

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampileri (e)

GALLERIA LETOJANNI

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS2S 02 D 07 RB GA0700 001 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|--------------------|---------------|----------|------------|----------|--------------|----------|------------------------|
| B | Consegna al CSLLPP | A. Duzi Nelli | Gen 2018 | M. Ricci | Gen 2018 | P. Carlesimo | Gen 2018 | A. Sciotti Gen 2018 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

n. Elab.: 1555

INDICE

| | | |
|------|--|----|
| 1 | PREMESSA..... | 4 |
| 2 | SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO | 4 |
| 3 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 4 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 5 |
| 4.1 | DOCUMENTI REFERENZIATI | 5 |
| 4.2 | DOCUMENTI CORRELATI..... | 5 |
| 4.3 | DOCUMENTI SUPERATI | 5 |
| 5 | ALLEGATI..... | 6 |
| 6 | DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO..... | 6 |
| 7 | DESCRIZIONE DELL'OPERA..... | 8 |
| 7.1 | IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO | 8 |
| 7.2 | INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO | 8 |
| 8 | FASE CONOSCITIVA..... | 9 |
| 8.1 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... | 9 |
| 8.2 | INDAGINI GEOTECNICHE..... | 9 |
| 8.3 | CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA..... | 9 |
| | 8.3.1 <i>Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi</i> | 9 |
| | 8.3.2 <i>Il regime idraulico</i> | 10 |
| 8.4 | CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA | 11 |
| 9 | SOLUZIONI PROGETTUALI..... | 13 |
| 10 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI..... | 14 |
| 11 | CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE | 16 |
| 11.1 | OPERE DI SOSTEGNO | 16 |
| | 11.1.1 <i>Azioni</i> | 16 |
| | 11.1.2 <i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i> | 16 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 11.2 | GALLERIE ARTIFICIALI..... | 18 |
| 11.2.1 | <i>Azioni</i> | 18 |
| 11.2.2 | <i>Approcci progettuali e metodi di verifica</i> | 18 |
| 12 | VERIFICA DELLE OPERE DELL'IMBOCCO LETOJANNI LATO MESSINA | 22 |
| 12.1 | OPERE DI SOSTEGNO | 22 |
| 12.1.1 | <i>Sezione 1 – pk 20+141.50</i> | 23 |
| 12.1.2 | <i>Sezione 2 – pk 20+145.80</i> | 40 |
| 12.2 | VERIFICA DI STABILITÀ DEGLI SCAVI | 57 |
| 12.3 | GALLERIA ARTIFICIALE – SEZIONE DI MASSIMO RITOMBAMENTO – PK. 20+120.80 | 60 |
| 12.3.1 | <i>Risultati delle verifiche SLU/SLV</i> | 70 |
| 12.3.2 | <i>Risultati delle verifiche SLE</i> | 75 |
| 13 | MONITORAGGIO | 75 |
| 14 | CONCLUSIONI..... | 77 |

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione definitiva degli imbocchi delle gallerie naturali incluse nel raddoppio della tratta ferroviaria Giampilieri – Fiumefreddo sull’itinerario Messina – Catania, che ha una lunghezza complessiva di circa 42 km.

L’area di studio si colloca nella porzione sud-est della regione Sicilia, in corrispondenza del tracciato del collegamento ferroviario tra Messina e Catania, la tratta Giampilieri – Fiumefreddo si sviluppa per circa 42,18 km sulla linea Messina - Catania. Il tracciato di progetto interessa, pertanto, il territorio delle province di Messina (ME) e Catania (CT).

Il tracciato progettuale impegna, quindi, settori di territorio posti a quote comprese tra 12 m s.l.m. e 415 m s.l.m. circa mentre le quote progettuali variano da 17 m s.l.m. a 68 m s.l.m..

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle opere di imbocco della galleria Letojanni. Per l’inquadramento generale delle opere in sotterraneo si rimanda al documento “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” (Rif. [1])

In questo documento vengono descritte e verificate le opere di imbocco e vengono definite le modalità di realizzazione delle stesse. Nello specifico vengono illustrate le soluzioni progettuali adottate, le verifiche di dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno, le verifiche di stabilità dell’insieme opera-terreno e le verifiche strutturali delle gallerie artificiali.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| | GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA RS2S | LOTTO 02 | CODIFICA D 07 RB | DOCUMENTO GA 07 00 001 | REV. B |

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per i riferimenti normativi si rimanda a quanto indicato al paragrafo 3 della relazione tecnica delle opere in sotterraneo (Rif. [1]).

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 Documenti Referenziati

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

- Rif. [1] U.O. Gallerie, documento RS2S02D07RHGN000001B “Relazione tecnica delle opere in sotterraneo” datato Gennaio 2018;
- Rif. [2] U.O. Gallerie, doc. RS2S02D07RBGN0400001B “Galleria Letojanni - Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [3] U.O. Gallerie, doc. RS2S02D07F5GN0400001B “Galleria Letojanni - Profilo geotecnico” datato Gennaio 2018;
- Rif. [4] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici.

4.2 Documenti Correlati

I documenti correlati, la cui lettura è consigliata per allargare la conoscenza dell’ambito del quale il presente documento si inquadra, sono:

- Rif. [5] SLOPE/W (versione 8.12.4.11377) - Manuale d’uso;
- Rif. [6] PARATIE PLUS 2016 (versione 16.0.0) – Manuale d’uso;
- Rif. [7] M. Bustamante, B. Doix (1985). Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés. Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, Paris, n. 140, nov-dèc 1985 – Ref. 3047, 75-92.
- Rif. [8] C. Viggiani (1999). Fondazioni, Hevelius Edizioni.
- Rif. [9] A.W. Bishop (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, 5, 7-17.
- Rif. [10] N. Janbu (1954). Stability analysis of slopes with dimensionless parameters. Harvard Soil Mechanics Series.
- Rif. [11] 46, 811 pp.N.R. Morgenstern & V.E. Price (1965). The analysis of the stability of generalised slip surfaces. Geotechnique, 15, 79-93.

4.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti superati.



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|--------------|------|---------|
| RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 6 di 77 |

5 ALLEGATI

Il documento è corredato dai seguenti allegati:

- All. [1] [Risultati delle analisi di verifica delle paratie di imbocco Letojanni lato Messina];
All. [2] [Risultati delle analisi di verifica delle Gallerie Artificiali Letojanni lato Messina];

6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della presente relazione sono utilmente completati e arricchiti dai seguenti elaborati di progetto:

- Rif. [12] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07L9GA0700001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [13] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07W9GA0700001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Fase provvisoria – Sezioni caratteristiche” datato Gennaio 2018;
- Rif. [14] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07LZGA0700001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Fase provvisoria - Sviluppata delle opere di imbocco e particolari costruttivi” datato Gennaio 2018;
- Rif. [15] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07L9GA0700002B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [16] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07W9GA0700002B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Sistemazione definitiva – Sezioni caratteristiche” datato Gennaio 2018;
- Rif. [17] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0700001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Dima e concio d’attacco – Scavo e consolidamenti” datato Gennaio 2018;
- Rif. [18] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0700002B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Galleria artificiale policentrica – Carpenteria” datato Gennaio 2018;
- Rif. [19] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0700003B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Catania – Portale di imbocco – Carpenteria” datato Gennaio 2018.
- Rif. [20] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07L9GA0800001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [21] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07W9GA0800001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Fase provvisoria – Sezioni caratteristiche” datato Gennaio 2018;
- Rif. [22] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07LZGA0800001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Fase provvisoria - Sviluppata delle opere di imbocco e particolari costruttivi” datato Gennaio 2018;
- Rif. [23] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07L9GA0800002B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale” datato Gennaio 2018;
- Rif. [24] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07W9GA0800002B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Sistemazione definitiva – Sezioni caratteristiche” datato Gennaio 2018;



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|---------|
| RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 7 di 77 |

Rif. [25] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0800001B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Dima e concio d’attacco – Scavo e consolidamenti” datato Gennaio 2018;

Rif. [26] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0800002B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Galleria artificiale policentrica – Carpenteria” datato Gennaio 2018;

Rif. [27] U.O. Gallerie, documento n.° RS2S02D07BBGA0800003B “Galleria Letojanni – Imbocco lato Messina – Portale di imbocco – Carpenteria” datato Gennaio 2018.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| | GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA RS2S | LOTTO 02 | CODIFICA D 07 RB | DOCUMENTO GA 07 00 001 | REV. B |

7 DESCRIZIONE DELL'OPERA

7.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

La galleria Letojanni è una galleria a doppia canna, singolo binario, con una lunghezza complessiva di circa 3866 m, di cui 60 m in artificiale e 3806 m in naturale, da realizzarsi con metodo di scavo tradizionale.

Di seguito sono elencate le progressive di riferimento dell'opera (binario pari):

- da pk 16+293,8 a pk 16+310,0 (L=16,2 m) galleria artificiale;
- da pk 16+310,0 a pk 20+115,8 (L=3805,8 m) galleria naturale;
- da pk 20+115,8 a pk 20+160,0 (L=44,2 m) galleria artificiale;

La galleria presenta coperture generalmente molto elevate con valori massimi fino a 375 m, ed ha un andamento altimetrico monopendente (al 2‰) in salita procedendo in direzione Messina.

Nei paragrafi successivi sono descritte e verificate le soluzioni progettuali previste per l'imbocco lato Messina della galleria Letojanni. Per l'imbocco lato Catania si rimanda alla relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco della galleria Taormina (Lotto2); il contesto geotecnico di inserimento e le soluzioni progettuali definite sono infatti del tutto simili a quelle dell'imbocco lato Messina della galleria Taormina.

7.2 Interferenze lungo il tracciato

Nono si registrano interferenze rilevanti nelle zone di imbocco della galleria Letojanni.

8 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalle opere di imbocchi della galleria naturale Letojanni.

8.1 Inquadramento geologico

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda al documento “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica” (Rif. [4]) e alla relazione geotecnica e di calcolo della galleria Letojanni (Rif. [2]).

8.2 Indagini geotecniche

Per una dettagliata descrizione delle indagini geotecniche eseguite sul sito si rimanda al documento “Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale” (Rif. [2]).

8.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dalle opere di imbocco. Il modello geotecnico complessivo dell'opera in sotterraneo è rappresentato nell'elaborato “Galleria Letojanni – Profilo Geotecnico” (Rif. [3]).

8.3.1 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi di simulazione e verifiche, in riferimento alla stratigrafia assunta, sono riportati nella tabelle seguenti:

Tabella 1 Valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi per l'imbocco

| Strato | γ (kN/m ³) | c_k (KPa) | ϕ_k (°) | E (MPa) | c_u (KPa) |
|--------|-------------------------------|-------------|--------------|---------|-------------|
| bb/b2 | 20 | 10 | 35 | 50 | - |
| TAM | 24 | 55 | 30 | 120 | - |

Per il materiale di ritombamento si assumono i seguenti parametri:

| γ (kN/m ³) | c_k (KPa) | ϕ_k (°) | E (MPa) |
|-------------------------------|-------------|--------------|---------|
| 20 | 0 | 35 | 40 |

8.3.2 *Il regime idraulico*

Per informazioni sulla posizione della quota di falda si rimanda all'elaborato "Gallerie Letojanni – Profilo Geotecnico" (Rif. [3]).

| | | | | | | |
|---|--|-------|----------|--------------|------|----------|
|  | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO | | | | | |
| | Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| | RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 11 di 77 |

8.4 Caratteristiche del sito e definizione dell'azione sismica

Le opere in progetto per l'imbocco lato Messina di galleria Letojanni ricadono in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 37.90895, Longitudine 15.32836.

Alle strutture di sostegno, trattandosi di opere provvisionali, si attribuisce una vita nominale V_N di 35 anni e una classe d'uso II a cui corrisponde il coefficiente C_u pari a 1.0 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica, V_R , si assume pari a $V_R = V_N \cdot C_u = 35$ anni (DM 14/01/2008).

Per la galleria artificiale si definisce una vita nominale V_N pari a 75 anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente C_u pari a 1.5 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a $V_R = V_N \cdot C_u = 112.5$ anni.

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{V_R} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto, T_R , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14/01/2008):

- a_g : accelerazione orizzontale massima
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere provvisionali di imbocco il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

La categoria di sottosuolo è stata valutata sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica, in particolare sulla base della velocità delle onde di taglio ponderata sui primi 30 metri di profondità. Sulla base degli andamenti delle suddette grandezze con la profondità, con riferimento al documento “Relazione geotecnica e di calcolo” (Rif. [3]) cui si rimanda per maggiori approfondimenti, si individua come categoria di sottosuolo la classe sismica “C”.

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell’azione sismica per le opere d’imbocco sono riassunti nella seguente tabella:

| | Imbocco lato Messina | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Strutture di sostegno | Galleria artificiale |
| Coord. geografiche | Lat: 37.90895 | Long: 15.32836 |
| T_R | 332 anni | 1068 anni |
| a_g/g | 0.200 | 0.327 |
| F_0 | 2.425 | 2.469 |
| Categoria sottosuolo | B | |
| S_S | 1.200 | 1.077 |
| Categoria topografica | T2 | |
| S_T | 1.200 | 1.200 |
| a_{max}/g | 0.2880 | 0.4226 |

Tabella 2 – Parametri per la definizione dell’azione sismica di progetto – imbocco lato Messina

9 SOLUZIONI PROGETTUALI

Le trincee di approccio alle pareti di attacco dello scavo in naturale sono realizzate mediante scavi sostenuti da paratie di micropali che si sviluppano per circa 113.55m per il binario pari, e per circa 92.93m per il binario dispari; i micropali sono realizzati con un diametro di perforazione $\Phi = 220$ mm e armati con tubo in acciaio $\Phi = 139.7$ mm con spessore $s=8$ mm, posti ad interasse $i = 0.40$ m, collegati in testa da una trave di coronamento in c.a..

Le paratie sono ancorate con più ordini di tiranti (a 3 e 4 trefoli) fino ad un massimo di 4 ordini in corrispondenza della paratia frontale dove si raggiunge la massima altezza di scavo per l'opera di sostegno, pari a circa 13.92 m. Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche dei tiranti ed il loro posizionamento, si rimanda allo specifico elaborato (Rif. [22]). L'azione di contrasto dei tiranti è distribuita sui micropali attraverso travi di ripartizione costituite da due profili accoppiati HEB 180 in acciaio. Le paratie sono protette mediante uno strato di spritz-beton fibrorinforzato di spessore pari a 10 cm.

Un adeguato sistema con canalette a tergo dell'opera consente il controllo e la regimazione delle acque di superficie a presidio del cantiere.

