-------------|-------------|--|
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 3      | Left Wall   | LEFT        | 120.61   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1      | Left Wall   | RIGHT       | 157.2  |

## *Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali*

### **Normative Verifiche**

|              |     |
|--------------|-----|
| Calcestruzzo | NTC |
| Acciaio      | NTC |
| Tirante      | NTC |

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

|            |      |
|------------|------|
| GEO FS     | 1    |
| $\xi_{a3}$ | 1.8  |
| $\gamma_s$ | 1.15 |

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

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

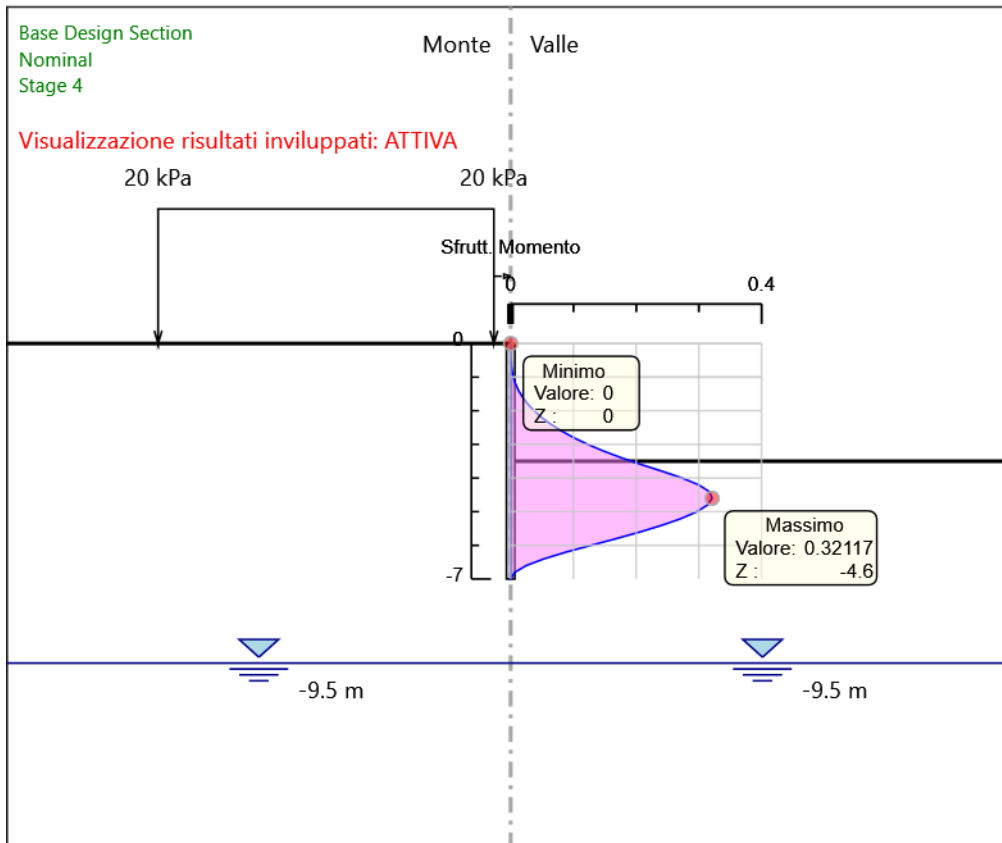
## Risultati SteelWorld

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT

| Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |  | LEFT |
|--|--|------|
| Z (m)  | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |      |
| 0  | 0                                      |      |
| -0.2   | 0                                      |      |
| -0.4   | 0                                      |      |
| -0.6   | 0.001                                  |      |
| -0.8   | 0.002                                  |      |
| -1   | 0.004                                  |      |
| -1.2   | 0.008                                  |      |
| -1.4   | 0.013                                  |      |
| -1.6   | 0.019                                  |      |
| -1.8   | 0.027                                  |      |
| -2   | 0.037                                  |      |
| -2.2   | 0.05                                   |      |
| -2.4   | 0.064                                  |      |
| -2.6   | 0.081                                  |      |
| -2.8   | 0.101                                  |      |
| -3   | 0.123                                  |      |
| -3.2   | 0.148                                  |      |
| -3.4   | 0.177                                  |      |
| -3.6   | 0.209                                  |      |
| -3.8   | 0.242                                  |      |
| -4   | 0.274                                  |      |
| -4.2   | 0.3                                    |      |
| -4.4   | 0.317                                  |      |
| -4.6   | 0.321                                  |      |
| -4.8   | 0.314                                  |      |
| -5   | 0.297                                  |      |
| -5.2   | 0.272                                  |      |
| -5.4   | 0.242                                  |      |
| -5.6   | 0.207                                  |      |
| -5.8   | 0.168                                  |      |
| -6   | 0.128                                  |      |
| -6.2   | 0.088                                  |      |
| -6.4   | 0.053                                  |      |
| -6.6   | 0.025                                  |      |
| -6.8   | 0.007                                  |      |
| -7   | 0                                      |      |



### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

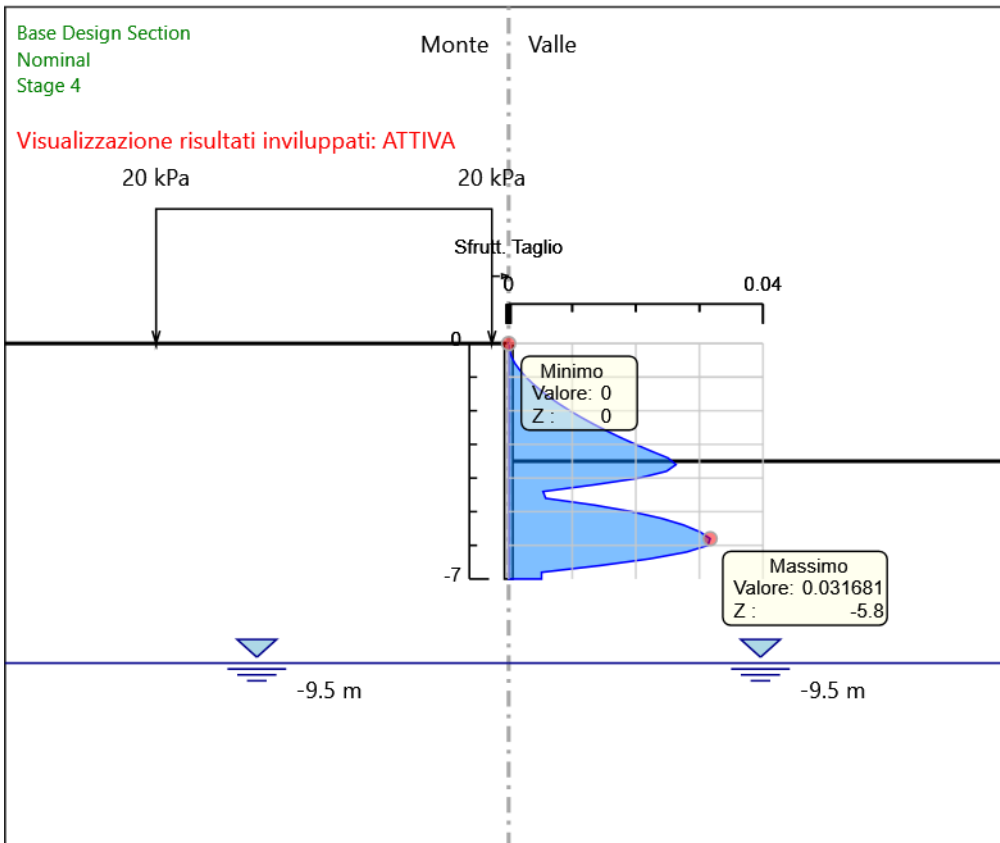


Involuppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

### **Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT**

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | LEFT  |
|-------|---|-------|
| 0     |   | 0     |
| -0.2  |   | 0     |
| -0.4  |   | 0     |
| -0.6  |   | 0.001 |
| -0.8  |   | 0.002 |
| -1    |   | 0.003 |
| -1.2  |   | 0.004 |
| -1.4  |   | 0.005 |
| -1.6  |   | 0.006 |
| -1.8  |   | 0.008 |
| -2    |   | 0.01  |
| -2.2  |   | 0.011 |
| -2.4  |   | 0.013 |
| -2.6  |   | 0.015 |
| -2.8  |   | 0.018 |
| -3    |   | 0.02  |
| -3.2  |   | 0.022 |
| -3.4  |   | 0.025 |
| -3.6  |   | 0.026 |
| -3.8  |   | 0.025 |
| -4    |   | 0.021 |
| -4.2  |   | 0.013 |
| -4.4  |   | 0.005 |
| -4.6  |   | 0.006 |
| -4.8  |   | 0.013 |
| -5    |   | 0.019 |
| -5.2  |   | 0.024 |
| -5.4  |   | 0.028 |
| -5.6  |   | 0.03  |
| -5.8  |   | 0.032 |
| -6    |   | 0.031 |
| -6.2  |   | 0.028 |
| -6.4  |   | 0.022 |
| -6.6  |   | 0.014 |
| -6.8  |   | 0.005 |
| -7    |   | 0.005 |

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

## 14.2 Paratia Tombino

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

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

## ***Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno***

Tipo : HORIZONTAL

Quota : 0 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -8 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 |    |         | kPa | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> |  |
| 1                 | R       | 20                | 20                | 35      |        |       |          | 0    |     | Constant |          | 90000  | 144000 |     |    |    |     |    |         |     |                   |                   |                   |  |
| 2                 | AL      | 19                | 19                | 27      |        |       |          | 5    |     | Constant |          | 50000  | 150000 |     |    |    |     |    |         |     |                   |                   |                   |  |
| 3                 | GS      | 19                | 19                | 37      |        |       |          | 0    |     | Constant |          | 100000 | 160000 |     |    |    |     |    |         |     |                   |                   |                   |  |

## ***Descrizione Pareti***

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Muro di sinistra

Sezione : Pali D1000

Area equivalente : 0.560998688141034 m

Inerzia equivalente : 0.0351 m<sup>4</sup>/m

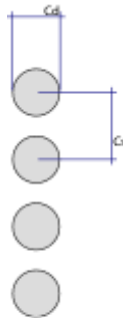
Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.4 m

Diametro : 1 m

Efficacia : 1



X : 14.4 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Muro di destra

Sezione : Pali D1000

Area equivalente : 0.560998688141034 m

Inerzia equivalente : 0.0351 m<sup>4</sup>/m

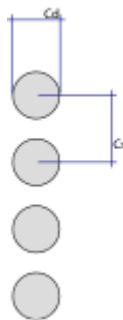
Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.4 m

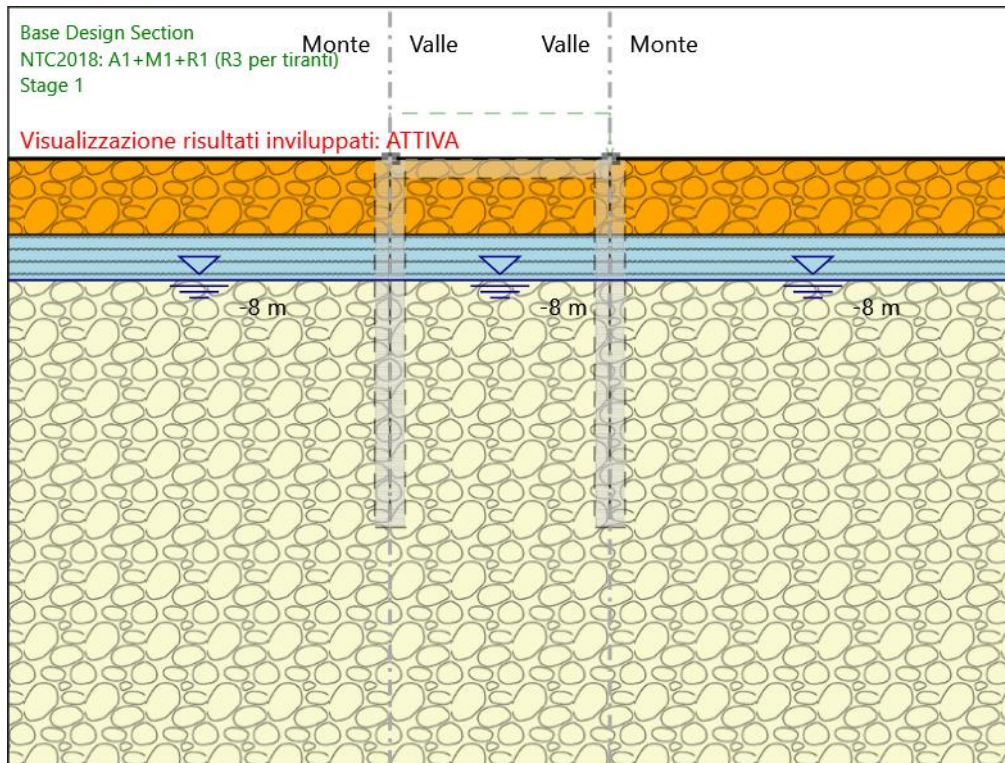
Diametro : 1 m

Efficacia : 1



## *Fasi di Calcolo*

### **Stage 1**



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m



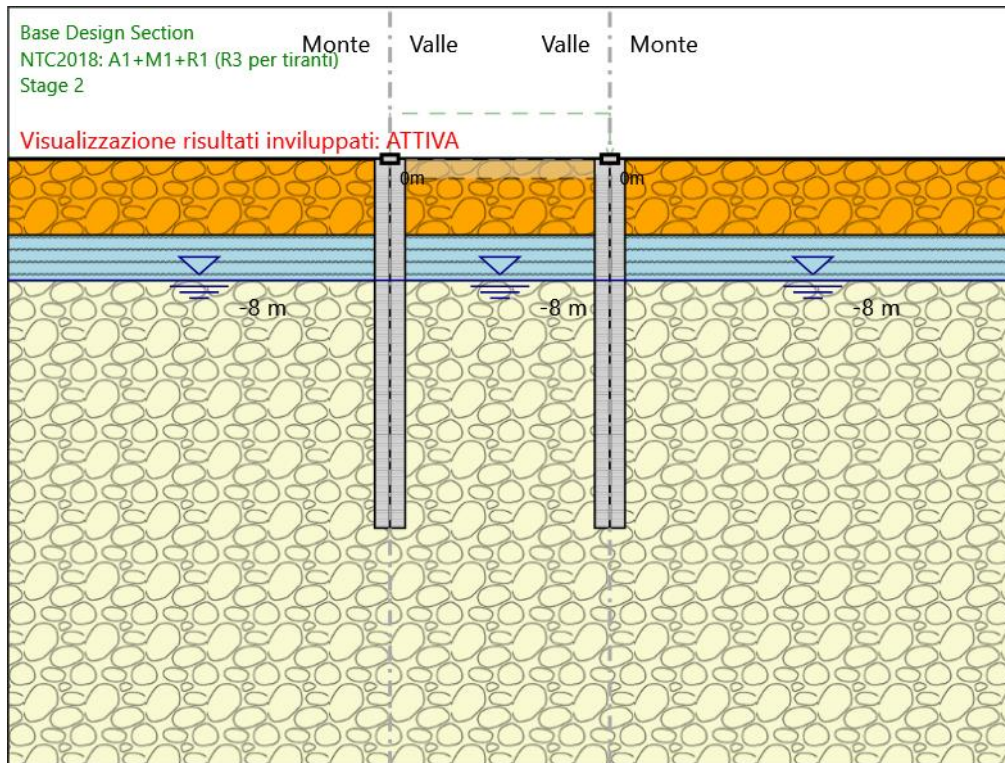
Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Falda centrale : -8 m

## Stage 2



### Stage 2

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Falda centrale : -8 m

Elementi strutturali

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

Parete Combinata : CombinedWallElement\_New

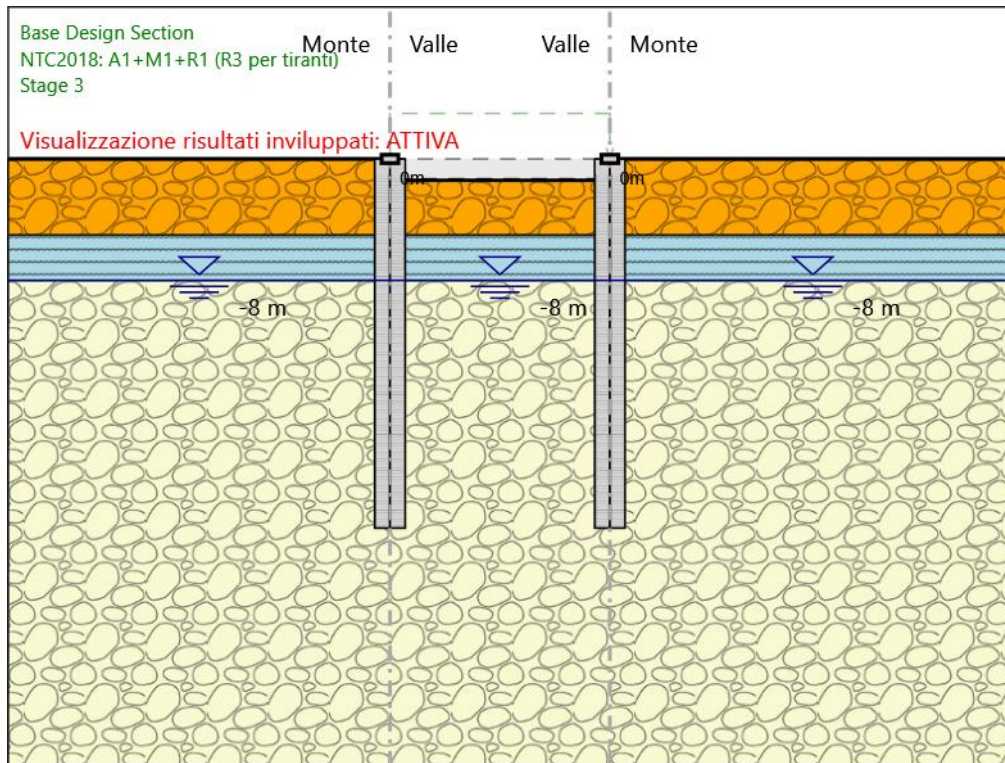
X : 14.4 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

### Stage 3



### Stage 3

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.4 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -1.4 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-1.4 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Falda centrale : -8 m

Elementi strutturali

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

Parete Combinata : CombinedWallElement\_New

X : 14.4 m

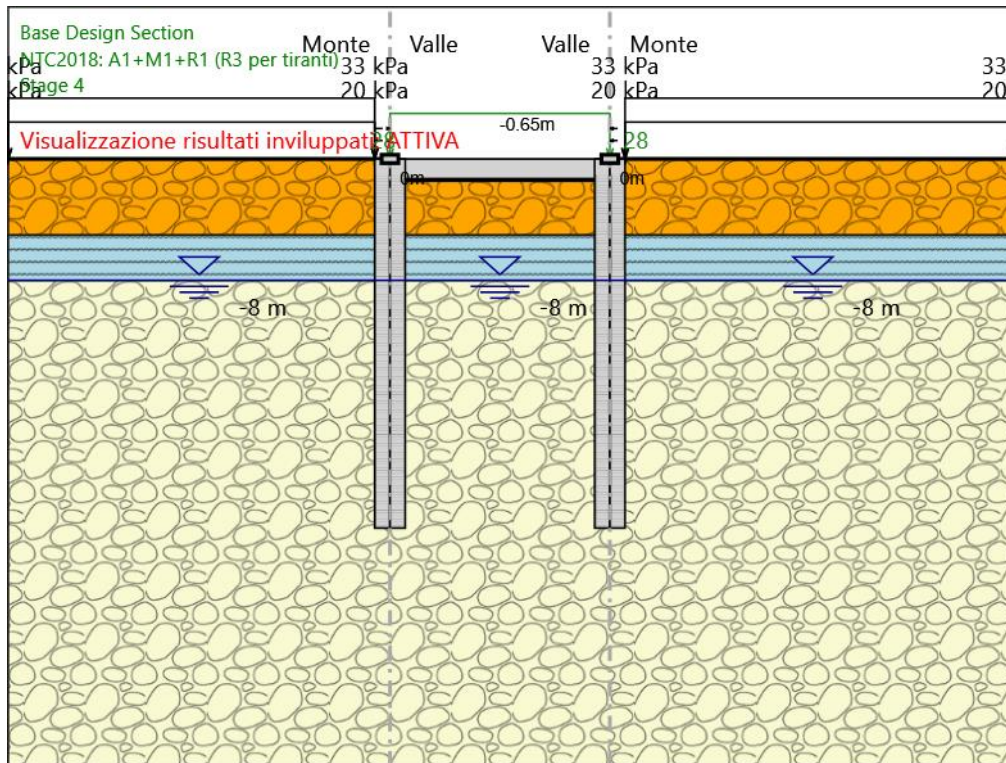
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000



## Stage 4



### Stage 4

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -1.4 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -1.4 m

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

0 m

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-1.4 m

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

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m  
Falda di destra : -8 m

Falda centrale : -8 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1\_2

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Soletta : Slab

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 14.4 m

Z : -0.65 m

Lunghezza : 14.4 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone sup

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

Parete Combinata : CombinedWallElement\_New

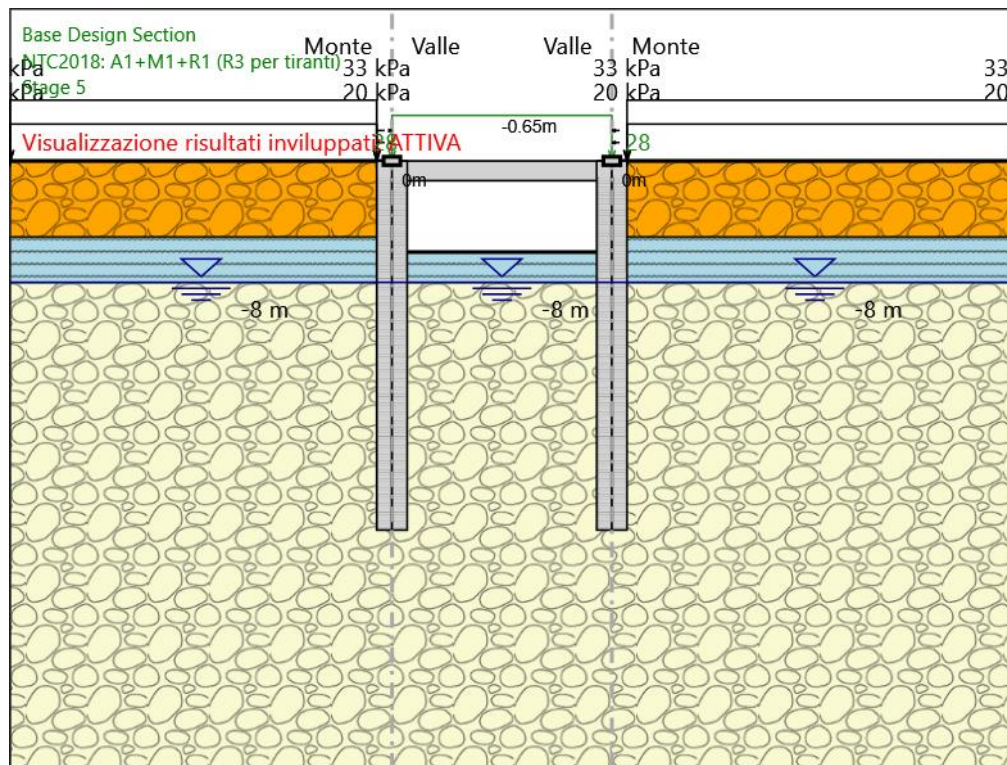
X : 14.4 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

## Stage 5



### Stage 5

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -6 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -6 m

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

0 m

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-6 m

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

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m



Falda centrale : -8 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1\_2

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Soletta : Slab

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 14.4 m

Z : -0.65 m

Lunghezza : 14.4 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone sup

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

Parete Combinata : CombinedWallElement\_New

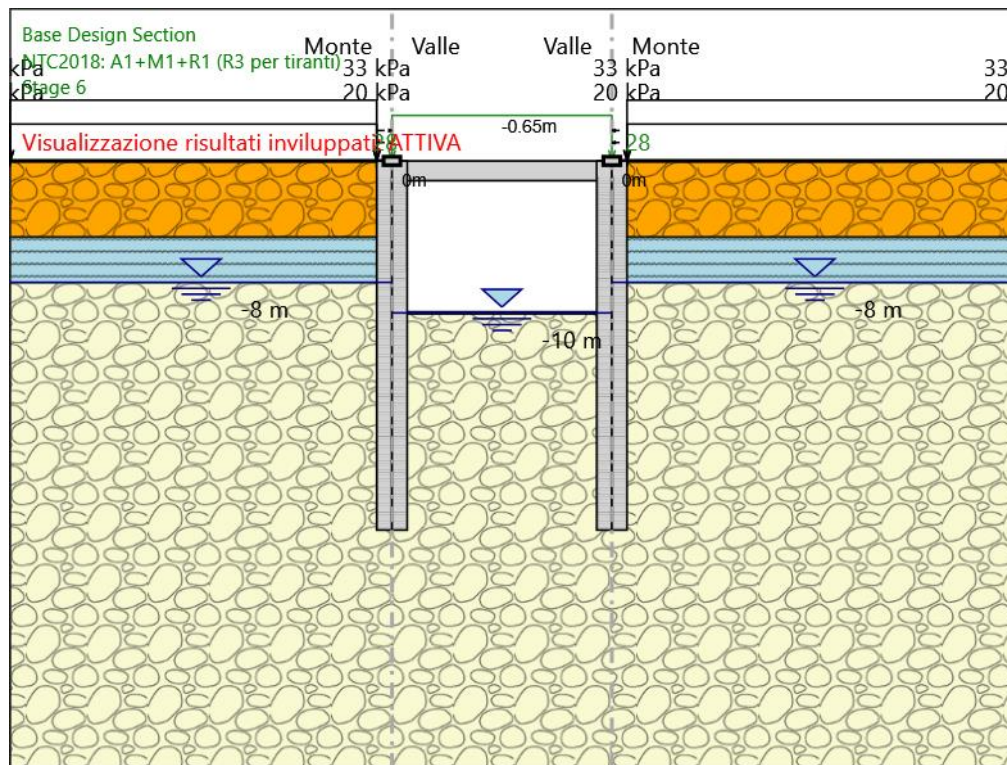
X : 14.4 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

## Stage 6



Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-10 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Falda centrale : -10 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1\_2

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Soletta : Slab

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 14.4 m

Z : -0.65 m

Lunghezza : 14.4 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone sup

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

Parete Combinata : CombinedWallElement\_New

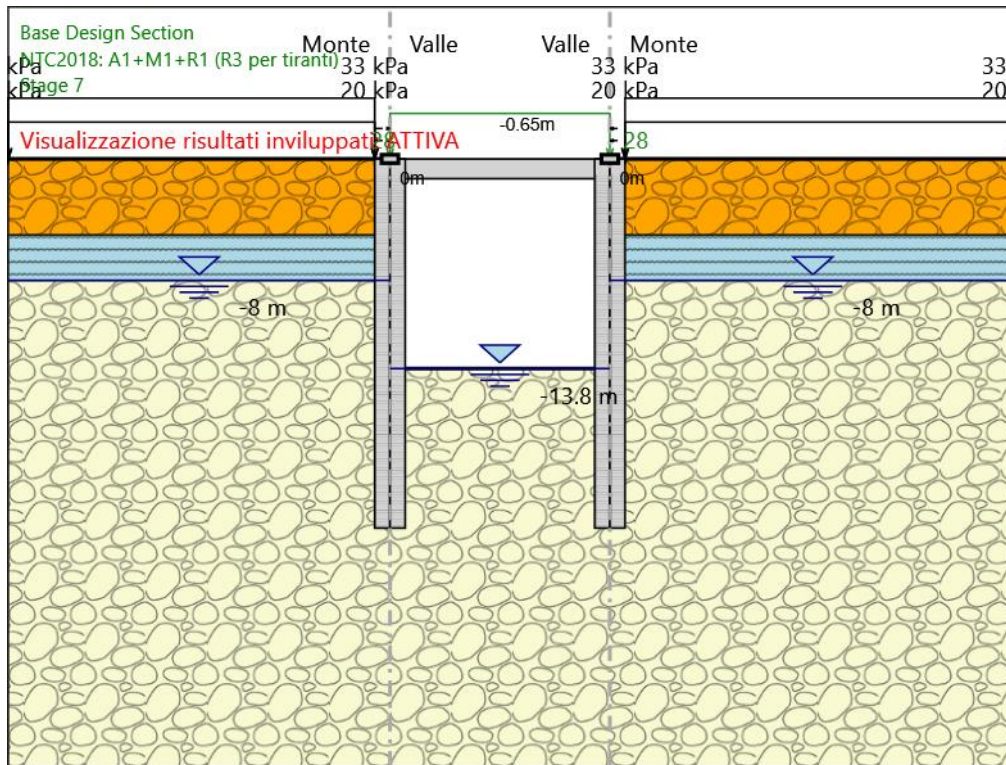
X : 14.4 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

## Stage 7



### Stage 7

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -13.8 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -13.8 m

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

0 m

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-13.8 m

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

0 m

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Falda centrale : -13.8 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1\_2

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Soletta : Slab

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 14.4 m

Z : -0.65 m

Lunghezza : 14.4 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone sup

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

Parete Combinata : CombinedWallElement\_New

X : 14.4 m

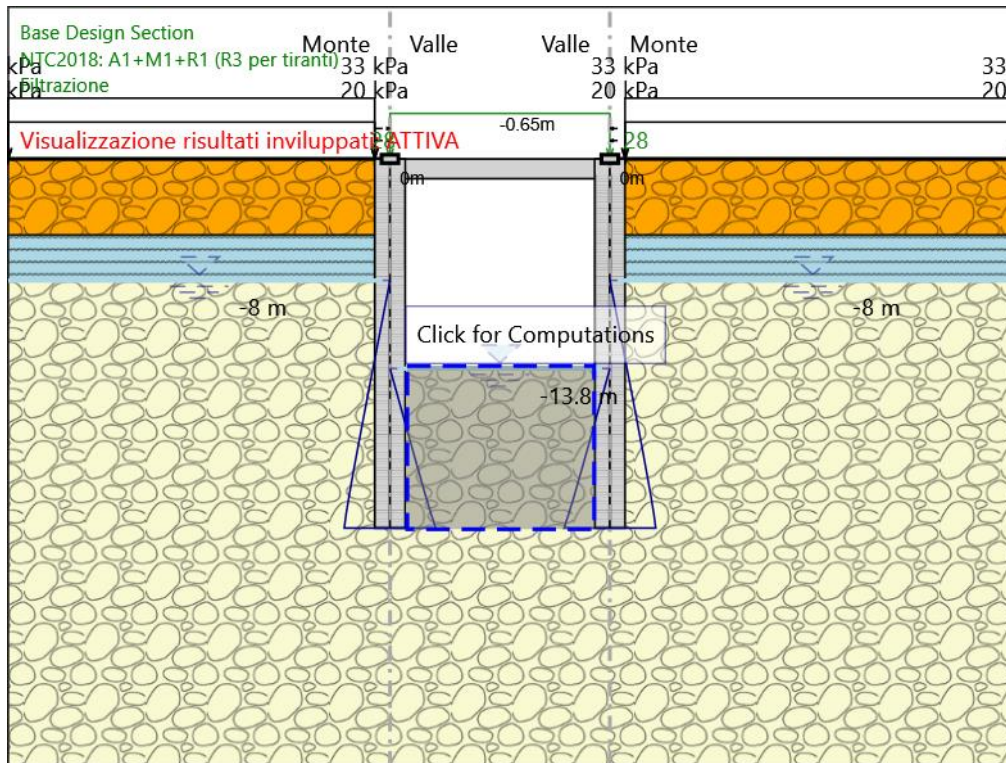
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000



## Filtrazione



Filtrazione

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -13.8 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -13.8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-13.8 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -8 m

Falda di destra : -8 m

Falda centrale : -13.8 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 33 kPa

Pressione finale : 33 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1

X iniziale : -25 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge\_0\_1\_2

X iniziale : 15.4 m

X finale : 41 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

#### Elementi strutturali

Soletta : Slab

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 14.4 m

Z : -0.65 m

Lunghezza : 14.4 m

Angolo : 0 °

Sezione : Solettone sup

Parete Combinata : CombinedWallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

Parete Combinata : CombinedWallElement\_New

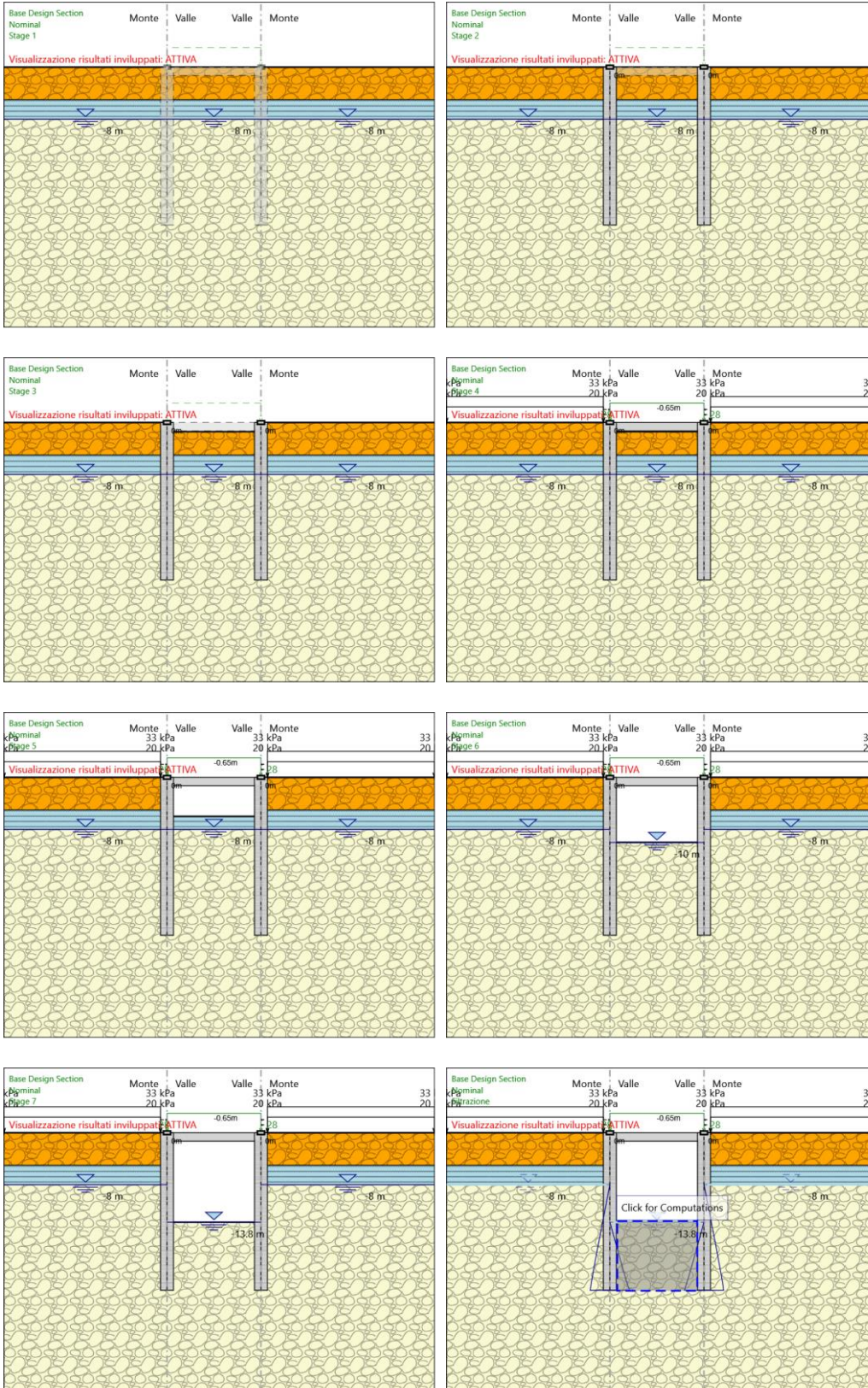
X : 14.4 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -24.3 m

Sezione : Pali D1000

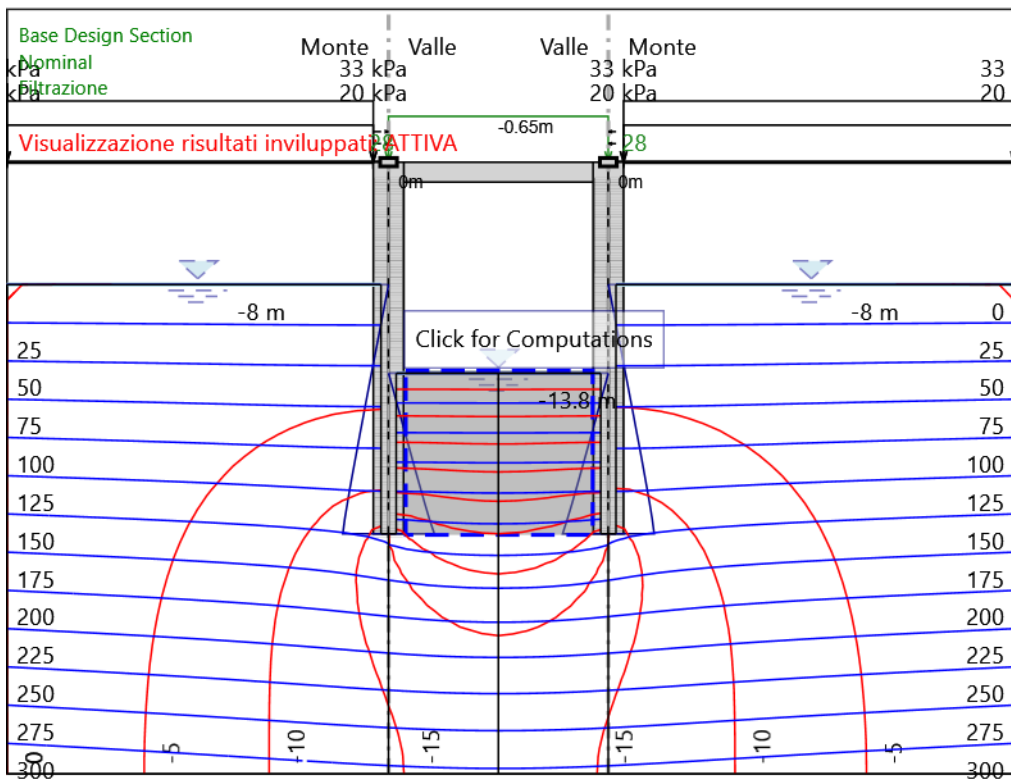
## Tabella Configurazione Stage (Nominal)





## Grafici dei Risultati

### Seepage



Design Assumption: Nominal  
Stage: Filtrazione  
Seepage

## Descrizione Coefficienti Design Assumption

| Nome  | Carichi<br>Permanenti<br>Sfavorevoli<br>(F_dead_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Permanenti<br>Favorevoli<br>(F_dead_loa<br>d_favour) | Carichi<br>Variabili<br>Sfavorevoli<br>(F_live_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Variabili<br>Favorevoli<br>(F_live_loa<br>d_favour) | Carico<br>Sismico<br>(F_seis<br>m_load) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Monte<br>(F_Wat<br>erDR) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Valle<br>(F_Wat<br>erRes) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>Gdstab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_UPL_<br>Gdstab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>QDStab) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>Gdstab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_HYD_<br>Gdstab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>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:<br>SLE<br>(Rara/Frequ<br>ente/Quasi<br>Permanente<br>) | 1  | 1   | 1   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   |
| NTC2018:<br>A1+M1+R1<br>(R3 per<br>tiranti)                     | 1.3  | 1   | 1.5   | 1  | 0                                       | 1.3  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1.3  | 0.9  | 1   |
| NTC2018:<br>A2+M2+R1  | 1  | 1   | 1.3   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1.3  | 0.9  | 1   |
| NTC2018:<br>SISMICA STR   | 1  | 1   | 1   | 1  | 1                                       | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   |
| NTC2018:<br>SISMICA<br>GEO                                      | 1  | 1   | 1   | 1  | 1                                       | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1.3  | 0.9  | 1   |

| Nome   | Parziale su tan( $\phi'$ )<br>(F_Fr) | Parziale su c'<br>(F_eff_cohe) | Parziale su Su<br>(F_Su) | Parziale su qu<br>(F_qu) | Parziale su peso specifico<br>(F_gamma) |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Simbolo  | $\gamma_\phi$                        | $\gamma_c$                     | $\gamma_{cu}$            | $\gamma_{qu}$            | $\gamma_\gamma$                         |
| Nominal  | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: A2+M2+R1                              | 1.25                                 | 1.25                           | 1.4                      | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: SISMICA STR                           | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: SISMICA GEO                           | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |

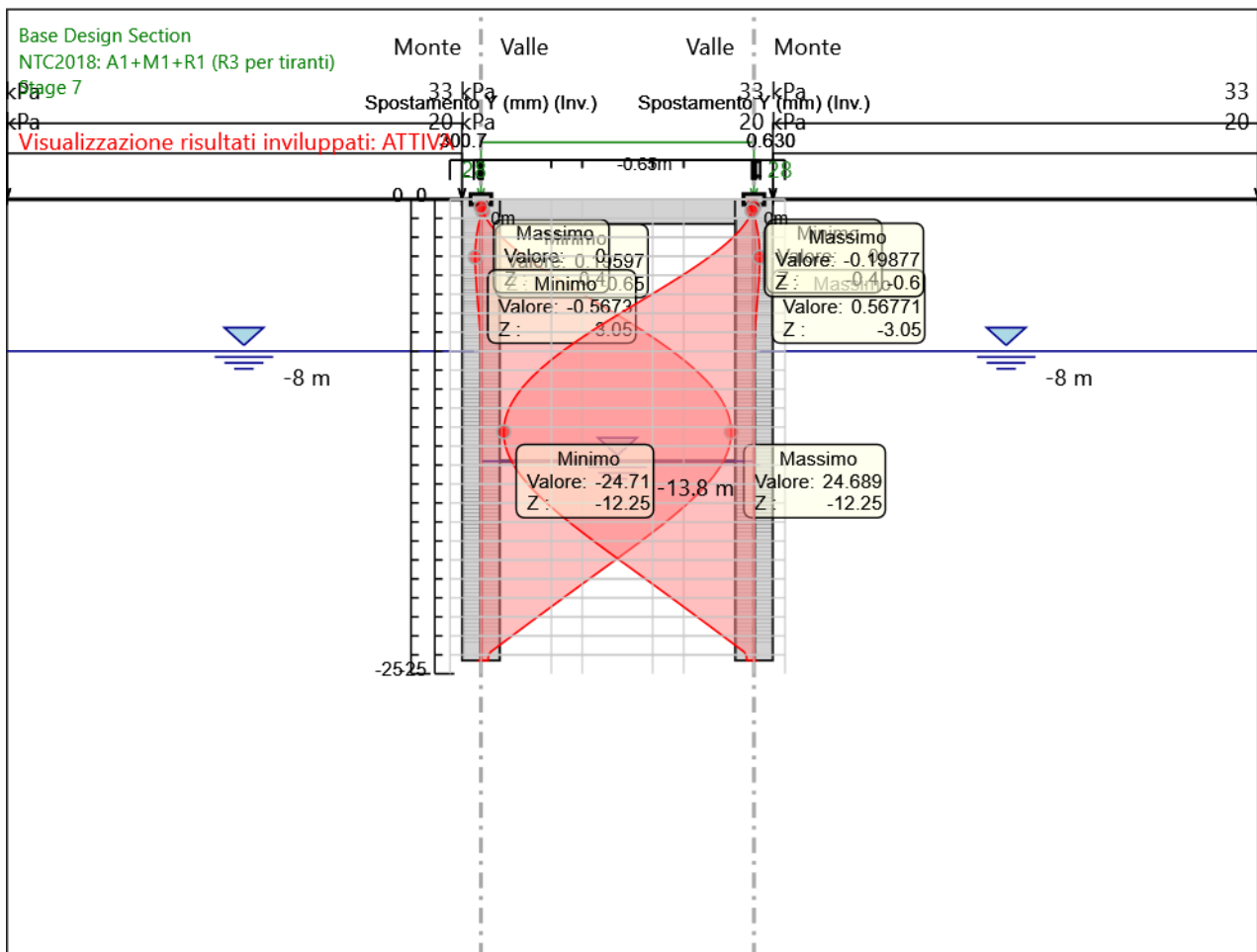
| Nome   | Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls) | Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T) | Parziale elementi strutturali (F_wall) |
|--|---|---|---|--|
| Simbolo  | $\gamma_{Re}$   | $\gamma_{ap}$                      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

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

| Design Assumption                              | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 | Stage 5 | Stage 6 | Stage 7 | Filtrazione |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| 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                              |         |         |         |         |         |         |         |             |
| NTC2018: SISMICA STR                           |         |         |         |         |         |         |         |             |
| NTC2018: SISMICA GEO                           |         |         |         |         |         |         |         |             |

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

### Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

## CombinedWallElement

**Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Singola Gamba Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| 0      | 0                      | 0                    |
| -0.2   | 0                      | 0                    |
| -0.4   | 0.222                  | 0                    |
| -0.6   | 0.614                  | 0                    |
| -0.65  | 1513.766               | 0                    |
| -0.85  | 1444.618               | 0                    |
| -1.05  | 1375.629               | 0                    |
| -1.25  | 1306.902               | 0                    |
| -1.45  | 1238.468               | 0                    |
| -1.65  | 1170.364               | 0                    |
| -1.85  | 1102.63                | 0                    |
| -2.05  | 1035.302               | 0                    |
| -2.25  | 968.432                | 0                    |
| -2.45  | 902.054                | 0                    |
| -2.65  | 836.199                | 0                    |
| -2.85  | 770.9                  | 0                    |
| -3.05  | 706.189                | 0                    |
| -3.25  | 642.097                | 0                    |
| -3.45  | 578.664                | 0                    |
| -3.65  | 515.921                | 0                    |
| -3.85  | 453.898                | 0                    |
| -4.05  | 392.625                | 0                    |
| -4.25  | 332.131                | 0                    |
| -4.45  | 272.454                | 0                    |
| -4.65  | 213.622                | 0                    |
| -4.85  | 155.664                | 0                    |
| -5.05  | 98.611                 | 7.812                |
| -5.25  | 42.691                 | 23.388               |
| -5.45  | 2.717                  | 45.796               |
| -5.65  | 2.376                  | 71.616               |
| -5.85  | 2.058                  | 117.834              |
| -6.05  | 1.767                  | 168.805              |
| -6.25  | 1.505                  | 218.444              |
| -6.45  | 1.274                  | 266.707              |
| -6.65  | 1.076                  | 313.557              |
| -6.85  | 0.913                  | 358.956              |
| -7.05  | 0.787                  | 402.866              |
| -7.25  | 0.7                    | 445.25               |
| -7.45  | 0.652                  | 486.071              |
| -7.65  | 0.647                  | 525.286              |
| -7.85  | 0.686                  | 562.857              |
| -8.05  | 0.769                  | 598.747              |
| -8.25  | 0.835                  | 633.386              |
| -8.45  | 0.883                  | 666.719              |
| -8.65  | 0.917                  | 698.687              |
| -8.85  | 0.937                  | 729.235              |
| -9.05  | 0.946                  | 758.307              |
| -9.25  | 0.945                  | 785.849              |
| -9.45  | 0.934                  | 811.806              |
| -9.65  | 0.917                  | 836.119              |
| -9.85  | 0.892                  | 858.732              |
| -10.05 | 0.863                  | 879.592              |
| -10.25 | 0.829                  | 898.642              |
| -10.45 | 0.792                  | 915.828              |
| -10.65 | 0.753                  | 931.091              |
| -10.85 | 0.711                  | 944.378              |
| -11.05 | 0.668                  | 955.631              |
| -11.25 | 0.625                  | 964.798              |
| -11.45 | 0.582                  | 971.822              |
| -11.65 | 0.538                  | 976.648              |
| -11.85 | 0.496                  | 979.219              |
| -12.05 | 0.454                  | 979.479              |

**Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Singola Gamba Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| -12.25 | 0.414                  | 977.374              |
| -12.45 | 0.375                  | 972.848              |
| -12.65 | 0.338                  | 965.847              |
| -12.85 | 0.303                  | 956.314              |
| -13.05 | 0.27                   | 944.191              |
| -13.25 | 0.445                  | 929.426              |
| -13.45 | 1.221                  | 911.963              |
| -13.65 | 2.122                  | 891.747              |
| -13.85 | 2.897                  | 868.72               |
| -14.05 | 3.553                  | 842.908              |
| -14.25 | 4.098                  | 814.576              |
| -14.45 | 4.54                   | 783.99               |
| -14.65 | 4.886                  | 751.415              |
| -14.85 | 5.147                  | 717.116              |
| -15.05 | 5.331                  | 681.357              |
| -15.25 | 5.445                  | 644.404              |
| -15.45 | 5.495                  | 606.522              |
| -15.65 | 5.488                  | 567.978              |
| -15.85 | 6.911                  | 529.036              |
| -16.05 | 11.699                 | 489.961              |
| -16.25 | 16.143                 | 451.018              |
| -16.45 | 20.252                 | 412.473              |
| -16.65 | 24.03                  | 374.591              |
| -16.85 | 27.485                 | 337.637              |
| -17.05 | 30.623                 | 301.877              |
| -17.25 | 33.452                 | 267.574              |
| -17.45 | 35.977                 | 234.993              |
| -17.65 | 38.204                 | 204.403              |
| -17.85 | 40.136                 | 175.951              |
| -18.05 | 41.778                 | 149.577              |
| -18.25 | 43.132                 | 125.221              |
| -18.45 | 44.201                 | 102.82               |
| -18.65 | 44.989                 | 82.314               |
| -18.85 | 45.498                 | 63.638               |
| -19.05 | 45.73                  | 46.728               |
| -19.25 | 45.687                 | 31.522               |
| -19.45 | 45.371                 | 17.953               |
| -19.65 | 44.783                 | 5.957                |
| -19.85 | 43.924                 | 0.023                |
| -20.05 | 42.795                 | 0.021                |
| -20.25 | 41.397                 | 0.019                |
| -20.45 | 39.729                 | 0.018                |
| -20.65 | 37.791                 | 0.016                |
| -20.85 | 36.646                 | 0.014                |
| -21.05 | 39.462                 | 0.013                |
| -21.25 | 41.228                 | 0.011                |
| -21.45 | 42.01                  | 0.01                 |
| -21.65 | 41.872                 | 0.008                |
| -21.85 | 40.88                  | 0.007                |
| -22.05 | 39.098                 | 0.006                |
| -22.25 | 36.591                 | 0.005                |
| -22.45 | 33.44                  | 0.004                |
| -22.65 | 29.766                 | 0.003                |
| -22.85 | 25.688                 | 0.002                |
| -23.05 | 21.327                 | 0.002                |
| -23.25 | 16.803                 | 0.001                |
| -23.45 | 12.236                 | 0.001                |
| -23.65 | 7.883                  | 0                    |
| -23.85 | 4.14                   | 0                    |
| -24.05 | 1.4                    | 0                    |
| -24.25 | 0.058                  | 0                    |
| -24.3  | 0                      | 0                    |

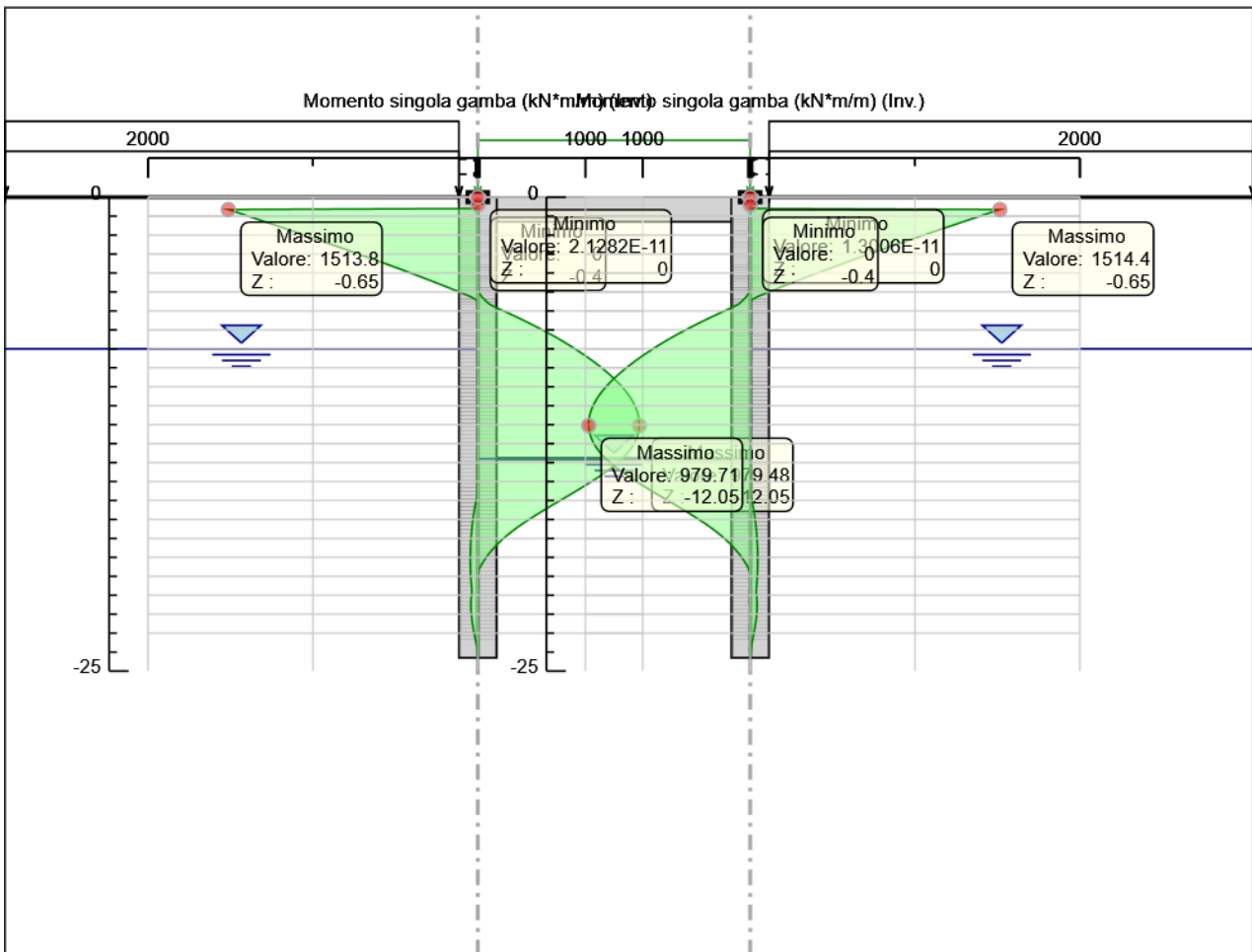
## CombinedWallElement\_New

Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Singola Gamba Muro: CombinedWallElement\_New

| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| 0      | 0                      | 0                    |
| -0.2   | 0                      | 0                    |
| -0.4   | 0                      | 0.222                |
| -0.6   | 0                      | 0.615                |
| -0.65  | 0                      | 1514.392             |
| -0.85  | 0                      | 1445.245             |
| -1.05  | 0                      | 1376.259             |
| -1.25  | 0                      | 1307.498             |
| -1.45  | 0                      | 1239.041             |
| -1.65  | 0                      | 1170.92              |
| -1.85  | 0                      | 1103.176             |
| -2.05  | 0                      | 1035.847             |
| -2.25  | 0                      | 968.968              |
| -2.45  | 0                      | 902.575              |
| -2.65  | 0                      | 836.7                |
| -2.85  | 0                      | 771.378              |
| -3.05  | 0                      | 706.641              |
| -3.25  | 0                      | 642.533              |
| -3.45  | 0                      | 579.083              |
| -3.65  | 0                      | 516.325              |
| -3.85  | 0                      | 454.287              |
| -4.05  | 0                      | 393                  |
| -4.25  | 0                      | 332.495              |
| -4.45  | 0                      | 272.801              |
| -4.65  | 0                      | 213.948              |
| -4.85  | 0                      | 155.973              |
| -5.05  | 7.864                  | 98.905               |
| -5.25  | 23.43                  | 42.977               |
| -5.45  | 45.754                 | 2.717                |
| -5.65  | 71.569                 | 2.376                |
| -5.85  | 117.584                | 2.058                |
| -6.05  | 168.57                 | 1.767                |
| -6.25  | 218.224                | 1.505                |
| -6.45  | 266.509                | 1.274                |
| -6.65  | 313.379                | 1.076                |
| -6.85  | 358.797                | 0.913                |
| -7.05  | 402.724                | 0.787                |
| -7.25  | 445.122                | 0.7                  |
| -7.45  | 485.955                | 0.652                |
| -7.65  | 525.185                | 0.647                |
| -7.85  | 562.773                | 0.686                |
| -8.05  | 598.682                | 0.769                |
| -8.25  | 633.338                | 0.835                |
| -8.45  | 666.684                | 0.883                |
| -8.65  | 698.666                | 0.917                |
| -8.85  | 729.228                | 0.937                |
| -9.05  | 758.314                | 0.946                |
| -9.25  | 785.869                | 0.945                |
| -9.45  | 811.838                | 0.934                |
| -9.65  | 836.166                | 0.917                |
| -9.85  | 858.797                | 0.892                |
| -10.05 | 879.673                | 0.863                |
| -10.25 | 898.738                | 0.829                |
| -10.45 | 915.937                | 0.792                |
| -10.65 | 931.214                | 0.753                |
| -10.85 | 944.515                | 0.711                |
| -11.05 | 955.784                | 0.668                |
| -11.25 | 964.966                | 0.625                |
| -11.45 | 972.006                | 0.582                |
| -11.65 | 976.848                | 0.538                |
| -11.85 | 979.435                | 0.496                |
| -12.05 | 979.711                | 0.454                |

| Selected Design Assumptions Inviluppi: Momento Singola Gamba Muro: CombinedWallElement_New |                        |                      |
|--|------------------------|----------------------|
| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
| -12.25   | 977.621                | 0.414                |
| -12.45   | 973.11                 | 0.375                |
| -12.65   | 966.122                | 0.338                |
| -12.85   | 956.602                | 0.303                |
| -13.05   | 944.496                | 0.27                 |
| -13.25   | 929.748                | 0.572                |
| -13.45   | 912.3                  | 1.408                |
| -13.65   | 892.097                | 2.325                |
| -13.85   | 869.084                | 3.114                |
| -14.05   | 843.286                | 3.784                |
| -14.25   | 814.968                | 4.343                |
| -14.45   | 784.396                | 4.798                |
| -14.65   | 751.835                | 5.156                |
| -14.85   | 717.551                | 5.425                |
| -15.05   | 681.809                | 5.613                |
| -15.25   | 644.872                | 5.73                 |
| -15.45   | 607.006                | 5.782                |
| -15.65   | 568.476                | 5.777                |
| -15.85   | 529.548                | 6.911                |
| -16.05   | 490.487                | 11.678               |
| -16.25   | 451.558                | 16.1                 |
| -16.45   | 413.028                | 20.183               |
| -16.65   | 375.161                | 23.933               |
| -16.85   | 338.223                | 27.356               |
| -17.05   | 302.478                | 30.46                |
| -17.25   | 268.19                 | 33.252               |
| -17.45   | 235.624                | 35.738               |
| -17.65   | 205.049                | 37.923               |
| -17.85   | 176.615                | 39.812               |
| -18.05   | 150.262                | 41.411               |
| -18.25   | 125.927                | 42.724               |
| -18.45   | 103.547                | 43.758               |
| -18.65   | 83.055                 | 44.516               |
| -18.85   | 64.391                 | 45.003               |
| -19.05   | 47.488                 | 45.22                |
| -19.25   | 32.284                 | 45.17                |
| -19.45   | 18.715                 | 44.852               |
| -19.65   | 6.714                  | 44.269               |
| -19.85   | 0.023                  | 43.422               |
| -20.05   | 0.021                  | 42.311               |
| -20.25   | 0.019                  | 40.936               |
| -20.45   | 0.018                  | 39.298               |
| -20.65   | 0.016                  | 37.397               |
| -20.85   | 0.014                  | 35.991               |
| -21.05   | 0.013                  | 38.835               |
| -21.25   | 0.011                  | 40.633               |
| -21.45   | 0.01                   | 41.449               |
| -21.65   | 0.008                  | 41.349               |
| -21.85   | 0.007                  | 40.397               |
| -22.05   | 0.006                  | 38.658               |
| -22.25   | 0.005                  | 36.198               |
| -22.45   | 0.004                  | 33.094               |
| -22.65   | 0.003                  | 29.468               |
| -22.85   | 0.002                  | 25.441               |
| -23.05   | 0.002                  | 21.131               |
| -23.25   | 0.001                  | 16.659               |
| -23.45   | 0.001                  | 12.146               |
| -23.65   | 0                      | 7.835                |
| -23.85   | 0                      | 4.12                 |
| -24.05   | 0                      | 1.396                |
| -24.25   | 0                      | 0.058                |
| -24.3  | 0                      | 0                    |





Momento Singola Gamba

## CombinedWallElement

**Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Singola Gamba Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
|--------|----------------------|--------------------|
| 0      | 0                    | 0                  |
| -0.2   | 1.109                | 0                  |
| -0.4   | 1.961                | 0                  |
| -0.6   | 2.331                | 0                  |
| -0.65  | 2.331                | 345.739            |
| -0.85  | 1.572                | 345.739            |
| -1.05  | 2.312                | 344.947            |
| -1.25  | 3.193                | 343.634            |
| -1.45  | 3.399                | 342.17             |
| -1.65  | 3.399                | 340.518            |
| -1.85  | 3.271                | 338.671            |
| -2.05  | 3.005                | 336.638            |
| -2.25  | 2.63                 | 334.349            |
| -2.45  | 2.162                | 331.893            |
| -2.65  | 1.667                | 329.274            |
| -2.85  | 1.202                | 326.494            |
| -3.05  | 0.769                | 323.556            |
| -3.25  | 0.368                | 320.462            |
| -3.45  | 0                    | 317.163            |
| -3.65  | 0                    | 313.714            |
| -3.85  | 0                    | 310.114            |
| -4.05  | 0                    | 306.366            |
| -4.25  | 0                    | 302.47             |
| -4.45  | 0                    | 298.388            |
| -4.65  | 0                    | 294.16             |
| -4.85  | 0                    | 289.787            |
| -5.05  | 0                    | 285.269            |
| -5.25  | 0                    | 279.599            |
| -5.45  | 0                    | 273.696            |
| -5.65  | 0                    | 267.604            |
| -5.85  | 0                    | 261.324            |
| -6.05  | 0                    | 254.855            |
| -6.25  | 0                    | 248.198            |
| -6.45  | 0                    | 241.316            |
| -6.65  | 0                    | 234.248            |
| -6.85  | 0                    | 226.993            |
| -7.05  | 0                    | 219.551            |
| -7.25  | 3.479                | 211.922            |
| -7.45  | 8.154                | 204.106            |
| -7.65  | 12.482               | 196.074            |
| -7.85  | 16.498               | 187.855            |
| -8.05  | 17.992               | 179.451            |
| -8.25  | 19.203               | 173.196            |
| -8.45  | 20.11                | 166.665            |
| -8.65  | 20.71                | 159.84             |
| -8.85  | 21.034               | 152.739            |
| -9.05  | 21.113               | 145.363            |
| -9.25  | 21.113               | 137.71             |
| -9.45  | 20.974               | 129.783            |
| -9.65  | 26.562               | 121.563            |
| -9.85  | 35.605               | 113.068            |
| -10.05 | 44.492               | 104.297            |
| -10.25 | 51.835               | 95.251             |
| -10.45 | 57.649               | 85.93              |
| -10.65 | 61.921               | 76.318             |
| -10.85 | 64.649               | 66.431             |
| -11.05 | 65.834               | 56.269             |
| -11.25 | 65.834               | 45.832             |
| -11.45 | 65.475               | 35.119             |
| -11.65 | 64.094               | 24.131             |
| -11.85 | 62.629               | 12.854             |
| -12.05 | 61.078               | 1.302              |

**Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Singola Gamba Muro: CombinedWallElement**

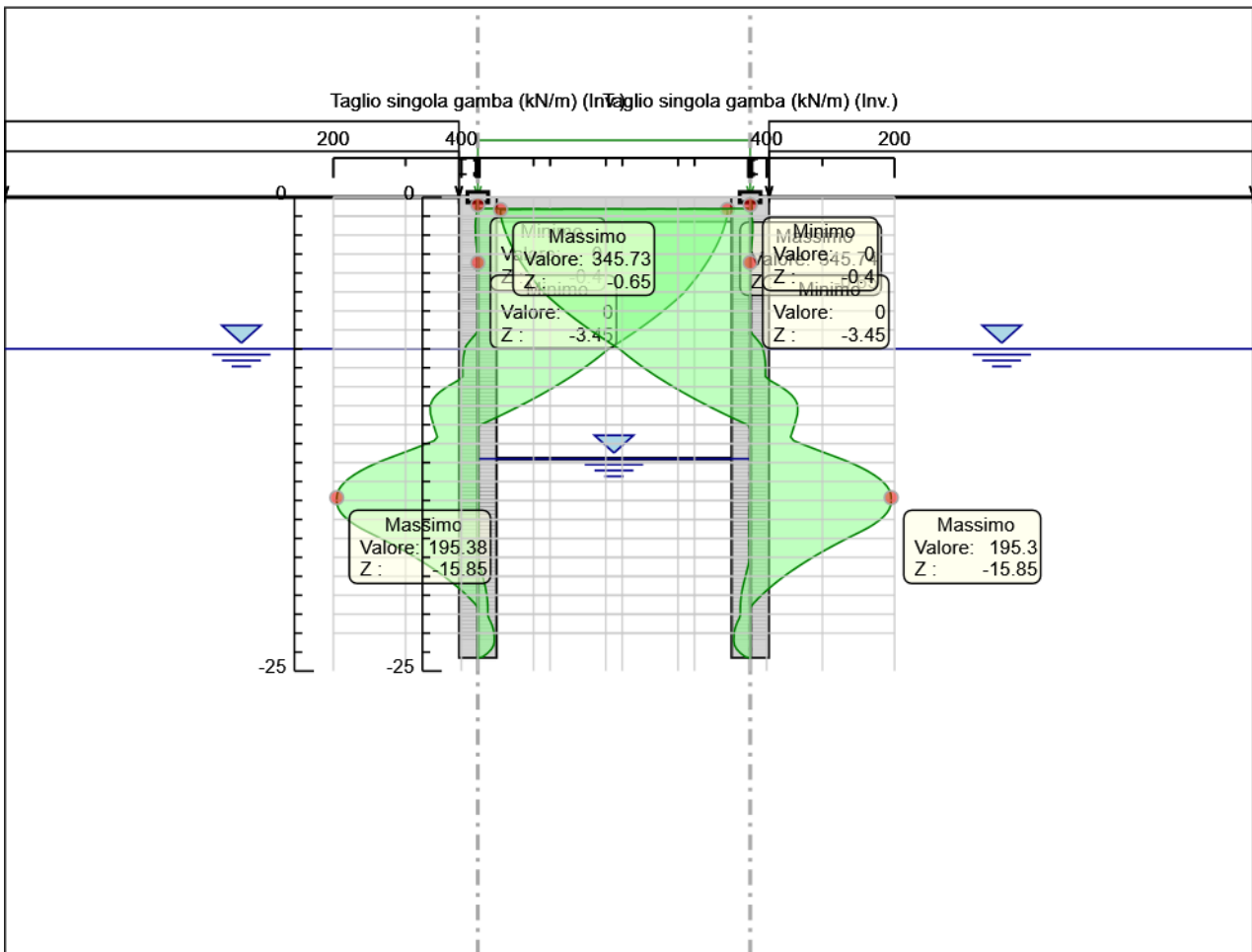
| Z (m)  | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
|--------|----------------------|--------------------|
| -12.25 | 59.451               | 0.201              |
| -12.45 | 57.758               | 0.194              |
| -12.65 | 56.006               | 0.186              |
| -12.85 | 60.61                | 0.177              |
| -13.05 | 73.825               | 0.167              |
| -13.25 | 87.316               | 0.157              |
| -13.45 | 101.082              | 0.148              |
| -13.65 | 115.134              | 0.137              |
| -13.85 | 129.061              | 0.127              |
| -14.05 | 141.659              | 0.118              |
| -14.25 | 152.93               | 0.108              |
| -14.45 | 162.873              | 0.098              |
| -14.65 | 171.498              | 0.089              |
| -14.85 | 178.796              | 0.081              |
| -15.05 | 184.766              | 0.072              |
| -15.25 | 189.407              | 0.064              |
| -15.45 | 192.721              | 0.076              |
| -15.65 | 194.707              | 0.286              |
| -15.85 | 195.375              | 0.491              |
| -16.05 | 195.375              | 0.667              |
| -16.25 | 194.715              | 0.814              |
| -16.45 | 192.727              | 0.935              |
| -16.65 | 189.411              | 1.029              |
| -16.85 | 184.767              | 1.085              |
| -17.05 | 178.804              | 1.116              |
| -17.25 | 171.514              | 1.126              |
| -17.45 | 162.895              | 1.126              |
| -17.65 | 152.949              | 1.115              |
| -17.85 | 142.261              | 1.099              |
| -18.05 | 131.87               | 1.078              |
| -18.25 | 121.782              | 1.054              |
| -18.45 | 112.001              | 1.026              |
| -18.65 | 102.533              | 0.996              |
| -18.85 | 93.38                | 0.963              |
| -19.05 | 84.546               | 0.928              |
| -19.25 | 76.034               | 1.581              |
| -19.45 | 67.844               | 2.94               |
| -19.65 | 59.98                | 4.294              |
| -19.85 | 52.441               | 5.644              |
| -20.05 | 45.229               | 6.992              |
| -20.25 | 38.344               | 8.339              |
| -20.45 | 31.787               | 9.687              |
| -20.65 | 25.557               | 10.887             |
| -20.85 | 19.655               | 11.877             |
| -21.05 | 14.08                | 12.661             |
| -21.25 | 8.831                | 13.243             |
| -21.45 | 3.908                | 13.627             |
| -21.65 | 0.007                | 13.817             |
| -21.85 | 0.006                | 13.817             |
| -22.05 | 0.006                | 13.815             |
| -22.25 | 0.005                | 15.754             |
| -22.45 | 0.005                | 18.372             |
| -22.65 | 0.004                | 20.388             |
| -22.85 | 0.004                | 21.804             |
| -23.05 | 0.003                | 22.62              |
| -23.25 | 0.003                | 22.836             |
| -23.45 | 0.002                | 22.836             |
| -23.65 | 0.002                | 21.763             |
| -23.85 | 0.001                | 18.717             |
| -24.05 | 0.001                | 13.7               |
| -24.25 | 0                    | 6.71               |
| -24.3  | 0                    | 1.157              |

## CombinedWallElement\_New

Selected Design Assumptions Involuppi: Taglio Singola Gamba Muro: CombinedWallElement\_New

| Z (m)  | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
|--------|----------------------|--------------------|
| 0      | 0                    | 0                  |
| -0.2   | 0                    | 1.111              |
| -0.4   | 0                    | 1.965              |
| -0.6   | 0                    | 2.34               |
| -0.65  | 345.731              | 2.34               |
| -0.85  | 345.731              | 1.572              |
| -1.05  | 344.928              | 2.312              |
| -1.25  | 343.808              | 3.193              |
| -1.45  | 342.288              | 3.399              |
| -1.65  | 340.602              | 3.399              |
| -1.85  | 338.718              | 3.271              |
| -2.05  | 336.647              | 3.005              |
| -2.25  | 334.395              | 2.63               |
| -2.45  | 331.968              | 2.162              |
| -2.65  | 329.372              | 1.667              |
| -2.85  | 326.61               | 1.202              |
| -3.05  | 323.685              | 0.769              |
| -3.25  | 320.542              | 0.368              |
| -3.45  | 317.244              | 0                  |
| -3.65  | 313.793              | 0                  |
| -3.85  | 310.189              | 0                  |
| -4.05  | 306.433              | 0                  |
| -4.25  | 302.527              | 0                  |
| -4.45  | 298.471              | 0                  |
| -4.65  | 294.266              | 0                  |
| -4.85  | 289.875              | 0                  |
| -5.05  | 285.338              | 0                  |
| -5.25  | 279.64               | 0                  |
| -5.45  | 273.749              | 0                  |
| -5.65  | 267.667              | 0                  |
| -5.85  | 261.393              | 0                  |
| -6.05  | 254.928              | 0                  |
| -6.25  | 248.272              | 0                  |
| -6.45  | 241.425              | 0                  |
| -6.65  | 234.351              | 0                  |
| -6.85  | 227.087              | 0                  |
| -7.05  | 219.635              | 0                  |
| -7.25  | 211.994              | 3.512              |
| -7.45  | 204.165              | 8.165              |
| -7.65  | 196.147              | 12.476             |
| -7.85  | 187.941              | 16.477             |
| -8.05  | 179.547              | 17.997             |
| -8.25  | 173.278              | 19.235             |
| -8.45  | 166.732              | 20.141             |
| -8.65  | 159.908              | 20.741             |
| -8.85  | 152.808              | 21.068             |
| -9.05  | 145.431              | 21.152             |
| -9.25  | 137.777              | 21.152             |
| -9.45  | 129.847              | 21.02              |
| -9.65  | 121.639              | 26.563             |
| -9.85  | 113.155              | 35.613             |
| -10.05 | 104.378              | 44.507             |
| -10.25 | 95.324               | 51.859             |
| -10.45 | 85.994               | 57.668             |
| -10.65 | 76.388               | 61.935             |
| -10.85 | 66.505               | 64.66              |
| -11.05 | 56.346               | 65.843             |
| -11.25 | 45.911               | 65.843             |
| -11.45 | 35.199               | 65.483             |
| -11.65 | 24.212               | 64.1               |
| -11.85 | 12.934               | 62.634             |
| -12.05 | 1.38                 | 61.083             |

| Selected Design Assumptions Inviluppi: Taglio Singola Gamba Muro: CombinedWallElement_New |                      |                    |
|---|----------------------|--------------------|
| Z (m)   | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| -12.25  | 0.201                | 59.457             |
| -12.45  | 0.194                | 57.765             |
| -12.65  | 0.186                | 56.016             |
| -12.85  | 0.177                | 60.531             |
| -13.05  | 0.167                | 73.742             |
| -13.25  | 0.157                | 87.24              |
| -13.45  | 0.148                | 101.015            |
| -13.65  | 0.137                | 115.065            |
| -13.85  | 0.127                | 128.991            |
| -14.05  | 0.118                | 141.589            |
| -14.25  | 0.108                | 152.86             |
| -14.45  | 0.098                | 162.804            |
| -14.65  | 0.089                | 171.421            |
| -14.85  | 0.081                | 178.711            |
| -15.05  | 0.072                | 184.684            |
| -15.25  | 0.064                | 189.33             |
| -15.45  | 0.071                | 192.649            |
| -15.65  | 0.281                | 194.641            |
| -15.85  | 0.508                | 195.305            |
| -16.05  | 0.707                | 195.305            |
| -16.25  | 0.879                | 194.642            |
| -16.45  | 1.025                | 192.652            |
| -16.65  | 1.147                | 189.334            |
| -16.85  | 1.229                | 184.69             |
| -17.05  | 1.291                | 178.727            |
| -17.25  | 1.332                | 171.438            |
| -17.45  | 1.354                | 162.821            |
| -17.65  | 1.359                | 152.876            |
| -17.85  | 1.359                | 142.169            |
| -18.05  | 1.346                | 131.767            |
| -18.25  | 1.317                | 121.676            |
| -18.45  | 1.274                | 111.901            |
| -18.65  | 1.2                  | 102.455            |
| -18.85  | 1.128                | 93.324             |
| -19.05  | 1.057                | 84.511             |
| -19.25  | 1.588                | 76.019             |
| -19.45  | 2.914                | 67.849             |
| -19.65  | 4.236                | 60.003             |
| -19.85  | 5.555                | 52.483             |
| -20.05  | 6.873                | 45.289             |
| -20.25  | 8.19                 | 38.421             |
| -20.45  | 9.508                | 31.881             |
| -20.65  | 10.709               | 25.667             |
| -20.85  | 11.703               | 19.781             |
| -21.05  | 12.491               | 14.222             |
| -21.25  | 13.079               | 8.988              |
| -21.45  | 13.47                | 4.081              |
| -21.65  | 13.667               | 0.007              |
| -21.85  | 13.674               | 0.006              |
| -22.05  | 13.674               | 0.006              |
| -22.25  | 15.517               | 0.005              |
| -22.45  | 18.128               | 0.005              |
| -22.65  | 20.139               | 0.004              |
| -22.85  | 21.548               | 0.004              |
| -23.05  | 22.357               | 0.003              |
| -23.25  | 22.567               | 0.003              |
| -23.45  | 22.567               | 0.002              |
| -23.65  | 21.557               | 0.002              |
| -23.85  | 18.574               | 0.001              |
| -24.05  | 13.619               | 0.001              |
| -24.25  | 6.692                | 0                  |
| -24.3   | 1.153                | 0                  |



Taglio Singola Gamba

## CombinedWallElement

**Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Risultante Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| 0      | 0                      | 0                    |
| -0.2   | 0                      | 0                    |
| -0.4   | 0.444                  | 0                    |
| -0.6   | 1.228                  | 0                    |
| -0.65  | 3027.531               | 0                    |
| -0.85  | 2889.236               | 0                    |
| -1.05  | 2751.256               | 0                    |
| -1.25  | 2613.803               | 0                    |
| -1.45  | 2476.936               | 0                    |
| -1.65  | 2340.728               | 0                    |
| -1.85  | 2205.26                | 0                    |
| -2.05  | 2070.605               | 0                    |
| -2.25  | 1936.865               | 0                    |
| -2.45  | 1804.108               | 0                    |
| -2.65  | 1672.398               | 0                    |
| -2.85  | 1541.8                 | 0                    |
| -3.05  | 1412.378               | 0                    |
| -3.25  | 1284.193               | 0                    |
| -3.45  | 1157.327               | 0                    |
| -3.65  | 1031.842               | 0                    |
| -3.85  | 907.796                | 0                    |
| -4.05  | 785.25                 | 0                    |
| -4.25  | 664.262                | 0                    |
| -4.45  | 544.907                | 0                    |
| -4.65  | 427.243                | 0                    |
| -4.85  | 311.329                | 0                    |
| -5.05  | 197.221                | 15.624               |
| -5.25  | 85.381                 | 46.775               |
| -5.45  | 5.434                  | 91.592               |
| -5.65  | 4.751                  | 143.233              |
| -5.85  | 4.116                  | 235.668              |
| -6.05  | 3.535                  | 337.61               |
| -6.25  | 3.011                  | 436.889              |
| -6.45  | 2.549                  | 533.415              |
| -6.65  | 2.153                  | 627.114              |
| -6.85  | 1.827                  | 717.911              |
| -7.05  | 1.574                  | 805.732              |
| -7.25  | 1.399                  | 890.5                |
| -7.45  | 1.305                  | 972.142              |
| -7.65  | 1.294                  | 1050.572             |
| -7.85  | 1.371                  | 1125.714             |
| -8.05  | 1.539                  | 1197.494             |
| -8.25  | 1.669                  | 1266.773             |
| -8.45  | 1.766                  | 1333.439             |
| -8.65  | 1.834                  | 1397.374             |
| -8.85  | 1.874                  | 1458.47              |
| -9.05  | 1.892                  | 1516.615             |
| -9.25  | 1.889                  | 1571.699             |
| -9.45  | 1.869                  | 1623.612             |
| -9.65  | 1.833                  | 1672.237             |
| -9.85  | 1.785                  | 1717.464             |
| -10.05 | 1.726                  | 1759.185             |
| -10.25 | 1.659                  | 1797.285             |
| -10.45 | 1.585                  | 1831.657             |
| -10.65 | 1.505                  | 1862.182             |
| -10.85 | 1.422                  | 1888.756             |
| -11.05 | 1.337                  | 1911.263             |
| -11.25 | 1.25                   | 1929.595             |
| -11.45 | 1.163                  | 1943.643             |
| -11.65 | 1.077                  | 1953.296             |
| -11.85 | 0.992                  | 1958.437             |
| -12.05 | 0.909                  | 1958.958             |