Sulle paratie sono inoltre previsti drenaggi costituiti da tubi microfessurati in PVC di lunghezza pari a 3 m, disposti a quinconce su un numero di allineamenti orizzontali variabile tra 2 e 5 in funzione della sezione considerata, con interasse orizzontale massimo di 3.2 m e verticale massimo 3.0 m (dipende dal passo verticale dei tiranti), al fine di evitare locali accumuli d'acqua a tergo dell'opera di sostegno per eventuali falde sospese e infiltrazioni superficiali.

Preliminarmente all'attacco del tratto in naturale, a contrasto delle paratie frontali, è prevista l'esecuzione di una dima in cls, di lunghezza pari a 5 m, armata all'intradosso con centine metalliche 2IPN200/1.00 m.

A completamento dell'imbocco, è prevista la realizzazione di un tratto in galleria artificiale di lunghezza pari a 34.20 m binario pari e 23.10 m binario dispari, e di un portale a becco di flauto negli due imbocchi pari e dispari che si raccordano con le scarpate di scavo.

10 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 A.

Nelle verifiche di resistenza dei calcestruzzi, a favore di sicurezza, viene sempre considerato un calcestruzzo di classe di resistenza C25/30.

Per la completa e puntuale definizione delle caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera si rimanda all'elaborato specifico ("Caratteristiche dei materiali – Note generali" **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Strutture di sostegno provvisionali

| Calcestruzzo | |
|---|---|
| Classe di resistenza | C 25/30 |
| Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni | $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.16 \text{ MPa}$ |
| Modulo elastico a 28 giorni | $E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31475 \text{ MPa}$ |
| Tensione massima di compressione in esercizio | $0.55f_{ck} = 13.75 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $0.40f_{ck} = 10.00 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente |

| Acciaio per barre di armatura | |
|---|--|
| Tipo | B 450 C |
| Resistenza di progetto | $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391.3 \text{ MPa}$ |
| Tensione massima in condizioni di esercizio | $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) |

| Acciaio per profilati | |
|--|--------------------------------------|
| Tipo | S 275 JR |
| Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yk} \geq 275 \text{ MPa}$ |
| Tensione di rottura caratteristica | $f_{tk} \geq 430 \text{ MPa}$ |
| Tensione di snervamento di calcolo | cfr. 4.2.4 a 4.2.9 del D.M. 14/01/08 |

| Acciaio armonico per tiranti | |
|--|---------------------------|
| Tipo | Trefoli da 0,6'' |
| Tensione di rottura caratteristica | $f_{ptk} \geq 1860$ MPa |
| Tensione elastica all'1% di deformazione | $f_{p(1)k} \geq 1670$ MPa |

Galleria artificiale

| Calcestruzzo armato | |
|---|---|
| Classe di resistenza | C 25/30 |
| Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni | $f_{cd} = 0.85 f_{ck}/1.5 = 14.16$ MPa |
| Modulo elastico a 28 giorni | $E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} = 31475$ MPa |
| Tensione massima di compressione in esercizio | $0.55f_{ck} = 13.75$ MPa combinazione caratteristica (rara) $0.40f_{ck} = 10.00$ MPa combinazione quasi permanente |

| Acciaio per barre di armatura | |
|---|--|
| Tipo | B 450 C |
| Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yk} = 450$ MPa |
| Tensione di snervamento di calcolo | $f_{yd} = 391.3$ MPa |
| Tensione massima in condizioni di esercizio | $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5$ MPa combinazione caratteristica (rara) |

| | | | | | | |
|---|--|-------|----------|--------------|------|----------|
|  | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO | | | | | |
| | Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| | RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 16 di 77 |

11 CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/09 (Rif. [2]).

11.1 Opere di sostegno

11.1.1 Azioni

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno dell'imbocco sono le seguenti:

- **azioni permanenti strutturali:** peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- **azioni variabili:** carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno, Q_{IM} , atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere.
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 0.

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera. Si trascurano gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la struttura di sostegno (DM 14/01/2008).

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0.2

11.1.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- collasso del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Come prescritto dal DM 14/01/2008 per le strutture di sostegno flessibili, è stato adottato l'Approccio Progettuale 1 con le due combinazioni di coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I del DM 14/01/2008):

- combinazione 1: A1 + M1 + R1
- combinazione 2: A2 + M2 + R1.

Il dimensionamento geotecnico dell'opera è stato condotto con la verifica di stati limite ultimi GEO, applicando la Combinazione 2 (A2+M2+R1). Per le verifiche di stati limite ultimi STR l'analisi è stata condotta la combinazione 1 (A1+M1+R1), applicando i coefficienti parziali A1 ($\gamma = 1.3$) all'effetto delle azioni. A tale scopo, nelle analisi, i valori caratteristici dei carichi variabili sfavorevoli sono stati amplificati di un coefficiente pari a $1.5/1.3 = 1.15$.

Il corretto dimensionamento nei confronti degli SLU assicura che gli spostamenti dell'opera siano compatibili con le esigenze di funzionalità della stessa; pertanto, trattandosi di opere provvisorie, in assenza di fabbricati o altre opere da salvaguardare a ridosso delle stesse, non si ritengono necessarie ulteriori valutazioni di verifica nei confronti degli SLE.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1- Combinazione 2 (A2+M2+R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), con riferimento alla configurazione finale dell'opera di sostegno. Per le verifiche in condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità. Si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando il coefficiente sismico orizzontale secondo le prescrizioni della normativa (DM 14/01/2008):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

dove:

- a_{\max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008),
- β è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{\alpha E} - K_{\alpha}) \right] / H,$$

dove: γ rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, H rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), $K_{\alpha E}$ e K_{α} rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

Per la valutazione della spinta passiva si assume $\alpha=1$ (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008). Il coefficiente sismico verticale, k_v , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008).

| | | | | | | |
|---|--|-------|----------|--------------|------|----------|
|  | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO | | | | | |
| | Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| | RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 18 di 77 |

I coefficienti di spinta attiva sono stati determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono stati determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , è stato assunto pari a $2/3$ della resistenza al taglio del terreno naturale.

Le verifiche sono state condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo PARATIE (versione 16.0.0).

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il codice di calcolo SLOPE/W (versione 8.12.4.11377).

11.2 Gallerie artificiali

11.2.1 Azioni

Per le gallerie artificiali si individuano le seguenti azioni:

- **azioni permanenti strutturali:** peso proprio della struttura (P.P), spinte del terreno sui fianchi della galleria (SPsx e SPdx), carico verticale P.cop (rappresentato dal terreno di ricoprimento);
- **azioni variabili:** carico variabile Q_1 pari a 20 kN/m^2 (legato ai mezzi di cantiere), spinte sui fianchi della galleria (SQ₁sx e SQ₁dx) generate dal carico Q_1 .
- **azione sismica:** l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 0. I carichi considerati sono: incremento di spinta del terreno sui fianchi della galleria ($\pm \Delta Sh$), variazione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta Sv$), effetti inerziali della struttura della galleria nelle direzioni orizzontale e verticale (Ih e Iv).

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche:

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione caratteristica (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 1
- combinazione frequente (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0.8
- combinazione quasi permanente (SLE): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0
- combinazione sismica (SLV, SLD): il coefficiente di combinazione per il carico variabile Q_1 è pari a 0.2.

11.2.2 Approcci progettuali e metodi di verifica

Le verifiche delle gallerie artificiali sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite:

- stati limite ultimi (SLU):
 - instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
 - raggiungimento della resistenza strutturale

- stati limite di esercizio in condizioni statiche (SLE):
 - controllo dello stato tensionale e fessurativo degli elementi strutturali.

Le verifiche in condizioni sismiche sono state condotte con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) e allo stato limite di danno (SLD). Per tali verifiche i coefficienti parziali sulle azioni sono pari all'unità.

Nei prospetti che seguono sono riportate le combinazioni statiche (SLU e SLE) e sismiche (SLV) ritenute più gravose e adottate nelle analisi numeriche della galleria artificiale.

| SLU | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Carico | SLU1 | SLU2 | SLU3 | SLU4 | SLU5 | SLU6 | SLU7 |
| <i>P.P.</i> | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.0 |
| <i>P.cop</i> | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.0 |
| <i>SP.sx</i> | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.0 |
| <i>SP.dx</i> | 1.3 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 1.3 |
| Q_1 | 1.5 | 1.5 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 1.5 | 0.0 |
| $SQ_1.sx$ | 1.5 | 0.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.0 | 0.0 |
| $SQ_1.dx$ | 1.5 | 0.0 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 1.5 |

| SLE-C | |
|--------------|-------|
| Carico | SLE-C |
| <i>P.P.</i> | 1.0 |
| <i>P.cop</i> | 1.0 |
| <i>SP.sx</i> | 1.0 |
| <i>SP.dx</i> | 1.0 |
| Q_1 | 1.0 |
| $SQ_1.sx$ | 1.0 |
| $SQ_1.dx$ | 1.0 |

| SLE-F | | | |
|--------------|---------|---------|---------|
| Carico | SLE-F-1 | SLE-F-2 | SLE-F-3 |
| <i>P.P.</i> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <i>P.cop</i> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <i>SP.sx</i> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <i>SP.dx</i> | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| <i>V</i> | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| <i>SV.sx</i> | 0.0 | 0.8 | 0.0 |
| <i>SV.dx</i> | 0.0 | 0.0 | 0.8 |

SLE-QP

| Carico | SLE-QP |
|---------------------|--------|
| P.P. | 1.0 |
| P.cop | 1.0 |
| SP.sx | 1.0 |
| SP.dx | 1.0 |
| Q ₁ | 0.0 |
| SQ ₁ .sx | 0.0 |
| SQ ₁ .dx | 0.0 |

SLV

| Carico | SLV1 | SLV2 | SLV3 | SLV4 | SLV5 | SLV6 | SLV7 | SLV8 | SLV9 | SLV10 | SLV11 | SLV12 | SLV13 | SLV14 | SLV15 | SLV16 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P.P. | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| P.cop | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| SP.sx | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| SP.dx | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Q ₁ | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| SQ ₁ .sx | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| SQ ₁ .dx | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| ΔS.h | 1.0 | -1.0 | 1.0 | -1.0 | 0.3 | -0.3 | 0.3 | -0.3 | 1.0 | -1.0 | 1.0 | -1.0 | 0.3 | -0.3 | 0.3 | -0.3 |
| ΔS.v | -0.3 | -0.3 | 0.3 | 0.3 | -1.0 | -1.0 | 1.0 | 1.0 | -0.3 | -0.3 | 0.3 | 0.3 | -1.0 | -1.0 | 1.0 | 1.0 |
| l.h | 1.0 | -1.0 | 1.0 | -1.0 | 0.3 | -0.3 | 0.3 | -0.3 | -1.0 | 1.0 | -1.0 | 1.0 | -0.3 | 0.3 | -0.3 | 0.3 |
| l.v | -0.3 | -0.3 | 0.3 | 0.3 | -1.0 | -1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.3 | 0.3 | -0.3 | -0.3 | 1.0 | 1.0 | -1.0 | -1.0 |

Per la verifica agli stati limite in condizioni sismiche (SLV e SLD) si è adottato il metodo pseudostatico, calcolando i coefficienti sismici orizzontale e verticale in analogia con quanto indicato dalla normativa (DM 14/1/2008) per i muri di sostegno:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$k_v = \pm \frac{1}{2} \cdot k_h$$

dove:

- a_{\max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- β_m è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima assunto pari a 1.

Per il calcolo delle sollecitazioni si è adottato il metodo delle reazioni iperstatiche attraverso una modellazione numerica ad elementi finiti monodimensionali. Si è utilizzato il codice di calcolo SAP2000 (versione 19). Si considera una sezione di galleria di lunghezza unitaria definendo per la struttura un modello costituito da conci monodimensionali (elementi beam). Gli spessori delle diverse aste sono variabili secondo l'elemento strutturale considerato (calotta, piedritto, arco rovescio). L'interazione tra il terreno e la struttura è simulata attraverso elementi elastici radiali: la rigidezza di tali supporti è calcolata secondo le seguenti formulazioni:

$$k = \frac{E'}{R_{eq} \cdot (1+\nu)} \cdot i \quad (\text{per i tratti curvilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2)} \cdot i \quad (\text{per tratti rettilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2) \cdot c_t} \cdot i \quad (\text{per l'arco rovescio})$$

dove:

- R_{eq} è il raggio di curvatura equivalente dell'anello;
- B è la lunghezza del tratto rettilineo di carpenteria;
- i è l'interasse tra le bielle;
- ν ed E' il coefficiente di Poisson ed il modulo elastico del mezzo al contorno rispettivamente;
- c_t = coefficiente di forma della fondazione ottenuto attraverso le relazioni proposte da Bowles (1960) (L = lato maggiore della fondazione):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(L/B) \quad \text{fondazione rettangolare con } (L / B) \leq 10;$$

$$c_t = 2 + 0.0089 \cdot (L/B) \quad \text{fondazione rettangolare con } (L / B) > 10.$$

Il modulo elastico da assegnare all'elemento è calcolabile attraverso la seguente relazione: $E = K \cdot i$.

12 VERIFICA DELLE OPERE DELL'IMBOCCO LETOJANNI LATO MESSINA

12.1 Opere di sostegno

Sono state verificate le seguenti sezioni sulla paratia frontale e laterale:

- sez. 1: paratia frontale: sezione alla pk 20+141.50 (secondo pk. del binario pari)
- sez. 2: paratia laterale: sezione alla pk 20+145.80 (secondo pk. del binario pari)

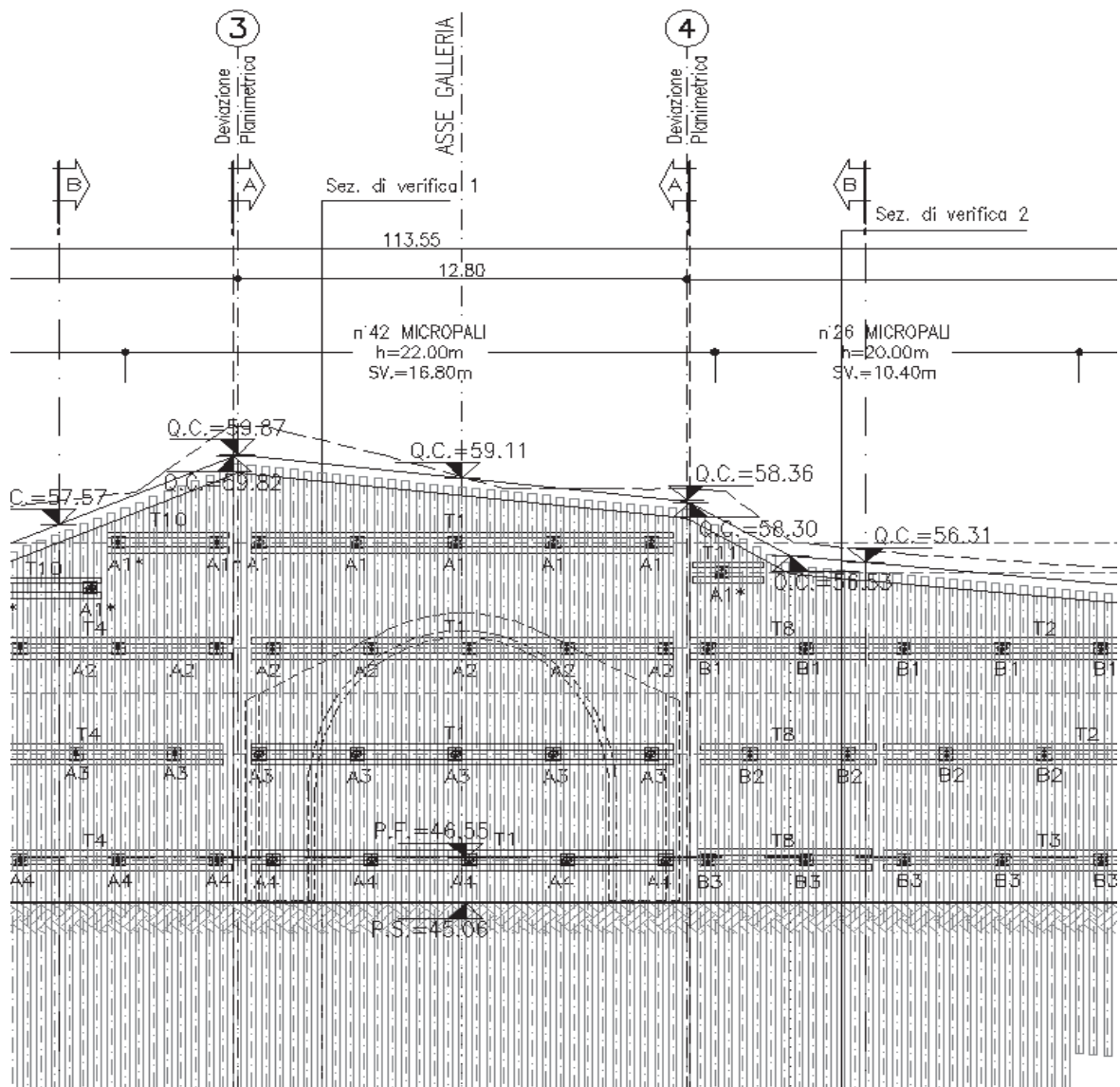


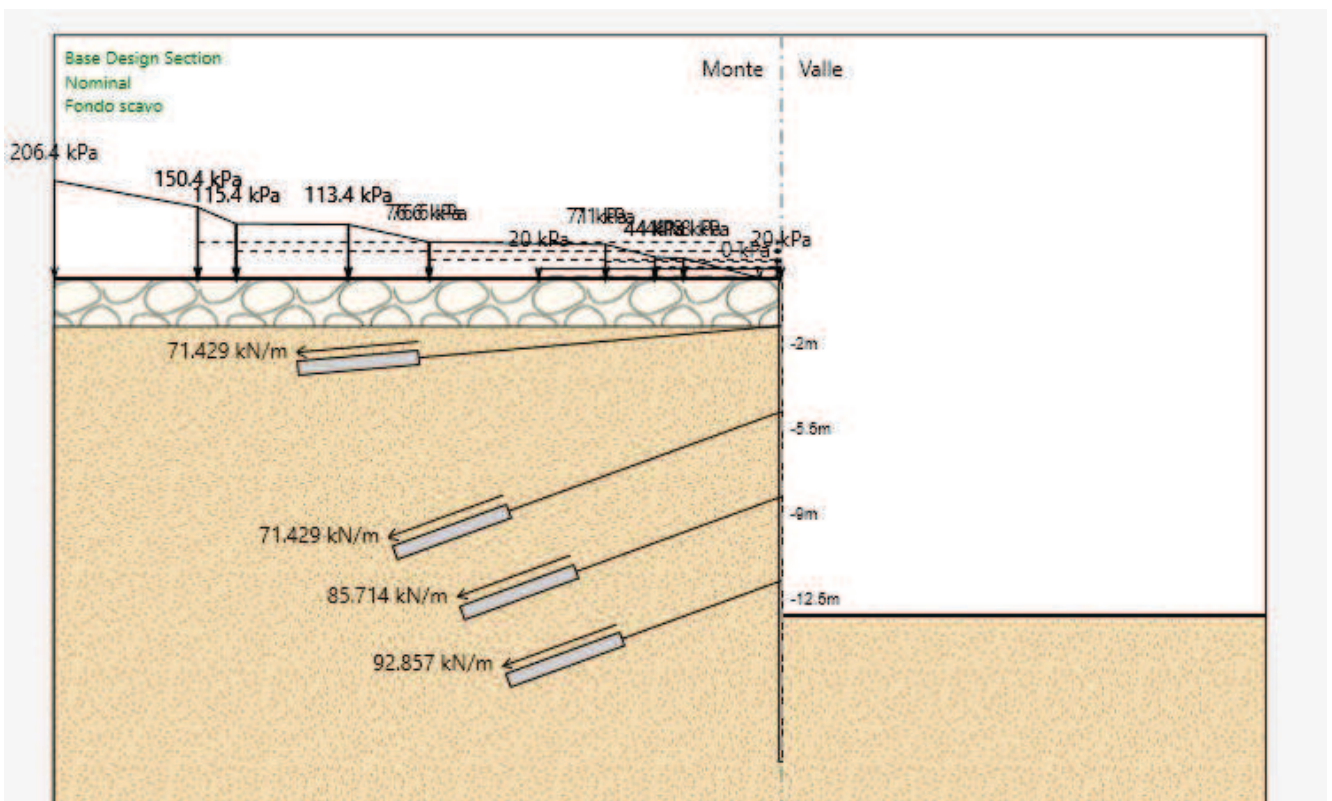
Figura 1 - Sezioni di calcolo

12.1.1 Sezione 1 – pk 20+141.50

Quale sezione di verifica è stata presa a riferimento quella posta alla pk. 20+141.50 nel imbocco binario pari (in corrispondenza della paratia frontale) caratterizzata dalla massima altezza di scavo e quattro ordini di tiranti.

Sono di seguito riportate le principali caratteristiche dell'opera di sostegno e del modello geotecnico utilizzati per le analisi di verifica.

La **Figura 2** mostra un confronto tra la sezione reale e quella simulata; si può osservare ad esempio come l'inclinazione del pendio a monte dell'opera sia stata modellata mediante l'applicazione di un carico fittizio equivalente, su un piano campagna simulato orizzontale.



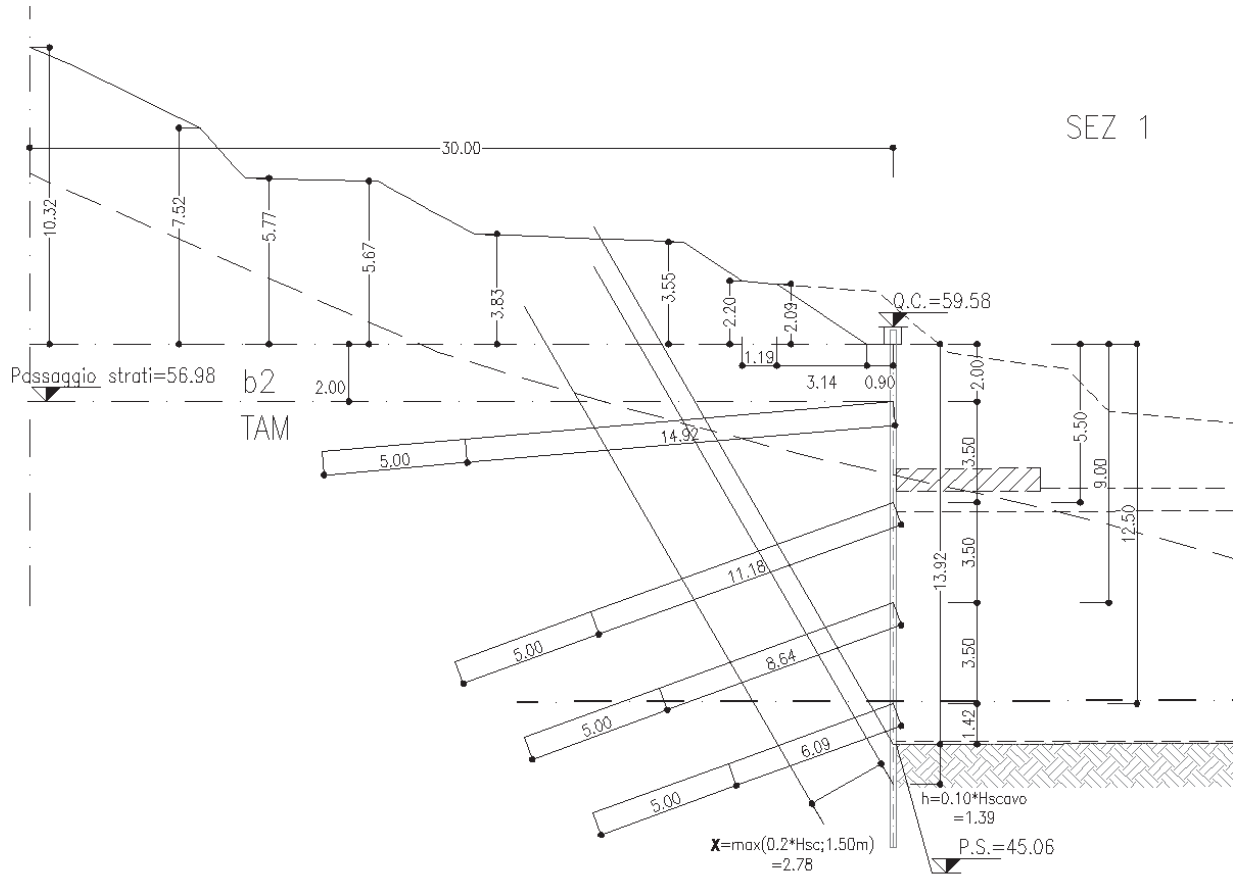


Figura 2 - Confronto tra la sezione modellata (sopra) e quella reale (sotto)

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

| | |
|---|--|
| Tipologia struttura di sostegno | Paratia di micropali di medio diametro $\phi = 220$ mm con tubo $\phi = 139.7$ mm spessore $s=8$ mm, posti ad interasse $i = 0.40$ m |
| Altezza totale paratia | $H_{tot} = 20.00$ m |
| Altezza libera paratia | $H = 13.92$ m |
| Ordini di tiranti (n°) | 4 |
| Passo orizzontale tiranti | 2.80 m |
| Passo verticale dei tiranti | 3.50 m |
| Inclinazione del piano campagna a monte | Prescavo 3H:2V, terreno naturale circa 18.1° |

| | |
|---|--|
| Inclinazione del piano campagna a valle | 0° |
| Sovraccarichi permanenti a monte | Carico fittizio variabile equivalente alla pendenza del piano campagna |
| Sovraccarichi permanenti a valle | - |
| Sovraccarichi variabili a monte | Q _{1,k} = 20 kPa, estensione 10.00 m |
| Sovraccarichi variabili a valle | - |

Tabella 3 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

I parametri geotecnici adottati nelle analisi variano a seconda della combinazione di riferimento adottata in considerazione della specifica verifica prevista dal D.M. 14/01/2008 così come riportato nel prospetto che segue.

| Terreno | Gruppo coeff. parziali | Condizione | γ | c_d | ϕ'_d | δ | E' | E'_{ur} | k_o | K_{ah} | K_{ph} |
|---------|------------------------|------------|----------------------|-------|-----------|----------|-------|-----------|-------|----------|----------|
| | | | (kN/m ³) | (kPa) | (°) | (°) | (MPa) | (MPa) | (-) | (-) | (-) |
| b2 | M1 | SLU | 20 | 10 | 35 | 23.33 | 50 | 75 | 0.426 | 0.224 | 6.510 |
| | | SLV | | | | 0 | | | | - | - |
| | M2 | SLU | | 8 | 29.3 | 19.50 | | | | 0.288 | 4.418 |
| | | SLV | | | | 0 | | | | - | - |
| TAM | M1 | SLU | 24 | 55 | 30 | 20.00 | 320 | 480 | 0.500 | 0.279 | 4.633 |
| | | SLV | | | | 0 | | | | - | - |
| | M2 | SLU | | 44 | 24.8 | 16.53 | | | | 0.349 | 3.372 |
| | | SLV | | | | 0 | | | | - | - |

γ = peso dell'unità di volume

c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)

ϕ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)

δ = angolo d'attrito struttura/terreno

E' = modulo di Young

E'_{ur} = modulo di Young (scarico/ricarico)

k_o = coefficiente di spinta a riposo

K_a = coefficiente di spinta attiva

K_p = coefficiente di resistenza passiva

Tabella 4 – Parametri geotecnici di calcolo.

Con riferimento alla valutazione del coefficiente sismico orizzontale k_h , i valori di α e β sono stati assunti rispettivamente pari a 0.960 e 0.391 avendo considerato un sottosuolo di tipo B e uno spostamento massimo ammissibile μ_s pari a $0.005 \times 20 = 0.10$ m (cfr. § 7.11.6.3.2 del D.M. 14/01/2008).

Si sottolinea che i coefficienti di spinta sono stati determinati considerando orizzontale il piano campagna a monte dell'opera.

| Sezione di calcolo | H (m) | Terreno | Gruppo coeff. parziali | Condizione | Categoria sottosuolo | α | u_s | β | K_h | K_{ahE} | K_{phE} |
|--------------------|-------|---------|------------------------|------------|----------------------|----------|-------|---------|--------|-----------|-----------|
| | | | | | | (-) | (m) | (-) | (-) | (-) | (-) |
| 1 | 20 | b2 | M1 | SLV | B | 0.960 | 0.10 | 0.391 | 0.1082 | 0.286 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1127 | - | 3.440 |
| | | | M2 | SLV | | 0.960 | 0.10 | 0.391 | 0.1082 | 0.360 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1127 | - | 2.689 |
| 1 | 20 | TAM | M1 | SLV | B | 0.960 | 0.10 | 0.391 | 0.1082 | 0.350 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1127 | - | 2.774 |
| | | | M2 | SLV | | 0.960 | 0.10 | 0.391 | 0.1082 | 0.430 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1127 | - | 2.238 |

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008)

u_s = spostamento ammissibile

β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008)

k_h = coefficiente sismico

K_h = coefficiente di spinta sismico orizzontale

K_{ahE} = coefficiente di spinta attiva orizzontale

K_{phE} = coefficiente di resistenza passiva orizzontale

Tabella 5 – Parametri per l'analisi sismica.