**Selected Design Assumptions Involupi: Momento Risultante Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| -12.25 | 0.828                  | 1954.748             |
| -12.45 | 0.751                  | 1945.697             |
| -12.65 | 0.677                  | 1931.695             |
| -12.85 | 0.606                  | 1912.628             |
| -13.05 | 0.539                  | 1888.383             |
| -13.25 | 0.889                  | 1858.853             |
| -13.45 | 2.441                  | 1823.926             |
| -13.65 | 4.244                  | 1783.493             |
| -13.85 | 5.794                  | 1737.44              |
| -14.05 | 7.106                  | 1685.815             |
| -14.25 | 8.196                  | 1629.152             |
| -14.45 | 9.08                   | 1567.981             |
| -14.65 | 9.772                  | 1502.831             |
| -14.85 | 10.295                 | 1434.232             |
| -15.05 | 10.662                 | 1362.713             |
| -15.25 | 10.889                 | 1288.807             |
| -15.45 | 10.989                 | 1213.044             |
| -15.65 | 10.975                 | 1135.955             |
| -15.85 | 13.822                 | 1058.073             |
| -16.05 | 23.397                 | 979.923              |
| -16.25 | 32.287                 | 902.037              |
| -16.45 | 40.504                 | 824.946              |
| -16.65 | 48.061                 | 749.182              |
| -16.85 | 54.97                  | 675.275              |
| -17.05 | 61.247                 | 603.753              |
| -17.25 | 66.905                 | 535.147              |
| -17.45 | 71.955                 | 469.986              |
| -17.65 | 76.408                 | 408.806              |
| -17.85 | 80.273                 | 351.902              |
| -18.05 | 83.556                 | 299.154              |
| -18.25 | 86.263                 | 250.441              |
| -18.45 | 88.402                 | 205.641              |
| -18.65 | 89.978                 | 164.628              |
| -18.85 | 90.996                 | 127.275              |
| -19.05 | 91.46                  | 93.457               |
| -19.25 | 91.374                 | 63.043               |
| -19.45 | 90.742                 | 35.906               |
| -19.65 | 89.566                 | 11.914               |
| -19.85 | 87.848                 | 0.046                |
| -20.05 | 85.59                  | 0.042                |
| -20.25 | 82.793                 | 0.039                |
| -20.45 | 79.458                 | 0.035                |
| -20.65 | 75.583                 | 0.032                |
| -20.85 | 73.292                 | 0.029                |
| -21.05 | 78.924                 | 0.025                |
| -21.25 | 82.457                 | 0.022                |
| -21.45 | 84.02                  | 0.019                |
| -21.65 | 83.744                 | 0.017                |
| -21.85 | 81.76                  | 0.014                |
| -22.05 | 78.196                 | 0.012                |
| -22.25 | 73.182                 | 0.01                 |
| -22.45 | 66.88                  | 0.008                |
| -22.65 | 59.531                 | 0.006                |
| -22.85 | 51.375                 | 0.005                |
| -23.05 | 42.654                 | 0.004                |
| -23.25 | 33.606                 | 0.002                |
| -23.45 | 24.471                 | 0.002                |
| -23.65 | 15.766                 | 0.001                |
| -23.85 | 8.279                  | 0                    |
| -24.05 | 2.8                    | 0                    |
| -24.25 | 0.116                  | 0                    |
| -24.3  | 0                      | 0                    |



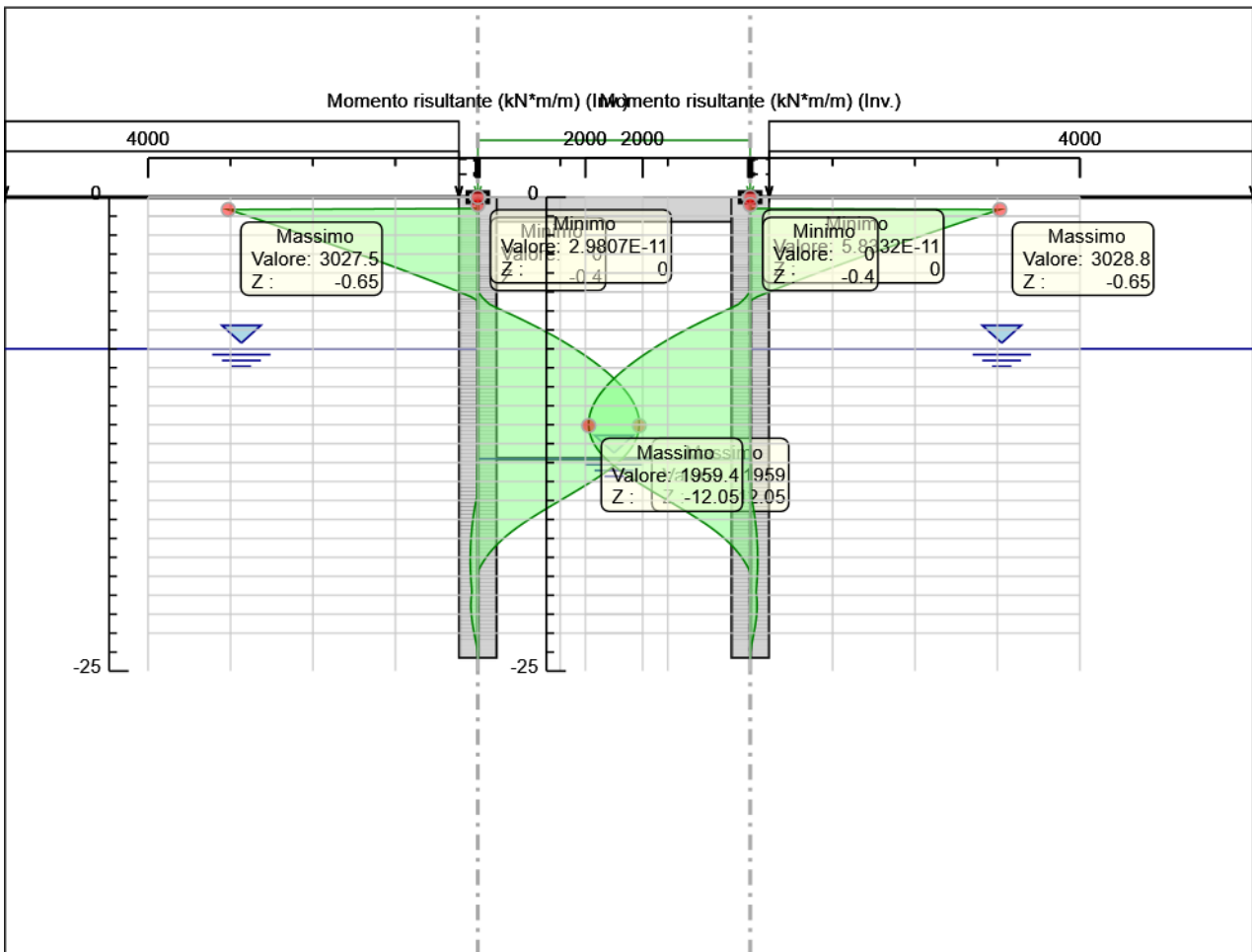
## CombinedWallElement\_New

Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Risultante Muro: CombinedWallElement\_New

| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| 0      | 0                      | 0                    |
| -0.2   | 0                      | 0                    |
| -0.4   | 0                      | 0.445                |
| -0.6   | 0                      | 1.231                |
| -0.65  | 0                      | 3028.783             |
| -0.85  | 0                      | 2890.49              |
| -1.05  | 0                      | 2752.52              |
| -1.25  | 0                      | 2614.997             |
| -1.45  | 0                      | 2478.081             |
| -1.65  | 0                      | 2341.841             |
| -1.85  | 0                      | 2206.354             |
| -2.05  | 0                      | 2071.694             |
| -2.25  | 0                      | 1937.936             |
| -2.45  | 0                      | 1805.149             |
| -2.65  | 0                      | 1673.4               |
| -2.85  | 0                      | 1542.756             |
| -3.05  | 0                      | 1413.282             |
| -3.25  | 0                      | 1285.065             |
| -3.45  | 0                      | 1158.167             |
| -3.65  | 0                      | 1032.65              |
| -3.85  | 0                      | 908.574              |
| -4.05  | 0                      | 786.001              |
| -4.25  | 0                      | 664.991              |
| -4.45  | 0                      | 545.602              |
| -4.65  | 0                      | 427.896              |
| -4.85  | 0                      | 311.946              |
| -5.05  | 15.729                 | 197.81               |
| -5.25  | 46.86                  | 85.954               |
| -5.45  | 91.507                 | 5.434                |
| -5.65  | 143.138                | 4.751                |
| -5.85  | 235.169                | 4.116                |
| -6.05  | 337.14                 | 3.535                |
| -6.25  | 436.449                | 3.011                |
| -6.45  | 533.018                | 2.549                |
| -6.65  | 626.758                | 2.153                |
| -6.85  | 717.593                | 1.827                |
| -7.05  | 805.447                | 1.574                |
| -7.25  | 890.245                | 1.399                |
| -7.45  | 971.91                 | 1.305                |
| -7.65  | 1050.369               | 1.294                |
| -7.85  | 1125.546               | 1.371                |
| -8.05  | 1197.365               | 1.539                |
| -8.25  | 1266.676               | 1.669                |
| -8.45  | 1333.368               | 1.766                |
| -8.65  | 1397.332               | 1.834                |
| -8.85  | 1458.456               | 1.874                |
| -9.05  | 1516.627               | 1.892                |
| -9.25  | 1571.739               | 1.889                |
| -9.45  | 1623.677               | 1.869                |
| -9.65  | 1672.333               | 1.833                |
| -9.85  | 1717.595               | 1.785                |
| -10.05 | 1759.347               | 1.726                |
| -10.25 | 1797.476               | 1.659                |
| -10.45 | 1831.874               | 1.585                |
| -10.65 | 1862.427               | 1.505                |
| -10.85 | 1889.03                | 1.422                |
| -11.05 | 1911.568               | 1.337                |
| -11.25 | 1929.932               | 1.25                 |
| -11.45 | 1944.012               | 1.163                |
| -11.65 | 1953.697               | 1.077                |
| -11.85 | 1958.87                | 0.992                |
| -12.05 | 1959.422               | 0.909                |

**Selected Design Assumptions Involuppi: Momento Risultante Muro: CombinedWallElement\_New**

| Z (m)  | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
|--------|------------------------|----------------------|
| -12.25 | 1955.242               | 0.828                |
| -12.45 | 1946.22                | 0.751                |
| -12.65 | 1932.243               | 0.677                |
| -12.85 | 1913.205               | 0.606                |
| -13.05 | 1888.992               | 0.539                |
| -13.25 | 1859.495               | 1.145                |
| -13.45 | 1824.599               | 2.815                |
| -13.65 | 1784.194               | 4.649                |
| -13.85 | 1738.168               | 6.228                |
| -14.05 | 1686.571               | 7.569                |
| -14.25 | 1629.936               | 8.686                |
| -14.45 | 1568.792               | 9.595                |
| -14.65 | 1503.67                | 10.312               |
| -14.85 | 1435.101               | 10.85                |
| -15.05 | 1363.617               | 11.225               |
| -15.25 | 1289.743               | 11.459               |
| -15.45 | 1214.011               | 11.564               |
| -15.65 | 1136.952               | 11.555               |
| -15.85 | 1059.095               | 13.821               |
| -16.05 | 980.973                | 23.357               |
| -16.25 | 903.117                | 32.2                 |
| -16.45 | 826.056                | 40.366               |
| -16.65 | 750.322                | 47.865               |
| -16.85 | 676.446                | 54.712               |
| -17.05 | 604.955                | 60.921               |
| -17.25 | 536.38                 | 66.505               |
| -17.45 | 471.249                | 71.476               |
| -17.65 | 410.098                | 75.845               |
| -17.85 | 353.231                | 79.623               |
| -18.05 | 300.524                | 82.821               |
| -18.25 | 251.854                | 85.449               |
| -18.45 | 207.093                | 87.515               |
| -18.65 | 166.111                | 89.033               |
| -18.85 | 128.781                | 90.007               |
| -19.05 | 94.976                 | 90.441               |
| -19.25 | 64.569                 | 90.339               |
| -19.45 | 37.429                 | 89.704               |
| -19.65 | 13.428                 | 88.538               |
| -19.85 | 0.046                  | 86.844               |
| -20.05 | 0.042                  | 84.622               |
| -20.25 | 0.039                  | 81.872               |
| -20.45 | 0.035                  | 78.597               |
| -20.65 | 0.032                  | 74.794               |
| -20.85 | 0.029                  | 71.981               |
| -21.05 | 0.025                  | 77.67                |
| -21.25 | 0.022                  | 81.265               |
| -21.45 | 0.019                  | 82.898               |
| -21.65 | 0.017                  | 82.697               |
| -21.85 | 0.014                  | 80.793               |
| -22.05 | 0.012                  | 77.316               |
| -22.25 | 0.01                   | 72.395               |
| -22.45 | 0.008                  | 66.188               |
| -22.65 | 0.006                  | 58.937               |
| -22.85 | 0.005                  | 50.881               |
| -23.05 | 0.004                  | 42.262               |
| -23.25 | 0.002                  | 33.319               |
| -23.45 | 0.002                  | 24.292               |
| -23.65 | 0.001                  | 15.669               |
| -23.85 | 0                      | 8.24                 |
| -24.05 | 0                      | 2.792                |
| -24.25 | 0                      | 0.115                |
| -24.3  | 0                      | 0                    |



Momento Risultante

## CombinedWallElement

Selected Design Assumptions Involuppi: Azioni Assiali (sx) Muro: CombinedWallElement

| Z (m)  | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
|--------|----------------------|--------------------|
| 0      | 0                    | 0                  |
| -0.2   | 0                    | 0                  |
| -0.4   | 0                    | 0                  |
| -0.6   | 0                    | 0                  |
| -0.65  | 0                    | 0                  |
| -0.85  | 0                    | 0                  |
| -1.05  | 0                    | 0                  |
| -1.25  | 0                    | 0                  |
| -1.45  | 0                    | 0                  |
| -1.65  | 0                    | 0                  |
| -1.85  | 0                    | 0                  |
| -2.05  | 0                    | 0                  |
| -2.25  | 0                    | 0                  |
| -2.45  | 0                    | 0                  |
| -2.65  | 0                    | 0                  |
| -2.85  | 0                    | 0                  |
| -3.05  | 0                    | 0                  |
| -3.25  | 0                    | 0                  |
| -3.45  | 0                    | 0                  |
| -3.65  | 0                    | 0                  |
| -3.85  | 0                    | 0                  |
| -4.05  | 0                    | 0                  |
| -4.25  | 0                    | 0                  |
| -4.45  | 0                    | 0                  |
| -4.65  | 0                    | 0                  |
| -4.85  | 0                    | 0                  |
| -5.05  | 0                    | 0                  |
| -5.25  | 0                    | 0                  |
| -5.45  | 0                    | 0                  |
| -5.65  | 0                    | 0                  |
| -5.85  | 0                    | 0                  |
| -6.05  | 0                    | 0                  |
| -6.25  | 0                    | 0                  |
| -6.45  | 0                    | 0                  |
| -6.65  | 0                    | 0                  |
| -6.85  | 0                    | 0                  |
| -7.05  | 0                    | 0                  |
| -7.25  | 0                    | 0                  |
| -7.45  | 0                    | 0                  |
| -7.65  | 0                    | 0                  |
| -7.85  | 0                    | 0                  |
| -8.05  | 0                    | 0                  |
| -8.25  | 0                    | 0                  |
| -8.45  | 0                    | 0                  |
| -8.65  | 0                    | 0                  |
| -8.85  | 0                    | 0                  |
| -9.05  | 0                    | 0                  |
| -9.25  | 0                    | 0                  |
| -9.45  | 0                    | 0                  |
| -9.65  | 0                    | 0                  |
| -9.85  | 0                    | 0                  |
| -10.05 | 0                    | 0                  |
| -10.25 | 0                    | 0                  |
| -10.45 | 0                    | 0                  |
| -10.65 | 0                    | 0                  |
| -10.85 | 0                    | 0                  |
| -11.05 | 0                    | 0                  |
| -11.25 | 0                    | 0                  |
| -11.45 | 0                    | 0                  |
| -11.65 | 0                    | 0                  |
| -11.85 | 0                    | 0                  |
| -12.05 | 0                    | 0                  |

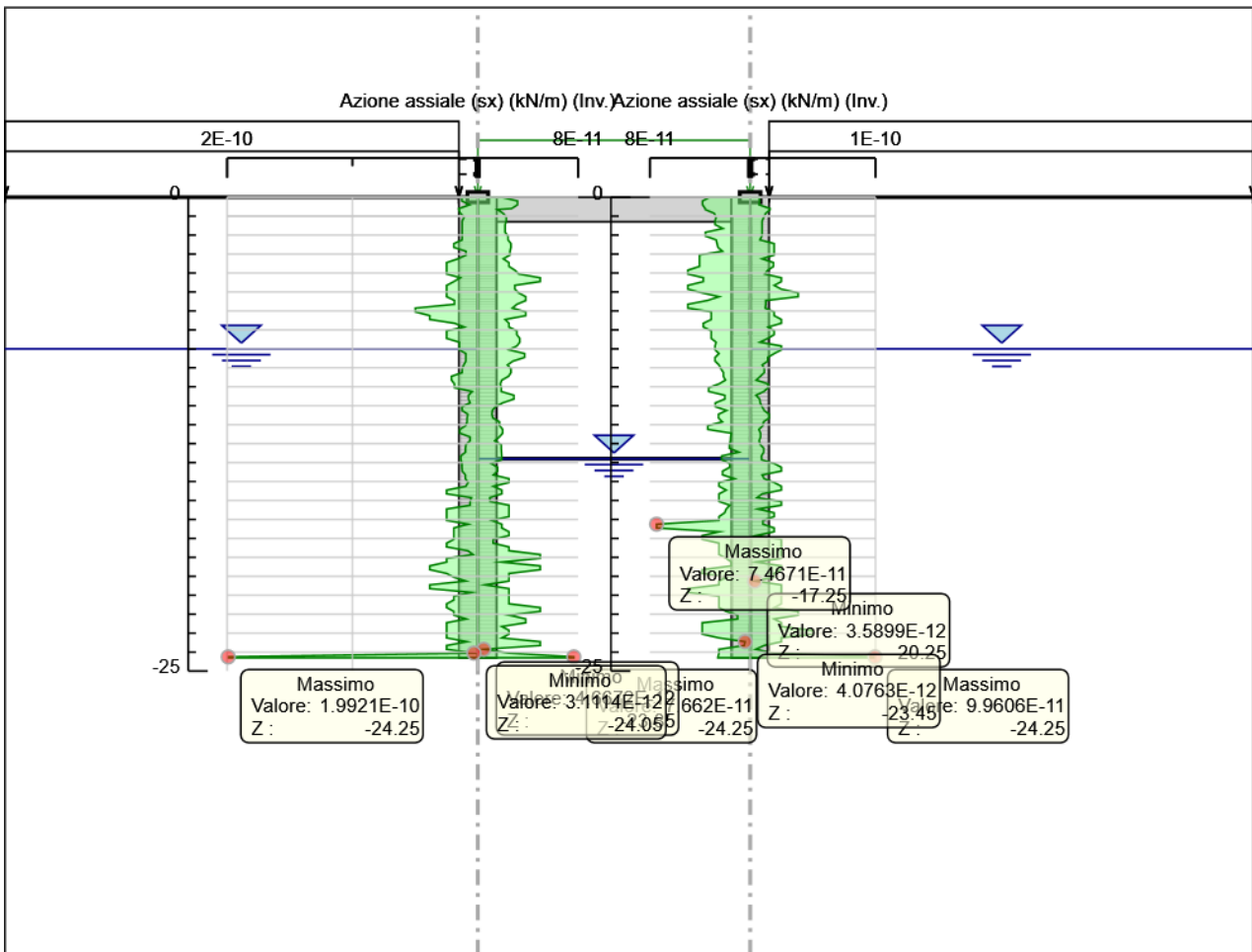
| Selected Design Assumptions Inviluppi: Azioni Assiali (sx) Muro: CombinedWallElement |                      |                    |
|--|----------------------|--------------------|
| Z (m)  | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| -12.25   | 0                    | 0                  |
| -12.45   | 0                    | 0                  |
| -12.65   | 0                    | 0                  |
| -12.85   | 0                    | 0                  |
| -13.05   | 0                    | 0                  |
| -13.25   | 0                    | 0                  |
| -13.45   | 0                    | 0                  |
| -13.65   | 0                    | 0                  |
| -13.85   | 0                    | 0                  |
| -14.05   | 0                    | 0                  |
| -14.25   | 0                    | 0                  |
| -14.45   | 0                    | 0                  |
| -14.65   | 0                    | 0                  |
| -14.85   | 0                    | 0                  |
| -15.05   | 0                    | 0                  |
| -15.25   | 0                    | 0                  |
| -15.45   | 0                    | 0                  |
| -15.65   | 0                    | 0                  |
| -15.85   | 0                    | 0                  |
| -16.05   | 0                    | 0                  |
| -16.25   | 0                    | 0                  |
| -16.45   | 0                    | 0                  |
| -16.65   | 0                    | 0                  |
| -16.85   | 0                    | 0                  |
| -17.05   | 0                    | 0                  |
| -17.25   | 0                    | 0                  |
| -17.45   | 0                    | 0                  |
| -17.65   | 0                    | 0                  |
| -17.85   | 0                    | 0                  |
| -18.05   | 0                    | 0                  |
| -18.25   | 0                    | 0                  |
| -18.45   | 0                    | 0                  |
| -18.65   | 0                    | 0                  |
| -18.85   | 0                    | 0                  |
| -19.05   | 0                    | 0                  |
| -19.25   | 0                    | 0                  |
| -19.45   | 0                    | 0                  |
| -19.65   | 0                    | 0                  |
| -19.85   | 0                    | 0                  |
| -20.05   | 0                    | 0                  |
| -20.25   | 0                    | 0                  |
| -20.45   | 0                    | 0                  |
| -20.65   | 0                    | 0                  |
| -20.85   | 0                    | 0                  |
| -21.05   | 0                    | 0                  |
| -21.25   | 0                    | 0                  |
| -21.45   | 0                    | 0                  |
| -21.65   | 0                    | 0                  |
| -21.85   | 0                    | 0                  |
| -22.05   | 0                    | 0                  |
| -22.25   | 0                    | 0                  |
| -22.45   | 0                    | 0                  |
| -22.65   | 0                    | 0                  |
| -22.85   | 0                    | 0                  |
| -23.05   | 0                    | 0                  |
| -23.25   | 0                    | 0                  |
| -23.45   | 0                    | 0                  |
| -23.65   | 0                    | 0                  |
| -23.85   | 0                    | 0                  |
| -24.05   | 0                    | 0                  |
| -24.25   | 0                    | 0                  |
| -24.3  | 0                    | 0                  |

## CombinedWallElement\_New

Selected Design Assumptions Involuppi: Azioni Assiali (sx) Muro: CombinedWallElement\_New

| Z (m)  | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
|--------|----------------------|--------------------|
| 0      | 0                    | 0                  |
| -0.2   | 0                    | 0                  |
| -0.4   | 0                    | 0                  |
| -0.6   | 0                    | 0                  |
| -0.65  | 0                    | 0                  |
| -0.85  | 0                    | 0                  |
| -1.05  | 0                    | 0                  |
| -1.25  | 0                    | 0                  |
| -1.45  | 0                    | 0                  |
| -1.65  | 0                    | 0                  |
| -1.85  | 0                    | 0                  |
| -2.05  | 0                    | 0                  |
| -2.25  | 0                    | 0                  |
| -2.45  | 0                    | 0                  |
| -2.65  | 0                    | 0                  |
| -2.85  | 0                    | 0                  |
| -3.05  | 0                    | 0                  |
| -3.25  | 0                    | 0                  |
| -3.45  | 0                    | 0                  |
| -3.65  | 0                    | 0                  |
| -3.85  | 0                    | 0                  |
| -4.05  | 0                    | 0                  |
| -4.25  | 0                    | 0                  |
| -4.45  | 0                    | 0                  |
| -4.65  | 0                    | 0                  |
| -4.85  | 0                    | 0                  |
| -5.05  | 0                    | 0                  |
| -5.25  | 0                    | 0                  |
| -5.45  | 0                    | 0                  |
| -5.65  | 0                    | 0                  |
| -5.85  | 0                    | 0                  |
| -6.05  | 0                    | 0                  |
| -6.25  | 0                    | 0                  |
| -6.45  | 0                    | 0                  |
| -6.65  | 0                    | 0                  |
| -6.85  | 0                    | 0                  |
| -7.05  | 0                    | 0                  |
| -7.25  | 0                    | 0                  |
| -7.45  | 0                    | 0                  |
| -7.65  | 0                    | 0                  |
| -7.85  | 0                    | 0                  |
| -8.05  | 0                    | 0                  |
| -8.25  | 0                    | 0                  |
| -8.45  | 0                    | 0                  |
| -8.65  | 0                    | 0                  |
| -8.85  | 0                    | 0                  |
| -9.05  | 0                    | 0                  |
| -9.25  | 0                    | 0                  |
| -9.45  | 0                    | 0                  |
| -9.65  | 0                    | 0                  |
| -9.85  | 0                    | 0                  |
| -10.05 | 0                    | 0                  |
| -10.25 | 0                    | 0                  |
| -10.45 | 0                    | 0                  |
| -10.65 | 0                    | 0                  |
| -10.85 | 0                    | 0                  |
| -11.05 | 0                    | 0                  |
| -11.25 | 0                    | 0                  |
| -11.45 | 0                    | 0                  |
| -11.65 | 0                    | 0                  |
| -11.85 | 0                    | 0                  |
| -12.05 | 0                    | 0                  |

| Selected Design Assumptions Involuppi: Azioni Assiali (sx) Muro: CombinedWallElement_New |                      |                    |
|--|----------------------|--------------------|
| Z (m)  | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| -12.25   | 0                    | 0                  |
| -12.45   | 0                    | 0                  |
| -12.65   | 0                    | 0                  |
| -12.85   | 0                    | 0                  |
| -13.05   | 0                    | 0                  |
| -13.25   | 0                    | 0                  |
| -13.45   | 0                    | 0                  |
| -13.65   | 0                    | 0                  |
| -13.85   | 0                    | 0                  |
| -14.05   | 0                    | 0                  |
| -14.25   | 0                    | 0                  |
| -14.45   | 0                    | 0                  |
| -14.65   | 0                    | 0                  |
| -14.85   | 0                    | 0                  |
| -15.05   | 0                    | 0                  |
| -15.25   | 0                    | 0                  |
| -15.45   | 0                    | 0                  |
| -15.65   | 0                    | 0                  |
| -15.85   | 0                    | 0                  |
| -16.05   | 0                    | 0                  |
| -16.25   | 0                    | 0                  |
| -16.45   | 0                    | 0                  |
| -16.65   | 0                    | 0                  |
| -16.85   | 0                    | 0                  |
| -17.05   | 0                    | 0                  |
| -17.25   | 0                    | 0                  |
| -17.45   | 0                    | 0                  |
| -17.65   | 0                    | 0                  |
| -17.85   | 0                    | 0                  |
| -18.05   | 0                    | 0                  |
| -18.25   | 0                    | 0                  |
| -18.45   | 0                    | 0                  |
| -18.65   | 0                    | 0                  |
| -18.85   | 0                    | 0                  |
| -19.05   | 0                    | 0                  |
| -19.25   | 0                    | 0                  |
| -19.45   | 0                    | 0                  |
| -19.65   | 0                    | 0                  |
| -19.85   | 0                    | 0                  |
| -20.05   | 0                    | 0                  |
| -20.25   | 0                    | 0                  |
| -20.45   | 0                    | 0                  |
| -20.65   | 0                    | 0                  |
| -20.85   | 0                    | 0                  |
| -21.05   | 0                    | 0                  |
| -21.25   | 0                    | 0                  |
| -21.45   | 0                    | 0                  |
| -21.65   | 0                    | 0                  |
| -21.85   | 0                    | 0                  |
| -22.05   | 0                    | 0                  |
| -22.25   | 0                    | 0                  |
| -22.45   | 0                    | 0                  |
| -22.65   | 0                    | 0                  |
| -22.85   | 0                    | 0                  |
| -23.05   | 0                    | 0                  |
| -23.25   | 0                    | 0                  |
| -23.45   | 0                    | 0                  |
| -23.65   | 0                    | 0                  |
| -23.85   | 0                    | 0                  |
| -24.05   | 0                    | 0                  |
| -24.25   | 0                    | 0                  |
| -24.3  | 0                    | 0                  |



Azioni Assiali (sx)



## CombinedWallElement

**Selected Design Assumptions Involuppi: Forza nel Giunto Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (kPa) | Lato destro (kPa) |
|--------|---------------------|-------------------|
| 0      | 0                   | 0                 |
| -0.2   | 0                   | 0                 |
| -0.4   | 0                   | 0                 |
| -0.6   | 0                   | 0                 |
| -0.65  | 0                   | 0                 |
| -0.85  | 0                   | 0                 |
| -1.05  | 0                   | 0                 |
| -1.25  | 0                   | 0                 |
| -1.45  | 0                   | 0                 |
| -1.65  | 0                   | 0                 |
| -1.85  | 0                   | 0                 |
| -2.05  | 0                   | 0                 |
| -2.25  | 0                   | 0                 |
| -2.45  | 0                   | 0                 |
| -2.65  | 0                   | 0                 |
| -2.85  | 0                   | 0                 |
| -3.05  | 0                   | 0                 |
| -3.25  | 0                   | 0                 |
| -3.45  | 0                   | 0                 |
| -3.65  | 0                   | 0                 |
| -3.85  | 0                   | 0                 |
| -4.05  | 0                   | 0                 |
| -4.25  | 0                   | 0                 |
| -4.45  | 0                   | 0                 |
| -4.65  | 0                   | 0                 |
| -4.85  | 0                   | 0                 |
| -5.05  | 0                   | 0                 |
| -5.25  | 0                   | 0                 |
| -5.45  | 0                   | 0                 |
| -5.65  | 0                   | 0                 |
| -5.85  | 0                   | 0                 |
| -6.05  | 0                   | 0                 |
| -6.25  | 0                   | 0                 |
| -6.45  | 0                   | 0                 |
| -6.65  | 0                   | 0                 |
| -6.85  | 0                   | 0                 |
| -7.05  | 0                   | 0                 |
| -7.25  | 0                   | 0                 |
| -7.45  | 0                   | 0                 |
| -7.65  | 0                   | 0                 |
| -7.85  | 0                   | 0                 |
| -8.05  | 0                   | 0                 |
| -8.25  | 0                   | 0                 |
| -8.45  | 0                   | 0                 |
| -8.65  | 0                   | 0                 |
| -8.85  | 0                   | 0                 |
| -9.05  | 0                   | 0                 |
| -9.25  | 0                   | 0                 |
| -9.45  | 0                   | 0                 |
| -9.65  | 0                   | 0                 |
| -9.85  | 0                   | 0                 |
| -10.05 | 0                   | 0                 |
| -10.25 | 0                   | 0                 |
| -10.45 | 0                   | 0                 |
| -10.65 | 0                   | 0                 |
| -10.85 | 0                   | 0                 |
| -11.05 | 0                   | 0                 |
| -11.25 | 0                   | 0                 |
| -11.45 | 0                   | 0                 |
| -11.65 | 0                   | 0                 |
| -11.85 | 0                   | 0                 |
| -12.05 | 0                   | 0                 |

**Selected Design Assumptions Involuppi: Forza nel Giunto Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (kPa) | Lato destro (kPa) |
|--------|---------------------|-------------------|
| -12.25 | 0                   | 0                 |
| -12.45 | 0                   | 0                 |
| -12.65 | 0                   | 0                 |
| -12.85 | 0                   | 0                 |
| -13.05 | 0                   | 0                 |
| -13.25 | 0                   | 0                 |
| -13.45 | 0                   | 0                 |
| -13.65 | 0                   | 0                 |
| -13.85 | 0                   | 0                 |
| -14.05 | 0                   | 0                 |
| -14.25 | 0                   | 0                 |
| -14.45 | 0                   | 0                 |
| -14.65 | 0                   | 0                 |
| -14.85 | 0                   | 0                 |
| -15.05 | 0                   | 0                 |
| -15.25 | 0                   | 0                 |
| -15.45 | 0                   | 0                 |
| -15.65 | 0                   | 0                 |
| -15.85 | 0                   | 0                 |
| -16.05 | 0                   | 0                 |
| -16.25 | 0                   | 0                 |
| -16.45 | 0                   | 0                 |
| -16.65 | 0                   | 0                 |
| -16.85 | 0                   | 0                 |
| -17.05 | 0                   | 0                 |
| -17.25 | 0                   | 0                 |
| -17.45 | 0                   | 0                 |
| -17.65 | 0                   | 0                 |
| -17.85 | 0                   | 0                 |
| -18.05 | 0                   | 0                 |
| -18.25 | 0                   | 0                 |
| -18.45 | 0                   | 0                 |
| -18.65 | 0                   | 0                 |
| -18.85 | 0                   | 0                 |
| -19.05 | 0                   | 0                 |
| -19.25 | 0                   | 0                 |
| -19.45 | 0                   | 0                 |
| -19.65 | 0                   | 0                 |
| -19.85 | 0                   | 0                 |
| -20.05 | 0                   | 0                 |
| -20.25 | 0                   | 0                 |
| -20.45 | 0                   | 0                 |
| -20.65 | 0                   | 0                 |
| -20.85 | 0                   | 0                 |
| -21.05 | 0                   | 0                 |
| -21.25 | 0                   | 0                 |
| -21.45 | 0                   | 0                 |
| -21.65 | 0                   | 0                 |
| -21.85 | 0                   | 0                 |
| -22.05 | 0                   | 0                 |
| -22.25 | 0                   | 0                 |
| -22.45 | 0                   | 0                 |
| -22.65 | 0                   | 0                 |
| -22.85 | 0                   | 0                 |
| -23.05 | 0                   | 0                 |
| -23.25 | 0                   | 0                 |
| -23.45 | 0                   | 0                 |
| -23.65 | 0                   | 0                 |
| -23.85 | 0                   | 0                 |
| -24.05 | 0                   | 0                 |
| -24.25 | 0                   | 0                 |
| -24.3  | 0                   | 0                 |

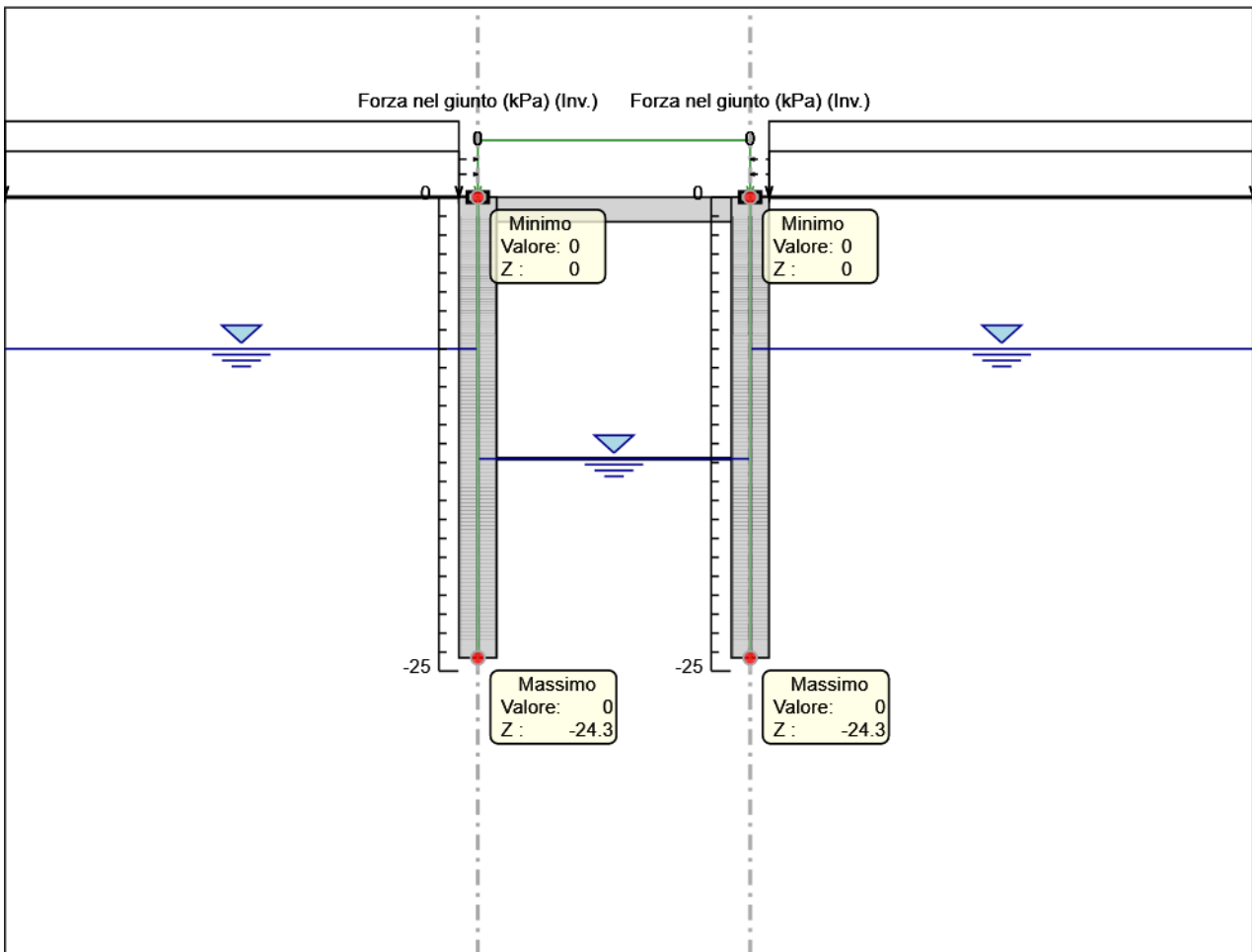
## CombinedWallElement\_New

**Selected Design Assumptions Involuppi: Forza nel Giunto Muro: CombinedWallElement\_New**

| Z (m)  | Lato sinistro (kPa) | Lato destro (kPa) |
|--------|---------------------|-------------------|
| 0      | 0                   | 0                 |
| -0.2   | 0                   | 0                 |
| -0.4   | 0                   | 0                 |
| -0.6   | 0                   | 0                 |
| -0.65  | 0                   | 0                 |
| -0.85  | 0                   | 0                 |
| -1.05  | 0                   | 0                 |
| -1.25  | 0                   | 0                 |
| -1.45  | 0                   | 0                 |
| -1.65  | 0                   | 0                 |
| -1.85  | 0                   | 0                 |
| -2.05  | 0                   | 0                 |
| -2.25  | 0                   | 0                 |
| -2.45  | 0                   | 0                 |
| -2.65  | 0                   | 0                 |
| -2.85  | 0                   | 0                 |
| -3.05  | 0                   | 0                 |
| -3.25  | 0                   | 0                 |
| -3.45  | 0                   | 0                 |
| -3.65  | 0                   | 0                 |
| -3.85  | 0                   | 0                 |
| -4.05  | 0                   | 0                 |
| -4.25  | 0                   | 0                 |
| -4.45  | 0                   | 0                 |
| -4.65  | 0                   | 0                 |
| -4.85  | 0                   | 0                 |
| -5.05  | 0                   | 0                 |
| -5.25  | 0                   | 0                 |
| -5.45  | 0                   | 0                 |
| -5.65  | 0                   | 0                 |
| -5.85  | 0                   | 0                 |
| -6.05  | 0                   | 0                 |
| -6.25  | 0                   | 0                 |
| -6.45  | 0                   | 0                 |
| -6.65  | 0                   | 0                 |
| -6.85  | 0                   | 0                 |
| -7.05  | 0                   | 0                 |
| -7.25  | 0                   | 0                 |
| -7.45  | 0                   | 0                 |
| -7.65  | 0                   | 0                 |
| -7.85  | 0                   | 0                 |
| -8.05  | 0                   | 0                 |
| -8.25  | 0                   | 0                 |
| -8.45  | 0                   | 0                 |
| -8.65  | 0                   | 0                 |
| -8.85  | 0                   | 0                 |
| -9.05  | 0                   | 0                 |
| -9.25  | 0                   | 0                 |
| -9.45  | 0                   | 0                 |
| -9.65  | 0                   | 0                 |
| -9.85  | 0                   | 0                 |
| -10.05 | 0                   | 0                 |
| -10.25 | 0                   | 0                 |
| -10.45 | 0                   | 0                 |
| -10.65 | 0                   | 0                 |
| -10.85 | 0                   | 0                 |
| -11.05 | 0                   | 0                 |
| -11.25 | 0                   | 0                 |
| -11.45 | 0                   | 0                 |
| -11.65 | 0                   | 0                 |
| -11.85 | 0                   | 0                 |
| -12.05 | 0                   | 0                 |