Si riportano, infine, le fasi di calcolo in cui è articolata l'analisi numerica:

- STAGE 1. Inizializzazione dello stato tensionale geostatico;
- STAGE 2. simulazione della paratia di micropali e applicazione del carico variabile Q_1 (rappresentativo dei mezzi di cantiere);
- STAGE 3. Scavo di ribasso fino a quota -3.00 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 4. Realizzazione del primo ordine di tiranti a quota -2.00 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 5. Scavo di ribasso fino a quota -6.50 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 6. Realizzazione del secondo ordine di tiranti a quota -5.50 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 7. Scavo di ribasso fino a quota -10.00 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 8. Realizzazione del terzo ordine di tiranti a quota -9.00 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 9. Scavo di ribasso fino a quota -13.50 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 10. Realizzazione del quarto ordine di tiranti a quota -12.50 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 11. Scavo di ribasso fino a quota -13.92 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 12. Applicazione dell'azione sismica come definita in Tabella 5.

12.1.1.1 Risultati delle analisi

I risultati delle analisi sono di seguito descritti in sintesi ed illustrati in maggior dettaglio nell'allegato pertinente (All. [1]).

1) Verifiche SLU GEO

- 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, sia in condizioni statiche (SLU) che sismiche (SLV). A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output relativi alle fasi finali dell'analisi statica (stage 11) e sismica (stage 12) in termini di deformata dell'opera e percentuale di spinta.

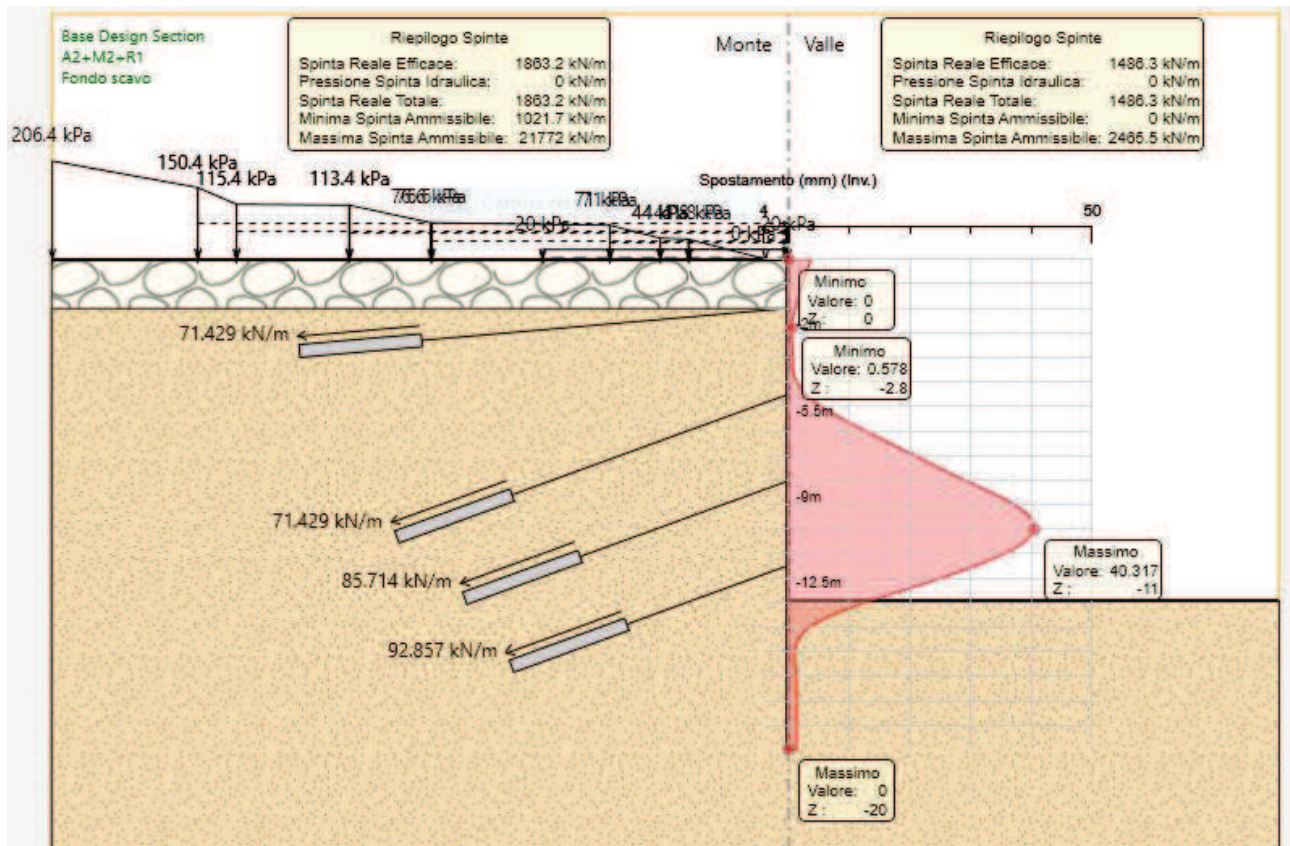


Figura 3 - Risultati dell'analisi SLU-GEO: diagramma degli spostamenti

La percentuale di spinta risulta pari a 60.28%

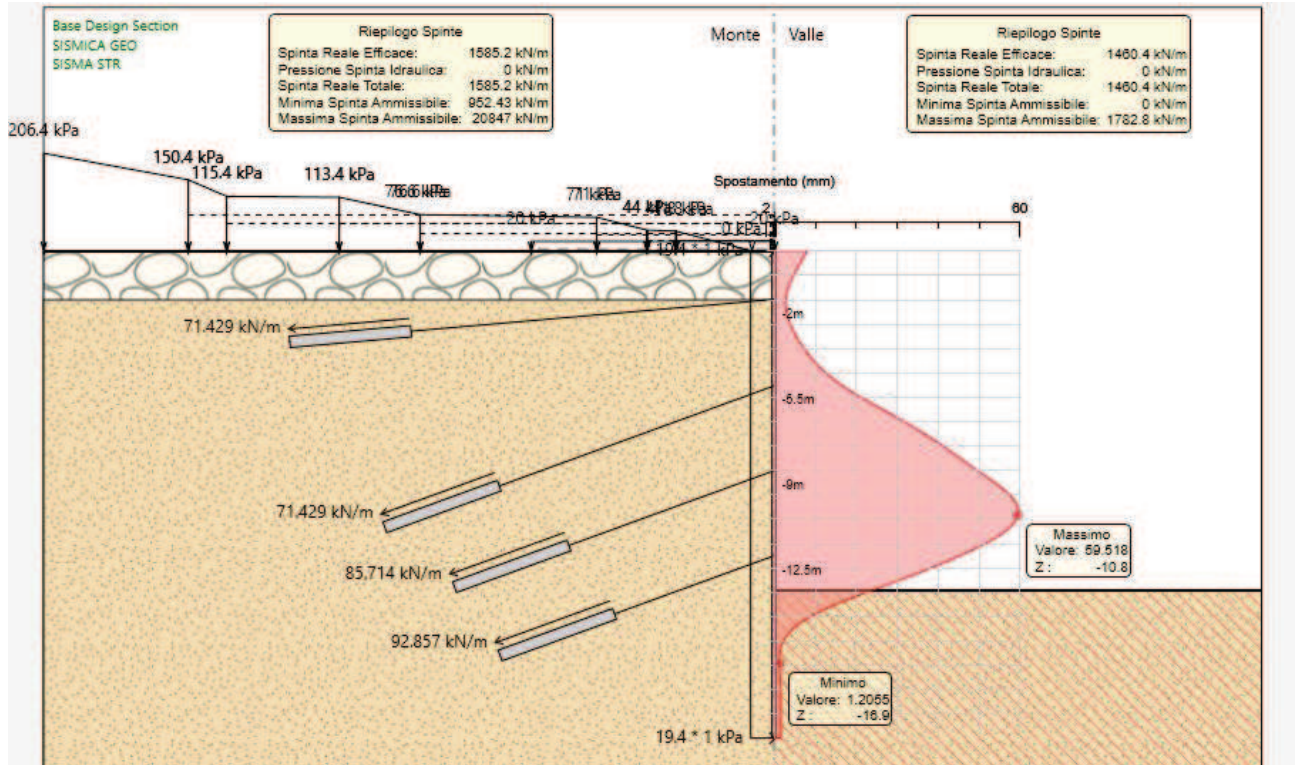


Figura 4 - Risultati dell'analisi SLV-GEO: diagramma degli spostamenti

La percentuale di spinta risulta pari a 81.91%.

– Verifica tiranti

Nel prospetto che segue, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli sforzi di calcolo massimi tra le combinazioni statica e sismica.

Si sottolinea che la lunghezza libera del tirante, riportata in

| Ordine | Dp | ntr | Atr | Lp | La | i | α | Pretensione | Condiz. | tmax | NS _d |
|--------|------|-----|--------------------|-----|-----|-----|----------|-------------|---------|--------|-----------------|
| [-] | [mm] | [-] | [mm ²] | [m] | [m] | [m] | [°] | [kN] | [-] | [kN/m] | [kN] |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 15 | 5 | 2.8 | 5 | 200 | SLU | 92.88 | 260.07 |
| 2 | | 3 | | 12 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 93.20 | 260.95 |
| 3 | | 3 | | 9 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 115.16 | 322.45 |
| 4 | | 3 | | 7 | 5 | 2.8 | 20 | 260 | | 123.58 | 346.01 |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 15 | 5 | 2.8 | 5 | 200 | SLV | 73.31 | 205.27 |
| 2 | | 3 | | 12 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 72.89 | 204.10 |
| 3 | | 3 | | 9 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 103.59 | 290.06 |
| 4 | | 3 | | 7 | 5 | 2.8 | 20 | 260 | | 108.67 | 304.28 |

Dp = diametro di perforazione della fondazione del tirante;

ntr = numero di trefoli per tirante;

Atr = area del singolo trefolo;

Lp = lunghezza libera del tirante

La = lunghezza della fondazione del tirante

i = interasse longitudinale dei tiranti

α = inclinazione sull'orizzontale del tirante

Tabella 6, è da intendersi comprensiva dell'incremento valutato in condizioni sismiche secondo la formulazione proposta dal D.M. 14/01/2008 nel § 7.11.6.4 in funzione della massima accelerazione sismica di progetto.

| Ordine | Dp | nr | Atr | Lp | La | i | α | Pretensione | Condiz. | tmax | NS _d |
|--------|------|-----|--------------------|-----|-----|-----|----------|-------------|---------|--------|-----------------|
| [-] | [mm] | [-] | [mm ²] | [m] | [m] | [m] | [°] | [kN] | [-] | [kN/m] | [kN] |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 15 | 5 | 2.8 | 5 | 200 | SLU | 92.88 | 260.07 |
| 2 | | 3 | | 12 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 93.20 | 260.95 |
| 3 | | 3 | | 9 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 115.16 | 322.45 |
| 4 | | 3 | | 7 | 5 | 2.8 | 20 | 260 | | 123.58 | 346.01 |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 15 | 5 | 2.8 | 5 | 200 | SLV | 73.31 | 205.27 |
| 2 | | 3 | | 12 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 72.89 | 204.10 |
| 3 | | 3 | | 9 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 103.59 | 290.06 |
| 4 | | 3 | | 7 | 5 | 2.8 | 20 | 260 | | 108.67 | 304.28 |

Dp = diametro di perforazione della fondazione del tirante;

nr = numero di trefoli per tirante;

Atr = area del singolo trefolo;

Lp = lunghezza libera del tirante

La = lunghezza della fondazione del tirante

i = interasse longitudinale dei tiranti

α = inclinazione sull'orizzontale del tirante

Tabella 6 - Caratteristiche geometriche dei tiranti e risultati di maggiore rilievo ottenuti dalle analisi

Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 (Rif. [7]) e Viggiani '99 (Rif. [8]). Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto, per i tiranti ricadenti nel litotipo "TAM" un valore caratteristico pari a 350 kPa, da -2.00m da piano campagna.

La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

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

dove:

$N_{R,ad}$ è la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

D_p è il diametro di perforazione della fondazione del tirante;

α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.2 (Viggiani, '99) in funzione del tipo di iniezione ripetuta selettiva (IRS) e del litotipo di fondazione.

τ_{ak} è la tensione resistente a sfilamento caratteristica dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

L_a è la lunghezza della fondazione del tirante;

$\gamma_{Ra,p}$ è il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;

ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell'azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,ad}$ per le verifiche dei quattro ordini di tiranti e l'esito della verifica.

| Dp | α | τ_{ak} | L_a | $\gamma_{Ra,p}$ | ξ | $NR_{,ak}$ | $NR_{,ad}$ | $NS_{,d}$ | Verifica |
|------|----------|-------------|-------|-----------------|-------|------------|------------|-----------|-------------------|
| [mm] | [-] | [kPa] | [m] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 260.07 | NR,ad > NS,d → OK |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 260.95 | NR,ad > NS,d → OK |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 322.45 | NR,ad > NS,d → OK |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 346.01 | NR,ad > NS,d → OK |

Tabella 7 - Verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti

Verifica strutturale dei tiranti

La resistenza a trazione di calcolo dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

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

dove:

$f_{p(1)k}$ è la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;

A_{tr} è l'area del singolo trefolo;

n_{tr} è il numero di trefoli per tirante;

γ_S è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,pd}$ per le verifiche dei quattro ordini di tiranti e l'esito della verifica.

| $f_{p(1)k}$ | A_{tr} | n_{tr} | γ_S | $N_{R,pk}$ | $N_{R,pd}$ | $N_{S,d}$ | Verifica |
|-------------|--------------------|----------|------------|------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| [MPa] | [mm ²] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.07 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.95 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 322.45 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 346.01 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |

Tabella 8 - Verifiche Strutturali dell'armatura dei tiranti

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati riportati in

| D_p | α | τ_{ak} | L_a | $\gamma R_{a,p}$ | ξ | $N_{R,ak}$ | $N_{R,ad}$ | $N_{S,d}$ | Verifica |
|-------|----------|-------------|-------|------------------|-------|------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| [mm] | [-] | [kPa] | [m] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 260.07 | $N_{R,ad} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 260.95 | $N_{R,ad} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 322.45 | $N_{R,ad} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 488.69 | 346.01 | $N_{R,ad} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |

Tabella 7 e in

| $f_{p(1)k}$ | A_{tr} | n_{tr} | γ_S | $N_{R,pk}$ | $N_{R,pd}$ | $N_{S,d}$ | Verifica |
|-------------|--------------------|----------|------------|------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| [MPa] | [mm ²] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.07 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.95 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 322.45 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 346.01 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |

Tabella 8, emerge che tale verifica è ampiamente soddisfatta essendo $N_{R,pk} > N_{R,ak}$.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| | GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA RS2S | LOTTO 02 | CODIFICA D 07 RB | DOCUMENTO GA 07 00 001 | REV. B |

– Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno (A2+M2+R2)

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geoslope 2007).

In considerazione del contesto geotecnico sostanzialmente omogeneo vengono analizzate superfici di scorrimento circolari secondo la formulazione di Bishop. Considerato lo scopo dell'analisi le superfici di scorrimento indagate sono definite in modo tale da non intersecare l'opera di sostegno, limitando opportunamente l'estensione del cerchio critico a tergo della paratia.

A monte della paratia è previsto anche il carico da traffico, Q1M, atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere; nelle analisi è stato applicato sul piano campagna un carico pari a 4kN/m² in SLV e 20 kN/m² in SLU, per un'estensione lineare di 10 m.

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate.

Nella tabella che segue sono riportati i gradi di sovra resistenza (R/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto E_d (= E γ_E) ottenuti per ciascuna combinazione delle azioni. Al fine di cogliere l'effetto derivante dalla riduzione dei parametri geotecnici di resistenza, secondo i coefficienti del gruppo M2, nel prospetto che segue sono riportati anche i risultati dell'analisi condotta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

| <i>Combinazione</i> | <i>Formulazione</i> |
|---------------------|---------------------|
| | <i>Bishop</i> |
| “Caratteristica” | 2.389 |
| “SLU – A2+M2” | 1.910 |
| “SLV – A2+M2” | 1.583 |

Tabella 9 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1.10; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = \frac{R}{\gamma_R}$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza (R/E_d = 1.583).

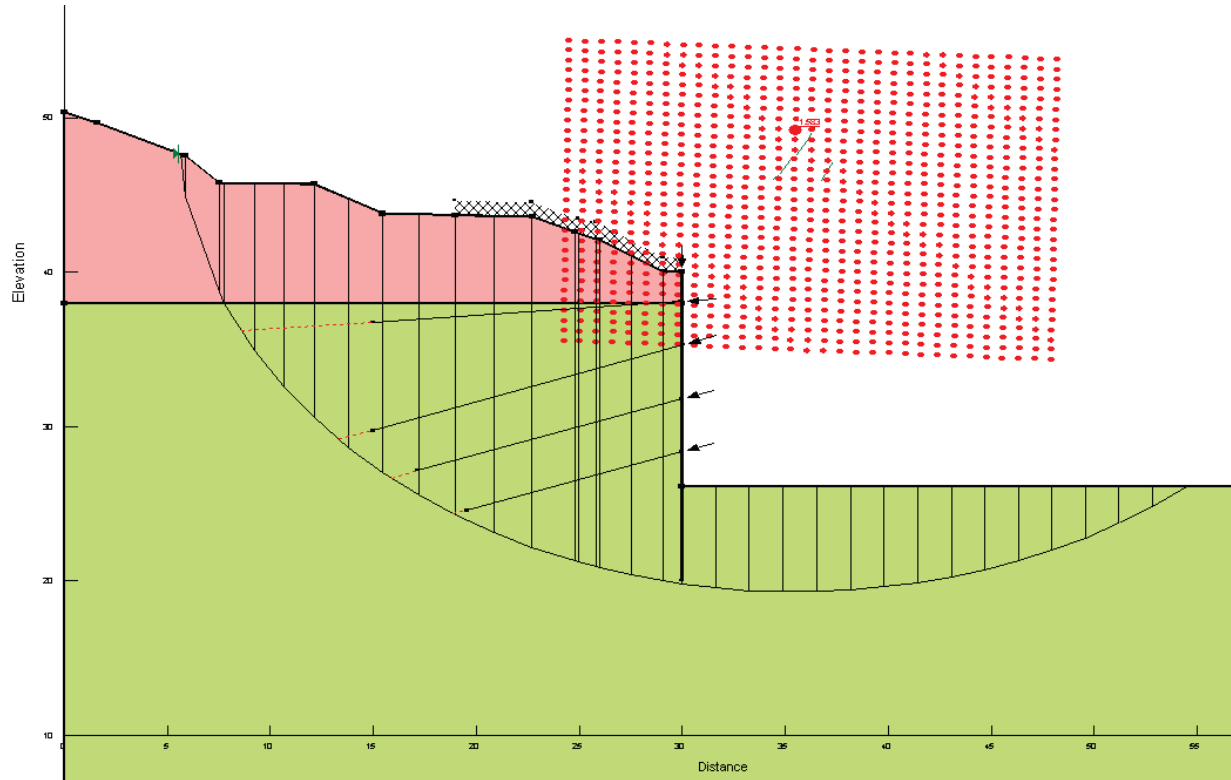


Figura 5 - Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica

2) Verifiche SLU STR

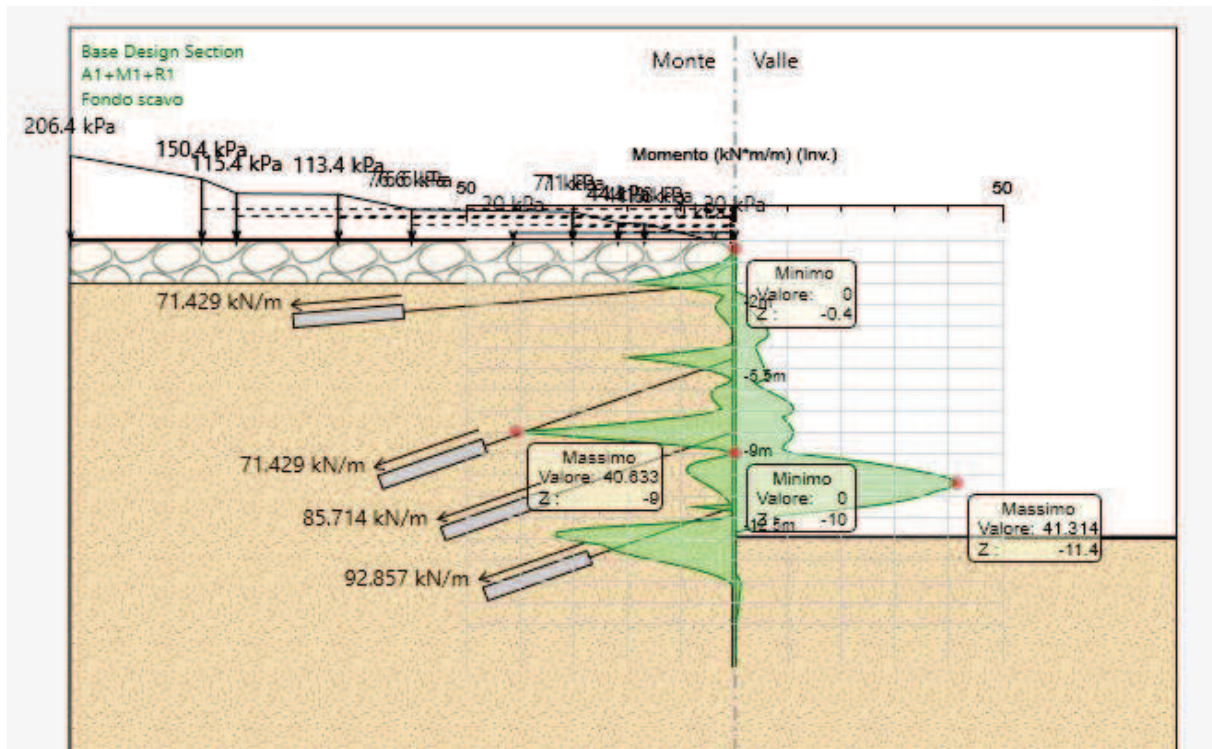
Con il modello di calcolo definito geometricamente sulla base del dimensionamento geotecnico di cui sopra, vengono eseguite le verifiche strutturali di tutti gli elementi costituenti l'opera di sostegno (paratia, travi di ripartizione ecc.).

- Verifica dell'elemento strutturale costituente la struttura di sostegno

Nei prospetti che seguono, per le combinazioni STR statica e sismica, si riportano gli involuppi degli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione sulla paratia di micropali ed i valori numerici relativi alle sezioni di sollecitazioni massime, scelte come rappresentative per le verifiche strutturali.

| Condizione | Fase di calcolo | Soll. Max. | Quota | MSd | TSd |
|------------|-----------------|------------|-------|---------|--------|
| [-] | [-] | [-] | [m] | [kNm/m] | [kN/m] |
| SLU | Stage 11 | Momento | -11.4 | 41.32 | 5.47 |
| | Stage 11 | Taglio | -12.4 | 6.83 | 82.36 |
| SLV | Stage 12 | Momento | -11 | 44.62 | 5.60 |
| | Stage 12 | Taglio | -12.4 | 0.43 | 67.83 |

Tabella 10 - Sollecitazioni allo SLU e SLV nella combinazione A1+M1+R1



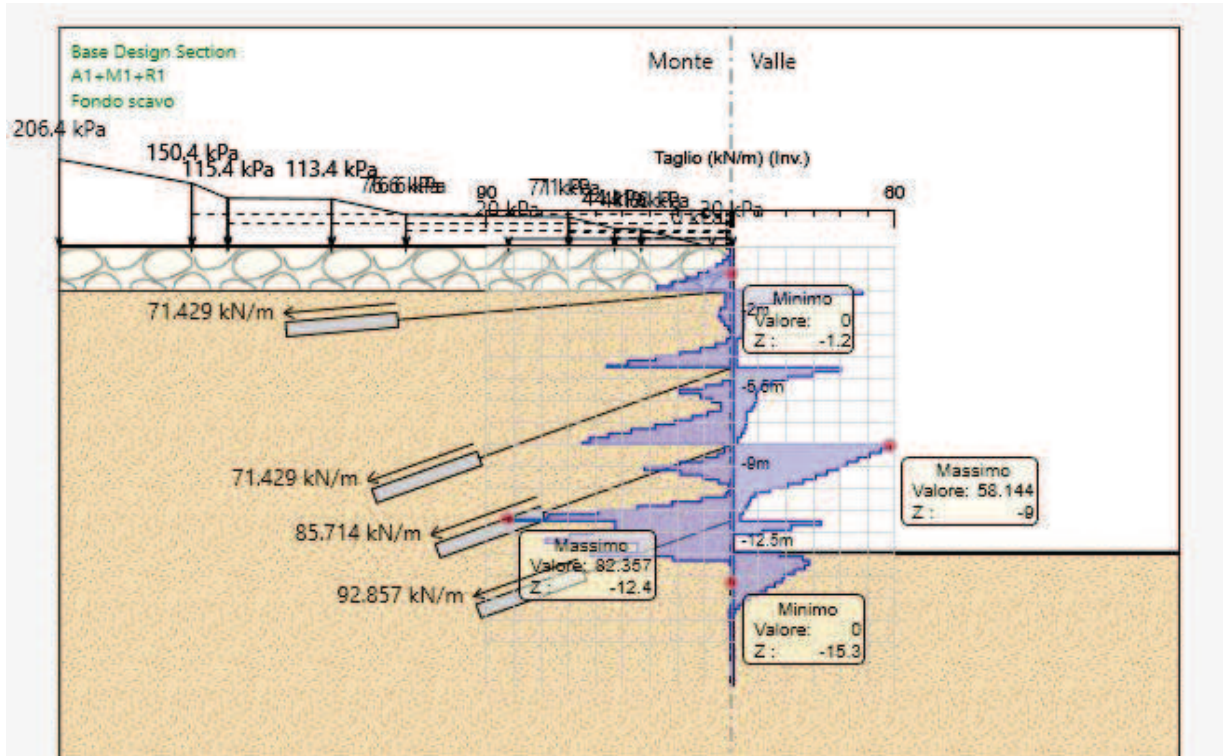
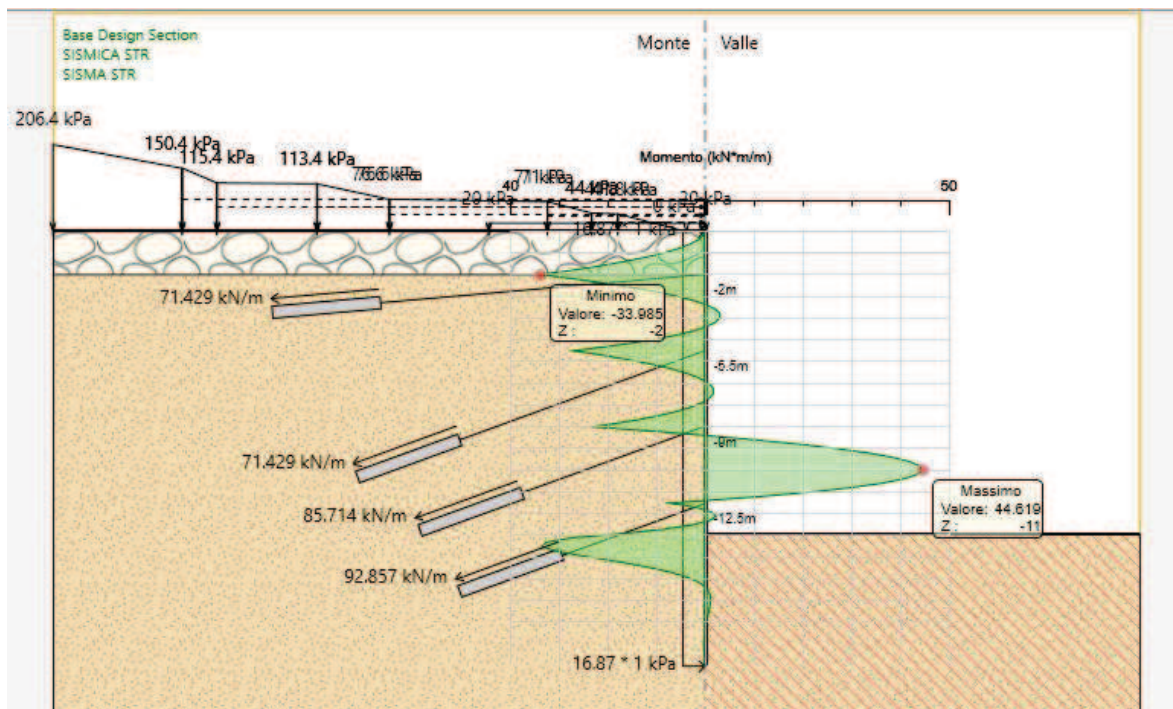