**Selected Design Assumptions Involuppi: Forza nel Giunto Muro: CombinedWallElement\_New**

| Z (m)  | Lato sinistro (kPa) | Lato destro (kPa) |
|--------|---------------------|-------------------|
| -12.25 | 0                   | 0                 |
| -12.45 | 0                   | 0                 |
| -12.65 | 0                   | 0                 |
| -12.85 | 0                   | 0                 |
| -13.05 | 0                   | 0                 |
| -13.25 | 0                   | 0                 |
| -13.45 | 0                   | 0                 |
| -13.65 | 0                   | 0                 |
| -13.85 | 0                   | 0                 |
| -14.05 | 0                   | 0                 |
| -14.25 | 0                   | 0                 |
| -14.45 | 0                   | 0                 |
| -14.65 | 0                   | 0                 |
| -14.85 | 0                   | 0                 |
| -15.05 | 0                   | 0                 |
| -15.25 | 0                   | 0                 |
| -15.45 | 0                   | 0                 |
| -15.65 | 0                   | 0                 |
| -15.85 | 0                   | 0                 |
| -16.05 | 0                   | 0                 |
| -16.25 | 0                   | 0                 |
| -16.45 | 0                   | 0                 |
| -16.65 | 0                   | 0                 |
| -16.85 | 0                   | 0                 |
| -17.05 | 0                   | 0                 |
| -17.25 | 0                   | 0                 |
| -17.45 | 0                   | 0                 |
| -17.65 | 0                   | 0                 |
| -17.85 | 0                   | 0                 |
| -18.05 | 0                   | 0                 |
| -18.25 | 0                   | 0                 |
| -18.45 | 0                   | 0                 |
| -18.65 | 0                   | 0                 |
| -18.85 | 0                   | 0                 |
| -19.05 | 0                   | 0                 |
| -19.25 | 0                   | 0                 |
| -19.45 | 0                   | 0                 |
| -19.65 | 0                   | 0                 |
| -19.85 | 0                   | 0                 |
| -20.05 | 0                   | 0                 |
| -20.25 | 0                   | 0                 |
| -20.45 | 0                   | 0                 |
| -20.65 | 0                   | 0                 |
| -20.85 | 0                   | 0                 |
| -21.05 | 0                   | 0                 |
| -21.25 | 0                   | 0                 |
| -21.45 | 0                   | 0                 |
| -21.65 | 0                   | 0                 |
| -21.85 | 0                   | 0                 |
| -22.05 | 0                   | 0                 |
| -22.25 | 0                   | 0                 |
| -22.45 | 0                   | 0                 |
| -22.65 | 0                   | 0                 |
| -22.85 | 0                   | 0                 |
| -23.05 | 0                   | 0                 |
| -23.25 | 0                   | 0                 |
| -23.45 | 0                   | 0                 |
| -23.65 | 0                   | 0                 |
| -23.85 | 0                   | 0                 |
| -24.05 | 0                   | 0                 |
| -24.25 | 0                   | 0                 |
| -24.3  | 0                   | 0                 |



Forza nel Giunto

## CombinedWallElement

**Selected Design Assumptions Involupi: Scorrimento Plastico Giunto Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (m) | Lato destro (m) |
|--------|-------------------|-----------------|
| 0      | 0                 | 0               |
| -0.2   | 0                 | 0               |
| -0.4   | 0                 | 0               |
| -0.6   | 0                 | 0               |
| -0.65  | 0                 | 0               |
| -0.85  | 0                 | 0               |
| -1.05  | 0                 | 0               |
| -1.25  | 0                 | 0               |
| -1.45  | 0                 | 0               |
| -1.65  | 0                 | 0               |
| -1.85  | 0                 | 0               |
| -2.05  | 0                 | 0               |
| -2.25  | 0                 | 0               |
| -2.45  | 0                 | 0               |
| -2.65  | 0                 | 0               |
| -2.85  | 0                 | 0               |
| -3.05  | 0                 | 0               |
| -3.25  | 0                 | 0               |
| -3.45  | 0                 | 0               |
| -3.65  | 0                 | 0               |
| -3.85  | 0                 | 0               |
| -4.05  | 0                 | 0               |
| -4.25  | 0                 | 0               |
| -4.45  | 0                 | 0               |
| -4.65  | 0                 | 0               |
| -4.85  | 0                 | 0               |
| -5.05  | 0                 | 0               |
| -5.25  | 0                 | 0               |
| -5.45  | 0                 | 0               |
| -5.65  | 0                 | 0               |
| -5.85  | 0                 | 0               |
| -6.05  | 0                 | 0               |
| -6.25  | 0                 | 0               |
| -6.45  | 0                 | 0               |
| -6.65  | 0                 | 0               |
| -6.85  | 0                 | 0               |
| -7.05  | 0                 | 0               |
| -7.25  | 0                 | 0               |
| -7.45  | 0                 | 0               |
| -7.65  | 0                 | 0               |
| -7.85  | 0                 | 0               |
| -8.05  | 0                 | 0               |
| -8.25  | 0                 | 0               |
| -8.45  | 0                 | 0               |
| -8.65  | 0                 | 0               |
| -8.85  | 0                 | 0               |
| -9.05  | 0                 | 0               |
| -9.25  | 0                 | 0               |
| -9.45  | 0                 | 0               |
| -9.65  | 0                 | 0               |
| -9.85  | 0                 | 0               |
| -10.05 | 0                 | 0               |
| -10.25 | 0                 | 0               |
| -10.45 | 0                 | 0               |
| -10.65 | 0                 | 0               |
| -10.85 | 0                 | 0               |
| -11.05 | 0                 | 0               |
| -11.25 | 0                 | 0               |
| -11.45 | 0                 | 0               |
| -11.65 | 0                 | 0               |
| -11.85 | 0                 | 0               |
| -12.05 | 0                 | 0               |

**Selected Design Assumptions Involuppi: Scorrimento Plastico Giunto Muro: CombinedWallElement**

| Z (m)  | Lato sinistro (m) | Lato destro (m) |
|--------|-------------------|-----------------|
| -12.25 | 0                 | 0               |
| -12.45 | 0                 | 0               |
| -12.65 | 0                 | 0               |
| -12.85 | 0                 | 0               |
| -13.05 | 0                 | 0               |
| -13.25 | 0                 | 0               |
| -13.45 | 0                 | 0               |
| -13.65 | 0                 | 0               |
| -13.85 | 0                 | 0               |
| -14.05 | 0                 | 0               |
| -14.25 | 0                 | 0               |
| -14.45 | 0                 | 0               |
| -14.65 | 0                 | 0               |
| -14.85 | 0                 | 0               |
| -15.05 | 0                 | 0               |
| -15.25 | 0                 | 0               |
| -15.45 | 0                 | 0               |
| -15.65 | 0                 | 0               |
| -15.85 | 0                 | 0               |
| -16.05 | 0                 | 0               |
| -16.25 | 0                 | 0               |
| -16.45 | 0                 | 0               |
| -16.65 | 0                 | 0               |
| -16.85 | 0                 | 0               |
| -17.05 | 0                 | 0               |
| -17.25 | 0                 | 0               |
| -17.45 | 0                 | 0               |
| -17.65 | 0                 | 0               |
| -17.85 | 0                 | 0               |
| -18.05 | 0                 | 0               |
| -18.25 | 0                 | 0               |
| -18.45 | 0                 | 0               |
| -18.65 | 0                 | 0               |
| -18.85 | 0                 | 0               |
| -19.05 | 0                 | 0               |
| -19.25 | 0                 | 0               |
| -19.45 | 0                 | 0               |
| -19.65 | 0                 | 0               |
| -19.85 | 0                 | 0               |
| -20.05 | 0                 | 0               |
| -20.25 | 0                 | 0               |
| -20.45 | 0                 | 0               |
| -20.65 | 0                 | 0               |
| -20.85 | 0                 | 0               |
| -21.05 | 0                 | 0               |
| -21.25 | 0                 | 0               |
| -21.45 | 0                 | 0               |
| -21.65 | 0                 | 0               |
| -21.85 | 0                 | 0               |
| -22.05 | 0                 | 0               |
| -22.25 | 0                 | 0               |
| -22.45 | 0                 | 0               |
| -22.65 | 0                 | 0               |
| -22.85 | 0                 | 0               |
| -23.05 | 0                 | 0               |
| -23.25 | 0                 | 0               |
| -23.45 | 0                 | 0               |
| -23.65 | 0                 | 0               |
| -23.85 | 0                 | 0               |
| -24.05 | 0                 | 0               |
| -24.25 | 0                 | 0               |
| -24.3  | 0                 | 0               |

## CombinedWallElement\_New

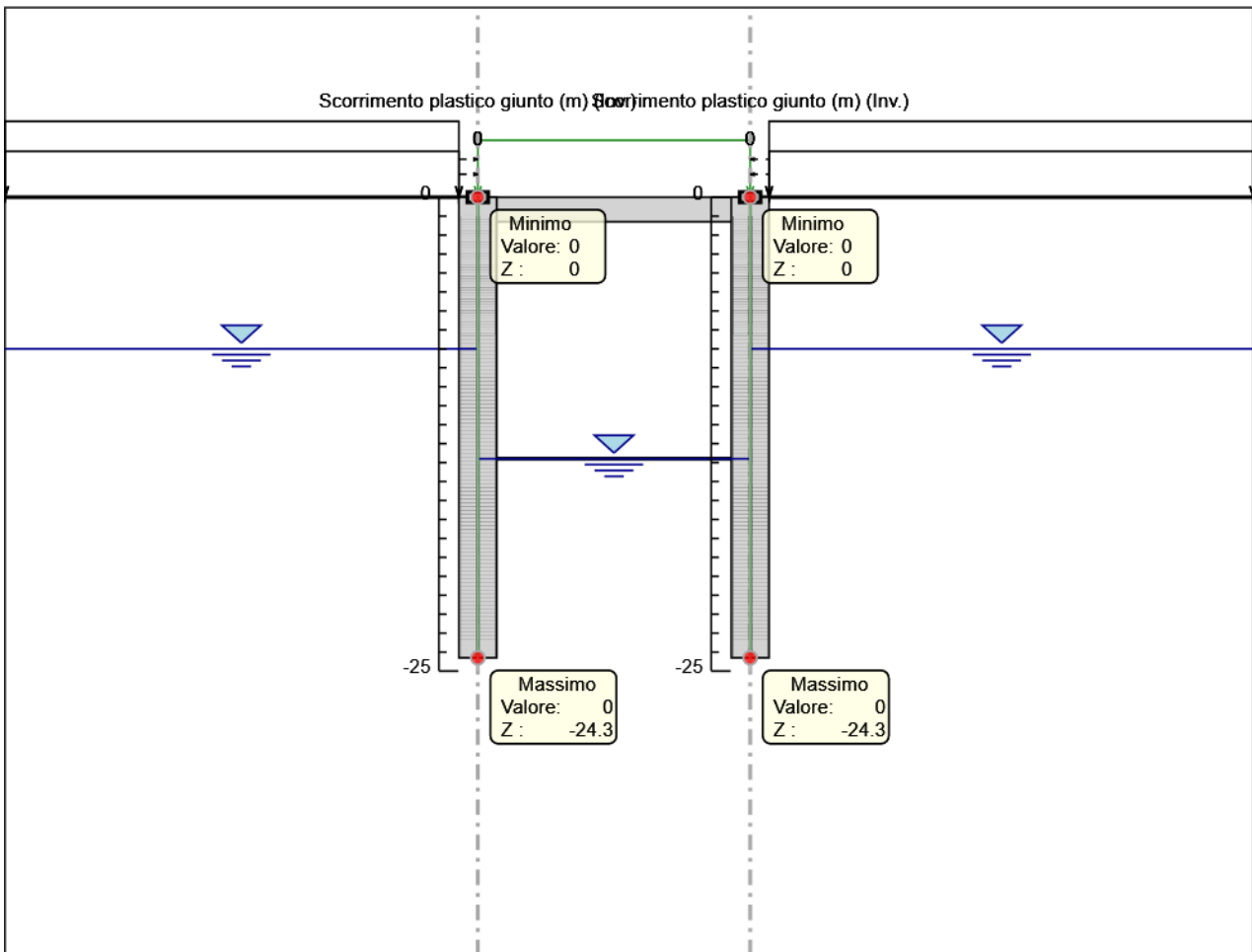
**Selected Design Assumptions Inviluppi: Scorrimento Plastico Giunto Muro: CombinedWallElement\_New**

| Z (m)  | Lato sinistro (m) | Lato destro (m) |
|--------|-------------------|-----------------|
| 0      | 0                 | 0               |
| -0.2   | 0                 | 0               |
| -0.4   | 0                 | 0               |
| -0.6   | 0                 | 0               |
| -0.65  | 0                 | 0               |
| -0.85  | 0                 | 0               |
| -1.05  | 0                 | 0               |
| -1.25  | 0                 | 0               |
| -1.45  | 0                 | 0               |
| -1.65  | 0                 | 0               |
| -1.85  | 0                 | 0               |
| -2.05  | 0                 | 0               |
| -2.25  | 0                 | 0               |
| -2.45  | 0                 | 0               |
| -2.65  | 0                 | 0               |
| -2.85  | 0                 | 0               |
| -3.05  | 0                 | 0               |
| -3.25  | 0                 | 0               |
| -3.45  | 0                 | 0               |
| -3.65  | 0                 | 0               |
| -3.85  | 0                 | 0               |
| -4.05  | 0                 | 0               |
| -4.25  | 0                 | 0               |
| -4.45  | 0                 | 0               |
| -4.65  | 0                 | 0               |
| -4.85  | 0                 | 0               |
| -5.05  | 0                 | 0               |
| -5.25  | 0                 | 0               |
| -5.45  | 0                 | 0               |
| -5.65  | 0                 | 0               |
| -5.85  | 0                 | 0               |
| -6.05  | 0                 | 0               |
| -6.25  | 0                 | 0               |
| -6.45  | 0                 | 0               |
| -6.65  | 0                 | 0               |
| -6.85  | 0                 | 0               |
| -7.05  | 0                 | 0               |
| -7.25  | 0                 | 0               |
| -7.45  | 0                 | 0               |
| -7.65  | 0                 | 0               |
| -7.85  | 0                 | 0               |
| -8.05  | 0                 | 0               |
| -8.25  | 0                 | 0               |
| -8.45  | 0                 | 0               |
| -8.65  | 0                 | 0               |
| -8.85  | 0                 | 0               |
| -9.05  | 0                 | 0               |
| -9.25  | 0                 | 0               |
| -9.45  | 0                 | 0               |
| -9.65  | 0                 | 0               |
| -9.85  | 0                 | 0               |
| -10.05 | 0                 | 0               |
| -10.25 | 0                 | 0               |
| -10.45 | 0                 | 0               |
| -10.65 | 0                 | 0               |
| -10.85 | 0                 | 0               |
| -11.05 | 0                 | 0               |
| -11.25 | 0                 | 0               |
| -11.45 | 0                 | 0               |
| -11.65 | 0                 | 0               |
| -11.85 | 0                 | 0               |
| -12.05 | 0                 | 0               |



**Selected Design Assumptions Inviluppi: Scorrimento Plastico Giunto Muro: CombinedWallElement\_New**

| Z (m)  | Lato sinistro (m) | Lato destro (m) |
|--------|-------------------|-----------------|
| -12.25 | 0                 | 0               |
| -12.45 | 0                 | 0               |
| -12.65 | 0                 | 0               |
| -12.85 | 0                 | 0               |
| -13.05 | 0                 | 0               |
| -13.25 | 0                 | 0               |
| -13.45 | 0                 | 0               |
| -13.65 | 0                 | 0               |
| -13.85 | 0                 | 0               |
| -14.05 | 0                 | 0               |
| -14.25 | 0                 | 0               |
| -14.45 | 0                 | 0               |
| -14.65 | 0                 | 0               |
| -14.85 | 0                 | 0               |
| -15.05 | 0                 | 0               |
| -15.25 | 0                 | 0               |
| -15.45 | 0                 | 0               |
| -15.65 | 0                 | 0               |
| -15.85 | 0                 | 0               |
| -16.05 | 0                 | 0               |
| -16.25 | 0                 | 0               |
| -16.45 | 0                 | 0               |
| -16.65 | 0                 | 0               |
| -16.85 | 0                 | 0               |
| -17.05 | 0                 | 0               |
| -17.25 | 0                 | 0               |
| -17.45 | 0                 | 0               |
| -17.65 | 0                 | 0               |
| -17.85 | 0                 | 0               |
| -18.05 | 0                 | 0               |
| -18.25 | 0                 | 0               |
| -18.45 | 0                 | 0               |
| -18.65 | 0                 | 0               |
| -18.85 | 0                 | 0               |
| -19.05 | 0                 | 0               |
| -19.25 | 0                 | 0               |
| -19.45 | 0                 | 0               |
| -19.65 | 0                 | 0               |
| -19.85 | 0                 | 0               |
| -20.05 | 0                 | 0               |
| -20.25 | 0                 | 0               |
| -20.45 | 0                 | 0               |
| -20.65 | 0                 | 0               |
| -20.85 | 0                 | 0               |
| -21.05 | 0                 | 0               |
| -21.25 | 0                 | 0               |
| -21.45 | 0                 | 0               |
| -21.65 | 0                 | 0               |
| -21.85 | 0                 | 0               |
| -22.05 | 0                 | 0               |
| -22.25 | 0                 | 0               |
| -22.45 | 0                 | 0               |
| -22.65 | 0                 | 0               |
| -22.85 | 0                 | 0               |
| -23.05 | 0                 | 0               |
| -23.25 | 0                 | 0               |
| -23.45 | 0                 | 0               |
| -23.65 | 0                 | 0               |
| -23.85 | 0                 | 0               |
| -24.05 | 0                 | 0               |
| -24.25 | 0                 | 0               |
| -24.3  | 0                 | 0               |



Scorrimento Plastico Giunto

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

| Design Assumption                              | Stage   | Muro       | Lato  | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva<br>% |
|--|---------|------------|-------|---|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Left Wall  | LEFT  | 6.33  |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 7 | Left Wall  | RIGHT | 46.42   |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 7 | Right wall | LEFT  | 46.49   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Right wall | RIGHT | 6.33  |

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

| Design Assumption                              | Stage   | Muro       | Lato  | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva<br>% |
|--|---------|------------|-------|--|
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 7 | Left Wall  | LEFT  | 101.88   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Left Wall  | RIGHT | 169.76   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Right wall | LEFT  | 169.76   |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 7 | Right wall | RIGHT | 101.84   |

## Inviluppo Risultati Elementi Strutturali

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Assiale<br>kN/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|-------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 7 | -696.81                 |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Momento-a<br>kN*m/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 7 | 3026.07                     |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Momento-b<br>kN*m/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 7 | -3027.32                    |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Taglio-a<br>kN/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|--------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 5 | 915.49                   |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Taglio-b<br>kN/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|--------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 7 | 915.59                   |

## *Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali*

### **Normative Verifiche**

|              |     |
|--------------|-----|
| Calcestruzzo | NTC |
| Acciaio      | NTC |
| Tirante      | NTC |

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

|            |      |
|------------|------|
| GEO FS     | 1    |
| $\xi_{a3}$ | 1.8  |
| $\gamma_s$ | 1.15 |

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

| Design Assumption                              | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 | Stage 5 | Stage 6 | Stage 7 | Filtrazione |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| 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                              |         |         |         |         |         |         |         |             |
| NTC2018: SISMICA STR                           |         |         |         |         |         |         |         |             |
| NTC2018: SISMICA GEO                           |         |         |         |         |         |         |         |             |

### 14.3 Paratia Muri d’Imbocco (Tipologico A)

#### ***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 : 2.5 m

OCR : 1

| Strato di Terreno | Terreno | $\gamma$ dry      | $\gamma$ sat      | $\phi'$ | $\phi$ | $c_v$ | $\phi$ | $c'$ | 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                 | GS      | 19                | 19                | 37      |        |       |        | 0    |     | Constant        |    | 100000 | 160000 |    |    |     |     |         |     |                   |                   |                   |  |

## Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali D280 0.45

Area equivalente : 0.0441421707857897 m

Inerzia equivalente : 0.0002 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.45 m

Diametro : 0.28 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

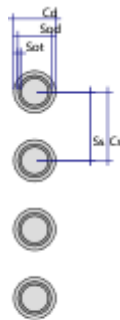
Sezione : CHS219.1\*20

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.45 m

Spessore : 0.02 m

Diametro : 0.2191 m



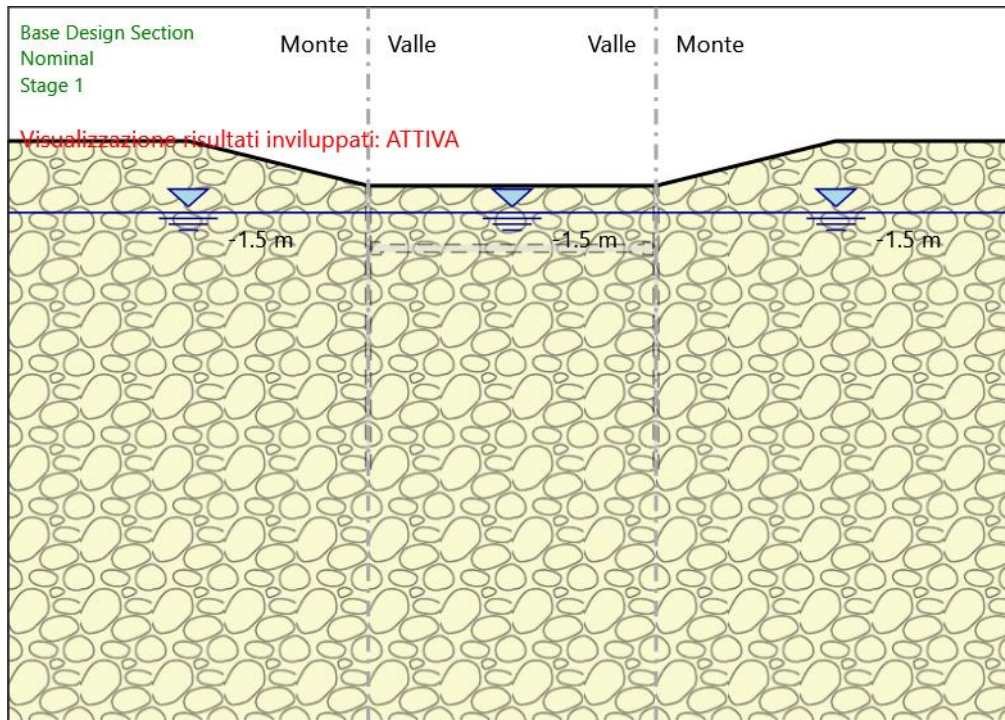
X : 16 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -16 m  
Muro di destra

Sezione : Micropali D280 0.45  
Area equivalente : 0.0441421707857897 m  
Inerzia equivalente : 0.0002 m<sup>4</sup>/m  
Materiale calcestruzzo : C25/30  
Tipo sezione : Tangent  
Spaziatura : 0.45 m  
Diametro : 0.28 m  
Efficacia : 1  
Materiale acciaio : S355  
Sezione : CHS219.1\*20  
Tipo sezione : O  
Spaziatura : 0.45 m  
Spessore : 0.02 m  
Diametro : 0.2191 m



## *Fasi di Calcolo*

### **Stage 1**



Stage 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

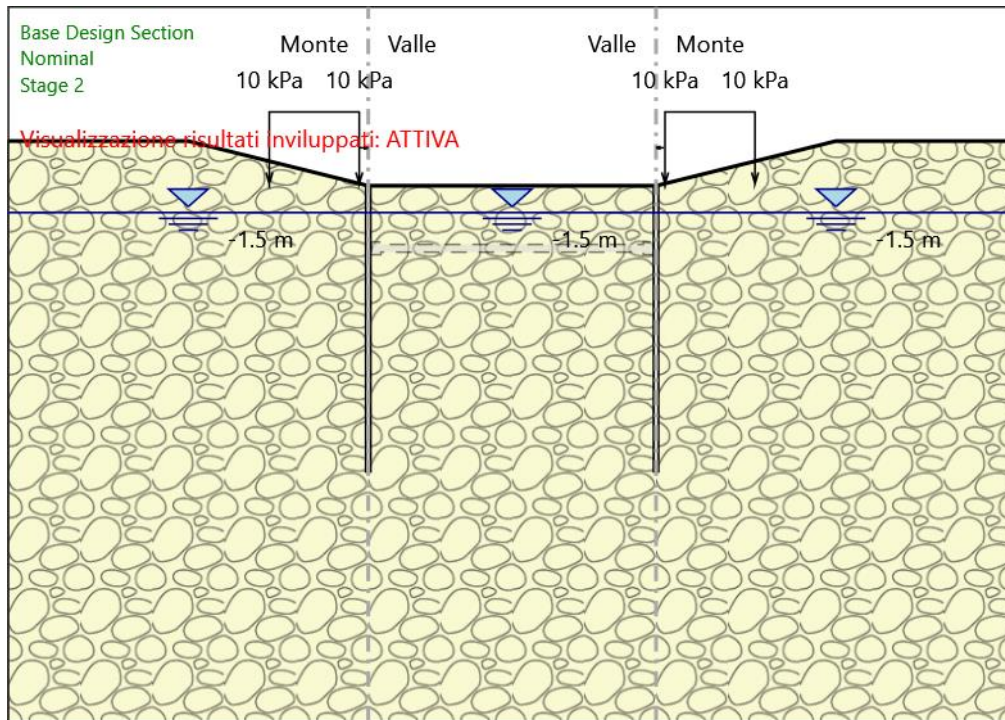
Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m

Falda di destra : -1.5 m

Falda centrale : -1.5 m

## Stage 2



## Stage 2

### Scavo

#### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

#### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

#### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

#### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

#### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m

Falda di destra : -1.5 m

Falda centrale : -1.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m

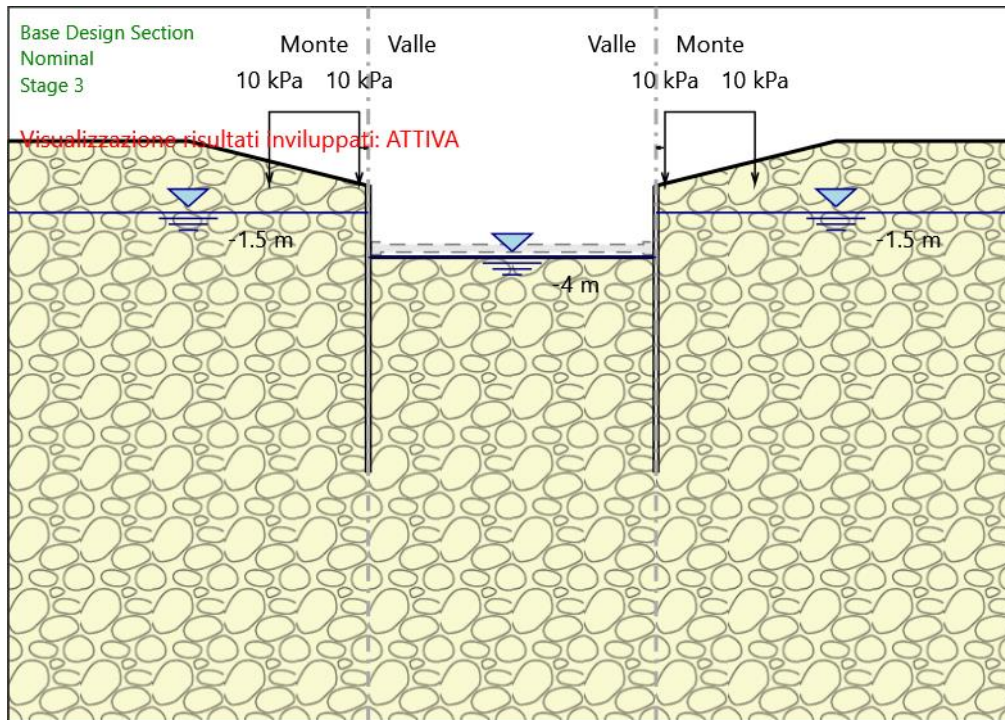
Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali D280 0.45



### Stage 3



### Stage 3

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-4 m

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)



#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m

Falda di destra : -1.5 m

Falda centrale : -4 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

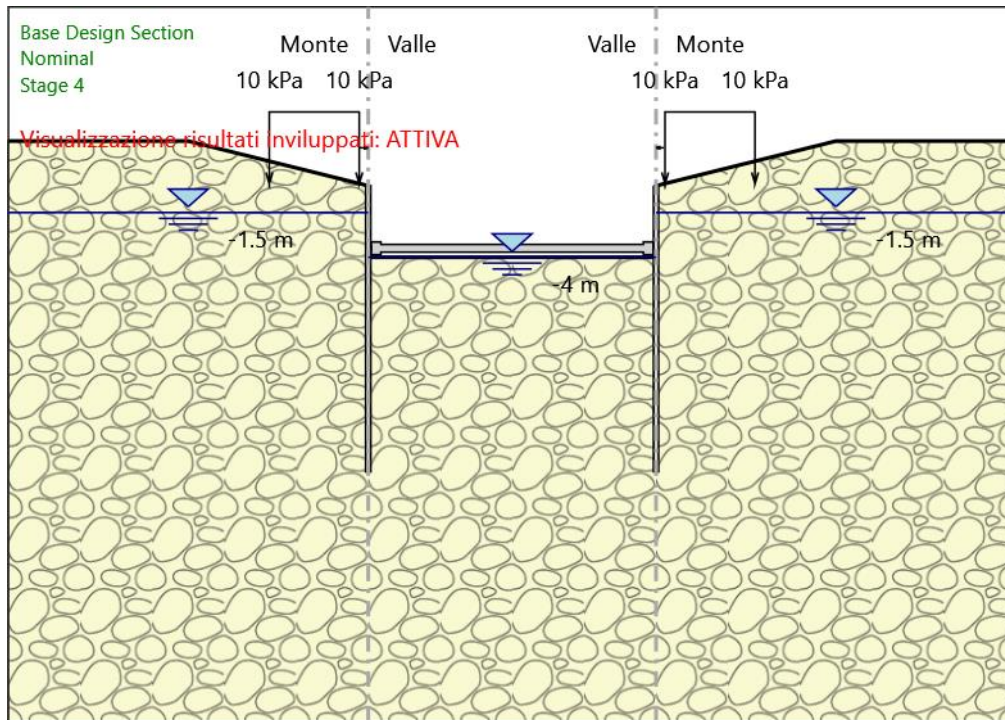
X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali D280 0.45

## Stage 4



### Stage 4

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-4 m

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m  
Falda di destra : -1.5 m  
Falda centrale : -4 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m  
X finale : -0.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m  
X finale : 21.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -16 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -16 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m  
X del secondo muro : 16 m  
Z : -3.5 m  
Lunghezza : 16 m  
Angolo : 0 °  
Sezione : Puntone inf

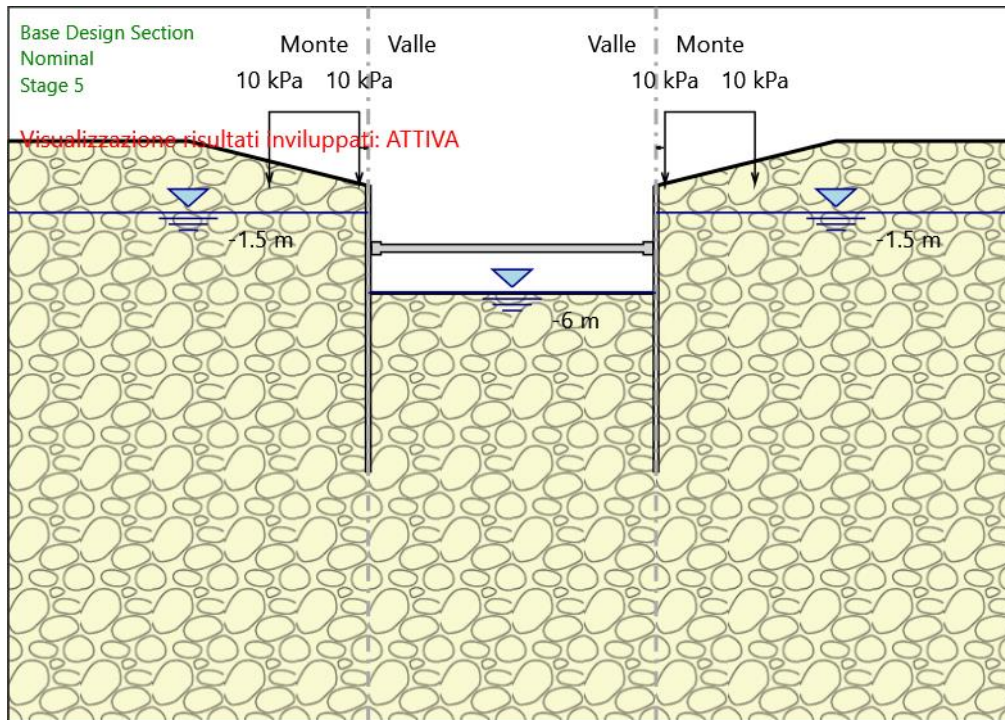
Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

## Stage 5



Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-6 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m  
Falda di destra : -1.5 m  
Falda centrale : -6 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 16 m

Z : -3.5 m

Lunghezza : 16 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

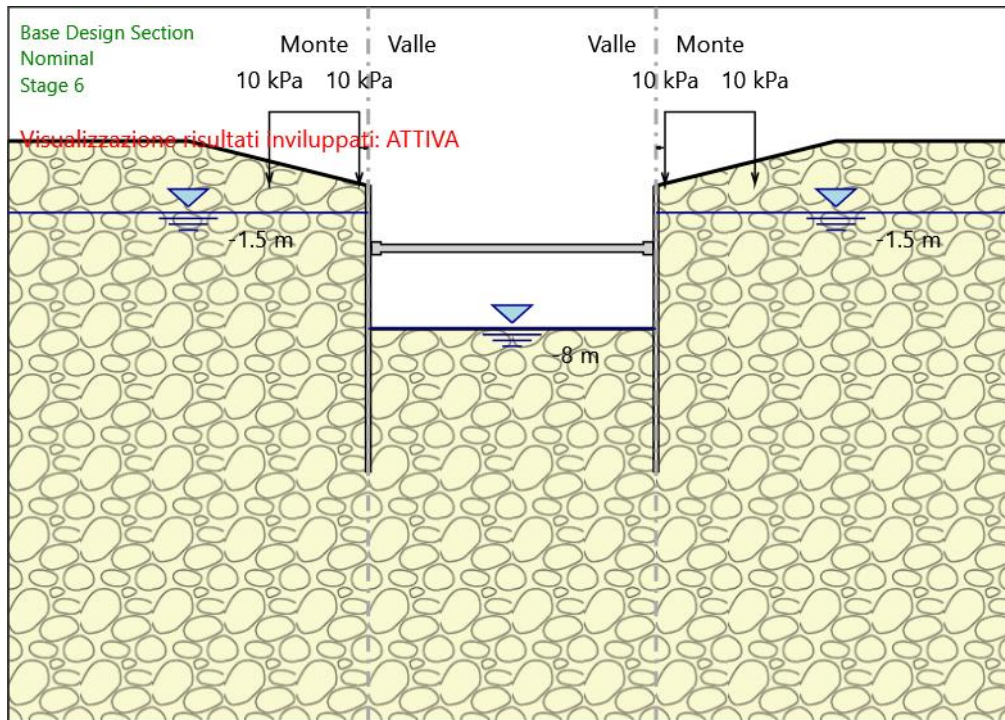
Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

## Stage 6



Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -8 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-8 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)



#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -1.5 m  
Falda di destra : -1.5 m  
Falda centrale : -8 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m  
X finale : -0.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m  
X finale : 21.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -16 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -16 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m  
X del secondo muro : 16 m  
Z : -3.5 m  
Lunghezza : 16 m  
Angolo : 0 °  
Sezione : Puntone inf

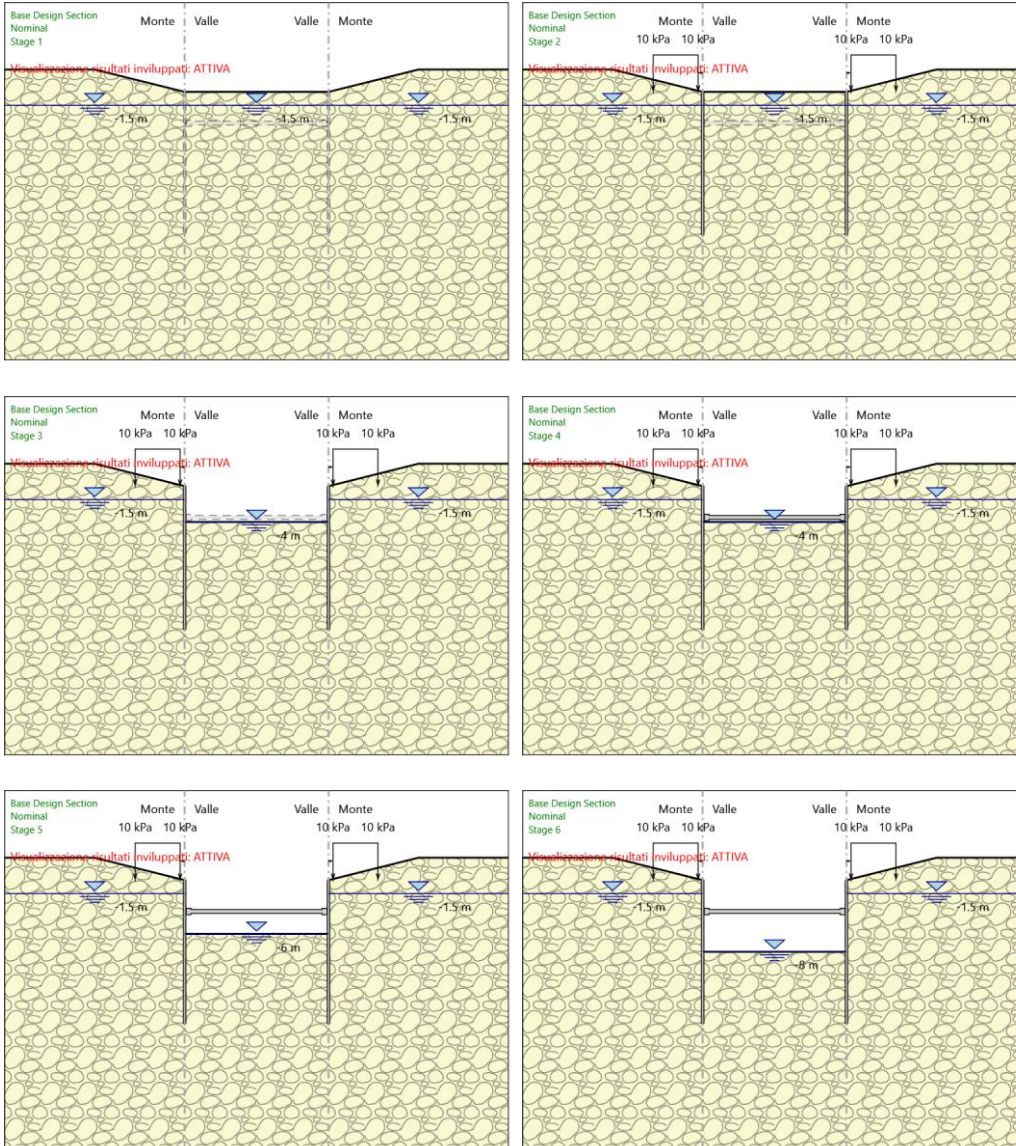
Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