Figura 6 - SLU-STR - Caratteristiche della sollecitazione



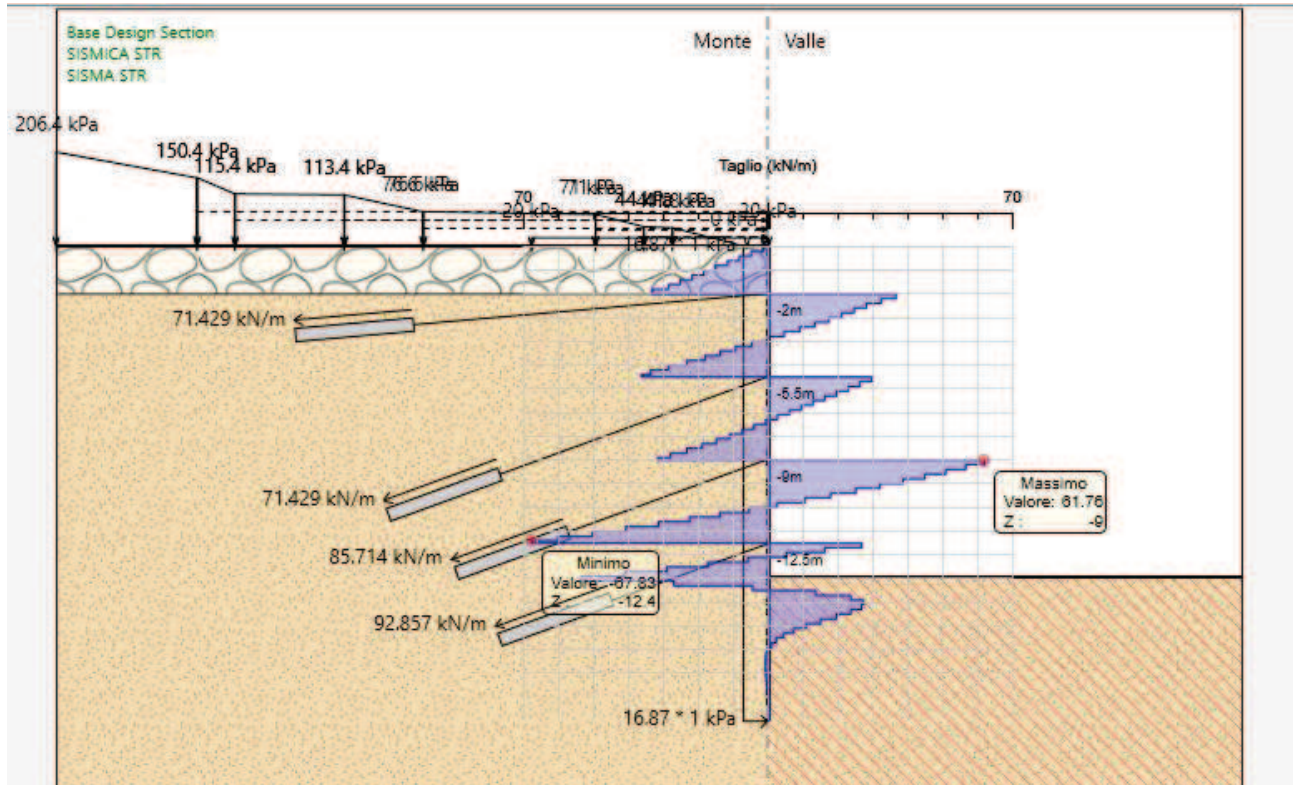


Figura 7 - SLV-STR - Caratteristiche della sollecitazione

I principali risultati delle analisi sono descritti in sintesi nel seguito; per una più completa rappresentazione degli stessi si rimanda allo specifico allegato. (All. [1]).

Le verifiche strutturali SLU/SLV vengono eseguite per confronto tra le sollecitazioni di calcolo (ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando gli opportuni coefficienti parziali) e le resistenze di calcolo (definite dai punti M_{Rd} , N_{Rd} che definiscono il dominio resistente nel piano M, N).

Nello specifico delle verifiche riportate nel seguito, vengono rappresentate le sollecitazioni relative a tutte le combinazioni SLU/SLV definite nel § 11.1.2. In All. [1] sono invece riportati i tabulati numerici relativi agli involuipi delle suddette combinazioni ottenuti considerando il massimo momento flettente e il minimo sforzo normale sulla sezione più sollecitata.

Risultati delle verifiche a flessione e taglio della paratia di micropali

Si riportano qui di seguito i domini di resistenza per la sezione più sollecitata.

Le verifiche strutturali evidenziano, in questo caso, la necessità di un'armatura principale costituita da tubo in acciaio $\Phi = 139.7$ mm con spessore $s=8$ mm, come ben rappresentato dalla Figura 6 e dalla Figura 7.

| ϕ | spessore | ilongtubi | A_{tubo} | $W_{pl,tubo}$ | $A_{v,tubo}$ |
|--------|----------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| [mm] | [mm] | [m] | [cm ²] | [cm ³] | [cm ²] |
| 139.7 | 8 | 0.4 | 33.08 | 138.93 | 21.06 |

| Soll. Max. | Condiz. | $MSd_{,tubo}$ | $TSd_{,tubo}$ | A_{tubo} | $W_{pl,tubo}$ | $A_{v,tubo}$ | σ_{max} | τ_{max} | σ_{id} | Verifica |
|------------|---------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|---------------------------------------|
| [-] | [-] | [kNm] | [kN] | [m ²] | [m ³] | [m ²] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] |
| Momento | SLU | 16.5 | 2.19 | 0.003308304 | 0.00013893 | 0.002106132 | 118.97 | 1.32 | 119.0 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |
| Taglio | | 2.7 | 32.94 | | | | 19.66 | 19.92 | 39.7 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |
| Momento | SLV | 17.8 | 2.24 | | | | 128.47 | 1.35 | 128.5 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |
| Taglio | | 0.2 | 27.13 | | | | 1.24 | 16.40 | 28.4 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |

Tabella 11 - Verifiche allo SLU e allo SLV per la paratia di micropali

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ la verifica a flessione taglio è soddisfatta.

– Verifica strutturale delle travi di ripartizione

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei tiranti ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo le reazioni offerte dagli ancoraggi, ottenute del modello di calcolo dell'opera di sostegno. Definito $N_{S,d}$ il massimo tiro di calcolo corrispondente all'i-esimo ordine di tiranti, il suddetto carico è così calcolato: $q_{S,d} = N_{S,d}/l$ (con l interasse tiranti).

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

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

$$T_{S,d} = \frac{1}{2} \cdot q_{S,d} \cdot l,$$

Per le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 180, per la determinazione della tensione agente viene adottata la formulazione proposta da Navier: la tensione sollecitante di calcolo viene valutata come tensione ideale, secondo quanto proposto dal D.M. 14/01/2008 (cfr. § 4.2.4.1.2), mentre la tensione resistente di calcolo dell'acciaio è ottenuta mediante riduzione della tensione resistente caratteristica, f_{yk} (cfr. § 0) attraverso il coefficiente parziale $\gamma_{M0} = 1.05$: $f_{yd} = 261.90$ MPa.

Nel prospetto che segue sono riportate le verifiche strutturali delle travi di ripartizione.

| Elem.strutt. | Condiz. | $N_{S,d}$ | l | $M_{S,d}$ | $T_{S,d}$ | A | W_{pl} | A_v | σ_{max} | τ_{max} | σ_{id} | Verifica |
|-------------------------------|---------|-----------|-----|-----------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|--|
| [-] | [-] | [kN] | [m] | [kNm] | [kN] | [m ²] | [m ³] | [m ²] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] |
| Trave di ripartizione 2HEB180 | SLU | 260.1 | 2.8 | 72.8 | 130.0 | 0.01305 | 0.0009628 | 0.004048 | 75.6 | 32.1 | 93.9 | f _{yd} > σ _{id} → OK |
| | | 261.0 | 2.8 | 73.1 | 130.5 | | | | 75.9 | 32.2 | 94.2 | f _{yd} > σ _{id} → OK |
| | | 322.5 | 2.8 | 90.3 | 161.2 | | | | 93.8 | 39.8 | 116.4 | f _{yd} > σ _{id} → OK |
| | | 346.0 | 2.8 | 96.9 | 173.0 | | | | 100.6 | 42.7 | 124.9 | f _{yd} > σ _{id} → OK |
| | SLV | 205.3 | 2.8 | 57.5 | 102.6 | | | | 59.7 | 25.4 | 74.1 | f _{yd} > σ _{id} → OK |
| | | 204.1 | 2.8 | 57.1 | 102.1 | | | | 59.4 | 25.2 | 73.7 | f _{yd} > σ _{id} → OK |
| | | 290.1 | 2.8 | 81.2 | 145.0 | | | | 84.4 | 35.8 | 104.7 | f _{yd} > σ _{id} → OK |
| | | 304.3 | 2.8 | 85.2 | 152.1 | | | | 88.5 | 37.6 | 109.9 | f _{yd} > σ _{id} → OK |

Tabella 12 - Verifica strutturale delle travi di ripartizione

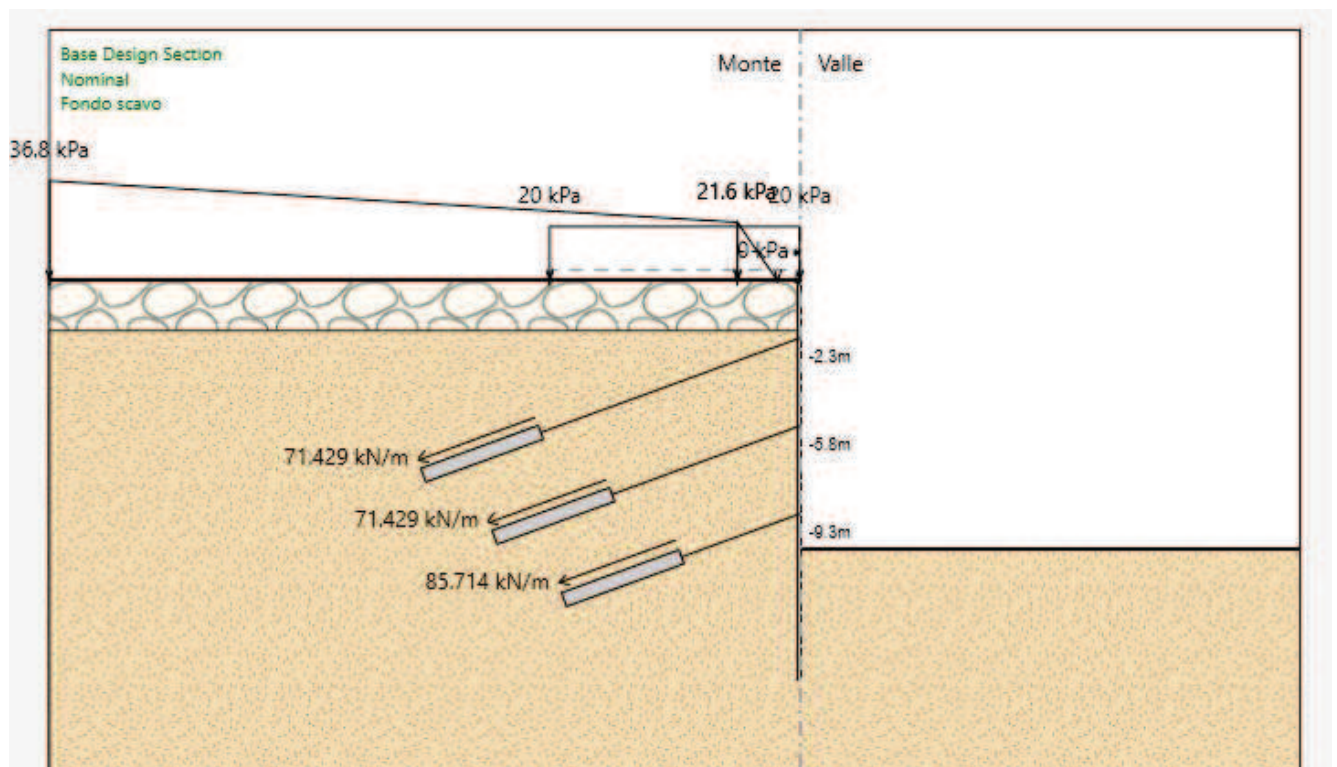
I risultati evidenziano, in tutti i casi, buoni margini rispetto alle condizioni limite a conferma della correttezza della soluzione progettuale individuata.

12.1.2 Sezione 2 – pk 20+145.80

Quale sezione di verifica è stata presa a riferimento quella posta alla pk km pk 20+145.80 (in corrispondenza della paratia laterale) caratterizzata da tre ordini di tiranti.

Sono di seguito riportate le principali caratteristiche dell'opera di sostegno e del modello geotecnico utilizzati per le analisi di verifica.

La **Figura 8** mostra un confronto tra la sezione reale e quella simulata; si può osservare ad esempio come l'inclinazione del pendio a monte dell'opera sia stata modellata mediante l'applicazione di un carico fittizio equivalente, su un piano campagna simulato orizzontale.