## Tabella Configurazione Stage (Nominal)





## Descrizione Coefficienti Design Assumption

| Nome  | Carichi<br>Permanenti<br>Sfavorevoli<br>(F_dead_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Permanenti<br>Favorevoli<br>(F_dead_loa<br>d_favour) | Carichi<br>Variabili<br>Sfavorevoli<br>(F_live_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Variabili<br>Favorevoli<br>(F_live_loa<br>d_favour) | Carico<br>Sismico<br>(F_seis<br>m_load) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Monte<br>(F_Wat<br>erDR) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Valle<br>(F_Wat<br>erRes) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>Gdstab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_UPL_<br>Gdstab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>QDStab) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>Gdstab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_HYD_<br>Gdstab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>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:<br>SLE<br>(Rara/Frequ<br>ente/Quasi<br>Permanente<br>) | 1  | 1   | 1   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   |
| NTC2018:<br>A1+M1+R1<br>(R3 per<br>tiranti)                     | 1.3  | 1   | 1.5   | 1  | 0                                       | 1.3  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1.3  | 0.9  | 1   |
| NTC2018:<br>A2+M2+R1  | 1  | 1   | 1.3   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1  | 1  | 1   | 1.3  | 0.9  | 1   |

| Nome  | Parziale su tan( $\phi'$ )<br>(F_Fr) | Parziale su c'<br>(F_eff_cohe) | Parziale su Su<br>(F_Su) | Parziale su qu<br>(F_qu) | Parziale su peso specifico<br>(F_gamma) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Simbolo   | $\gamma_\phi$                        | $\gamma_c$                     | $\gamma_{cu}$            | $\gamma_{qu}$            | $\gamma_\gamma$                         |
| Nominal   | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi<br>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                                       |

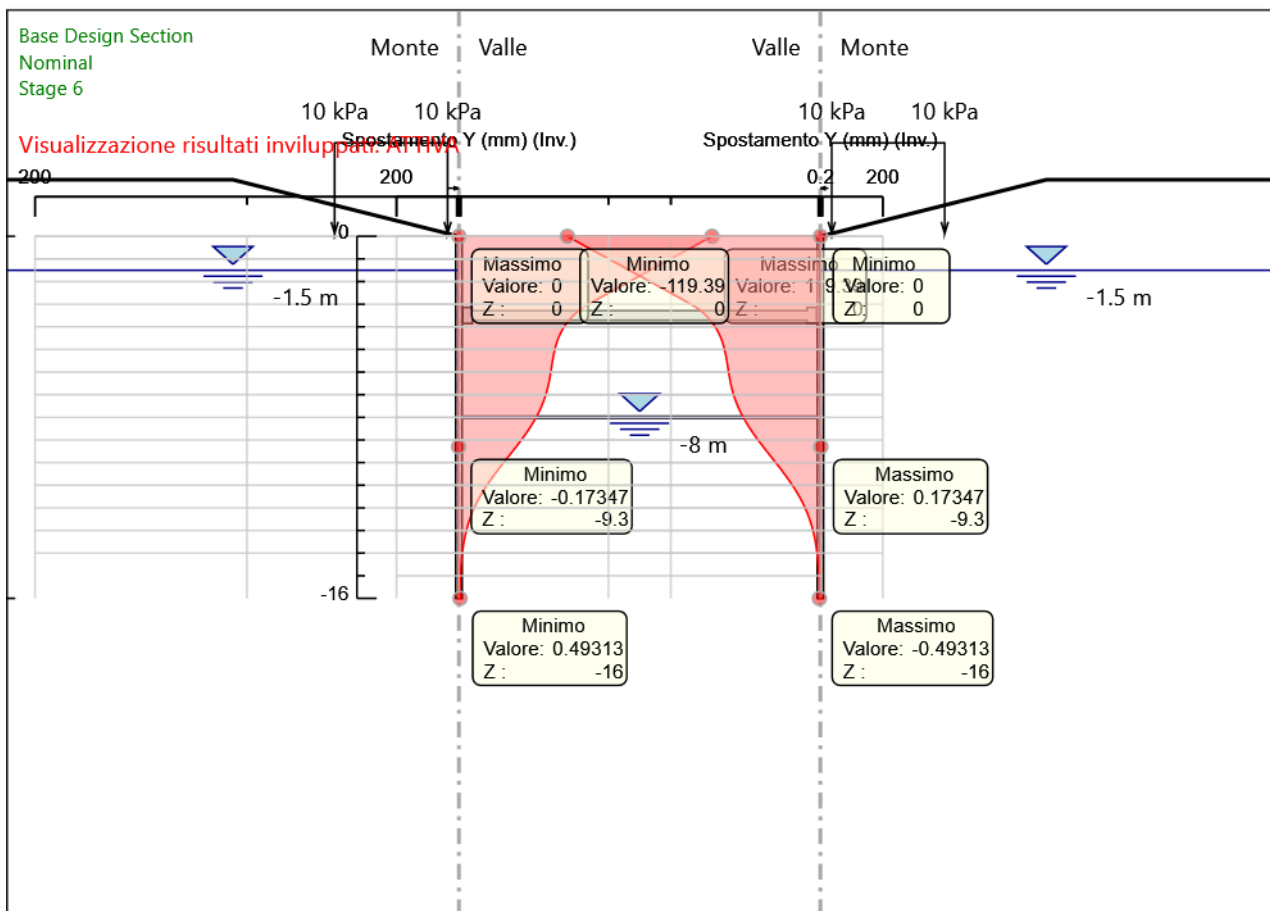
| Nome   | Parziale resistenza terreno (es.<br>Kp) (F_Soil_Res_walls) | Parziale resistenza Tiranti<br>permanenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti<br>temporanei (F_Anch_T) | Parziale elementi<br>strutturali (F_wall) |
|--|--|--|--|---|
| Simbolo  | $\gamma_{Re}$  | $\gamma_{ap}$  | $\gamma_{at}$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

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

| Design Assumption                              | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 | Stage 5 | Stage 6 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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                              |         |         |         |         |         |         |

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

### Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento

## Tabella Involuppi Momento WallElement

| Selected Design Assumptions<br>Z (m) | Involuppi: Momento Muro: WallElement |                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
|                                      | Lato sinistro (kN*m/m)               | Lato destro (kN*m/m) |
| 0                                    | 0                                    | 0                    |
| -0.2                                 | 0.008                                | 0                    |
| -0.4                                 | 1.993                                | 0.032                |
| -0.6                                 | 7.173                                | 0.078                |
| -0.8                                 | 15.797                               | 0.12                 |
| -1                                   | 28.099                               | 0.151                |
| -1.2                                 | 44.297                               | 0.168                |
| -1.4                                 | 64.582                               | 0.175                |
| -1.6                                 | 89.115                               | 0.174                |
| -1.8                                 | 118.032                              | 0.167                |
| -2                                   | 151.427                              | 0.157                |
| -2.2                                 | 189.314                              | 0.146                |
| -2.4                                 | 231.598                              | 0.136                |
| -2.6                                 | 278.056                              | 0.126                |
| -2.8                                 | 328.301                              | 0.119                |
| -3                                   | 381.761                              | 0.113                |
| -3.2                                 | 437.639                              | 0.108                |
| -3.4                                 | 495.219                              | 0.104                |
| -3.5                                 | 524.597                              | 0.101                |
| -3.7                                 | 467.975                              | 0.093                |
| -3.9                                 | 413.088                              | 0.079                |
| -4.1                                 | 360.04                               | 0.062                |
| -4.3                                 | 308.937                              | 0.045                |
| -4.5                                 | 259.887                              | 0.028                |
| -4.7                                 | 212.995                              | 0.013                |
| -4.9                                 | 204.513                              | 0.001                |
| -5.1                                 | 225.582                              | 0                    |
| -5.3                                 | 245.428                              | 0                    |
| -5.5                                 | 263.451                              | 0                    |
| -5.7                                 | 279.052                              | 0                    |
| -5.9                                 | 291.633                              | 17.044               |
| -6.1                                 | 300.596                              | 45.831               |
| -6.3                                 | 305.342                              | 71.602               |
| -6.5                                 | 305.273                              | 94.25                |
| -6.7                                 | 299.79                               | 113.667              |
| -6.9                                 | 288.582                              | 129.745              |
| -7.1                                 | 272.979                              | 142.375              |
| -7.3                                 | 254.126                              | 151.451              |
| -7.5                                 | 232.99                               | 156.863              |
| -7.7                                 | 210.372                              | 158.505              |
| -7.9                                 | 186.922                              | 156.267              |
| -8.1                                 | 163.155                              | 150.042              |
| -8.3                                 | 146.933                              | 140.018              |
| -8.5                                 | 145.691                              | 126.681              |
| -8.7                                 | 141.908                              | 110.517              |
| -8.9                                 | 136.166                              | 92.012               |
| -9.1                                 | 128.962                              | 71.652               |
| -9.3                                 | 120.72                               | 49.922               |
| -9.5                                 | 111.796                              | 27.308               |
| -9.7                                 | 102.487                              | 4.296                |
| -9.9                                 | 93.034                               | 0                    |
| -10.1                                | 83.631                               | 0                    |
| -10.3                                | 74.429                               | 4.265                |
| -10.5                                | 82.024                               | 7.514                |
| -10.7                                | 99.744                               | 9.44                 |
| -10.9                                | 114.949                              | 10.316               |
| -11.1                                | 127.154                              | 10.398               |
| -11.3                                | 135.873                              | 9.908                |
| -11.5                                | 140.887                              | 9.038                |
| -11.7                                | 142.744                              | 7.95                 |
| -11.9                                | 141.944                              | 6.771                |
| -12.1                                | 138.942                              | 5.569                |

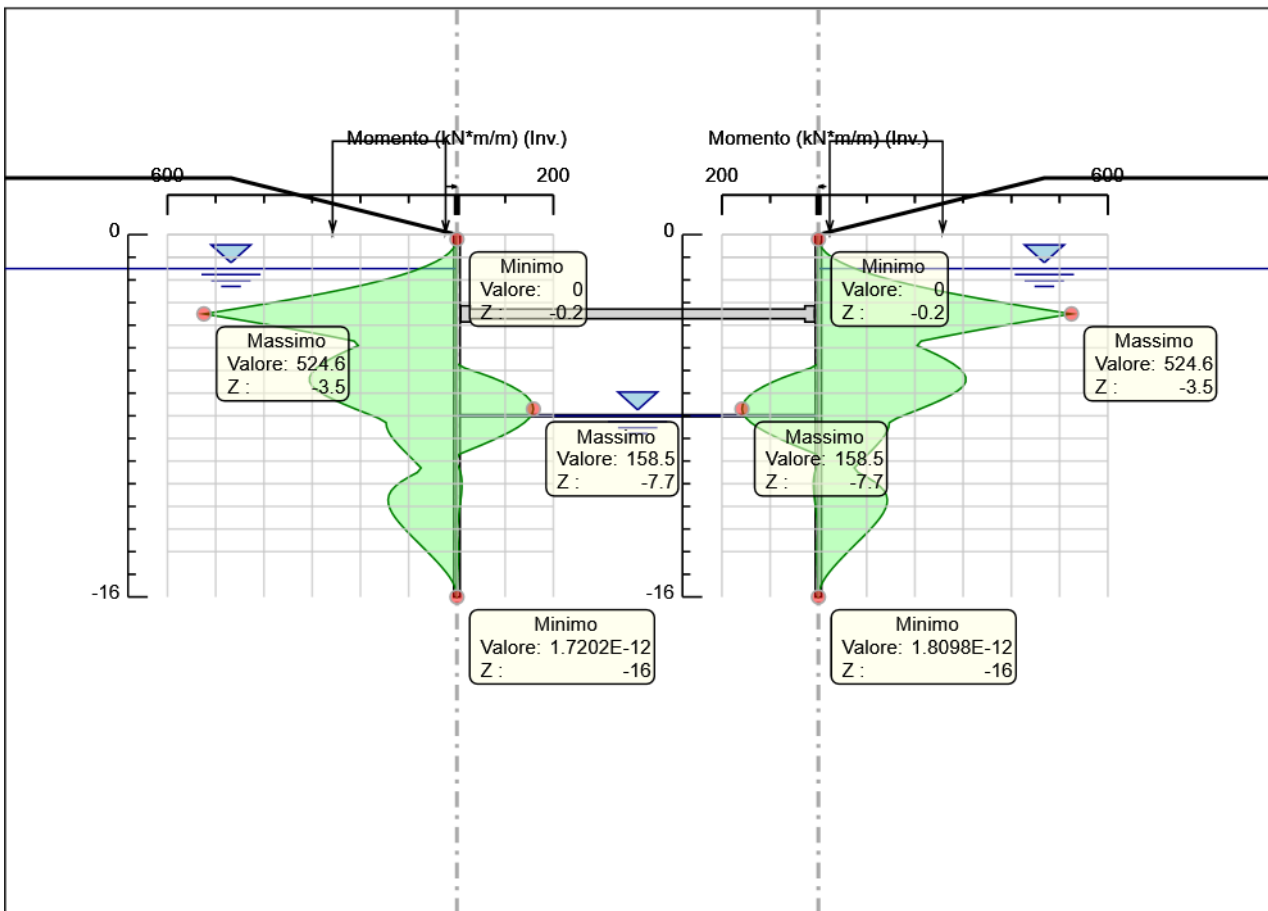
| Selected Design Assumptions | Involupi: Momento      | Muro: WallElement    |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
| -12.3                       | 134.146                | 4.406                |
| -12.5                       | 127.917                | 3.329                |
| -12.7                       | 120.577                | 2.381                |
| -12.9                       | 112.401                | 1.592                |
| -13.1                       | 103.63                 | 0.957                |
| -13.3                       | 94.467                 | 1.391                |
| -13.5                       | 85.08                  | 2.259                |
| -13.7                       | 75.609                 | 2.814                |
| -13.9                       | 66.166                 | 3.092                |
| -14.1                       | 56.838                 | 3.134                |
| -14.3                       | 47.735                 | 2.982                |
| -14.5                       | 38.971                 | 2.679                |
| -14.7                       | 30.639                 | 2.269                |
| -14.9                       | 22.844                 | 1.797                |
| -15.1                       | 15.856                 | 1.307                |
| -15.3                       | 9.906                  | 0.841                |
| -15.5                       | 5.2                    | 0.443                |
| -15.7                       | 1.926                  | 0.155                |
| -15.9                       | 0.219                  | 0.017                |
| -16                         | 0                      | 0                    |

## Tabella Involuppi Momento WallElement\_New

| Selected Design Assumptions | Involuppi: Momento     | Muro: WallElement_New |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m)  |
| 0                           | 0                      | 0                     |
| -0.2                        | 0                      | 0.008                 |
| -0.4                        | 0.032                  | 1.993                 |
| -0.6                        | 0.078                  | 7.173                 |
| -0.8                        | 0.12                   | 15.797                |
| -1                          | 0.151                  | 28.099                |
| -1.2                        | 0.168                  | 44.297                |
| -1.4                        | 0.175                  | 64.582                |
| -1.6                        | 0.174                  | 89.115                |
| -1.8                        | 0.167                  | 118.032               |
| -2                          | 0.157                  | 151.427               |
| -2.2                        | 0.146                  | 189.314               |
| -2.4                        | 0.136                  | 231.598               |
| -2.6                        | 0.126                  | 278.056               |
| -2.8                        | 0.119                  | 328.301               |
| -3                          | 0.113                  | 381.761               |
| -3.2                        | 0.108                  | 437.639               |
| -3.4                        | 0.104                  | 495.219               |
| -3.5                        | 0.101                  | 524.597               |
| -3.7                        | 0.093                  | 467.975               |
| -3.9                        | 0.079                  | 413.088               |
| -4.1                        | 0.062                  | 360.04                |
| -4.3                        | 0.045                  | 308.937               |
| -4.5                        | 0.028                  | 259.887               |
| -4.7                        | 0.013                  | 212.995               |
| -4.9                        | 0.001                  | 204.513               |
| -5.1                        | 0                      | 225.582               |
| -5.3                        | 0                      | 245.428               |
| -5.5                        | 0                      | 263.451               |
| -5.7                        | 0                      | 279.052               |
| -5.9                        | 17.044                 | 291.633               |
| -6.1                        | 45.831                 | 300.596               |
| -6.3                        | 71.602                 | 305.342               |
| -6.5                        | 94.25                  | 305.273               |
| -6.7                        | 113.667                | 299.79                |
| -6.9                        | 129.745                | 288.582               |
| -7.1                        | 142.375                | 272.979               |
| -7.3                        | 151.451                | 254.126               |
| -7.5                        | 156.863                | 232.99                |
| -7.7                        | 158.505                | 210.372               |
| -7.9                        | 156.267                | 186.922               |
| -8.1                        | 150.042                | 163.155               |
| -8.3                        | 140.018                | 146.933               |
| -8.5                        | 126.681                | 145.691               |
| -8.7                        | 110.517                | 141.908               |
| -8.9                        | 92.012                 | 136.166               |
| -9.1                        | 71.652                 | 128.962               |
| -9.3                        | 49.922                 | 120.72                |
| -9.5                        | 27.308                 | 111.796               |
| -9.7                        | 4.296                  | 102.487               |
| -9.9                        | 0                      | 93.034                |
| -10.1                       | 0                      | 83.631                |
| -10.3                       | 4.265                  | 74.429                |
| -10.5                       | 7.514                  | 82.024                |
| -10.7                       | 9.44                   | 99.744                |
| -10.9                       | 10.316                 | 114.949               |
| -11.1                       | 10.398                 | 127.154               |
| -11.3                       | 9.908                  | 135.873               |
| -11.5                       | 9.038                  | 140.887               |
| -11.7                       | 7.95                   | 142.744               |
| -11.9                       | 6.771                  | 141.944               |
| -12.1                       | 5.569                  | 138.942               |

| Selected Design Assumptions | Involupi: Momento      | Muro: WallElement_New |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m)  |
| -12.3                       | 4.406                  | 134.146               |
| -12.5                       | 3.329                  | 127.917               |
| -12.7                       | 2.381                  | 120.577               |
| -12.9                       | 1.592                  | 112.401               |
| -13.1                       | 0.957                  | 103.63                |
| -13.3                       | 1.391                  | 94.467                |
| -13.5                       | 2.259                  | 85.08                 |
| -13.7                       | 2.814                  | 75.609                |
| -13.9                       | 3.092                  | 66.166                |
| -14.1                       | 3.134                  | 56.838                |
| -14.3                       | 2.982                  | 47.735                |
| -14.5                       | 2.679                  | 38.971                |
| -14.7                       | 2.269                  | 30.639                |
| -14.9                       | 1.797                  | 22.844                |
| -15.1                       | 1.307                  | 15.856                |
| -15.3                       | 0.841                  | 9.906                 |
| -15.5                       | 0.443                  | 5.2                   |
| -15.7                       | 0.155                  | 1.926                 |
| -15.9                       | 0.017                  | 0.219                 |
| -16                         | 0                      | 0                     |

## Grafico Involuppi Momento



Momento

## Tabella Inviluppi Taglio WallElement

| Selected Design Assumptions | Inviluppi: Taglio    | Muro: WallElement  |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| 0                           | 0.041                | 0                  |
| -0.2                        | 9.923                | 0.159              |
| -0.4                        | 25.898               | 0.231              |
| -0.6                        | 43.12                | 0.231              |
| -0.8                        | 61.512               | 0.211              |
| -1                          | 80.991               | 0.153              |
| -1.2                        | 101.426              | 0.085              |
| -1.4                        | 122.663              | 0.037              |
| -1.6                        | 144.584              | 0                  |
| -1.8                        | 166.976              | 0                  |
| -2                          | 189.433              | 0                  |
| -2.2                        | 211.423              | 0                  |
| -2.4                        | 232.289              | 0                  |
| -2.6                        | 251.227              | 0                  |
| -2.8                        | 267.297              | 0                  |
| -3                          | 279.389              | 0                  |
| -3.2                        | 287.901              | 0                  |
| -3.4                        | 293.781              | 0                  |
| -3.5                        | 293.781              | 283.106            |
| -3.7                        | 80.936               | 283.106            |
| -3.9                        | 90.999               | 274.438            |
| -4.1                        | 99.864               | 265.24             |
| -4.3                        | 105.73               | 255.512            |
| -4.5                        | 108.598              | 245.252            |
| -4.7                        | 108.598              | 234.46             |
| -4.9                        | 108.47               | 223.134            |
| -5.1                        | 105.347              | 211.274            |
| -5.3                        | 99.228               | 198.879            |
| -5.5                        | 90.115               | 185.949            |
| -5.7                        | 78.008               | 172.482            |
| -5.9                        | 62.908               | 158.478            |
| -6.1                        | 44.815               | 143.937            |
| -6.3                        | 28.28                | 128.857            |
| -6.5                        | 37.131               | 113.24             |
| -6.7                        | 43.247               | 97.084             |
| -6.9                        | 46.63                | 80.388             |
| -7.1                        | 47.28                | 94.266             |
| -7.3                        | 47.28                | 105.685            |
| -7.5                        | 45.196               | 113.094            |
| -7.7                        | 40.379               | 117.25             |
| -7.9                        | 32.83                | 118.836            |
| -8.1                        | 50.12                | 118.836            |
| -8.3                        | 66.684               | 118.461            |
| -8.5                        | 80.819               | 116.292            |
| -8.7                        | 92.524               | 110.88             |
| -8.9                        | 101.801              | 101.935            |
| -9.1                        | 108.65               | 90.814             |
| -9.3                        | 113.07               | 78.596             |
| -9.5                        | 115.061              | 66.112             |
| -9.7                        | 115.061              | 54.121             |
| -9.9                        | 114.625              | 47.266             |
| -10.1                       | 111.76               | 47.018             |
| -10.3                       | 106.468              | 46.009             |
| -10.5                       | 98.748               | 44.422             |
| -10.7                       | 88.601               | 42.413             |
| -10.9                       | 76.026               | 40.114             |
| -11.1                       | 61.024               | 37.488             |
| -11.3                       | 43.594               | 34.594             |
| -11.5                       | 25.071               | 31.558             |
| -11.7                       | 9.284                | 28.481             |
| -11.9                       | 6.006                | 25.447             |
| -12.1                       | 6.006                | 23.982             |



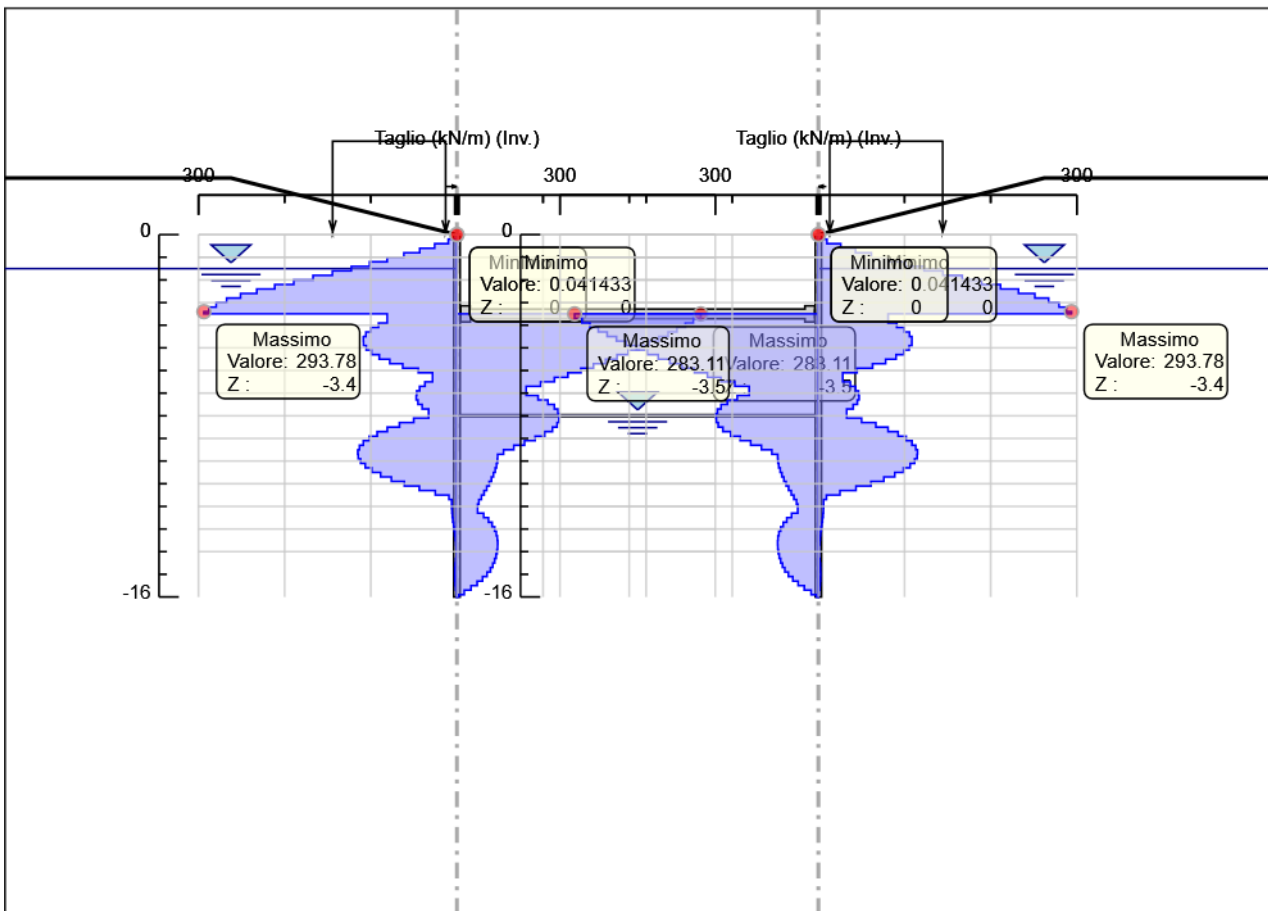
| Selected Design Assumptions | Involuppi: Taglio    | Muro: WallElement  |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| -12.3                       | 5.818                | 31.141             |
| -12.5                       | 5.383                | 36.704             |
| -12.7                       | 4.742                | 40.877             |
| -12.9                       | 3.943                | 43.855             |
| -13.1                       | 3.178                | 45.818             |
| -13.3                       | 2.473                | 46.934             |
| -13.5                       | 1.843                | 47.354             |
| -13.7                       | 1.297                | 47.354             |
| -13.9                       | 0.835                | 47.215             |
| -14.1                       | 0.762                | 46.637             |
| -14.3                       | 1.515                | 45.519             |
| -14.5                       | 2.048                | 43.82              |
| -14.7                       | 2.36                 | 41.661             |
| -14.9                       | 2.452                | 38.974             |
| -15.1                       | 2.452                | 34.94              |
| -15.3                       | 2.328                | 29.748             |
| -15.5                       | 1.989                | 23.53              |
| -15.7                       | 1.44                 | 16.37              |
| -15.9                       | 0.693                | 8.533              |
| -16                         | 0.167                | 2.191              |

## Tabella Inviluppi Taglio WallElement\_New

| Selected Design Assumptions<br>Z (m) | Muro: WallElement_New                     |                    |
|--------------------------------------|---|--------------------|
|                                      | Inviluppi: Taglio<br>Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| 0                                    | 0   | 0.041              |
| -0.2                                 | 0.159                                     | 9.923              |
| -0.4                                 | 0.231                                     | 25.898             |
| -0.6                                 | 0.231                                     | 43.12              |
| -0.8                                 | 0.211                                     | 61.512             |
| -1                                   | 0.153                                     | 80.991             |
| -1.2                                 | 0.085                                     | 101.426            |
| -1.4                                 | 0.037                                     | 122.663            |
| -1.6                                 | 0   | 144.584            |
| -1.8                                 | 0   | 166.976            |
| -2                                   | 0   | 189.433            |
| -2.2                                 | 0   | 211.423            |
| -2.4                                 | 0   | 232.289            |
| -2.6                                 | 0   | 251.227            |
| -2.8                                 | 0   | 267.297            |
| -3                                   | 0   | 279.389            |
| -3.2                                 | 0   | 287.901            |
| -3.4                                 | 0   | 293.781            |
| -3.5                                 | 283.106                                   | 293.781            |
| -3.7                                 | 283.106                                   | 80.936             |
| -3.9                                 | 274.438                                   | 90.999             |
| -4.1                                 | 265.24                                    | 99.864             |
| -4.3                                 | 255.512                                   | 105.73             |
| -4.5                                 | 245.252                                   | 108.598            |
| -4.7                                 | 234.46                                    | 108.598            |
| -4.9                                 | 223.134                                   | 108.47             |
| -5.1                                 | 211.274                                   | 105.347            |
| -5.3                                 | 198.879                                   | 99.228             |
| -5.5                                 | 185.949                                   | 90.115             |
| -5.7                                 | 172.482                                   | 78.008             |
| -5.9                                 | 158.478                                   | 62.908             |
| -6.1                                 | 143.937                                   | 44.815             |
| -6.3                                 | 128.857                                   | 28.28              |
| -6.5                                 | 113.24                                    | 37.131             |
| -6.7                                 | 97.084                                    | 43.247             |
| -6.9                                 | 80.388                                    | 46.63              |
| -7.1                                 | 94.266                                    | 47.28              |
| -7.3                                 | 105.685                                   | 47.28              |
| -7.5                                 | 113.094                                   | 45.196             |
| -7.7                                 | 117.25                                    | 40.379             |
| -7.9                                 | 118.836                                   | 32.83              |
| -8.1                                 | 118.836                                   | 50.12              |
| -8.3                                 | 118.461                                   | 66.684             |
| -8.5                                 | 116.292                                   | 80.819             |
| -8.7                                 | 110.88                                    | 92.524             |
| -8.9                                 | 101.935                                   | 101.801            |
| -9.1                                 | 90.814                                    | 108.65             |
| -9.3                                 | 78.596                                    | 113.07             |
| -9.5                                 | 66.112                                    | 115.061            |
| -9.7                                 | 54.121                                    | 115.061            |
| -9.9                                 | 47.266                                    | 114.625            |
| -10.1                                | 47.018                                    | 111.76             |
| -10.3                                | 46.009                                    | 106.468            |
| -10.5                                | 44.422                                    | 98.748             |
| -10.7                                | 42.413                                    | 88.601             |
| -10.9                                | 40.114                                    | 76.026             |
| -11.1                                | 37.488                                    | 61.024             |
| -11.3                                | 34.594                                    | 43.594             |
| -11.5                                | 31.558                                    | 25.071             |
| -11.7                                | 28.481                                    | 9.284              |
| -11.9                                | 25.447                                    | 6.006              |
| -12.1                                | 23.982                                    | 6.006              |

| Selected Design Assumptions | Involuppi: Taglio    | Muro: WallElement_New |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m)    |
| -12.3                       | 31.141               | 5.818                 |
| -12.5                       | 36.704               | 5.383                 |
| -12.7                       | 40.877               | 4.742                 |
| -12.9                       | 43.855               | 3.943                 |
| -13.1                       | 45.818               | 3.178                 |
| -13.3                       | 46.934               | 2.473                 |
| -13.5                       | 47.354               | 1.843                 |
| -13.7                       | 47.354               | 1.297                 |
| -13.9                       | 47.215               | 0.835                 |
| -14.1                       | 46.637               | 0.762                 |
| -14.3                       | 45.519               | 1.515                 |
| -14.5                       | 43.82                | 2.048                 |
| -14.7                       | 41.661               | 2.36                  |
| -14.9                       | 38.974               | 2.452                 |
| -15.1                       | 34.94                | 2.452                 |
| -15.3                       | 29.748               | 2.328                 |
| -15.5                       | 23.53                | 1.989                 |
| -15.7                       | 16.37                | 1.44                  |
| -15.9                       | 8.533                | 0.693                 |
| -16                         | 2.191                | 0.167                 |

## Grafico Involuppi Taglio



Taglio

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

| Design Assumption                              | Stage   | Muro       | Lato  | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva<br>% |
|--|---------|------------|-------|---|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Left Wall  | LEFT  | 4.75  |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 6 | Left Wall  | RIGHT | 41.15   |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 6 | Right wall | LEFT  | 41.15   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Right wall | RIGHT | 4.75  |

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

| Design Assumption                              | Stage   | Muro       | Lato  | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva<br>% |
|--|---------|------------|-------|--|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 3 | Left Wall  | LEFT  | 115.47   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Left Wall  | RIGHT | 171.08   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Right wall | LEFT  | 171.08   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 3 | Right wall | RIGHT | 115.47   |

## **Inviluppo Risultati Elementi Strutturali**

| <b>Elemento strutturale</b> | <b>Design Assumption</b>           | <b>Stage</b> | <b>Puntone<br/>kN/m</b> |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------|
| Strut                       | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 6      | -582.97                 |

## *Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali*

### **Normative Verifiche**

|              |     |
|--------------|-----|
| Calcestruzzo | NTC |
| Acciaio      | NTC |
| Tirante      | NTC |

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

|            |      |
|------------|------|
| GEO FS     | 1    |
| $\xi_{a3}$ | 1.8  |
| $\gamma_s$ | 1.15 |



## Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

| Design Assumption                              | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 | Stage 5 | Stage 6 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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                              |         |         |         |         |         |         |

## Risultati SteelWorld

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |
|-------|--|
| 0     | 0                                      |
| -0.2  | 0                                      |
| -0.4  | 0.003                                  |
| -0.6  | 0.012                                  |
| -0.8  | 0.026                                  |
| -1    | 0.047                                  |
| -1.2  | 0.074                                  |
| -1.4  | 0.108                                  |
| -1.6  | 0.149                                  |
| -1.8  | 0.197                                  |
| -2    | 0.253                                  |
| -2.2  | 0.317                                  |
| -2.4  | 0.388                                  |
| -2.6  | 0.465                                  |
| -2.8  | 0.549                                  |
| -3    | 0.639                                  |
| -3.2  | 0.732                                  |
| -3.4  | 0.829                                  |
| -3.5  | 0.878                                  |
| -3.7  | 0.783                                  |
| -3.9  | 0.691                                  |
| -4.1  | 0.602                                  |
| -4.3  | 0.517                                  |
| -4.5  | 0.435                                  |
| -4.7  | 0.356                                  |
| -4.9  | 0.342                                  |
| -5.1  | 0.377                                  |
| -5.3  | 0.411                                  |
| -5.5  | 0.441                                  |
| -5.7  | 0.467                                  |
| -5.9  | 0.488                                  |
| -6.1  | 0.503                                  |
| -6.3  | 0.511                                  |
| -6.5  | 0.511                                  |
| -6.7  | 0.502                                  |
| -6.9  | 0.483                                  |
| -7.1  | 0.457                                  |
| -7.3  | 0.425                                  |
| -7.5  | 0.39                                   |
| -7.7  | 0.352                                  |
| -7.9  | 0.313                                  |
| -8.1  | 0.273                                  |
| -8.3  | 0.246                                  |
| -8.5  | 0.244                                  |
| -8.7  | 0.237                                  |
| -8.9  | 0.228                                  |
| -9.1  | 0.216                                  |
| -9.3  | 0.202                                  |
| -9.5  | 0.187                                  |
| -9.7  | 0.171                                  |
| -9.9  | 0.156                                  |
| -10.1 | 0.14                                   |
| -10.3 | 0.125                                  |
| -10.5 | 0.137                                  |
| -10.7 | 0.167                                  |
| -10.9 | 0.192                                  |
| -11.1 | 0.213                                  |
| -11.3 | 0.227                                  |
| -11.5 | 0.236                                  |
| -11.7 | 0.239                                  |

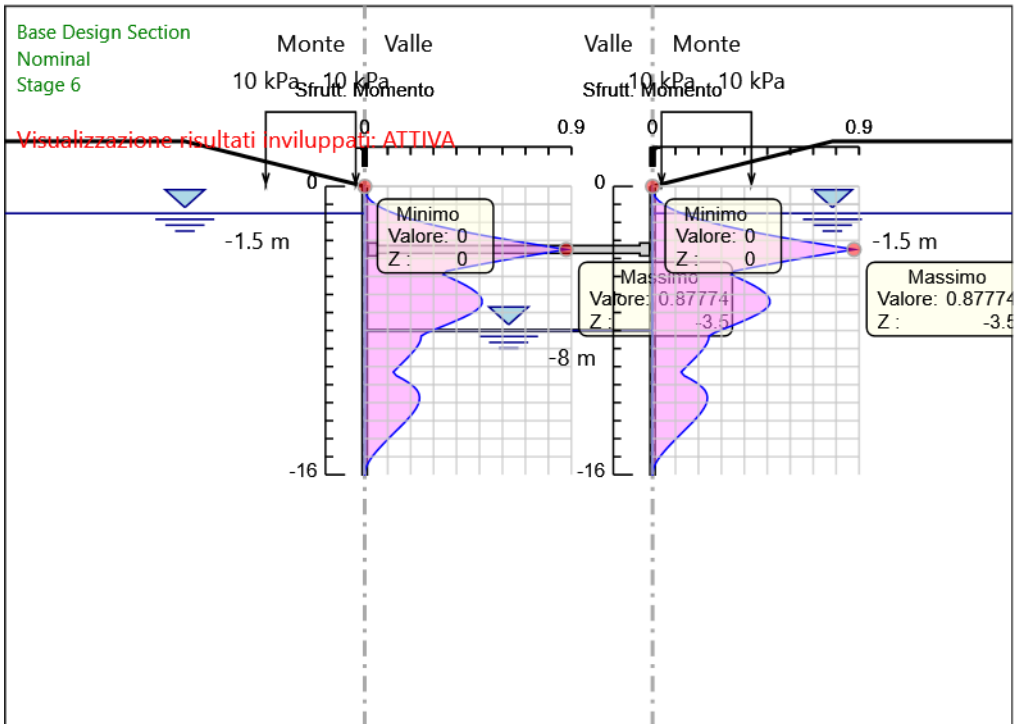
| Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |  | LEFT  |
|--|--|-------|
| Z (m)  | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |       |
| -11.9  |  | 0.237 |
| -12.1  |  | 0.232 |
| -12.3  |  | 0.224 |
| -12.5  |  | 0.214 |
| -12.7  |  | 0.202 |
| -12.9  |  | 0.188 |
| -13.1  |  | 0.173 |
| -13.3  |  | 0.158 |
| -13.5  |  | 0.142 |
| -13.7  |  | 0.127 |
| -13.9  |  | 0.111 |
| -14.1  |  | 0.095 |
| -14.3  |  | 0.08  |
| -14.5  |  | 0.065 |
| -14.7  |  | 0.051 |
| -14.9  |  | 0.038 |
| -15.1  |  | 0.027 |
| -15.3  |  | 0.017 |
| -15.5  |  | 0.009 |
| -15.7  |  | 0.003 |
| -15.9  |  | 0     |
| -16  |  | 0     |

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : RIGHT

| Z (m) | RIGHT<br>Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |
|-------|---|
| 0     | 0   |
| -0.2  | 0   |
| -0.4  | 0.003   |
| -0.6  | 0.012   |
| -0.8  | 0.026   |
| -1    | 0.047   |
| -1.2  | 0.074   |
| -1.4  | 0.108   |
| -1.6  | 0.149   |
| -1.8  | 0.197   |
| -2    | 0.253   |
| -2.2  | 0.317   |
| -2.4  | 0.388   |
| -2.6  | 0.465   |
| -2.8  | 0.549   |
| -3    | 0.639   |
| -3.2  | 0.732   |
| -3.4  | 0.829   |
| -3.5  | 0.878   |
| -3.7  | 0.783   |
| -3.9  | 0.691   |
| -4.1  | 0.602   |
| -4.3  | 0.517   |
| -4.5  | 0.435   |
| -4.7  | 0.356   |
| -4.9  | 0.342   |
| -5.1  | 0.377   |
| -5.3  | 0.411   |
| -5.5  | 0.441   |
| -5.7  | 0.467   |
| -5.9  | 0.488   |
| -6.1  | 0.503   |
| -6.3  | 0.511   |
| -6.5  | 0.511   |
| -6.7  | 0.502   |
| -6.9  | 0.483   |
| -7.1  | 0.457   |
| -7.3  | 0.425   |
| -7.5  | 0.39  |
| -7.7  | 0.352   |
| -7.9  | 0.313   |
| -8.1  | 0.273   |
| -8.3  | 0.246   |
| -8.5  | 0.244   |
| -8.7  | 0.237   |
| -8.9  | 0.228   |
| -9.1  | 0.216   |
| -9.3  | 0.202   |
| -9.5  | 0.187   |
| -9.7  | 0.171   |
| -9.9  | 0.156   |
| -10.1 | 0.14  |
| -10.3 | 0.125   |
| -10.5 | 0.137   |
| -10.7 | 0.167   |
| -10.9 | 0.192   |
| -11.1 | 0.213   |
| -11.3 | 0.227   |
| -11.5 | 0.236   |
| -11.7 | 0.239   |
| -11.9 | 0.237   |
| -12.1 | 0.232   |