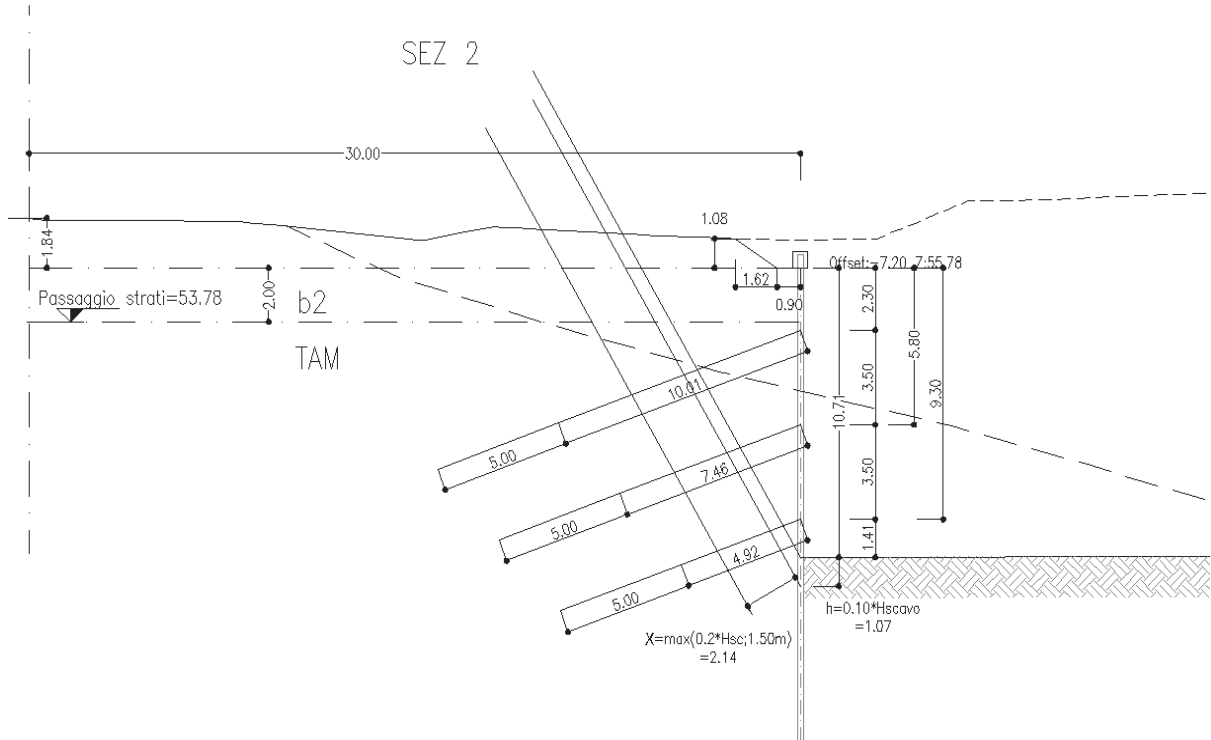


Figura 8 - Confronto tra la sezione modellata (sopra) e quella reale (sotto)

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

| | |
|---|--|
| Tipologia struttura di sostegno | Paratia di micropali di medio diametro $\phi = 220$ mm con tubo $\phi = 139.7$ mm spessore $s=8$ mm, posti ad interasse $i = 0.40$ m |
| Altezza totale paratia | $H_{tot} = 16.00$ m |
| Altezza libera paratia | $H = 10.71$ m |
| Ordini di tiranti (n°) | 3 |
| Passo orizzontale tiranti | 2.80 m |
| Passo verticale dei tiranti | 3.50 m |
| Inclinazione del piano campagna a monte | Prescavo 3H:2V, terreno naturale circa orizzontale |
| Inclinazione del piano campagna a valle | 0° |
| Sovraccarichi permanenti a monte | Carico fittizio variabile equivalente alla pendenza del piano campagna |

| | |
|----------------------------------|---|
| Sovraccarichi permanenti a valle | - |
| Sovraccarichi variabili a monte | $Q_{1,k} = 20 \text{ kPa}$, estensione 10.00 m |
| Sovraccarichi variabili a valle | - |

Tabella 13 – Caratteristiche geometriche della sezione di calcolo

I parametri geotecnici adottati nelle analisi variano a seconda della combinazione di riferimento adottata in considerazione della specifica verifica prevista dal D.M. 14/01/2008 così come riportato nel prospetto che segue.

| Terreno | Gruppo coeff. parziali | Condizione | γ | c_d | ϕ'_d | δ | E' | E'_{ur} | k_o | K_{ah} | K_{ph} |
|---------|------------------------|------------|---------------------|------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|-------|----------|----------|
| | | | (kN/m^3) | (kPa) | ($^\circ$) | ($^\circ$) | (MPa) | (MPa) | (-) | (-) | (-) |
| b2 | M1 | SLU | 20 | 10 | 35 | 23.33 | 50 | 75 | 0.426 | 0.224 | 6.510 |
| | | SLV | | | | 0 | | | 0.426 | - | - |
| | M2 | SLU | | 8 | 29.3 | 19.50 | | | 0.426 | 0.288 | 4.418 |
| | | SLV | | | | 0 | | | 0.426 | - | - |
| TAM | M1 | SLU | 24 | 55 | 30 | 20.00 | 320 | 480 | 0.500 | 0.279 | 4.633 |
| | | SLV | | | | 0 | | | 0.500 | - | - |
| | M2 | SLU | | 44 | 24.8 | 16.53 | | | 0.500 | 0.349 | 3.372 |
| | | SLV | | | | 0 | | | 0.500 | - | - |

γ = peso dell'unità di volume
 c'_d = coesione efficace (valore di calcolo)
 ϕ'_d = angolo di resistenza al taglio (valore di calcolo)
 δ = angolo d'attrito struttura/terreno
 E' = modulo di Young
 E'_{ur} = modulo di Young (scarico/ricarico)
 k_o = coefficiente di spinta a riposo
 K_a = coefficiente di spinta attiva
 K_p = coefficiente di resistenza passiva

Tabella 14 – Parametri geotecnici di calcolo.

Con riferimento alla valutazione del coefficiente sismico orizzontale k_h , i valori di α e β sono stati assunti rispettivamente pari a 1.000 e 0.422 avendo considerato un sottosuolo di tipo B e uno spostamento massimo ammissibile μ_s pari a $0.005 \times 16 = 0.080 \text{ m}$ (cfr. § 7.11.6.3.2 del D.M. 14/01/2008).

Si sottolinea che i coefficienti di spinta sono stati determinati considerando orizzontale il piano campagna a monte dell'opera.

| Sezione di | H (m) | Terreno | Gruppo coeff. | Condizione | Categoria sottosuolo | α | u_s | β | K_h | K_{ahE} | K_{phE} |
|------------|-------|---------|---------------|------------|----------------------|----------|-------|---------|-------|-----------|-----------|
|------------|-------|---------|---------------|------------|----------------------|----------|-------|---------|-------|-----------|-----------|

| calcolo | | | parziali | | (-) | (-) | (m) | (-) | (-) | (-) | (-) |
|---------|----|-----|----------|-----|-----|-------|------|-------|--------|-------|-------|
| 2 | 16 | b2 | M1 | SLV | B | 1.000 | 0.08 | 0.422 | 0.1214 | 0.295 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1214 | - | 3.418 |
| | | | M2 | SLV | | 1.000 | 0.08 | 0.422 | 0.1214 | 0.371 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1214 | - | 2.669 |
| 2 | 16 | TAM | M1 | SLV | B | 1.000 | 0.08 | 0.422 | 0.1214 | 0.360 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1214 | - | 2.754 |
| | | | M2 | SLV | | 1.000 | 0.08 | 0.422 | 0.1214 | 0.441 | - |
| | | | | | | 1 | | | 0.1214 | - | 2.219 |

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008)

u_s = spostamento ammissibile

β = coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008)

k_h = coefficiente sismico

K_h = coefficiente di spinta sismico orizzontale

K_{ahE} = coefficiente di spinta attiva orizzontale

K_{phE} = coefficiente di resistenza passiva orizzontale

Tabella 15 – Parametri per l'analisi sismica.

Si riportano, infine, le fasi di calcolo in cui è articolata l'analisi numerica:

- STAGE 1. Inizializzazione dello stato tensionale geostatico;
- STAGE 2. simulazione della paratia di micropali e applicazione del carico variabile Q_1 (rappresentativo dei mezzi di cantiere);
- STAGE 3. Scavo di ribasso fino a quota -3.30 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 4. Realizzazione del primo ordine di tiranti a quota -2.30m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 5. Scavo di ribasso fino a quota -6.80 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 6. Realizzazione del secondo ordine di tiranti a quota -5.80 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 7. Scavo di ribasso fino a quota -10.30 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 8. Realizzazione del terzo ordine di tiranti a quota -9.30 m rispetto alla testa dell'opera e applicazione della relativa pretensione;
- STAGE 9. Scavo di ribasso fino a quota -10.71 m rispetto alla testa dell'opera;
- STAGE 10. Applicazione dell'azione sismica come definita in Tabella 5.

12.1.2.1 Risultati delle analisi

I risultati delle analisi sono di seguito descritti in sintesi ed illustrati in maggior dettaglio nell'allegato pertinente (All. [1]).

3) Verifiche SLU GEO

- 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, sia in condizioni statiche (SLU) che sismiche (SLV). A tale scopo, nei prospetti che seguono, sono riportati gli output relativi alle fasi finali dell'analisi statica (stage 9) e sismica (stage 10) in termini di deformata dell'opera e percentuale di spinta.

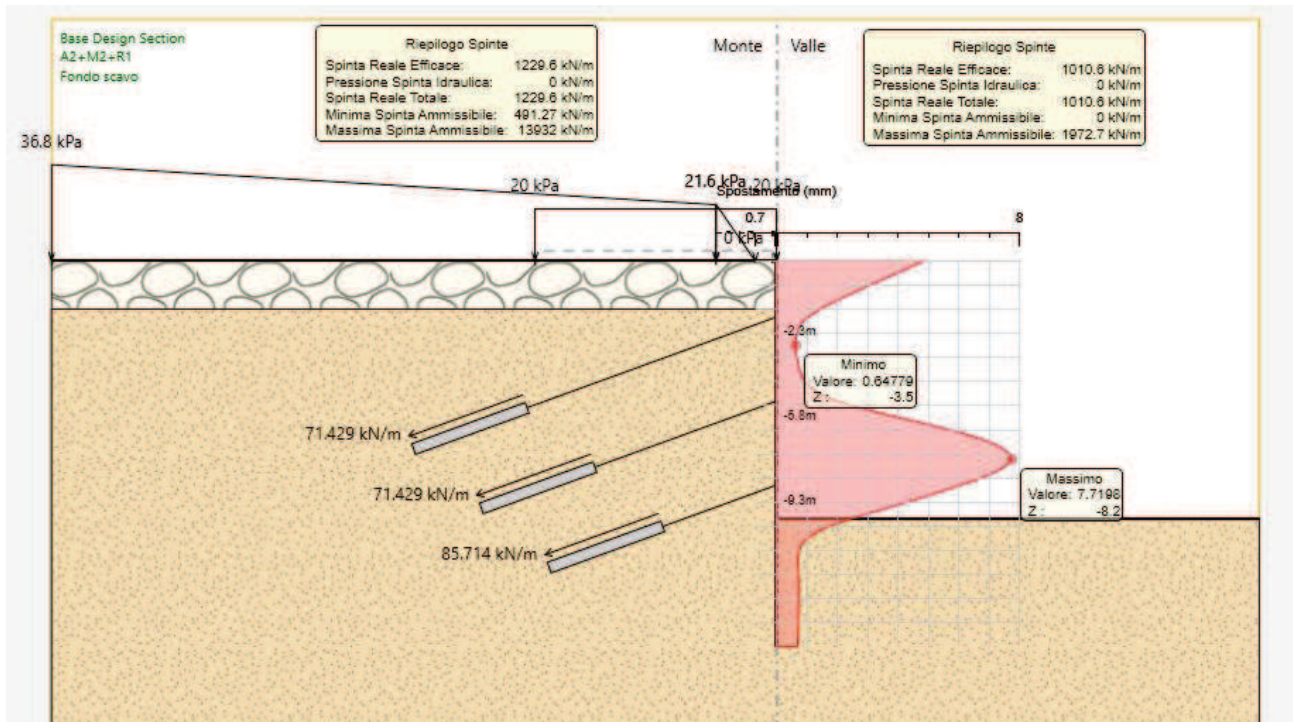


Figura 9 - Risultati dell'analisi SLU-GEO: diagramma degli spostamenti

La percentuale di spinta risulta pari a 51.22%

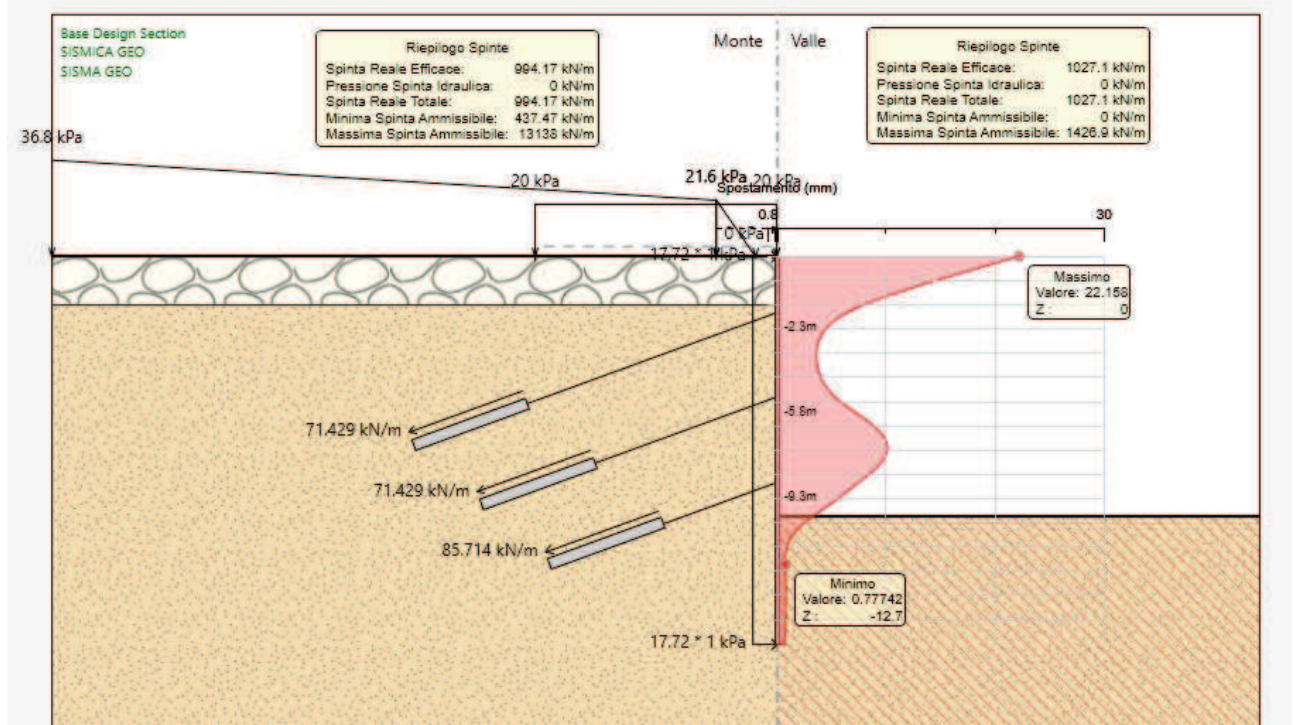


Figura 10 - Risultati dell'analisi SLV-GEO: diagramma degli spostamenti

La percentuale di spinta risulta pari a 71.98%

– Verifica tiranti

Nel prospetto che segue, per ciascun ordine di tiranti, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali e gli sforzi di calcolo massimi tra le combinazioni statica e sismica.