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld | RIGHT | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |
|-------|--|-------|--|
| -12.3 |  | 0.224 |  |
| -12.5 |  | 0.214 |  |
| -12.7 |  | 0.202 |  |
| -12.9 |  | 0.188 |  |
| -13.1 |  | 0.173 |  |
| -13.3 |  | 0.158 |  |
| -13.5 |  | 0.142 |  |
| -13.7 |  | 0.127 |  |
| -13.9 |  | 0.111 |  |
| -14.1 |  | 0.095 |  |
| -14.3 |  | 0.08  |  |
| -14.5 |  | 0.065 |  |
| -14.7 |  | 0.051 |  |
| -14.9 |  | 0.038 |  |
| -15.1 |  | 0.027 |  |
| -15.3 |  | 0.017 |  |
| -15.5 |  | 0.009 |  |
| -15.7 |  | 0.003 |  |
| -15.9 |  | 0     |  |
| -16   |  | 0     |  |

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | LEFT  |
|-------|---|-------|
| 0     |   | 0     |
| -0.2  |   | 0.003 |
| -0.4  |   | 0.007 |
| -0.6  |   | 0.012 |
| -0.8  |   | 0.018 |
| -1    |   | 0.023 |
| -1.2  |   | 0.029 |
| -1.4  |   | 0.036 |
| -1.6  |   | 0.042 |
| -1.8  |   | 0.048 |
| -2    |   | 0.055 |
| -2.2  |   | 0.061 |
| -2.4  |   | 0.067 |
| -2.6  |   | 0.073 |
| -2.8  |   | 0.077 |
| -3    |   | 0.081 |
| -3.2  |   | 0.083 |
| -3.4  |   | 0.085 |
| -3.5  |   | 0.082 |
| -3.7  |   | 0.079 |
| -3.9  |   | 0.077 |
| -4.1  |   | 0.074 |
| -4.3  |   | 0.071 |
| -4.5  |   | 0.068 |
| -4.7  |   | 0.065 |
| -4.9  |   | 0.061 |
| -5.1  |   | 0.058 |
| -5.3  |   | 0.054 |
| -5.5  |   | 0.05  |
| -5.7  |   | 0.046 |
| -5.9  |   | 0.042 |
| -6.1  |   | 0.037 |
| -6.3  |   | 0.033 |
| -6.5  |   | 0.028 |
| -6.7  |   | 0.023 |
| -6.9  |   | 0.023 |
| -7.1  |   | 0.027 |
| -7.3  |   | 0.031 |
| -7.5  |   | 0.033 |
| -7.7  |   | 0.034 |
| -7.9  |   | 0.034 |
| -8.1  |   | 0.034 |
| -8.3  |   | 0.034 |
| -8.5  |   | 0.032 |
| -8.7  |   | 0.03  |
| -8.9  |   | 0.029 |
| -9.1  |   | 0.031 |
| -9.3  |   | 0.033 |
| -9.5  |   | 0.033 |
| -9.7  |   | 0.033 |
| -9.9  |   | 0.032 |
| -10.1 |   | 0.031 |
| -10.3 |   | 0.029 |
| -10.5 |   | 0.026 |
| -10.7 |   | 0.022 |
| -10.9 |   | 0.018 |
| -11.1 |   | 0.013 |
| -11.3 |   | 0.009 |
| -11.5 |   | 0.008 |
| -11.7 |   | 0.007 |
| -11.9 |   | 0.006 |
| -12.1 |   | 0.007 |

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | LEFT  | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld |
|-------|---|-------|---|
| -12.3 |   | 0.009 |   |
| -12.5 |   | 0.011 |   |
| -12.7 |   | 0.012 |   |
| -12.9 |   | 0.013 |   |
| -13.1 |   | 0.013 |   |
| -13.3 |   | 0.014 |   |
| -13.5 |   | 0.014 |   |
| -13.7 |   | 0.014 |   |
| -13.9 |   | 0.014 |   |
| -14.1 |   | 0.013 |   |
| -14.3 |   | 0.013 |   |
| -14.5 |   | 0.012 |   |
| -14.7 |   | 0.011 |   |
| -14.9 |   | 0.01  |   |
| -15.1 |   | 0.009 |   |
| -15.3 |   | 0.007 |   |
| -15.5 |   | 0.005 |   |
| -15.7 |   | 0.002 |   |
| -15.9 |   | 0.001 |   |
| -16   |   | 0.001 |   |

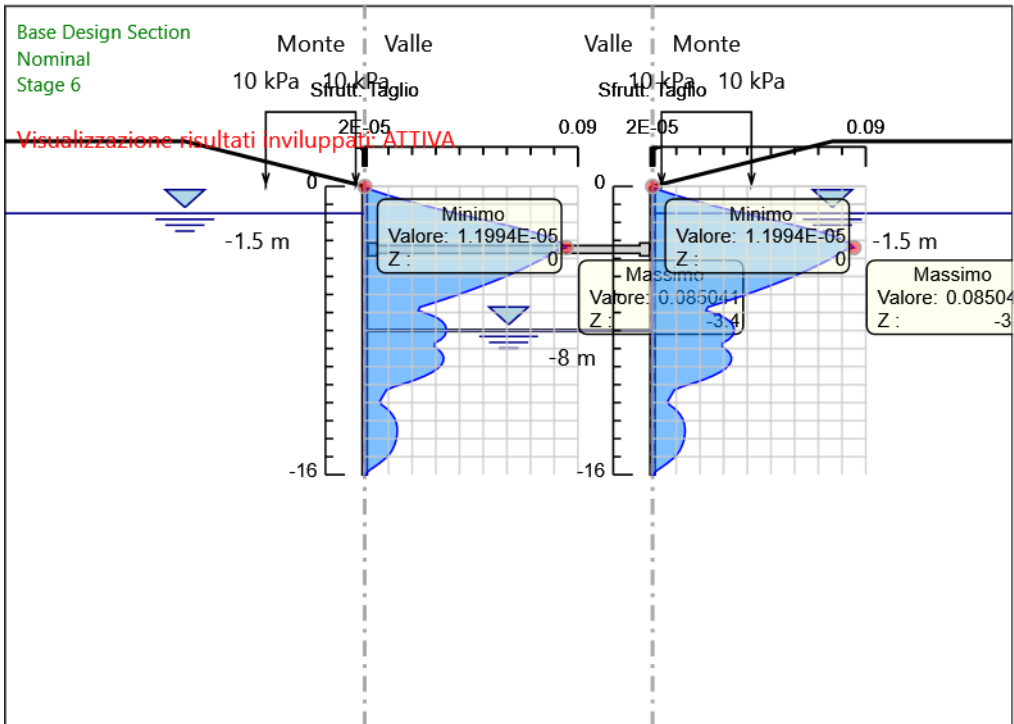


### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : RIGHT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | RIGHT |
|-------|---|-------|
| 0     |   | 0     |
| -0.2  |   | 0.003 |
| -0.4  |   | 0.007 |
| -0.6  |   | 0.012 |
| -0.8  |   | 0.018 |
| -1    |   | 0.023 |
| -1.2  |   | 0.029 |
| -1.4  |   | 0.036 |
| -1.6  |   | 0.042 |
| -1.8  |   | 0.048 |
| -2    |   | 0.055 |
| -2.2  |   | 0.061 |
| -2.4  |   | 0.067 |
| -2.6  |   | 0.073 |
| -2.8  |   | 0.077 |
| -3    |   | 0.081 |
| -3.2  |   | 0.083 |
| -3.4  |   | 0.085 |
| -3.5  |   | 0.082 |
| -3.7  |   | 0.079 |
| -3.9  |   | 0.077 |
| -4.1  |   | 0.074 |
| -4.3  |   | 0.071 |
| -4.5  |   | 0.068 |
| -4.7  |   | 0.065 |
| -4.9  |   | 0.061 |
| -5.1  |   | 0.058 |
| -5.3  |   | 0.054 |
| -5.5  |   | 0.05  |
| -5.7  |   | 0.046 |
| -5.9  |   | 0.042 |
| -6.1  |   | 0.037 |
| -6.3  |   | 0.033 |
| -6.5  |   | 0.028 |
| -6.7  |   | 0.023 |
| -6.9  |   | 0.023 |
| -7.1  |   | 0.027 |
| -7.3  |   | 0.031 |
| -7.5  |   | 0.033 |
| -7.7  |   | 0.034 |
| -7.9  |   | 0.034 |
| -8.1  |   | 0.034 |
| -8.3  |   | 0.034 |
| -8.5  |   | 0.032 |
| -8.7  |   | 0.03  |
| -8.9  |   | 0.029 |
| -9.1  |   | 0.031 |
| -9.3  |   | 0.033 |
| -9.5  |   | 0.033 |
| -9.7  |   | 0.033 |
| -9.9  |   | 0.032 |
| -10.1 |   | 0.031 |
| -10.3 |   | 0.029 |
| -10.5 |   | 0.026 |
| -10.7 |   | 0.022 |
| -10.9 |   | 0.018 |
| -11.1 |   | 0.013 |
| -11.3 |   | 0.009 |
| -11.5 |   | 0.008 |
| -11.7 |   | 0.007 |
| -11.9 |   | 0.006 |
| -12.1 |   | 0.007 |

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | RIGHT | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld |
|-------|---|-------|---|
| -12.3 |   | 0.009 |   |
| -12.5 |   | 0.011 |   |
| -12.7 |   | 0.012 |   |
| -12.9 |   | 0.013 |   |
| -13.1 |   | 0.013 |   |
| -13.3 |   | 0.014 |   |
| -13.5 |   | 0.014 |   |
| -13.7 |   | 0.014 |   |
| -13.9 |   | 0.014 |   |
| -14.1 |   | 0.013 |   |
| -14.3 |   | 0.013 |   |
| -14.5 |   | 0.012 |   |
| -14.7 |   | 0.011 |   |
| -14.9 |   | 0.01  |   |
| -15.1 |   | 0.009 |   |
| -15.3 |   | 0.007 |   |
| -15.5 |   | 0.005 |   |
| -15.7 |   | 0.002 |   |
| -15.9 |   | 0.001 |   |
| -16   |   | 0.001 |   |

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

## Verifiche Puntoni Nominal

| Design Assumption:<br>Nominal Puntone | Tipo Risultato:<br>Verifiche Puntoni |                           |           |       |                                 |                 |              |                 |             |                |                |                       |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------|-------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Sezione                               | Materiale                            | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza | Stage | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità | $\lambda$<br>y | $\lambda$<br>z | $\lambda$<br>laterale |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 4                         | 0               | 0            | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 5                         | -241.66         | -326.242     | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 6                         | -445.225        | -601.053     | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |

## Verifiche Puntone NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

| Design Assumption:<br>NTC2018: SLE<br>(Rara/Frequente/Quasi<br>Permanente) |             | Tipo Risultato: NTC2018<br>Verifiche (ITA)<br>Puntone |                           |           |            |                                 |                 |              |                 |             |             |             |                       |
|--|-------------|---|---------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| Puntone  | Sezione     | Materiale   | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità | $\lambda_y$ | $\lambda_z$ | $\lambda$<br>laterale |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16        | Stage<br>4 | 0                               | 0               | 0.067        | 0.005           | 0.064       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16        | Stage<br>5 | -241.66                         | -<br>326.242    | 0.076        | 0.005           | 0.344       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16        | Stage<br>6 | -445.225                        | -<br>601.053    | 0.141        | 0.005           | 0.58        | 133         | 133         | 0                     |

## Verifiche Puntoni NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

| Design Assumption:                    |             | Tipo Risultato:   |                           | NTC2018   |            |                                 |                 |              |                 |             |             |             |                       |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| NTC2018: A1+M1+R1<br>(R3 per tiranti) |             | Verifiche Puntoni |                           | (ITA)     |            |                                 |                 |              |                 |             |             |             |                       |
| Puntone                               | Sezione     | Materiale         | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità | $\lambda_y$ | $\lambda_z$ | $\lambda$<br>laterale |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>4 | 0                               | 0               | 0.088        | 0.006           | 0           | 0           | 0           | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>5 | -316.945                        | -427.875        | 0.1          | 0.006           | 0.456       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>6 | -582.975                        | -787.016        | 0.184        | 0.006           | 0.768       | 133         | 133         | 0                     |

## Verifiche Puntoni NTC2018: A2+M2+R1

| Design Assumption: |             | Tipo Risultato:   |                           | NTC2018   |            |                                 |                 |              |                 |                       |           |           |                       |
|--------------------|-------------|-------------------|---------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| NTC2018:           |             | Verifiche Puntoni |                           | (ITA)     |            |                                 |                 |              |                 |                       |           |           |                       |
| A2+M2+R1           |             |                   |                           |           |            |                                 |                 |              |                 |                       |           |           |                       |
| Puntone            | Sezione     | Materiale         | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità $\lambda$ |           |           | $\lambda$<br>laterale |
|                    |             |                   |                           |           |            |                                 |                 |              |                 | $\lambda$             | $\lambda$ | $\lambda$ |                       |
| Strut              | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>4 | 0                               | 0               | 0.067        | 0.005           | 0                     | 0         | 0         | 0                     |
| Strut              | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>5 | -343.135                        | -463.232        | 0.108        | 0.005           | 0.461                 | 133       | 133       | 0                     |
| Strut              | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>6 | -698.861                        | -943.463        | 0.221        | 0.005           | 0.873                 | 133       | 133       | 0                     |

## Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

| Design Assumption:<br>Nominal | Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione |            |           |            |                              |                 |              |                 |             |
|-------------------------------|---|------------|-----------|------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|
| Trave di Ripartizione         | Elemento strutturale                            | Sezione    | Materiale | Stage      | Carico distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>4 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>4 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>5 | -241.66                      | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>5 | -241.66                      | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>6 | -445.225                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>6 | -445.225                     | 0               | 0            | 0               | 0           |



## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

| Design Assumption: NTC2018: SLE<br>(Rara/Frequente/Quasi Permanente) |                      | Tipo Risultato: Verifiche<br>Travi di Ripartizione |           | NTC2018 (ITA) |                           |              |           |              |             |  |
|--|----------------------|--|-----------|---------------|---------------------------|--------------|-----------|--------------|-------------|--|
| Trave di Ripartizione  | Elemento strutturale | Sezione  | Materiale | Stage         | Carico distribuito (kN/m) | Assiale (kN) | Ratio M-N | Ratio taglio | Instabilità |  |
| Default Left Waler   | Strut                | HE 160B  | S355      | Stage 4       | 0                         | 0            | 0         | 0            | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut                | HE 160B  | S355      | Stage 4       | 0                         | 0            | 0         | 0            | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut                | HE 160B  | S355      | Stage 5       | -241.66                   | 0            | 0.183     | 0.325        | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut                | HE 160B  | S355      | Stage 5       | -241.66                   | 0            | 0.183     | 0.325        | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut                | HE 160B  | S355      | Stage 6       | -445.225                  | 0            | 0.339     | 0.598        | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut                | HE 160B  | S355      | Stage 6       | -445.225                  | 0            | 0.339     | 0.598        | 0           |  |

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

| Design Assumption: NTC2018:<br>A1+M1+R1 (R3 per tiranti)<br>Trave di Ripartizione | Tipo Risultato: Verifiche<br>Travi di Ripartizione<br>Elemento strutturale | NTC2018<br>(ITA)<br>Sezione | Materiali | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità |
|---|--|-----------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage<br>4 | 0                               | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage<br>4 | 0                               | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage<br>5 | -316.945                        | 0               | 0.24         | 0.426           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage<br>5 | -316.945                        | 0               | 0.24         | 0.426           | 0           |
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage<br>6 | -582.975                        | 0               | 0.462        | 0.784           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage<br>6 | -582.975                        | 0               | 0.462        | 0.784           | 0           |

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R1

| Design Assumption:<br>NTC2018: A2+M2+R1<br>Trave di Ripartizione | Tipo Risultato: Verifiche Travi<br>di Ripartizione<br>Elemento strutturale | NTC2018<br>(ITA) |           | Stage      | Carico distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità |
|--|--|------------------|-----------|------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|
|  |  | Sezione          | Materiale |            |                              |                 |              |                 |             |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>4 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>4 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>5 | -343.135                     | 0               | 0.26         | 0.461           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>5 | -343.135                     | 0               | 0.26         | 0.461           | 0           |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>6 | -698.861                     | 0               | 0.595        | 0.939           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>6 | -698.861                     | 0               | 0.595        | 0.939           | 0           |

#### 14.4 Paratia Muri d’Imbocco (Tipologico B)

### ***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 : 2.5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -0.5 m

OCR : 1

Tipo : HORIZONTAL

Quota : -3.5 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                 | R       | 20                | 20                | 35      |        |       |          | 0    |     | Constant        |    | 90000  | 144000 |    |    |     |     |         |     |                   |                   |                   |  |
| 2                 | AL      | 19                | 19                | 28      |        |       |          | 10   |     | Constant        |    | 50000  | 150000 |    |    |     |     |         |     |                   |                   |                   |  |
| 3                 | GS      | 19                | 19                | 37      |        |       |          | 0    |     | Constant        |    | 100000 | 160000 |    |    |     |     |         |     |                   |                   |                   |  |

## Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali D280 0.45

Area equivalente : 0.0441421707857897 m

Inerzia equivalente : 0.0002 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.45 m

Diametro : 0.28 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

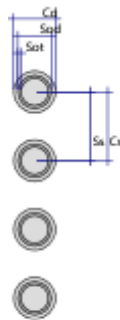
Sezione : CHS219.1\*20

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.45 m

Spessore : 0.02 m

Diametro : 0.2191 m



X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Muro di destra

Sezione : Micropali D280 0.45

Area equivalente : 0.0441421707857897 m

Inerzia equivalente : 0.0002 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.45 m

Diametro : 0.28 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

Sezione : CHS219.1\*20

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.45 m

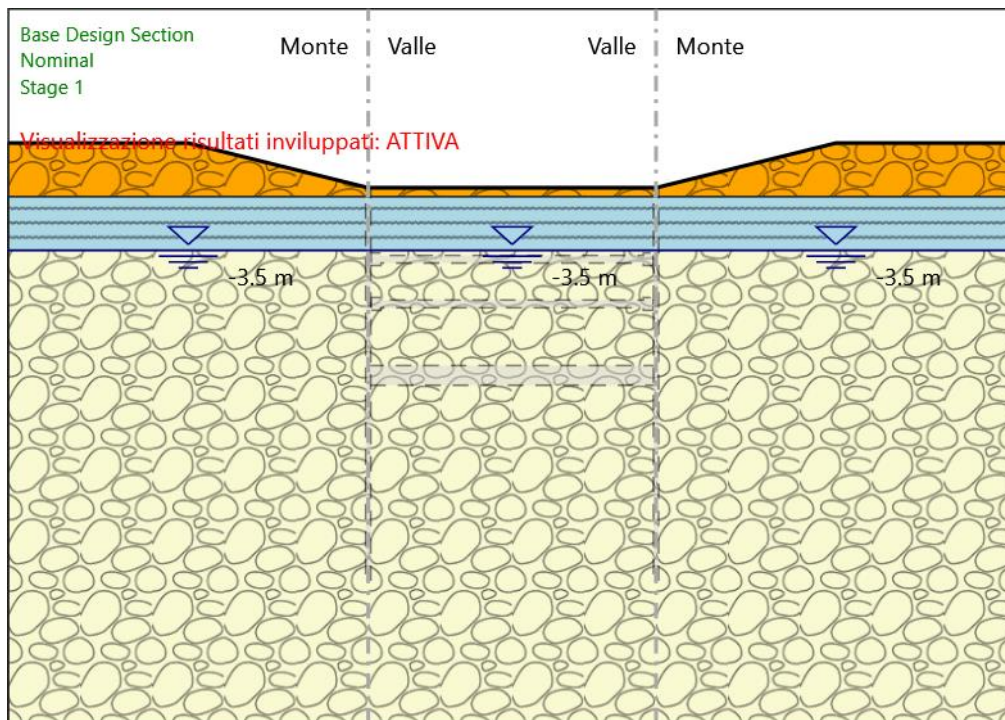
Spessore : 0.02 m

Diametro : 0.2191 m



## Fasi di Calcolo

### Stage 1



### Stage 1

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)



(36;2.5)

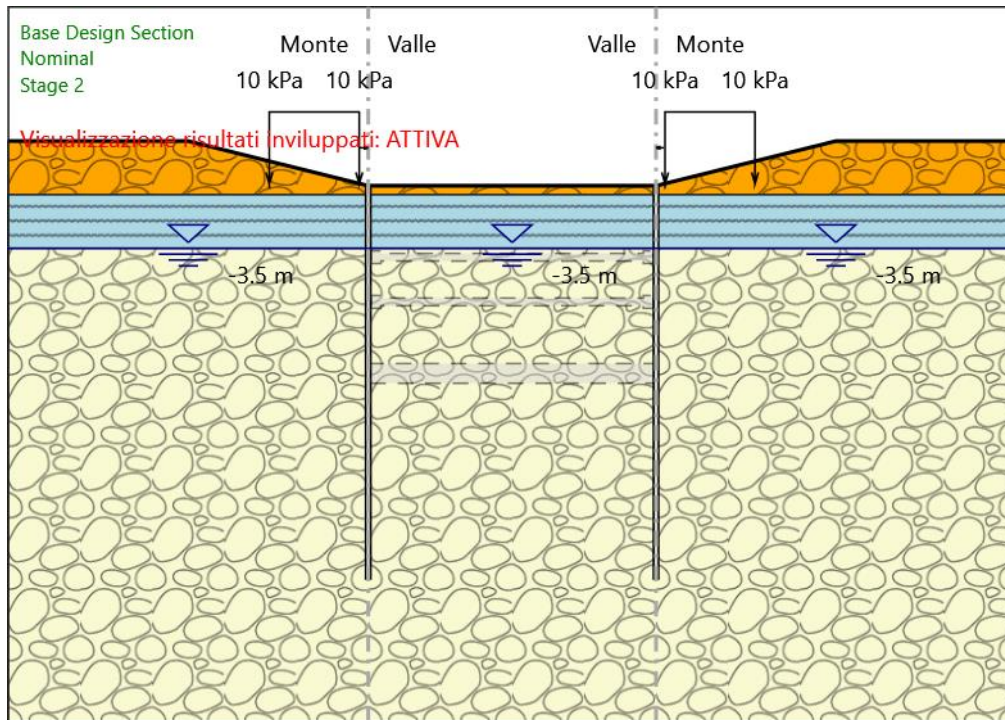
Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m

Falda di destra : -3.5 m

Falda centrale : -3.5 m

## Stage 2



## Stage 2

### Scavo

#### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

#### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

#### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

#### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

0 m

#### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m

Falda di destra : -3.5 m

Falda centrale : -3.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

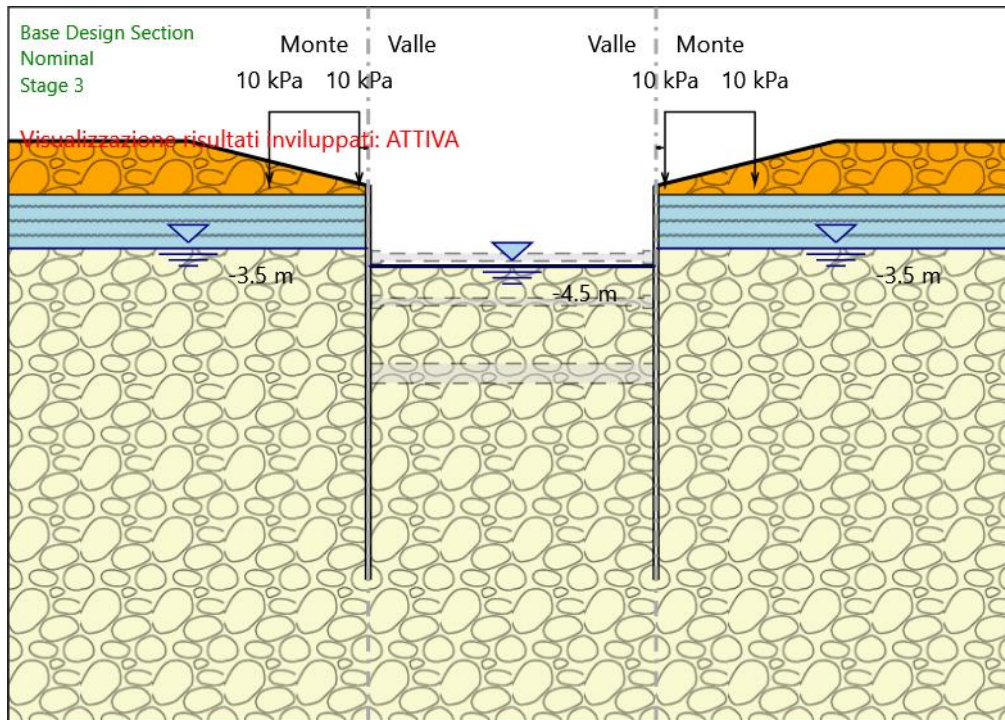
X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

### Stage 3



### Stage 3

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -4.5 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -4.5 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)  
(-10;2.5)  
(0;0)

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-4.5 m

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)  
(26;2.5)  
(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m

Falda di destra : -3.5 m

Falda centrale : -4.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

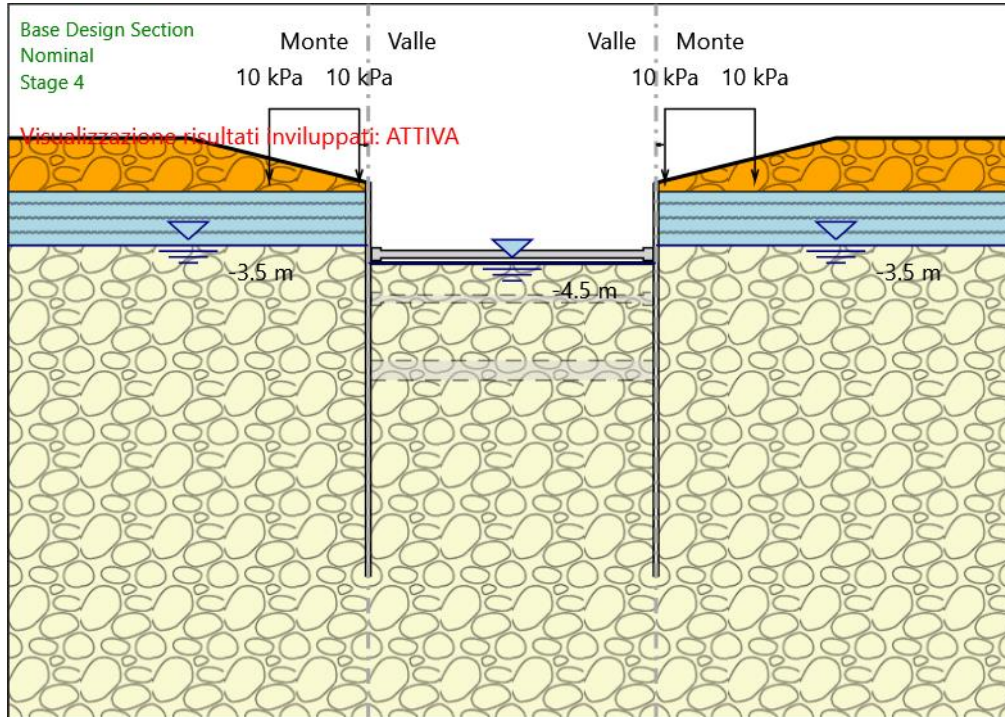
X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

## Stage 4



### Stage 4

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -4.5 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m  
Lato valle : -4.5 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)  
(-10;2.5)  
(0;0)

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-4.5 m

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)  
(26;2.5)  
(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m  
Falda di destra : -3.5 m  
Falda centrale : -4.5 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m  
X finale : -0.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m  
X finale : 21.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -22 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -22 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m  
X del secondo muro : 16 m  
Z : -4 m  
Lunghezza : 16 m  
Angolo : 0 °  
Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

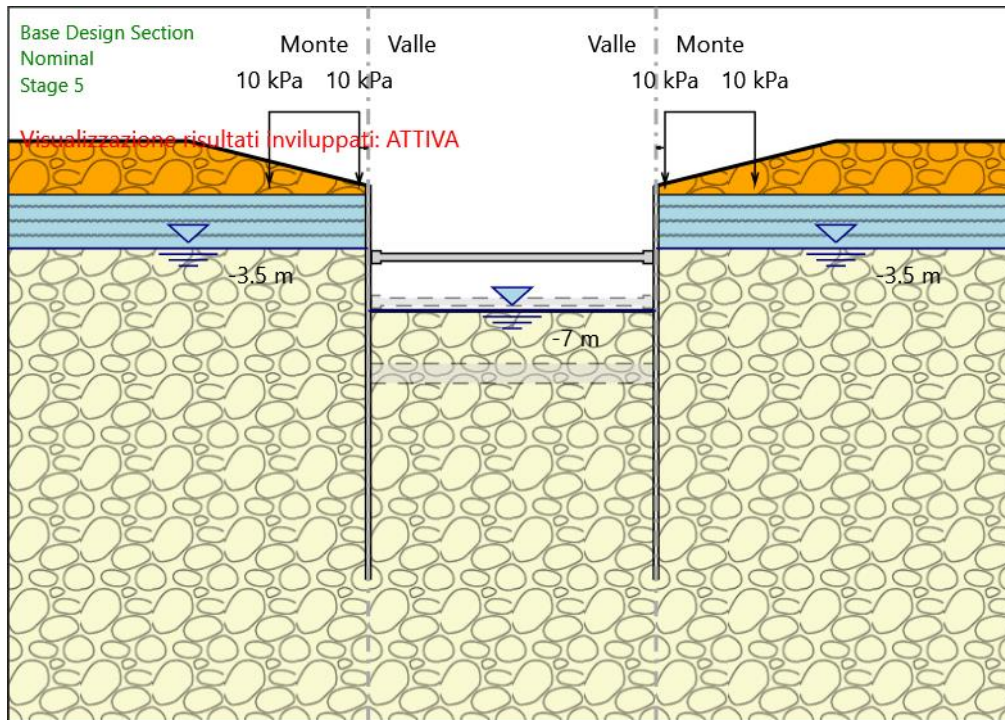
Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355



## Stage 5



Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-7 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)



#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m  
Falda di destra : -3.5 m  
Falda centrale : -7 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m  
X finale : -0.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m  
X finale : 21.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -22 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -22 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m  
X del secondo muro : 16 m  
Z : -4 m  
Lunghezza : 16 m  
Angolo : 0 °  
Sezione : Puntone inf

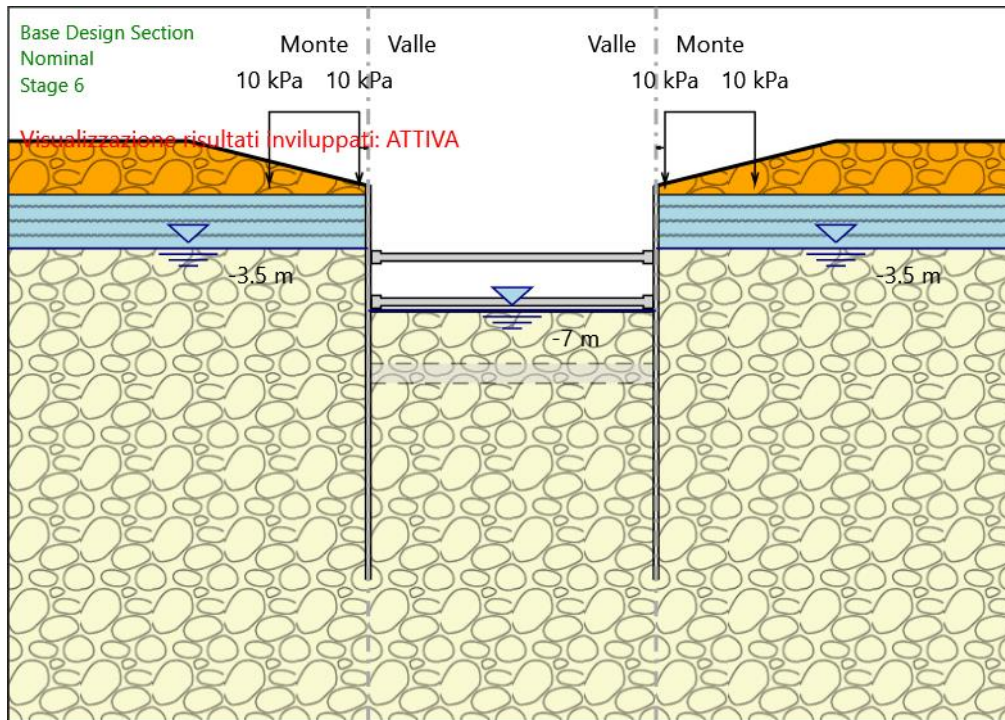
Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

## Stage 6



Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-7 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m  
Falda di destra : -3.5 m  
Falda centrale : -7 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m  
X finale : -0.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m  
X finale : 21.5 m  
Pressione iniziale : 10 kPa  
Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -22 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m  
Quota in alto : 0 m  
Quota di fondo : -22 m  
Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m  
X del secondo muro : 16 m  
Z : -4 m  
Lunghezza : 16 m  
Angolo : 0 °  
Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel  
HE 160B  
Materiale : S355

Puntone : Strut\_New

X del primo muro : 0 m  
X del secondo muro : 16 m

Z : -6.5 m

Lunghezza : 16 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

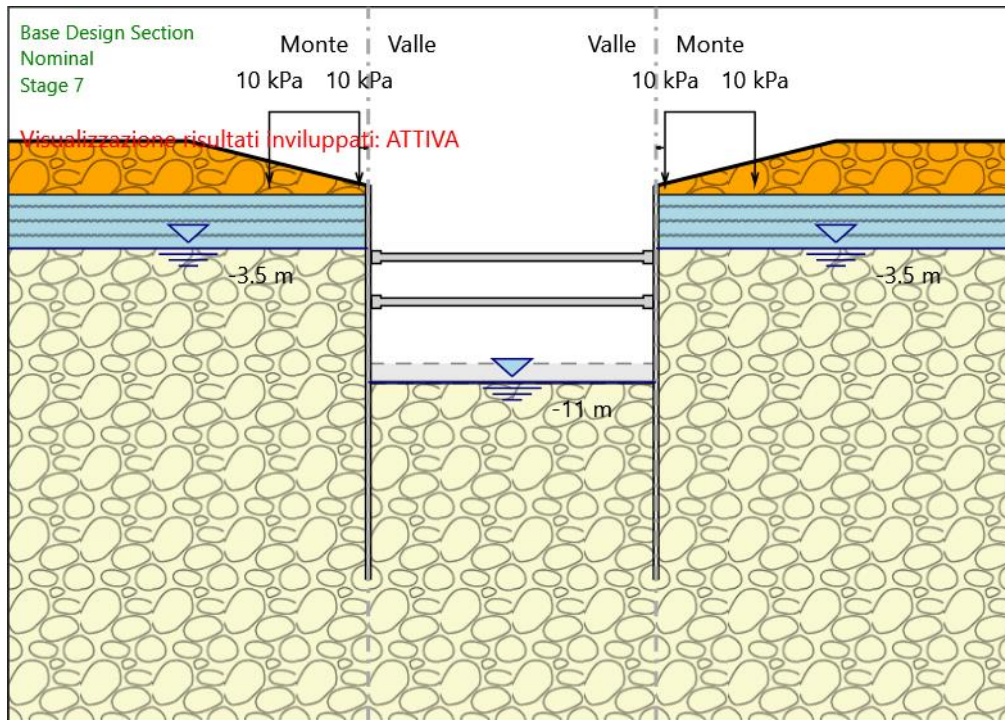
Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

## Stage 7



### Stage 7

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -11 m

##### Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -11 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

##### Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-11 m

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m  
Falda di destra : -3.5 m  
Falda centrale : -11 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 16 m

Z : -4 m

Lunghezza : 16 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

Puntone : Strut\_New

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 16 m

Z : -6.5 m

Lunghezza : 16 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

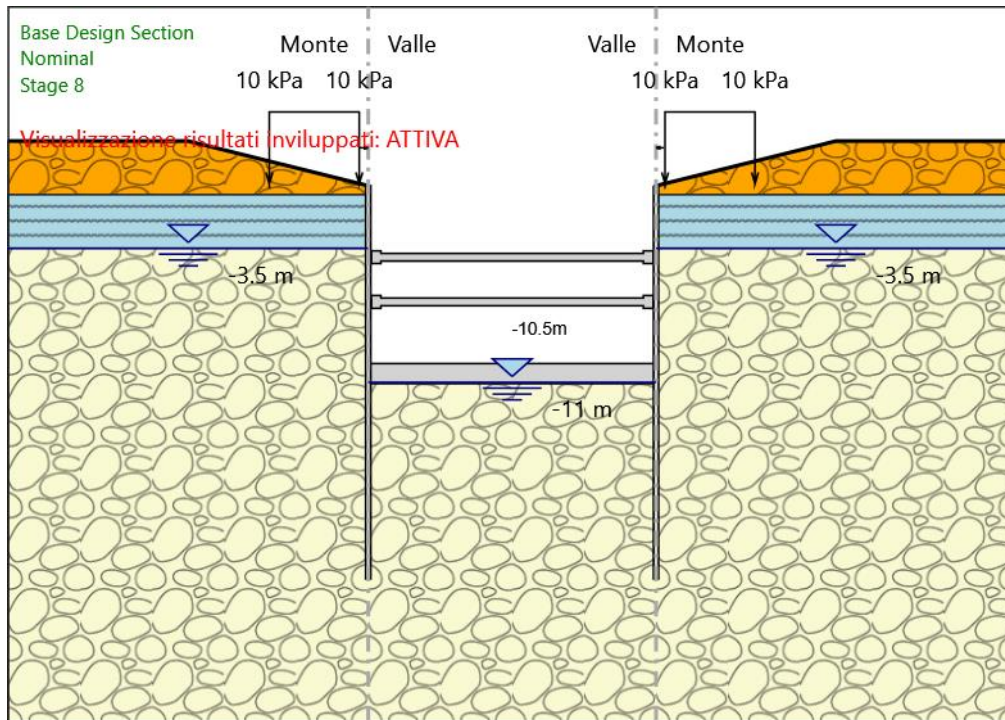
Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355



## Stage 8



Stage 8

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -11 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -11 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-11 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)



#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m  
Falda di destra : -3.5 m  
Falda centrale : -11 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 16 m

Z : -4 m

Lunghezza : 16 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

Puntone : Strut\_New

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 16 m

Z : -6.5 m

Lunghezza : 16 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

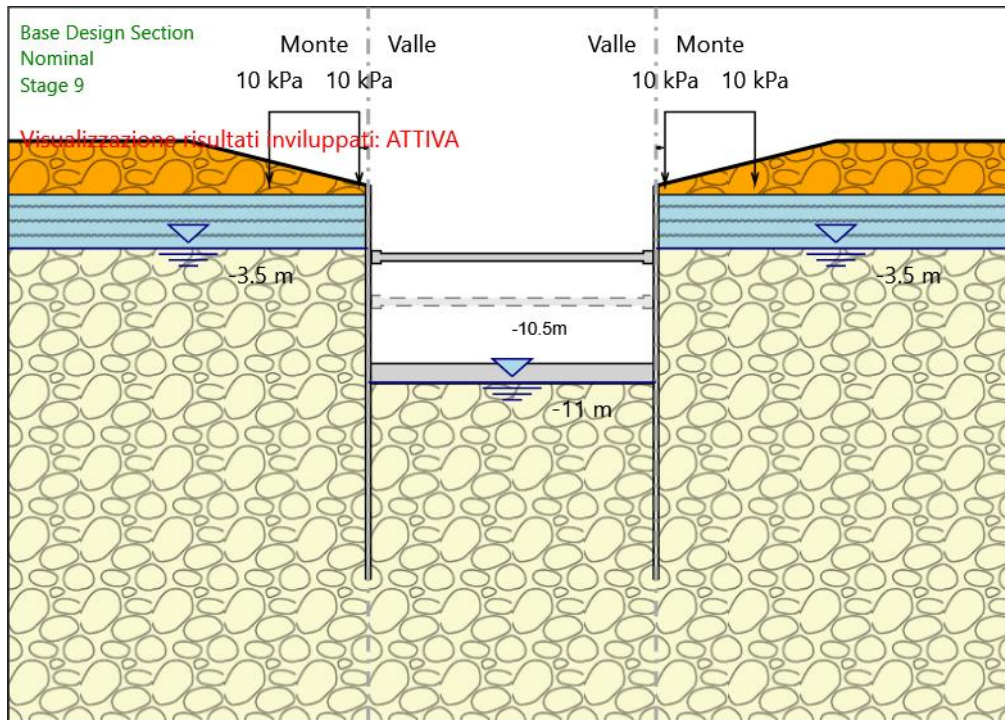
Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

## Stage 9



Stage 9

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -11 m

Muro di destra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -11 m

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-20;2.5)

(-10;2.5)

(0;0)

Linea di scavo centrale (Orizzontale)

-11 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(16;0)

(26;2.5)

(36;2.5)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -3.5 m  
Falda di destra : -3.5 m  
Falda centrale : -11 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -5.5 m

X finale : -0.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 16.5 m

X finale : 21.5 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Paratia : WallElement\_New

X : 16 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -22 m

Sezione : Micropali D280 0.45

Puntone : Strut

X del primo muro : 0 m

X del secondo muro : 16 m

Z : -4 m

Lunghezza : 16 m

Angolo : 0 °

Sezione : Puntone inf

Trave di Ripartizione Sinistra : Default Left Waler

Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

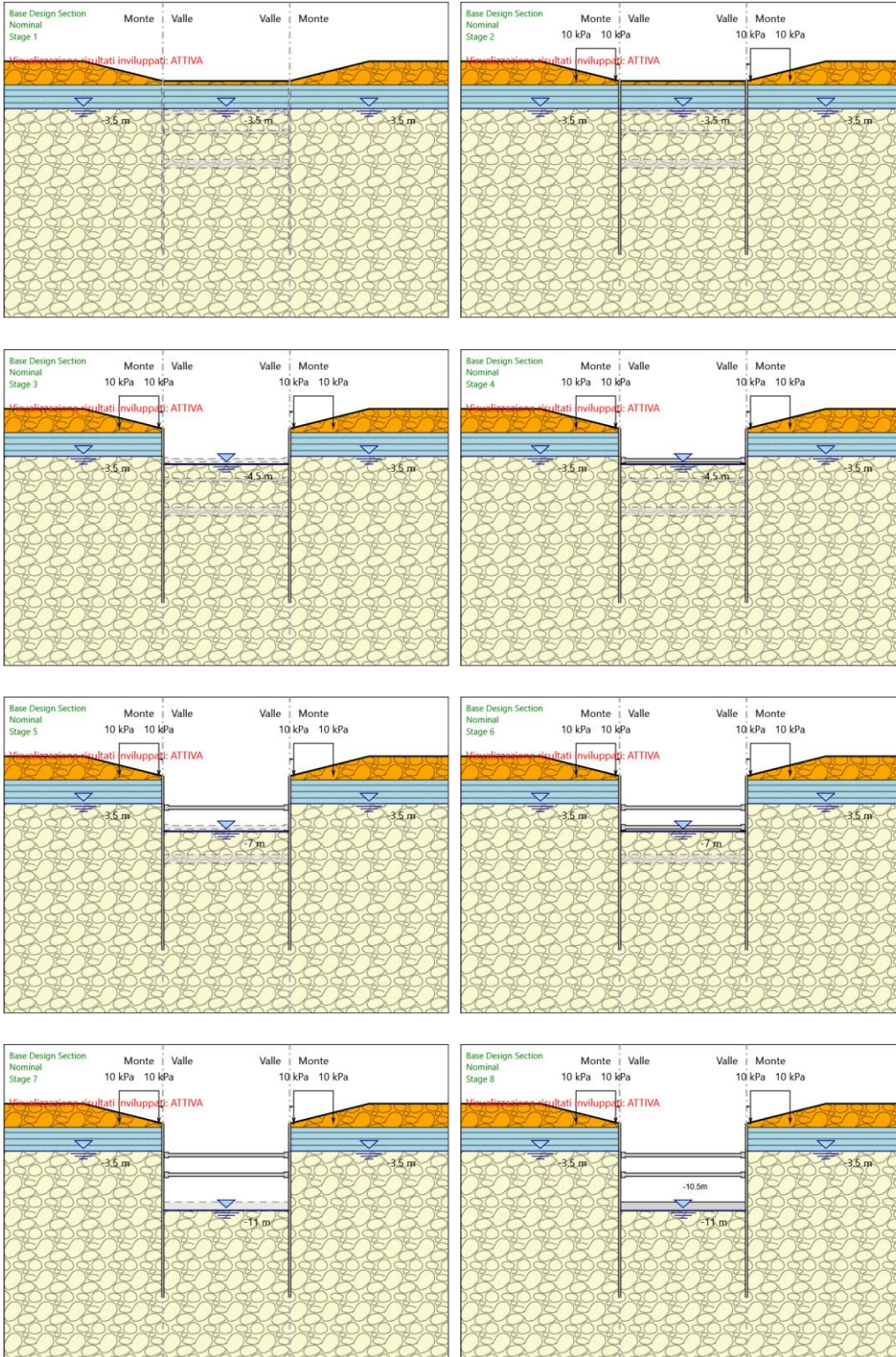
Trave di Ripartizione Destra : Default Right Waler

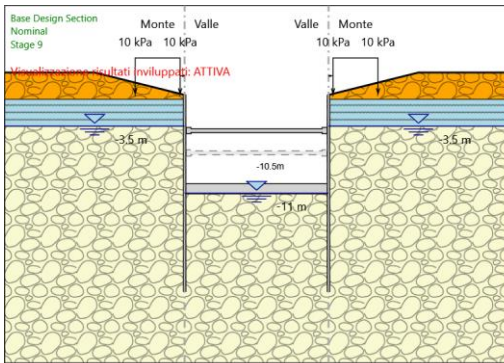
Sezione : Waler Section 2 steel

HE 160B

Materiale : S355

## Tabella Configurazione Stage (Nominal)





## Descrizione Coefficienti Design Assumption

| Nome  | Carichi<br>Permanenti<br>Sfavorevoli<br>(F_dead_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Permanenti<br>Favorevoli<br>(F_dead_loa<br>d_favour) | Carichi<br>Variabili<br>Sfavorevoli<br>(F_live_load<br>_unfavour) | Carichi<br>Variabili<br>Favorevoli<br>(F_live_loa<br>d_favour) | Carico<br>Sismico<br>(F_seis<br>m_load) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Monte<br>(F_Wat<br>erDR) | Pressio<br>ni<br>Acqua<br>Lato<br>Valle<br>(F_Wat<br>erRes) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>GStab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_UPL_<br>GStab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_UPL_<br>QDStab) | Carichi<br>Permane<br>nti<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>GStab) | Carichi<br>Perman<br>enti<br>Stabilizz<br>anti<br>(F_HYD_<br>GStab) | Carichi<br>Variabili<br>Destabili<br>zzanti<br>(F_HYD_<br>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:<br>SLE<br>(Rara/Frequ<br>ente/Quasi<br>Permanente<br>) | 1  | 1   | 1   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
| NTC2018:<br>A1+M1+R1<br>(R3 per<br>tiranti)                     | 1.3  | 1   | 1.5   | 1  | 0                                       | 1.3  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1.3   | 0.9   | 1   |
| NTC2018:<br>A2+M2+R1  | 1  | 1   | 1.3   | 1  | 0                                       | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1.3   | 0.9   | 1   |

| Nome  | Parziale su tan( $\phi'$ )<br>(F_Fr) | Parziale su c'<br>(F_eff_cohe) | Parziale su Su<br>(F_Su) | Parziale su qu<br>(F_qu) | Parziale su peso specifico<br>(F_gamma) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| Simbolo   | $\gamma_\phi$                        | $\gamma_c$                     | $\gamma_{cu}$            | $\gamma_{qu}$            | $\gamma_\gamma$                         |
| Nominal   | 1                                    | 1                              | 1                        | 1                        | 1                                       |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi<br>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                                       |

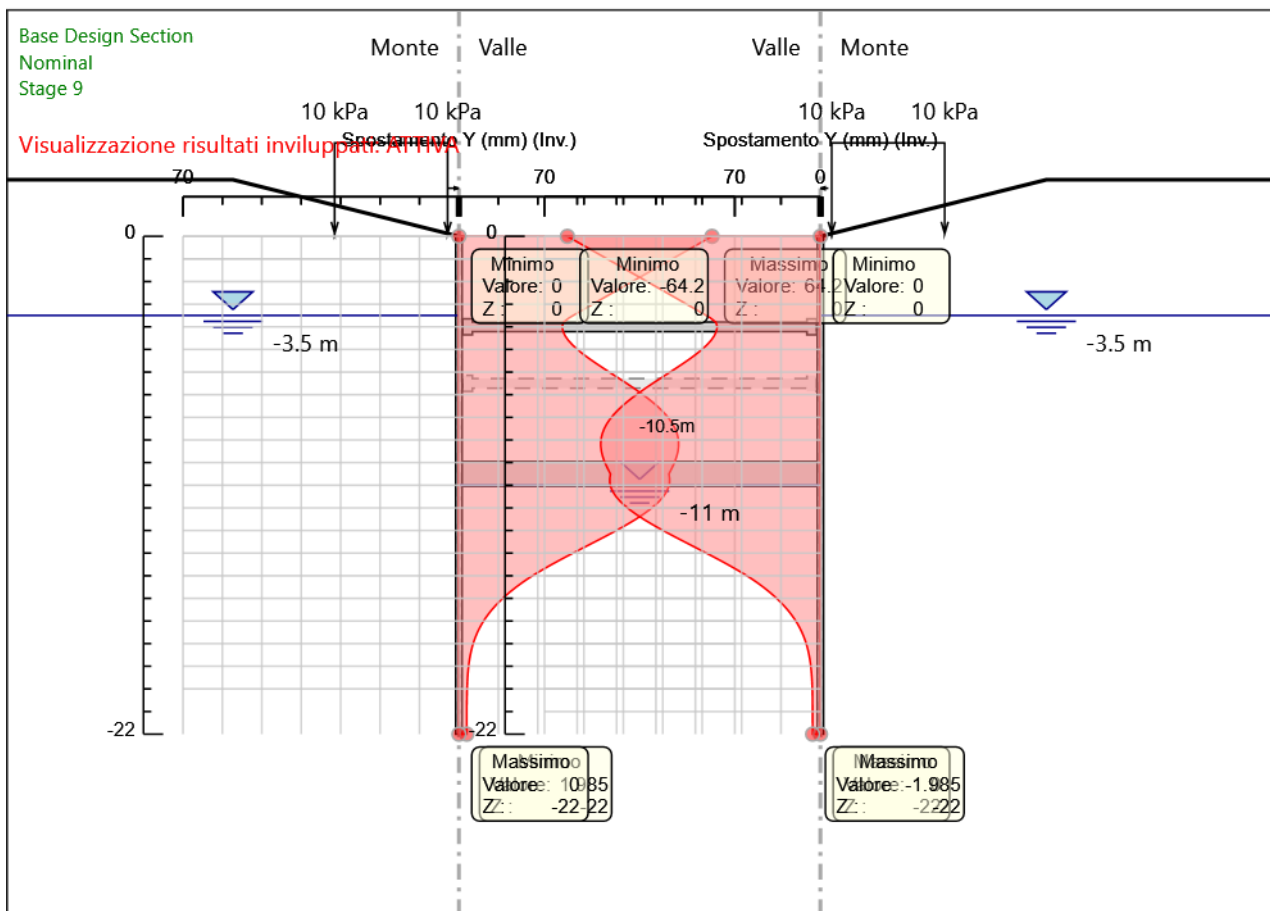
| Nome   | Parziale resistenza terreno (es.<br>Kp) (F_Soil_Res_walls) | Parziale resistenza Tiranti<br>permanenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti<br>temporanei (F_Anch_T) | Parziale elementi<br>strutturali (F_wall) |
|--|--|--|--|---|
| Simbolo  | $\gamma_{Re}$  | $\gamma_{ap}$  | $\gamma_{at}$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

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

| Design Assumption                              | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 | Stage 5 | Stage 6 | Stage 7 | Stage 8 | Stage 9 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       |
| NTC2018: A2+M2+R1                              |         |         |         |         |         |         |         |         |         |

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

### Grafico Inviluppi Spostamento



Spostamento



## Tabella Involuppi Momento WallElement

| Selected Design Assumptions | Involuppi: Momento     | Muro: WallElement    |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
| 0                           | 0                      | 0                    |
| -0.2                        | 0.009                  | 0                    |
| -0.4                        | 2.16                   | 0.039                |
| -0.6                        | 8.272                  | 0.118                |
| -0.8                        | 16.551                 | 0.202                |
| -1                          | 27.143                 | 0.278                |
| -1.2                        | 40.185                 | 0.341                |
| -1.4                        | 55.801                 | 0.393                |
| -1.6                        | 74.126                 | 0.435                |
| -1.8                        | 95.293                 | 0.465                |
| -2                          | 119.414                | 0.487                |
| -2.2                        | 146.582                | 0.5                  |
| -2.4                        | 176.861                | 0.503                |
| -2.6                        | 210.279                | 0.492                |
| -2.8                        | 246.824                | 0.466                |
| -3                          | 286.435                | 0.419                |
| -3.2                        | 328.995                | 0.344                |
| -3.4                        | 374.319                | 0.236                |
| -3.6                        | 422.148                | 0.084                |
| -3.8                        | 472.338                | 0                    |
| -4                          | 524.019                | 0                    |
| -4.2                        | 466.215                | 0                    |
| -4.4                        | 409.891                | 0                    |
| -4.6                        | 355.156                | 0                    |
| -4.8                        | 302.117                | 0                    |
| -5                          | 252.522                | 0                    |
| -5.2                        | 279.554                | 0                    |
| -5.4                        | 310.428                | 0                    |
| -5.6                        | 345.193                | 0                    |
| -5.8                        | 383.775                | 0                    |
| -6                          | 425.947                | 4.078                |
| -6.2                        | 471.305                | 13.328               |
| -6.4                        | 519.303                | 47.97                |
| -6.5                        | 544.31                 | 64.725               |
| -6.7                        | 464.435                | 96.18                |
| -6.9                        | 387.409                | 124.785              |
| -7.1                        | 313.342                | 150.431              |
| -7.3                        | 242.345                | 173.007              |
| -7.5                        | 174.546                | 192.404              |
| -7.7                        | 121.983                | 208.51               |
| -7.9                        | 108.404                | 221.215              |
| -8.1                        | 94.517                 | 230.408              |
| -8.3                        | 80.648                 | 235.98               |
| -8.5                        | 67.037                 | 237.818              |
| -8.7                        | 54.204                 | 235.813              |
| -8.9                        | 55.649                 | 229.854              |
| -9.1                        | 60.748                 | 240.263              |
| -9.3                        | 63.929                 | 274.484              |
| -9.5                        | 65.488                 | 304.418              |
| -9.7                        | 65.692                 | 329.955              |
| -9.9                        | 64.781                 | 350.984              |
| -10.1                       | 62.971                 | 367.394              |
| -10.3                       | 60.451                 | 379.073              |
| -10.5                       | 57.388                 | 385.911              |
| -10.7                       | 53.929                 | 387.314              |
| -10.9                       | 50.197                 | 384.108              |
| -11.1                       | 46.298                 | 375.727              |
| -11.3                       | 42.323                 | 362.369              |
| -11.5                       | 38.344                 | 344.54               |
| -11.7                       | 34.418                 | 322.745              |
| -11.9                       | 30.594                 | 297.49               |
| -12.1                       | 26.903                 | 269.279              |

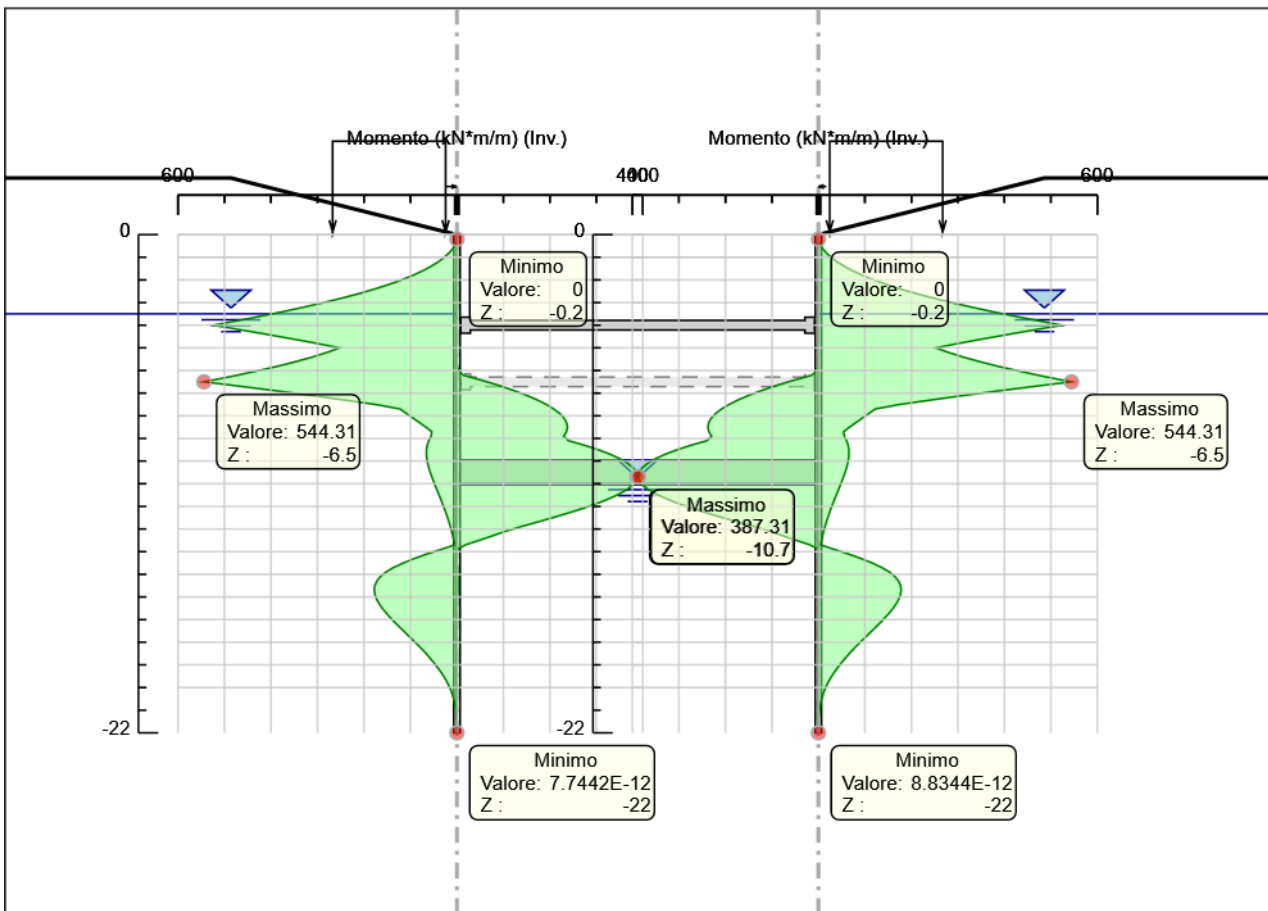
| Selected Design Assumptions | Involupi: Momento      | Muro: WallElement    |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m) |
| -12.3                       | 23.37                  | 238.62               |
| -12.5                       | 20.025                 | 206.016              |
| -12.7                       | 16.899                 | 171.974              |
| -12.9                       | 14.01                  | 137                  |
| -13.1                       | 11.369                 | 104.054              |
| -13.3                       | 8.977                  | 76.562               |
| -13.5                       | 6.831                  | 47.662               |
| -13.7                       | 4.932                  | 18.111               |
| -13.9                       | 34.178                 | 0.071                |
| -14.1                       | 64.137                 | 0                    |
| -14.3                       | 91.49                  | 0                    |
| -14.5                       | 115.734                | 0.107                |
| -14.7                       | 136.361                | 0.773                |
| -14.9                       | 152.868                | 1.235                |
| -15.1                       | 164.749                | 1.517                |
| -15.3                       | 172.506                | 1.639                |
| -15.5                       | 176.692                | 1.625                |
| -15.7                       | 177.823                | 1.497                |
| -15.9                       | 176.368                | 1.275                |
| -16.1                       | 172.761                | 0.982                |
| -16.3                       | 167.388                | 0.634                |
| -16.5                       | 160.601                | 0.252                |
| -16.7                       | 152.709                | 0                    |
| -16.9                       | 143.982                | 0                    |
| -17.1                       | 134.658                | 0                    |
| -17.3                       | 124.938                | 0                    |
| -17.5                       | 114.993                | 0                    |
| -17.7                       | 104.962                | 0                    |
| -17.9                       | 94.959                 | 0                    |
| -18.1                       | 85.072                 | 0                    |
| -18.3                       | 75.389                 | 0                    |
| -18.5                       | 66.317                 | 0                    |
| -18.7                       | 57.858                 | 0                    |
| -18.9                       | 49.778                 | 0                    |
| -19.1                       | 42.119                 | 0                    |
| -19.3                       | 35.004                 | 0                    |
| -19.5                       | 28.537                 | 0                    |
| -19.7                       | 22.777                 | 0                    |
| -19.9                       | 17.753                 | 0                    |
| -20.1                       | 13.462                 | 0                    |
| -20.3                       | 9.883                  | 0                    |
| -20.5                       | 6.975                  | 0                    |
| -20.7                       | 4.685                  | 0                    |
| -20.9                       | 2.949                  | 0                    |
| -21.1                       | 1.698                  | 0                    |
| -21.3                       | 0.856                  | 0                    |
| -21.5                       | 0.346                  | 0                    |
| -21.7                       | 0.09                   | 0                    |
| -21.9                       | 0.007                  | 0.001                |
| -22                         | 0                      | 0                    |

## Tabella Inviluppi Momento WallElement\_New

| Selected Design Assumptions | Inviluppi: Momento     | Muro: WallElement_New |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m)  |
| 0                           | 0                      | 0                     |
| -0.2                        | 0                      | 0.009                 |
| -0.4                        | 0.039                  | 2.16                  |
| -0.6                        | 0.118                  | 8.272                 |
| -0.8                        | 0.202                  | 16.551                |
| -1                          | 0.278                  | 27.143                |
| -1.2                        | 0.341                  | 40.185                |
| -1.4                        | 0.393                  | 55.801                |
| -1.6                        | 0.435                  | 74.126                |
| -1.8                        | 0.465                  | 95.293                |
| -2                          | 0.487                  | 119.414               |
| -2.2                        | 0.5                    | 146.582               |
| -2.4                        | 0.503                  | 176.861               |
| -2.6                        | 0.492                  | 210.279               |
| -2.8                        | 0.466                  | 246.824               |
| -3                          | 0.419                  | 286.435               |
| -3.2                        | 0.344                  | 328.995               |
| -3.4                        | 0.236                  | 374.319               |
| -3.6                        | 0.084                  | 422.148               |
| -3.8                        | 0                      | 472.338               |
| -4                          | 0                      | 524.019               |
| -4.2                        | 0                      | 466.215               |
| -4.4                        | 0                      | 409.891               |
| -4.6                        | 0                      | 355.156               |
| -4.8                        | 0                      | 302.117               |
| -5                          | 0                      | 252.522               |
| -5.2                        | 0                      | 279.554               |
| -5.4                        | 0                      | 310.428               |
| -5.6                        | 0                      | 345.193               |
| -5.8                        | 0                      | 383.775               |
| -6                          | 4.078                  | 425.947               |
| -6.2                        | 13.328                 | 471.305               |
| -6.4                        | 47.97                  | 519.303               |
| -6.5                        | 64.725                 | 544.31                |
| -6.7                        | 96.18                  | 464.435               |
| -6.9                        | 124.785                | 387.409               |
| -7.1                        | 150.431                | 313.342               |
| -7.3                        | 173.007                | 242.345               |
| -7.5                        | 192.404                | 174.546               |
| -7.7                        | 208.51                 | 121.983               |
| -7.9                        | 221.215                | 108.404               |
| -8.1                        | 230.408                | 94.517                |
| -8.3                        | 235.98                 | 80.648                |
| -8.5                        | 237.818                | 67.037                |
| -8.7                        | 235.813                | 54.204                |
| -8.9                        | 229.854                | 55.649                |
| -9.1                        | 240.263                | 60.748                |
| -9.3                        | 274.484                | 63.929                |
| -9.5                        | 304.418                | 65.488                |
| -9.7                        | 329.955                | 65.692                |
| -9.9                        | 350.984                | 64.781                |
| -10.1                       | 367.394                | 62.971                |
| -10.3                       | 379.073                | 60.451                |
| -10.5                       | 385.911                | 57.388                |
| -10.7                       | 387.314                | 53.929                |
| -10.9                       | 384.108                | 50.197                |
| -11.1                       | 375.727                | 46.298                |
| -11.3                       | 362.369                | 42.323                |
| -11.5                       | 344.54                 | 38.344                |
| -11.7                       | 322.745                | 34.418                |
| -11.9                       | 297.49                 | 30.594                |
| -12.1                       | 269.279                | 26.903                |

| Selected Design Assumptions | Involuppi: Momento     | Muro: WallElement_New |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN*m/m) | Lato destro (kN*m/m)  |
| -12.3                       | 238.62                 | 23.37                 |
| -12.5                       | 206.016                | 20.025                |
| -12.7                       | 171.974                | 16.899                |
| -12.9                       | 137                    | 14.01                 |
| -13.1                       | 104.054                | 11.369                |
| -13.3                       | 76.562                 | 8.977                 |
| -13.5                       | 47.662                 | 6.831                 |
| -13.7                       | 18.111                 | 4.932                 |
| -13.9                       | 0.071                  | 34.178                |
| -14.1                       | 0                      | 64.137                |
| -14.3                       | 0                      | 91.49                 |
| -14.5                       | 0.107                  | 115.734               |
| -14.7                       | 0.773                  | 136.361               |
| -14.9                       | 1.235                  | 152.868               |
| -15.1                       | 1.517                  | 164.749               |
| -15.3                       | 1.639                  | 172.506               |
| -15.5                       | 1.625                  | 176.692               |
| -15.7                       | 1.497                  | 177.823               |
| -15.9                       | 1.275                  | 176.368               |
| -16.1                       | 0.982                  | 172.761               |
| -16.3                       | 0.634                  | 167.388               |
| -16.5                       | 0.252                  | 160.601               |
| -16.7                       | 0                      | 152.709               |
| -16.9                       | 0                      | 143.982               |
| -17.1                       | 0                      | 134.658               |
| -17.3                       | 0                      | 124.938               |
| -17.5                       | 0                      | 114.993               |
| -17.7                       | 0                      | 104.962               |
| -17.9                       | 0                      | 94.959                |
| -18.1                       | 0                      | 85.072                |
| -18.3                       | 0                      | 75.389                |
| -18.5                       | 0                      | 66.317                |
| -18.7                       | 0                      | 57.858                |
| -18.9                       | 0                      | 49.778                |
| -19.1                       | 0                      | 42.119                |
| -19.3                       | 0                      | 35.004                |
| -19.5                       | 0                      | 28.537                |
| -19.7                       | 0                      | 22.777                |
| -19.9                       | 0                      | 17.753                |
| -20.1                       | 0                      | 13.462                |
| -20.3                       | 0                      | 9.883                 |
| -20.5                       | 0                      | 6.975                 |
| -20.7                       | 0                      | 4.685                 |
| -20.9                       | 0                      | 2.949                 |
| -21.1                       | 0                      | 1.698                 |
| -21.3                       | 0                      | 0.856                 |
| -21.5                       | 0                      | 0.346                 |
| -21.7                       | 0                      | 0.09                  |
| -21.9                       | 0.001                  | 0.007                 |
| -22                         | 0                      | 0                     |

## Grafico Involuppi Momento



Momento

## Tabella Inviluppi Taglio WallElement

| Selected Design Assumptions | Inviluppi: Taglio    | Muro: WallElement  |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| 0                           | 0.043                | 0                  |
| -0.2                        | 10.755               | 0.196              |
| -0.4                        | 30.561               | 0.395              |
| -0.6                        | 41.396               | 0.419              |
| -0.8                        | 52.96                | 0.419              |
| -1                          | 65.209               | 0.381              |
| -1.2                        | 78.08                | 0.316              |
| -1.4                        | 91.624               | 0.262              |
| -1.6                        | 105.835              | 0.206              |
| -1.8                        | 120.607              | 0.151              |
| -2                          | 135.84               | 0.11               |
| -2.2                        | 151.393              | 0.066              |
| -2.4                        | 167.093              | 0.013              |
| -2.6                        | 182.725              | 0                  |
| -2.8                        | 198.055              | 0                  |
| -3                          | 212.798              | 0                  |
| -3.2                        | 226.618              | 0                  |
| -3.4                        | 239.147              | 0                  |
| -3.6                        | 250.948              | 0                  |
| -3.8                        | 258.406              | 0                  |
| -4                          | 258.406              | 289.017            |
| -4.2                        | 69.355               | 289.017            |
| -4.4                        | 83.598               | 281.62             |
| -4.6                        | 99.444               | 273.679            |
| -4.8                        | 116.725              | 265.193            |
| -5                          | 135.163              | 256.162            |
| -5.2                        | 154.367              | 246.584            |
| -5.4                        | 173.828              | 236.459            |
| -5.6                        | 192.911              | 225.787            |
| -5.8                        | 210.86               | 214.566            |
| -6                          | 226.786              | 202.796            |
| -6.2                        | 239.994              | 190.477            |
| -6.4                        | 250.059              | 177.608            |
| -6.5                        | 250.059              | 399.376            |
| -6.7                        | 0                    | 399.376            |
| -6.9                        | 12.202               | 385.13             |
| -7.1                        | 26.768               | 370.334            |
| -7.3                        | 38.372               | 354.985            |
| -7.5                        | 47.016               | 339.085            |
| -7.7                        | 52.697               | 322.633            |
| -7.9                        | 55.418               | 305.628            |
| -8.1                        | 55.418               | 288.07             |
| -8.3                        | 55.178               | 269.96             |
| -8.5                        | 51.977               | 251.296            |
| -8.7                        | 45.817               | 232.079            |
| -8.9                        | 50.12                | 212.308            |
| -9.1                        | 70.998               | 191.983            |
| -9.3                        | 92.431               | 171.105            |
| -9.5                        | 114.418              | 149.672            |
| -9.7                        | 136.96               | 127.685            |
| -9.9                        | 160.056              | 105.143            |
| -10.1                       | 183.707              | 82.047             |
| -10.3                       | 207.913              | 58.396             |
| -10.5                       | 207.913              | 217.629            |
| -10.7                       | 16.032               | 217.629            |
| -10.9                       | 41.904               | 188.15             |
| -11.1                       | 66.789               | 155.769            |
| -11.3                       | 89.146               | 121.505            |
| -11.5                       | 108.976              | 86.283             |
| -11.7                       | 126.277              | 50.569             |
| -11.9                       | 141.051              | 19.125             |
| -12.1                       | 153.298              | 18.454             |

| Selected Design Assumptions | Involuppi: Taglio    | Muro: WallElement  |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m) |
| -12.3                       | 163.017              | 17.666             |
| -12.5                       | 170.209              | 16.723             |
| -12.7                       | 174.874              | 15.63              |
| -12.9                       | 177.011              | 14.443             |
| -13.1                       | 177.011              | 13.206             |
| -13.3                       | 176.621              | 11.959             |
| -13.5                       | 173.705              | 10.733             |
| -13.7                       | 168.261              | 9.496              |
| -13.9                       | 160.29               | 8.203              |
| -14.1                       | 149.792              | 6.906              |
| -14.3                       | 136.771              | 5.642              |
| -14.5                       | 123.596              | 4.442              |
| -14.7                       | 108.306              | 3.328              |
| -14.9                       | 89.536               | 2.313              |
| -15.1                       | 67.416               | 1.406              |
| -15.3                       | 47.112               | 0.612              |
| -15.5                       | 29.204               | 0.109              |
| -15.7                       | 13.763               | 7.271              |
| -15.9                       | 1.469                | 18.039             |
| -16.1                       | 1.736                | 26.86              |
| -16.3                       | 1.912                | 33.936             |
| -16.5                       | 2.001                | 39.463             |
| -16.7                       | 2.007                | 43.631             |
| -16.9                       | 2.007                | 46.62              |
| -17.1                       | 1.934                | 48.599             |
| -17.3                       | 1.788                | 49.728             |
| -17.5                       | 1.582                | 50.154             |
| -17.7                       | 1.312                | 50.154             |
| -17.9                       | 0.973                | 50.015             |
| -18.1                       | 0.561                | 49.434             |
| -18.3                       | 0.069                | 48.417             |
| -18.5                       | 0                    | 46.862             |
| -18.7                       | 0                    | 44.914             |
| -18.9                       | 0                    | 42.697             |
| -19.1                       | 0.001                | 39.888             |
| -19.3                       | 0.002                | 36.464             |
| -19.5                       | 0.002                | 32.656             |
| -19.7                       | 0.002                | 28.798             |
| -19.9                       | 0.002                | 25.123             |
| -20.1                       | 0.002                | 21.452             |
| -20.3                       | 0.001                | 17.895             |
| -20.5                       | 0.001                | 14.539             |
| -20.7                       | 0                    | 11.451             |
| -20.9                       | 0                    | 8.679              |
| -21.1                       | 0                    | 6.257              |
| -21.3                       | 0                    | 4.209              |
| -21.5                       | 0                    | 2.548              |
| -21.7                       | 0                    | 1.283              |
| -21.9                       | 0.012                | 0.416              |
| -22                         | 0.012                | 0.067              |

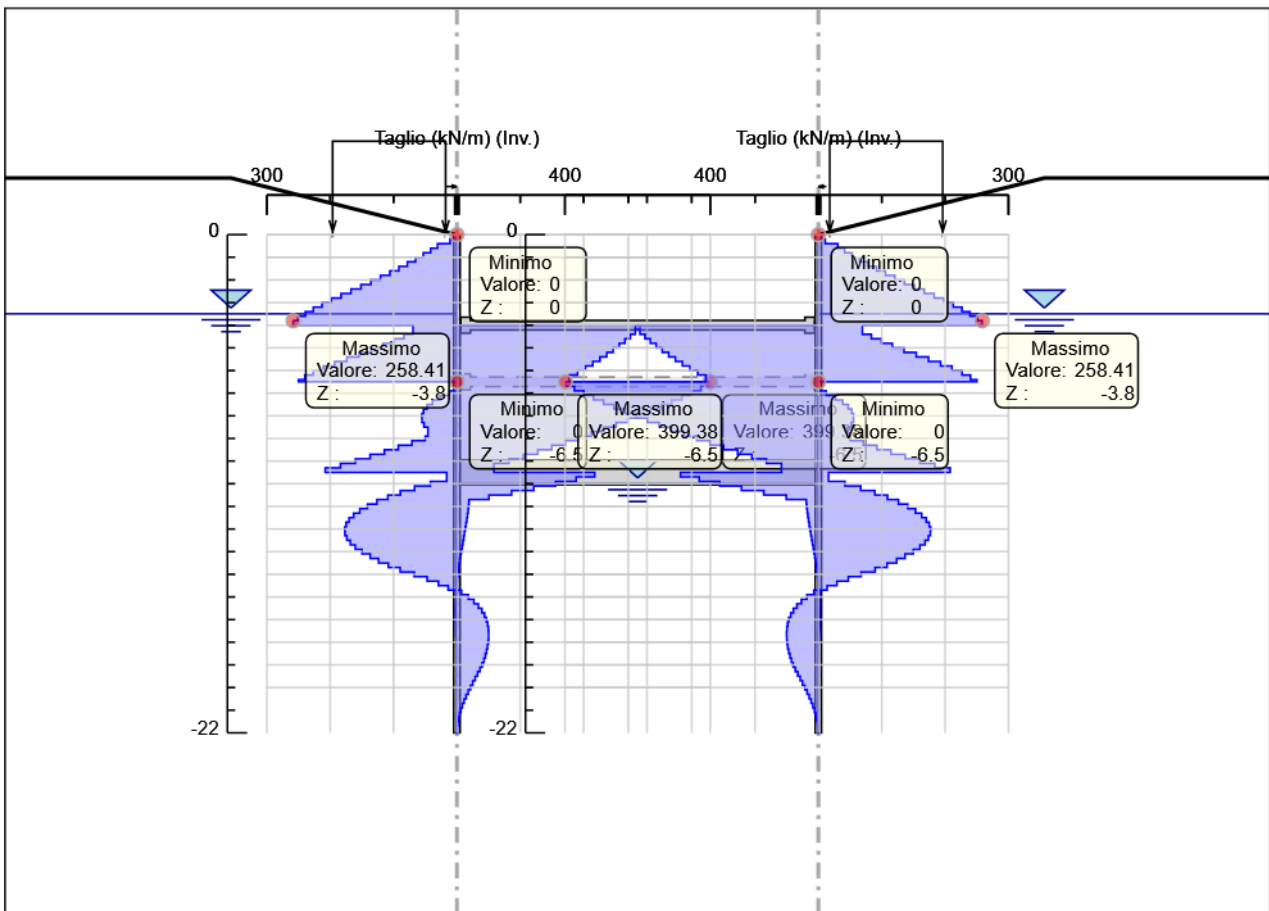
## Tabella Inviluppi Taglio WallElement\_New

| Selected Design Assumptions | Inviluppi: Taglio    | Muro: WallElement_New |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m)    |
| 0                           | 0                    | 0.043                 |
| -0.2                        | 0.196                | 10.755                |
| -0.4                        | 0.395                | 30.561                |
| -0.6                        | 0.419                | 41.396                |
| -0.8                        | 0.419                | 52.96                 |
| -1                          | 0.381                | 65.209                |
| -1.2                        | 0.316                | 78.08                 |
| -1.4                        | 0.262                | 91.624                |
| -1.6                        | 0.206                | 105.835               |
| -1.8                        | 0.151                | 120.607               |
| -2                          | 0.11                 | 135.84                |
| -2.2                        | 0.066                | 151.393               |
| -2.4                        | 0.013                | 167.093               |
| -2.6                        | 0                    | 182.725               |
| -2.8                        | 0                    | 198.055               |
| -3                          | 0                    | 212.798               |
| -3.2                        | 0                    | 226.618               |
| -3.4                        | 0                    | 239.147               |
| -3.6                        | 0                    | 250.948               |
| -3.8                        | 0                    | 258.406               |
| -4                          | 289.017              | 258.406               |
| -4.2                        | 289.017              | 69.355                |
| -4.4                        | 281.62               | 83.598                |
| -4.6                        | 273.679              | 99.444                |
| -4.8                        | 265.193              | 116.725               |
| -5                          | 256.162              | 135.163               |
| -5.2                        | 246.584              | 154.367               |
| -5.4                        | 236.459              | 173.828               |
| -5.6                        | 225.787              | 192.911               |
| -5.8                        | 214.566              | 210.86                |
| -6                          | 202.796              | 226.786               |
| -6.2                        | 190.477              | 239.994               |
| -6.4                        | 177.608              | 250.059               |
| -6.5                        | 399.376              | 250.059               |
| -6.7                        | 399.376              | 0                     |
| -6.9                        | 385.13               | 12.202                |
| -7.1                        | 370.334              | 26.768                |
| -7.3                        | 354.985              | 38.372                |
| -7.5                        | 339.085              | 47.016                |
| -7.7                        | 322.633              | 52.697                |
| -7.9                        | 305.628              | 55.418                |
| -8.1                        | 288.07               | 55.418                |
| -8.3                        | 269.96               | 55.178                |
| -8.5                        | 251.296              | 51.977                |
| -8.7                        | 232.079              | 45.817                |
| -8.9                        | 212.308              | 50.12                 |
| -9.1                        | 191.983              | 70.998                |
| -9.3                        | 171.105              | 92.431                |
| -9.5                        | 149.672              | 114.418               |
| -9.7                        | 127.685              | 136.96                |
| -9.9                        | 105.143              | 160.056               |
| -10.1                       | 82.047               | 183.707               |
| -10.3                       | 58.396               | 207.913               |
| -10.5                       | 217.629              | 207.913               |
| -10.7                       | 217.629              | 16.032                |
| -10.9                       | 188.15               | 41.904                |
| -11.1                       | 155.769              | 66.789                |
| -11.3                       | 121.505              | 89.146                |
| -11.5                       | 86.283               | 108.976               |
| -11.7                       | 50.569               | 126.277               |
| -11.9                       | 19.125               | 141.051               |
| -12.1                       | 18.454               | 153.298               |



| Selected Design Assumptions | Involuppi: Taglio    | Muro: WallElement_New |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Z (m)                       | Lato sinistro (kN/m) | Lato destro (kN/m)    |
| -12.3                       | 17.666               | 163.017               |
| -12.5                       | 16.723               | 170.209               |
| -12.7                       | 15.63                | 174.874               |
| -12.9                       | 14.443               | 177.011               |
| -13.1                       | 13.206               | 177.011               |
| -13.3                       | 11.959               | 176.621               |
| -13.5                       | 10.733               | 173.705               |
| -13.7                       | 9.496                | 168.261               |
| -13.9                       | 8.203                | 160.29                |
| -14.1                       | 6.906                | 149.792               |
| -14.3                       | 5.642                | 136.771               |
| -14.5                       | 4.442                | 123.596               |
| -14.7                       | 3.328                | 108.306               |
| -14.9                       | 2.313                | 89.536                |
| -15.1                       | 1.406                | 67.416                |
| -15.3                       | 0.612                | 47.112                |
| -15.5                       | 0.109                | 29.204                |
| -15.7                       | 7.271                | 13.763                |
| -15.9                       | 18.039               | 1.469                 |
| -16.1                       | 26.86                | 1.736                 |
| -16.3                       | 33.936               | 1.912                 |
| -16.5                       | 39.463               | 2.001                 |
| -16.7                       | 43.631               | 2.007                 |
| -16.9                       | 46.62                | 2.007                 |
| -17.1                       | 48.599               | 1.934                 |
| -17.3                       | 49.728               | 1.788                 |
| -17.5                       | 50.154               | 1.582                 |
| -17.7                       | 50.154               | 1.312                 |
| -17.9                       | 50.015               | 0.973                 |
| -18.1                       | 49.434               | 0.561                 |
| -18.3                       | 48.417               | 0.069                 |
| -18.5                       | 46.862               | 0                     |
| -18.7                       | 44.914               | 0                     |
| -18.9                       | 42.697               | 0                     |
| -19.1                       | 39.888               | 0.001                 |
| -19.3                       | 36.464               | 0.002                 |
| -19.5                       | 32.656               | 0.002                 |
| -19.7                       | 28.798               | 0.002                 |
| -19.9                       | 25.123               | 0.002                 |
| -20.1                       | 21.452               | 0.002                 |
| -20.3                       | 17.895               | 0.001                 |
| -20.5                       | 14.539               | 0.001                 |
| -20.7                       | 11.451               | 0                     |
| -20.9                       | 8.679                | 0                     |
| -21.1                       | 6.257                | 0                     |
| -21.3                       | 4.209                | 0                     |
| -21.5                       | 2.548                | 0                     |
| -21.7                       | 1.283                | 0                     |
| -21.9                       | 0.416                | 0.012                 |
| -22                         | 0.067                | 0.012                 |

## Grafico Involuppi Taglio



Taglio

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

| Design Assumption                              | Stage   | Muro       | Lato  | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva<br>% |
|--|---------|------------|-------|---|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Left Wall  | LEFT  | 5.08  |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 7 | Left Wall  | RIGHT | 36.9  |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | Stage 7 | Right wall | LEFT  | 36.9  |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Right wall | RIGHT | 5.08  |

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

| Design Assumption                              | Stage   | Muro       | Lato  | Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva<br>% |
|--|---------|------------|-------|--|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 6 | Left Wall  | LEFT  | 110.7  |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Left Wall  | RIGHT | 177.41   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 1 | Right wall | LEFT  | 177.41   |
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Stage 6 | Right wall | RIGHT | 110.7  |

## **Inviluppo Risultati Elementi Strutturali**

| <b>Elemento strutturale</b> | <b>Design Assumption</b>           | <b>Stage</b> | <b>Puntone<br/>kN/m</b> |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------|
| Strut                       | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 9      | -554.28                 |
| Strut_New                   | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 8      | -659.71                 |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Assiale<br>kN/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|-------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 9 | -450.3                  |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Momento-a<br>kN*m/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 9 | -3.28                       |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Momento-b<br>kN*m/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 9 | 3.28                        |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Taglio-a<br>kN/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|--------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 9 | 286                      |

| Elemento strutturale | Design Assumption                  | Stage   | Soletta Taglio-b<br>kN/m |
|----------------------|------------------------------------|---------|--------------------------|
| Slab                 | NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti) | Stage 9 | 286                      |

## *Normative adottate per le verifiche degli Elementi Strutturali*

### **Normative Verifiche**

|              |     |
|--------------|-----|
| Calcestruzzo | NTC |
| Acciaio      | NTC |
| Tirante      | NTC |

### **Coefficienti per Verifica Tiranti**

|            |      |
|------------|------|
| GEO FS     | 1    |
| $\xi_{a3}$ | 1.8  |
| $\gamma_s$ | 1.15 |

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Involuppo

| Design Assumption                              | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 4 | Stage 5 | Stage 6 | Stage 7 | Stage 8 | Stage 9 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       |
| NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)             | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       | V       |
| NTC2018: A2+M2+R1                              |         |         |         |         |         |         |         |         |         |



## Risultati SteelWorld

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : LEFT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |
|-------|--|
| 0     | 0                                      |
| -0.2  | 0                                      |
| -0.4  | 0.004                                  |
| -0.6  | 0.014                                  |
| -0.8  | 0.028                                  |
| -1    | 0.045                                  |
| -1.2  | 0.067                                  |
| -1.4  | 0.093                                  |
| -1.6  | 0.124                                  |
| -1.8  | 0.159                                  |
| -2    | 0.2                                    |
| -2.2  | 0.245                                  |
| -2.4  | 0.296                                  |
| -2.6  | 0.352                                  |
| -2.8  | 0.413                                  |
| -3    | 0.479                                  |
| -3.2  | 0.55                                   |
| -3.4  | 0.626                                  |
| -3.6  | 0.706                                  |
| -3.8  | 0.79                                   |
| -4    | 0.877                                  |
| -4.2  | 0.78                                   |
| -4.4  | 0.686                                  |
| -4.6  | 0.594                                  |
| -4.8  | 0.505                                  |
| -5    | 0.423                                  |
| -5.2  | 0.468                                  |
| -5.4  | 0.519                                  |
| -5.6  | 0.578                                  |
| -5.8  | 0.642                                  |
| -6    | 0.713                                  |
| -6.2  | 0.789                                  |
| -6.4  | 0.869                                  |
| -6.5  | 0.911                                  |
| -6.7  | 0.777                                  |
| -6.9  | 0.648                                  |
| -7.1  | 0.524                                  |
| -7.3  | 0.405                                  |
| -7.5  | 0.322                                  |
| -7.7  | 0.349                                  |
| -7.9  | 0.37                                   |
| -8.1  | 0.386                                  |
| -8.3  | 0.395                                  |
| -8.5  | 0.398                                  |
| -8.7  | 0.395                                  |
| -8.9  | 0.385                                  |
| -9.1  | 0.402                                  |
| -9.3  | 0.459                                  |
| -9.5  | 0.509                                  |
| -9.7  | 0.552                                  |
| -9.9  | 0.587                                  |
| -10.1 | 0.615                                  |
| -10.3 | 0.634                                  |
| -10.5 | 0.645                                  |
| -10.7 | 0.648                                  |
| -10.9 | 0.643                                  |
| -11.1 | 0.629                                  |
| -11.3 | 0.606                                  |
| -11.5 | 0.576                                  |
| -11.7 | 0.54                                   |

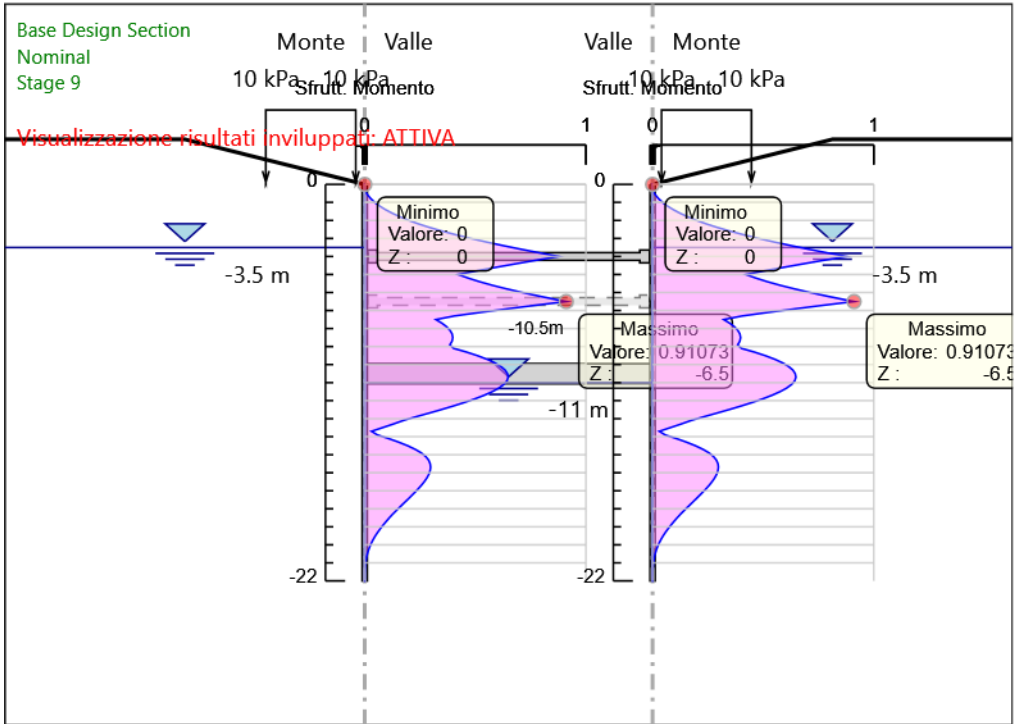
| Z (m) | LEFT<br>Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |
|-------|--|
| -11.9 | 0.498  |
| -12.1 | 0.451  |
| -12.3 | 0.399  |
| -12.5 | 0.345  |
| -12.7 | 0.288  |
| -12.9 | 0.229  |
| -13.1 | 0.174  |
| -13.3 | 0.128  |
| -13.5 | 0.08   |
| -13.7 | 0.03   |
| -13.9 | 0.057  |
| -14.1 | 0.107  |
| -14.3 | 0.153  |
| -14.5 | 0.194  |
| -14.7 | 0.228  |
| -14.9 | 0.256  |
| -15.1 | 0.276  |
| -15.3 | 0.289  |
| -15.5 | 0.296  |
| -15.7 | 0.298  |
| -15.9 | 0.295  |
| -16.1 | 0.289  |
| -16.3 | 0.28   |
| -16.5 | 0.269  |
| -16.7 | 0.256  |
| -16.9 | 0.241  |
| -17.1 | 0.225  |
| -17.3 | 0.209  |
| -17.5 | 0.192  |
| -17.7 | 0.176  |
| -17.9 | 0.159  |
| -18.1 | 0.142  |
| -18.3 | 0.126  |
| -18.5 | 0.111  |
| -18.7 | 0.097  |
| -18.9 | 0.083  |
| -19.1 | 0.07   |
| -19.3 | 0.059  |
| -19.5 | 0.048  |
| -19.7 | 0.038  |
| -19.9 | 0.03   |
| -20.1 | 0.023  |
| -20.3 | 0.017  |
| -20.5 | 0.012  |
| -20.7 | 0.008  |
| -20.9 | 0.005  |
| -21.1 | 0.003  |
| -21.3 | 0.001  |
| -21.5 | 0.001  |
| -21.7 | 0  |
| -21.9 | 0  |
| -22   | 0  |

### Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld : RIGHT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld | RIGHT | Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |
|-------|--|-------|--|
| 0     |  | 0     |  |
| -0.2  |  | 0     |  |
| -0.4  |  | 0.004 |  |
| -0.6  |  | 0.014 |  |
| -0.8  |  | 0.028 |  |
| -1    |  | 0.045 |  |
| -1.2  |  | 0.067 |  |
| -1.4  |  | 0.093 |  |
| -1.6  |  | 0.124 |  |
| -1.8  |  | 0.159 |  |
| -2    |  | 0.2   |  |
| -2.2  |  | 0.245 |  |
| -2.4  |  | 0.296 |  |
| -2.6  |  | 0.352 |  |
| -2.8  |  | 0.413 |  |
| -3    |  | 0.479 |  |
| -3.2  |  | 0.55  |  |
| -3.4  |  | 0.626 |  |
| -3.6  |  | 0.706 |  |
| -3.8  |  | 0.79  |  |
| -4    |  | 0.877 |  |
| -4.2  |  | 0.78  |  |
| -4.4  |  | 0.686 |  |
| -4.6  |  | 0.594 |  |
| -4.8  |  | 0.505 |  |
| -5    |  | 0.423 |  |
| -5.2  |  | 0.468 |  |
| -5.4  |  | 0.519 |  |
| -5.6  |  | 0.578 |  |
| -5.8  |  | 0.642 |  |
| -6    |  | 0.713 |  |
| -6.2  |  | 0.789 |  |
| -6.4  |  | 0.869 |  |
| -6.5  |  | 0.911 |  |
| -6.7  |  | 0.777 |  |
| -6.9  |  | 0.648 |  |
| -7.1  |  | 0.524 |  |
| -7.3  |  | 0.405 |  |
| -7.5  |  | 0.322 |  |
| -7.7  |  | 0.349 |  |
| -7.9  |  | 0.37  |  |
| -8.1  |  | 0.386 |  |
| -8.3  |  | 0.395 |  |
| -8.5  |  | 0.398 |  |
| -8.7  |  | 0.395 |  |
| -8.9  |  | 0.385 |  |
| -9.1  |  | 0.402 |  |
| -9.3  |  | 0.459 |  |
| -9.5  |  | 0.509 |  |
| -9.7  |  | 0.552 |  |
| -9.9  |  | 0.587 |  |
| -10.1 |  | 0.615 |  |
| -10.3 |  | 0.634 |  |
| -10.5 |  | 0.645 |  |
| -10.7 |  | 0.648 |  |
| -10.9 |  | 0.643 |  |
| -11.1 |  | 0.629 |  |
| -11.3 |  | 0.606 |  |
| -11.5 |  | 0.576 |  |
| -11.7 |  | 0.54  |  |
| -11.9 |  | 0.498 |  |
| -12.1 |  | 0.451 |  |

| Z (m) | RIGHT<br>Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld |
|-------|---|
| -12.3 | 0.399   |
| -12.5 | 0.345   |
| -12.7 | 0.288   |
| -12.9 | 0.229   |
| -13.1 | 0.174   |
| -13.3 | 0.128   |
| -13.5 | 0.08  |
| -13.7 | 0.03  |
| -13.9 | 0.057   |
| -14.1 | 0.107   |
| -14.3 | 0.153   |
| -14.5 | 0.194   |
| -14.7 | 0.228   |
| -14.9 | 0.256   |
| -15.1 | 0.276   |
| -15.3 | 0.289   |
| -15.5 | 0.296   |
| -15.7 | 0.298   |
| -15.9 | 0.295   |
| -16.1 | 0.289   |
| -16.3 | 0.28  |
| -16.5 | 0.269   |
| -16.7 | 0.256   |
| -16.9 | 0.241   |
| -17.1 | 0.225   |
| -17.3 | 0.209   |
| -17.5 | 0.192   |
| -17.7 | 0.176   |
| -17.9 | 0.159   |
| -18.1 | 0.142   |
| -18.3 | 0.126   |
| -18.5 | 0.111   |
| -18.7 | 0.097   |
| -18.9 | 0.083   |
| -19.1 | 0.07  |
| -19.3 | 0.059   |
| -19.5 | 0.048   |
| -19.7 | 0.038   |
| -19.9 | 0.03  |
| -20.1 | 0.023   |
| -20.3 | 0.017   |
| -20.5 | 0.012   |
| -20.7 | 0.008   |
| -20.9 | 0.005   |
| -21.1 | 0.003   |
| -21.3 | 0.001   |
| -21.5 | 0.001   |
| -21.7 | 0   |
| -21.9 | 0   |
| -22   | 0   |

### Grafico Involuppi Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld



Involuppi  
Tasso di Sfruttamento M-N - SteelWorld

### Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld |
|-------|---|
| 0     | 0   |
| -0.2  | 0.003                                       |
| -0.4  | 0.009                                       |
| -0.6  | 0.012                                       |
| -0.8  | 0.015                                       |
| -1    | 0.019                                       |
| -1.2  | 0.023                                       |
| -1.4  | 0.027                                       |
| -1.6  | 0.031                                       |
| -1.8  | 0.035                                       |
| -2    | 0.039                                       |
| -2.2  | 0.044                                       |
| -2.4  | 0.048                                       |
| -2.6  | 0.053                                       |
| -2.8  | 0.057                                       |
| -3    | 0.062                                       |
| -3.2  | 0.066                                       |
| -3.4  | 0.069                                       |
| -3.6  | 0.073                                       |
| -3.8  | 0.075                                       |
| -4    | 0.084                                       |
| -4.2  | 0.082                                       |
| -4.4  | 0.079                                       |
| -4.6  | 0.077                                       |
| -4.8  | 0.074                                       |
| -5    | 0.071                                       |
| -5.2  | 0.068                                       |
| -5.4  | 0.065                                       |
| -5.6  | 0.062                                       |
| -5.8  | 0.061                                       |
| -6    | 0.066                                       |
| -6.2  | 0.069                                       |
| -6.4  | 0.072                                       |
| -6.5  | 0.116                                       |
| -6.7  | 0.111                                       |
| -6.9  | 0.107                                       |
| -7.1  | 0.103                                       |
| -7.3  | 0.098                                       |
| -7.5  | 0.093                                       |
| -7.7  | 0.088                                       |
| -7.9  | 0.083                                       |
| -8.1  | 0.078                                       |
| -8.3  | 0.073                                       |
| -8.5  | 0.067                                       |
| -8.7  | 0.061                                       |
| -8.9  | 0.056                                       |
| -9.1  | 0.05  |
| -9.3  | 0.043                                       |
| -9.5  | 0.037                                       |
| -9.7  | 0.04  |
| -9.9  | 0.046                                       |
| -10.1 | 0.053                                       |
| -10.3 | 0.06  |
| -10.5 | 0.063                                       |
| -10.7 | 0.054                                       |
| -10.9 | 0.045                                       |
| -11.1 | 0.035                                       |
| -11.3 | 0.026                                       |
| -11.5 | 0.032                                       |
| -11.7 | 0.037                                       |
| -11.9 | 0.041                                       |
| -12.1 | 0.044                                       |

| Z (m) | LEFT<br>Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld |
|-------|---|
| -12.3 | 0.047   |
| -12.5 | 0.049   |
| -12.7 | 0.051   |
| -12.9 | 0.051   |
| -13.1 | 0.051   |
| -13.3 | 0.05  |
| -13.5 | 0.049   |
| -13.7 | 0.046   |
| -13.9 | 0.043   |
| -14.1 | 0.04  |
| -14.3 | 0.036   |
| -14.5 | 0.031   |
| -14.7 | 0.026   |
| -14.9 | 0.02  |
| -15.1 | 0.014   |
| -15.3 | 0.008   |
| -15.5 | 0.004   |
| -15.7 | 0.002   |
| -15.9 | 0.005   |
| -16.1 | 0.008   |
| -16.3 | 0.01  |
| -16.5 | 0.011   |
| -16.7 | 0.013   |
| -16.9 | 0.013   |
| -17.1 | 0.014   |
| -17.3 | 0.014   |
| -17.5 | 0.015   |
| -17.7 | 0.014   |
| -17.9 | 0.014   |
| -18.1 | 0.014   |
| -18.3 | 0.014   |
| -18.5 | 0.013   |
| -18.7 | 0.012   |
| -18.9 | 0.012   |
| -19.1 | 0.011   |
| -19.3 | 0.009   |
| -19.5 | 0.008   |
| -19.7 | 0.007   |
| -19.9 | 0.006   |
| -20.1 | 0.005   |
| -20.3 | 0.004   |
| -20.5 | 0.003   |
| -20.7 | 0.003   |
| -20.9 | 0.002   |
| -21.1 | 0.001   |
| -21.3 | 0.001   |
| -21.5 | 0   |
| -21.7 | 0   |
| -21.9 | 0   |
| -22   | 0   |

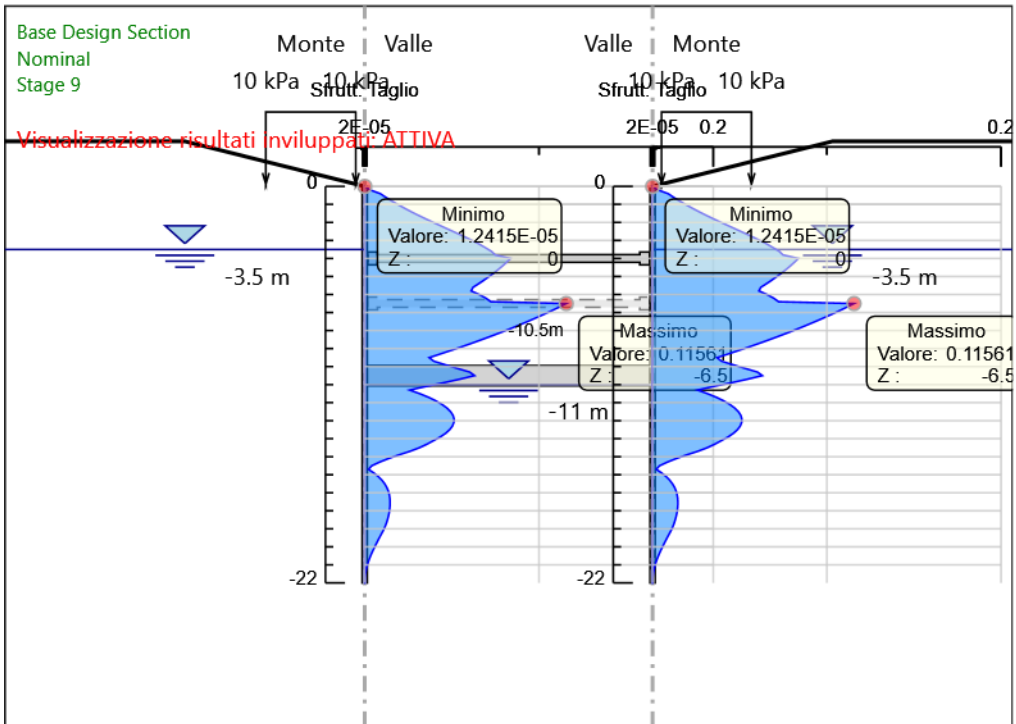
### **Tabella Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : RIGHT**

| Z (m) | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld | RIGHT | Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld |
|-------|---|-------|---|
| 0     |   | 0     |   |
| -0.2  |   | 0.003 |   |
| -0.4  |   | 0.009 |   |
| -0.6  |   | 0.012 |   |
| -0.8  |   | 0.015 |   |
| -1    |   | 0.019 |   |
| -1.2  |   | 0.023 |   |
| -1.4  |   | 0.027 |   |
| -1.6  |   | 0.031 |   |
| -1.8  |   | 0.035 |   |
| -2    |   | 0.039 |   |
| -2.2  |   | 0.044 |   |
| -2.4  |   | 0.048 |   |
| -2.6  |   | 0.053 |   |
| -2.8  |   | 0.057 |   |
| -3    |   | 0.062 |   |
| -3.2  |   | 0.066 |   |
| -3.4  |   | 0.069 |   |
| -3.6  |   | 0.073 |   |
| -3.8  |   | 0.075 |   |
| -4    |   | 0.084 |   |
| -4.2  |   | 0.082 |   |
| -4.4  |   | 0.079 |   |
| -4.6  |   | 0.077 |   |
| -4.8  |   | 0.074 |   |
| -5    |   | 0.071 |   |
| -5.2  |   | 0.068 |   |
| -5.4  |   | 0.065 |   |
| -5.6  |   | 0.062 |   |
| -5.8  |   | 0.061 |   |
| -6    |   | 0.066 |   |
| -6.2  |   | 0.069 |   |
| -6.4  |   | 0.072 |   |
| -6.5  |   | 0.116 |   |
| -6.7  |   | 0.111 |   |
| -6.9  |   | 0.107 |   |
| -7.1  |   | 0.103 |   |
| -7.3  |   | 0.098 |   |
| -7.5  |   | 0.093 |   |
| -7.7  |   | 0.088 |   |
| -7.9  |   | 0.083 |   |
| -8.1  |   | 0.078 |   |
| -8.3  |   | 0.073 |   |
| -8.5  |   | 0.067 |   |
| -8.7  |   | 0.061 |   |
| -8.9  |   | 0.056 |   |
| -9.1  |   | 0.05  |   |
| -9.3  |   | 0.043 |   |
| -9.5  |   | 0.037 |   |
| -9.7  |   | 0.04  |   |
| -9.9  |   | 0.046 |   |
| -10.1 |   | 0.053 |   |
| -10.3 |   | 0.06  |   |
| -10.5 |   | 0.063 |   |
| -10.7 |   | 0.054 |   |
| -10.9 |   | 0.045 |   |
| -11.1 |   | 0.035 |   |
| -11.3 |   | 0.026 |   |
| -11.5 |   | 0.032 |   |
| -11.7 |   | 0.037 |   |
| -11.9 |   | 0.041 |   |
| -12.1 |   | 0.044 |   |



| Z (m) | RIGHT<br>Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld |
|-------|--|
| -12.3 | 0.047  |
| -12.5 | 0.049  |
| -12.7 | 0.051  |
| -12.9 | 0.051  |
| -13.1 | 0.051  |
| -13.3 | 0.05   |
| -13.5 | 0.049  |
| -13.7 | 0.046  |
| -13.9 | 0.043  |
| -14.1 | 0.04   |
| -14.3 | 0.036  |
| -14.5 | 0.031  |
| -14.7 | 0.026  |
| -14.9 | 0.02   |
| -15.1 | 0.014  |
| -15.3 | 0.008  |
| -15.5 | 0.004  |
| -15.7 | 0.002  |
| -15.9 | 0.005  |
| -16.1 | 0.008  |
| -16.3 | 0.01   |
| -16.5 | 0.011  |
| -16.7 | 0.013  |
| -16.9 | 0.013  |
| -17.1 | 0.014  |
| -17.3 | 0.014  |
| -17.5 | 0.015  |
| -17.7 | 0.014  |
| -17.9 | 0.014  |
| -18.1 | 0.014  |
| -18.3 | 0.014  |
| -18.5 | 0.013  |
| -18.7 | 0.012  |
| -18.9 | 0.012  |
| -19.1 | 0.011  |
| -19.3 | 0.009  |
| -19.5 | 0.008  |
| -19.7 | 0.007  |
| -19.9 | 0.006  |
| -20.1 | 0.005  |
| -20.3 | 0.004  |
| -20.5 | 0.003  |
| -20.7 | 0.003  |
| -20.9 | 0.002  |
| -21.1 | 0.001  |
| -21.3 | 0.001  |
| -21.5 | 0  |
| -21.7 | 0  |
| -21.9 | 0  |
| -22   | 0  |

### Grafico Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld



Inviluppi  
Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld

## Verifiche Puntoni Nominal

| Design Assumption:<br>Nominal Puntone | Tipo Risultato:<br>Verifiche Puntoni |                           |           |       |                                 |                 |              |                 |             |                |                |                       |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------|-------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Sezione                               | Materiale                            | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza | Stage | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità | $\lambda$<br>y | $\lambda$<br>z | $\lambda$<br>laterale |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 4                         | -0.001          | -0.002       | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 5                         | -223.285        | -301.435     | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 6                         | -223.288        | -301.439     | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut_New                             | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 6                         | -0.011          | -0.014       | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 7                         | -48.116         | -64.957      | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut_New                             | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 7                         | -506.258        | -683.449     | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 8                         | -48.077         | -64.903      | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut_New                             | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 8                         | -506.415        | -683.661     | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16                          | S355                      | 1.35      | 16    | Stage 9                         | -423.29         | -571.442     | 0               | 0           | 0              | 0              | 0                     |

## Verifiche Puntoni NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

| Design Assumption:<br>NTC2018: SLE<br>(Rara/Frequente/Quasi<br>Permanente) |             | Tipo Risultato: NTC2018<br>Verifiche<br>Puntoni |                           | NTC2018<br>(ITA) |            |                                 |                 |              |                 |             |             |             |                       |
|--|-------------|---|---------------------------|------------------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| Puntone  | Sezione     | Materiale                                       | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza        | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità | $\lambda_y$ | $\lambda_z$ | $\lambda$<br>laterale |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>4 | -0.001                          | -0.002          | 0.067        | 0.005           | 0.064       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>5 | -223.285                        | -<br>301.435    | 0.071        | 0.005           | 0.323       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>6 | -223.288                        | -<br>301.439    | 0.071        | 0.005           | 0.323       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut_New  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>6 | -0.011                          | -0.014          | 0.067        | 0.005           | 0.064       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>7 | -48.116                         | -64.957         | 0.067        | 0.005           | 0.12        | 133         | 133         | 0                     |
| Strut_New  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>7 | -506.258                        | -<br>683.449    | 0.16         | 0.005           | 0.65        | 133         | 133         | 0                     |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>8 | -48.077                         | -64.903         | 0.067        | 0.005           | 0.12        | 133         | 133         | 0                     |
| Strut_New  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>8 | -506.415                        | -<br>683.661    | 0.16         | 0.005           | 0.65        | 133         | 133         | 0                     |
| Strut  | CHS355.6*16 | S355  | 1.35                      | 16               | Stage<br>9 | -423.29                         | -<br>571.442    | 0.134        | 0.005           | 0.554       | 133         | 133         | 0                     |

## Verifiche Puntoni NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

| Design Assumption:                    |             | Tipo Risultato:   |                           | NTC2018   |            |                                 |                 |              |                 |                       |           |           |                       |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------------------|
| NTC2018: A1+M1+R1<br>(R3 per tiranti) |             | Verifiche Puntoni |                           | (ITA)     |            |                                 |                 |              |                 |                       |           |           |                       |
| Puntone                               | Sezione     | Materiale         | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità $\lambda$ |           |           | $\lambda$<br>laterale |
|                                       |             |                   |                           |           |            |                                 |                 |              |                 | $\lambda$             | $\lambda$ | $\lambda$ |                       |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>4 | 0                               | 0               | 0.088        | 0.006           | 0                     | 0         | 0         | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>5 | -293.77                         | -396.59         | 0.093        | 0.006           | 0.428                 | 133       | 133       | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>6 | -293.774                        | -396.595        | 0.093        | 0.006           | 0.428                 | 133       | 133       | 0                     |
| Strut_New                             | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>6 | -0.014                          | -0.018          | 0.088        | 0.006           | 0.083                 | 133       | 133       | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>7 | -65.664                         | -88.647         | 0.088        | 0.006           | 0.16                  | 133       | 133       | 0                     |
| Strut_New                             | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>7 | -659.501                        | -890.327        | 0.208        | 0.006           | 0.858                 | 133       | 133       | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>8 | -65.613                         | -88.577         | 0.088        | 0.006           | 0.16                  | 133       | 133       | 0                     |
| Strut_New                             | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>8 | -659.705                        | -890.602        | 0.208        | 0.006           | 0.858                 | 133       | 133       | 0                     |
| Strut                                 | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>9 | -554.277                        | -748.274        | 0.175        | 0.006           | 0.735                 | 133       | 133       | 0                     |

## Verifiche Puntoni NTC2018: A2+M2+R1

| Design Assumption:   |             | Tipo Risultato:   |                           | NTC2018   |            |                                 |                 |              |                 |             |             |             |                       |
|----------------------|-------------|-------------------|---------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|
| NTC2018:<br>A2+M2+R1 |             | Verifiche Puntoni |                           | (ITA)     |            |                                 |                 |              |                 |             |             |             |                       |
| Puntone              | Sezione     | Materiale         | Spaziatura<br>orizzontale | Lunghezza | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità | $\lambda_y$ | $\lambda_z$ | $\lambda$<br>laterale |
| Strut                | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>4 | 0                               | -0.001          | 0.067        | 0.005           | 0.064       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut                | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>5 | -347.846                        | -469.593        | 0.11         | 0.005           | 0.467       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut                | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>6 | -347.847                        | -469.593        | 0.11         | 0.005           | 0.467       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut_New            | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>6 | 0                               | 0               | 0.067        | 0.005           | 0.064       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut                | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>7 | -33.404                         | -45.095         | 0.067        | 0.005           | 0.103       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut_New            | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>7 | -762.857                        | -1029.857       | 0.241        | 0.005           | 0.947       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut                | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>8 | -33.363                         | -45.04          | 0.067        | 0.005           | 0.103       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut_New            | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>8 | -763.014                        | -1030.069       | 0.241        | 0.005           | 0.948       | 133         | 133         | 0                     |
| Strut                | CHS355.6*16 | S355              | 1.35                      | 16        | Stage<br>9 | -604.694                        | -816.337        | 0.191        | 0.005           | 0.764       | 133         | 133         | 0                     |

## Verifiche Travi di Ripartizione Nominal

| Design Assumption:<br>Nominal | Tipo Risultato: Verifiche Travi di Ripartizione |            |           |            |                              |                 |              |                 |             |
|-------------------------------|---|------------|-----------|------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|
| Trave di Ripartizione         | Elemento strutturale                            | Sezione    | Materiale | Stage      | Carico distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>4 | -0.001                       | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>4 | -0.001                       | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>5 | -223.285                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>5 | -223.285                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut_New                                       | HE<br>160B | S355      | Stage<br>6 | -0.011                       | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut_New                                       | HE<br>160B | S355      | Stage<br>6 | -0.011                       | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>6 | -223.288                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>6 | -223.288                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut_New                                       | HE<br>160B | S355      | Stage<br>7 | -506.258                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut_New                                       | HE<br>160B | S355      | Stage<br>7 | -506.258                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>7 | -48.116                      | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>7 | -48.116                      | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut_New                                       | HE<br>160B | S355      | Stage<br>8 | -506.415                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut_New                                       | HE<br>160B | S355      | Stage<br>8 | -506.415                     | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>8 | -48.077                      | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>8 | -48.077                      | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler            | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>9 | -423.29                      | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler           | Strut   | HE<br>160B | S355      | Stage<br>9 | -423.29                      | 0               | 0            | 0               | 0           |

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

| Design Assumption: NTC2018: SLE<br>(Rara/Frequente/Quasi Permanente) | Tipo Risultato: Verifiche<br>Travi di Ripartizione | NTC2018<br>(ITA) |           |            |                                 |                 |              |                 |             |  |
|--|--|------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|--|
| Trave di Ripartizione  | Elemento strutturale                               | Sezione          | Materiale | Stage      | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità |  |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>4 | -0.001                          | 0               | 0            | 0               | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>4 | -0.001                          | 0               | 0            | 0               | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>5 | -223.285                        | 0               | 0.169        | 0.3             | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>5 | -223.285                        | 0               | 0.169        | 0.3             | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage<br>6 | -0.011                          | 0               | 0            | 0               | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage<br>6 | -0.011                          | 0               | 0            | 0               | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>6 | -223.288                        | 0               | 0.169        | 0.3             | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>6 | -223.288                        | 0               | 0.169        | 0.3             | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage<br>7 | -506.258                        | 0               | 0.39         | 0.68            | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage<br>7 | -506.258                        | 0               | 0.39         | 0.68            | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>7 | -48.116                         | 0               | 0.036        | 0.065           | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>7 | -48.116                         | 0               | 0.036        | 0.065           | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage<br>8 | -506.415                        | 0               | 0.39         | 0.681           | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage<br>8 | -506.415                        | 0               | 0.39         | 0.681           | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>8 | -48.077                         | 0               | 0.036        | 0.065           | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>8 | -48.077                         | 0               | 0.036        | 0.065           | 0           |  |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>9 | -423.29                         | 0               | 0.321        | 0.569           | 0           |  |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage<br>9 | -423.29                         | 0               | 0.321        | 0.569           | 0           |  |



## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)

| Design Assumption: NTC2018:<br>A1+M1+R1 (R3 per tiranti)<br>Trave di Ripartizione | Tipo Risultato: Verifiche<br>Travi di Ripartizione<br>Elemento strutturale | NTC2018<br>(ITA)<br>Sezione | Materiale | Stage   | Carico<br>distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità |
|---|--|-----------------------------|-----------|---------|---------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 4 | 0                               | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 4 | 0                               | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 5 | -293.77                         | 0               | 0.222        | 0.395           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 5 | -293.77                         | 0               | 0.222        | 0.395           | 0           |
| Default Left Waler  | Strut_New  | HE 160B                     | S355      | Stage 6 | -0.014                          | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler   | Strut_New  | HE 160B                     | S355      | Stage 6 | -0.014                          | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 6 | -293.774                        | 0               | 0.222        | 0.395           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 6 | -293.774                        | 0               | 0.222        | 0.395           | 0           |
| Default Left Waler  | Strut_New  | HE 160B                     | S355      | Stage 7 | -659.501                        | 0               | 0.546        | 0.886           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut_New  | HE 160B                     | S355      | Stage 7 | -659.501                        | 0               | 0.546        | 0.886           | 0           |
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 7 | -65.664                         | 0               | 0.05         | 0.088           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 7 | -65.664                         | 0               | 0.05         | 0.088           | 0           |
| Default Left Waler  | Strut_New  | HE 160B                     | S355      | Stage 8 | -659.705                        | 0               | 0.546        | 0.887           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut_New  | HE 160B                     | S355      | Stage 8 | -659.705                        | 0               | 0.546        | 0.887           | 0           |
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 8 | -65.613                         | 0               | 0.05         | 0.088           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 8 | -65.613                         | 0               | 0.05         | 0.088           | 0           |
| Default Left Waler  | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 9 | -554.277                        | 0               | 0.434        | 0.745           | 0           |
| Default Right Waler   | Strut  | HE 160B                     | S355      | Stage 9 | -554.277                        | 0               | 0.434        | 0.745           | 0           |

## Verifiche Travi di Ripartizione NTC2018: A2+M2+R1

| Design Assumption:<br>NTC2018: A2+M2+R1<br>Trave di Ripartizione | Tipo Risultato: Verifiche Travi<br>di Ripartizione<br>Elemento strutturale | NTC2018<br>(ITA) |           | Stage   | Carico distribuito<br>(kN/m) | Assiale<br>(kN) | Ratio<br>M-N | Ratio<br>taglio | Instabilità |
|--|--|------------------|-----------|---------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------|
|  |  | Sezione          | Materiale |         |                              |                 |              |                 |             |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 4 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 4 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 5 | -347.846                     | 0               | 0.263        | 0.468           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 5 | -347.846                     | 0               | 0.263        | 0.468           | 0           |
| Default Left Waler   | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage 6 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Right Waler  | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage 6 | 0                            | 0               | 0            | 0               | 0           |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 6 | -347.847                     | 0               | 0.263        | 0.468           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 6 | -347.847                     | 0               | 0.263        | 0.468           | 0           |
| Default Left Waler   | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage 7 | -762.857                     | 0               | 0.337        | 1.025           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage 7 | -762.857                     | 0               | 0.337        | 1.025           | 0           |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 7 | -33.404                      | 0               | 0.025        | 0.045           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 7 | -33.404                      | 0               | 0.025        | 0.045           | 0           |
| Default Left Waler   | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage 8 | -763.014                     | 0               | 0.337        | 1.026           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut_New  | HE 160B          | S355      | Stage 8 | -763.014                     | 0               | 0.337        | 1.026           | 0           |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 8 | -33.363                      | 0               | 0.025        | 0.045           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 8 | -33.363                      | 0               | 0.025        | 0.045           | 0           |
| Default Left Waler   | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 9 | -604.694                     | 0               | 0.485        | 0.813           | 0           |
| Default Right Waler  | Strut  | HE 160B          | S355      | Stage 9 | -604.694                     | 0               | 0.485        | 0.813           | 0           |