Si sottolinea che la lunghezza libera del tirante, riportata in

| <i>Ordine</i> | <i>Dp</i> | <i>ntr</i> | <i>Atr</i> | <i>Lp</i> | <i>La</i> | <i>i</i> | α | <i>Pretensione</i> | <i>Condiz.</i> | <i>tmax</i> | <i>NS_d</i> |
|---|-------------|------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|----------------|---------------|-----------------------|
| <i>[-]</i> | <i>[mm]</i> | <i>[-]</i> | <i>[mm²]</i> | <i>[m]</i> | <i>[m]</i> | <i>[m]</i> | <i>[°]</i> | <i>[kN]</i> | <i>[-]</i> | <i>[kN/m]</i> | <i>[kN]</i> |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 11 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | SLU | 92.89 | 260.10 |
| 2 | | 3 | | 8 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 92.97 | 260.31 |
| 3 | | 3 | | 5 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 112.09 | 313.86 |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 11 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | SLV | 76.18 | 213.29 |
| 2 | | 3 | | 8 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 72.20 | 202.15 |
| 3 | | 3 | | 5 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 86.99 | 243.57 |
| Dp = diametro di perforazione della fondazione del tirante; | | | | | | | | | | | |
| ntr = numero di trefoli per tirante; | | | | | | | | | | | |
| Atr = area del singolo trefolo; | | | | | | | | | | | |
| Lp = lunghezza libera del tirante | | | | | | | | | | | |
| La = lunghezza della fondazione del <i>tirante</i> | | | | | | | | | | | |
| i = interasse longitudinale dei tiranti | | | | | | | | | | | |
| α = inclinazione sull'orizzontale del tirante | | | | | | | | | | | |

Tabella 16, è da intendersi comprensiva dell'incremento valutato in condizioni sismiche secondo la formulazione proposta dal D.M. 14/01/2008 nel § 7.11.6.4 in funzione della massima accelerazione sismica di progetto.

| <i>Ordine</i> | <i>Dp</i> | <i>ntr</i> | <i>Atr</i> | <i>Lp</i> | <i>La</i> | <i>i</i> | α | <i>Pretensione</i> | <i>Condiz.</i> | <i>tmax</i> | <i>NS_d</i> |
|---------------|-------------|------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|----------------|---------------|-----------------------|
| <i>[-]</i> | <i>[mm]</i> | <i>[-]</i> | <i>[mm²]</i> | <i>[m]</i> | <i>[m]</i> | <i>[m]</i> | <i>[°]</i> | <i>[kN]</i> | <i>[-]</i> | <i>[kN/m]</i> | <i>[kN]</i> |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 11 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | SLU | 92.89 | 260.10 |
| 2 | | 3 | | 8 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 92.97 | 260.31 |
| 3 | | 3 | | 5 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 112.09 | 313.86 |
| 1 | 160 | 3 | 139 | 11 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | SLV | 76.18 | 213.29 |
| 2 | | 3 | | 8 | 5 | 2.8 | 20 | 200 | | 72.20 | 202.15 |
| 3 | | 3 | | 5 | 5 | 2.8 | 20 | 240 | | 86.99 | 243.57 |

| |
|---|
| Dp = diametro di perforazione della fondazione del tirante; |
| ntr = numero di trefoli per tirante; |
| Atr = area del singolo trefolo; |
| Lp = lunghezza libera del tirante |
| La = lunghezza della fondazione del <i>tirante</i> |
| i = interasse longitudinale dei tiranti |
| α = inclinazione sull'orizzontale del tirante |

Tabella 16 - Caratteristiche geometriche dei tiranti e risultati di maggiore rilievo ottenuti dalle analisi

Verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti

Per la verifica a sfilamento della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza caratteristica a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio – terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 (Rif. [7]) e Viggiani '99 (Rif. [8]). Nello specifico per la resistenza a sfilamento dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno, τ_{ak} , viene assunto, per i tiranti ricadenti nel litotipo "TAM" un valore caratteristico pari a 350 kPa, da -2.00m da piano campagna.

La resistenza a sfilamento di progetto è determinata attraverso la seguente relazione:

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

dove:

$N_{R,ad}$ è la resistenza a sfilamento di progetto dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

D_p è il diametro di perforazione della fondazione del tirante;

α è un coefficiente correttivo che tiene conto della tecnologia realizzativa dell'ancoraggio e del contesto geotecnico, nel caso in esame assunto pari a 1.2 (Viggiani, '99) in funzione del tipo di iniezione ripetuta selettiva (IRS) e del litotipo di fondazione.

τ_{ak} è la tensione resistente a sfilamento caratteristica dell'interfaccia bulbo di fondazione-terreno;

L_a è la lunghezza della fondazione del tirante;

$\gamma_{Ra,p}$ è il coefficiente parziale per la resistenza degli ancoraggi (R3); a favore di sicurezza si considera il valore del coefficiente parziale relativo agli ancoraggi permanenti;

ξ è un fattore di correlazione che dipende dal numero di profili di indagine geotecnica disponibili per la determinazione della resistenza caratteristica τ_{ak} .

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

dove $N_{S,d}$ rappresenta il valore dell'azione sollecitante sui tiranti.

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,ad}$ per le verifiche dei tre ordini di tiranti e l'esito della verifica.

| D_p | α | τ_{ak} | L_a | $\gamma R_{a,p}$ | ξ | $NR_{,ak}$ | $NR_{,ad}$ | $NS_{,d}$ | Verifica |
|-------|----------|-------------|-------|------------------|-------|------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| [mm] | [-] | [kPa] | [m] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 549.78 | 260.10 | $NR_{,ad} > NS_{,d} \rightarrow OK$ |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 549.78 | 260.31 | $NR_{,ad} > NS_{,d} \rightarrow OK$ |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 549.78 | 313.86 | $NR_{,ad} > NS_{,d} \rightarrow OK$ |

Tabella 17 - Verifiche Geotecniche della fondazione dei tiranti

Verifica strutturale dei tiranti

La resistenza a trazione di calcolo dei tiranti è valutata secondo la seguente relazione:

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

dove:

$f_{p(1)k}$ è la resistenza elastica dell'acciaio armonico alla deformazione dell'1%;

A_{tr} è l'area del singolo trefolo;

n_{tr} è il numero di trefoli per tirante;

γ_S è il coefficiente parziale dell'acciaio.

La verifica viene condotta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

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

Nella tabella che segue è riassunto il calcolo per la determinazione di $N_{R,pd}$ per le verifiche dei tre ordini di tiranti e l'esito della verifica.

| $f_{p(1)k}$ | A_{tr} | n_{tr} | γ_S | $N_{R,pk}$ | $N_{R,pd}$ | $N_{S,d}$ | Verifica |
|-------------|--------------------|----------|------------|------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| [MPa] | [mm ²] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.10 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.31 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 313.86 | $N_{R,pd} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |

Tabella 18 - Verifiche Strutturali dell'armatura dei tiranti

Infine, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, è necessario verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza caratteristica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio. Dal confronto tra i risultati riportati in

| D_p | α | τ_{ak} | L_a | $\gamma_{Ra,p}$ | ξ | $N_{R,ak}$ | $N_{R,ad}$ | $N_{S,d}$ | Verifica |
|-------|----------|-------------|-------|-----------------|-------|------------|------------|-----------|-------------------------------------|
| [mm] | [-] | [kPa] | [m] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 549.78 | 260.10 | $N_{R,ad} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 549.78 | 260.31 | $N_{R,ad} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |
| 160 | 1.2 | 350 | 5 | 1.2 | 1.6 | 659.73 | 549.78 | 313.86 | $N_{R,ad} > N_{S,d} \rightarrow OK$ |

Tabella 17 e in

| f_{pk} | A_{tr} | n_{tr} | γ_S | $N_{R, pk}$ | $N_{R, pd}$ | $N_{S, d}$ | Verifica |
|----------|--------------------|----------|------------|-------------|-------------|------------|---------------------------------------|
| [MPa] | [mm ²] | [-] | [-] | kN | kN | [kN] | [-] |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.10 | $N_{R, pd} > N_{S, d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 260.31 | $N_{R, pd} > N_{S, d} \rightarrow OK$ |
| 1670 | 139 | 3 | 1.15 | 696.39 | 605.56 | 313.86 | $N_{R, pd} > N_{S, d} \rightarrow OK$ |

Tabella 18, emerge che tale verifica è ampiamente soddisfatta essendo $N_{R, pk} > N_{R, ak}$.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| | GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA RS2S | LOTTO 02 | CODIFICA D 07 RB | DOCUMENTO GA 07 00 001 | REV. B |

– Verifica stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno (A2+M2+R2)

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geoslope 2007).

In considerazione del contesto geotecnico sostanzialmente omogeneo vengono analizzate superfici di scorrimento circolari secondo la formulazione di Bishop. Considerato lo scopo dell'analisi le superfici di scorrimento indagate sono definite in modo tale da non intersecare l'opera di sostegno, limitando opportunamente l'estensione del cerchio critico a tergo della paratia.

A monte della paratia è previsto anche il carico da traffico, Q1M, atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere; nelle analisi è stato applicato sul piano campagna un carico pari a 4kN/m² in SLV e 20 kN/m² in SLU, per un'estensione lineare di 10 m.

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate.

Nella tabella che segue sono riportati i gradi di sovra resistenza (R/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto $E_d (= E \gamma_E)$ ottenuti per ciascuna combinazione delle azioni. Al fine di cogliere l'effetto derivante dalla riduzione dei parametri geotecnici di resistenza, secondo i coefficienti del gruppo M2, nel prospetto che segue sono riportati anche i risultati dell'analisi condotta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

| <i>Combinazione</i> | <i>Formulazione</i> |
|---------------------|---------------------|
| | <i>Bishop</i> |
| "Caratteristica" | 3.118 |
| "SLU – A2+M2" | 2.515 |
| "SLV – A2+M2" | 1.810 |

Tabella 19 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1.10; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = \frac{R}{\gamma_R}$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza ($R/E_d = 1.810$).

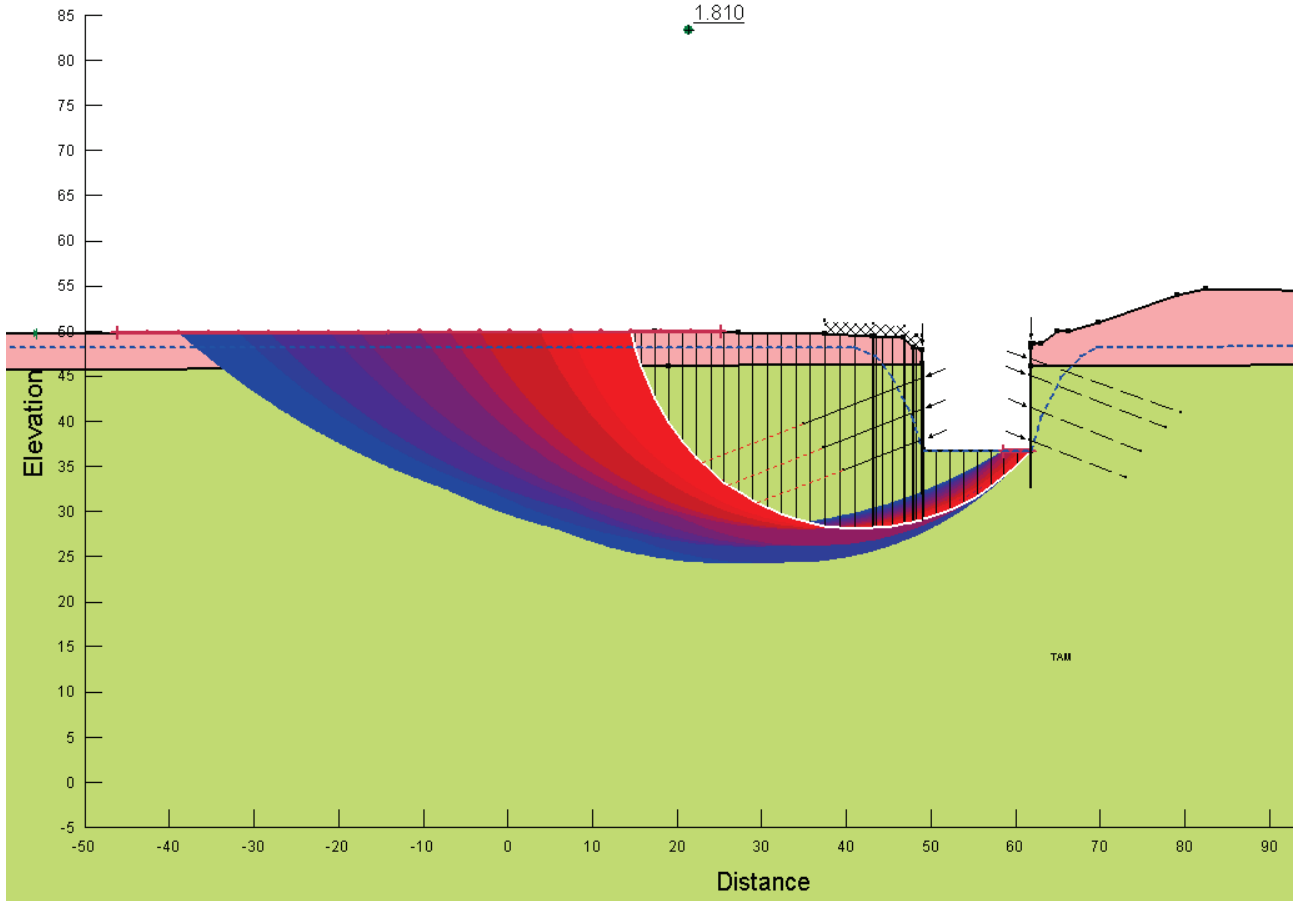


Figura 11 - Modello di calcolo Slope/W e superficie di scorrimento critica. Risultati della verifica di stabilità globale. Mappa dei risultati condizione SLV (superfici con FS minimo in rosso, superfici con FS massimo in blu)

Verifiche SLU STR

Con il modello di calcolo definito geometricamente sulla base del dimensionamento geotecnico di cui sopra, vengono eseguite le verifiche strutturali di tutti gli elementi costituenti l'opera di sostegno (paratia, travi di ripartizione ecc.).

- Verifica dell'elemento strutturale costituente la struttura di sostegno

Nei prospetti che seguono, per le combinazioni STR statica e sismica, si riportano gli involuppi degli andamenti delle caratteristiche della sollecitazione sulla paratia di micropali ed i valori numerici relativi alle sezioni di sollecitazioni massime, scelte come rappresentative per le verifiche strutturali.

| <i>Condizione</i> | <i>Fase di calcolo</i> | <i>Soll. Max.</i> | <i>Quota</i> | <i>MSd</i> | <i>TSd</i> |
|-------------------|------------------------|-------------------|--------------|----------------|---------------|
| <i>[-]</i> | <i>[-]</i> | <i>[-]</i> | <i>[m]</i> | <i>[kNm/m]</i> | <i>[kN/m]</i> |
| SLU | Stage 8 | Momento | -5.8 | 19.66 | 46.23 |
| | Stage 8 | Taglio | -9.2 | 6.02 | 52.06 |
| SLV | Stage 10 | Momento | -2.3 | 40.70 | 34.65 |
| | Stage 10 | Taglio | -9.3 | 14.39 | 40.06 |

Tabella 20 - Sollecitazioni allo SLU e SLV nella combinazione A1+M1+R1

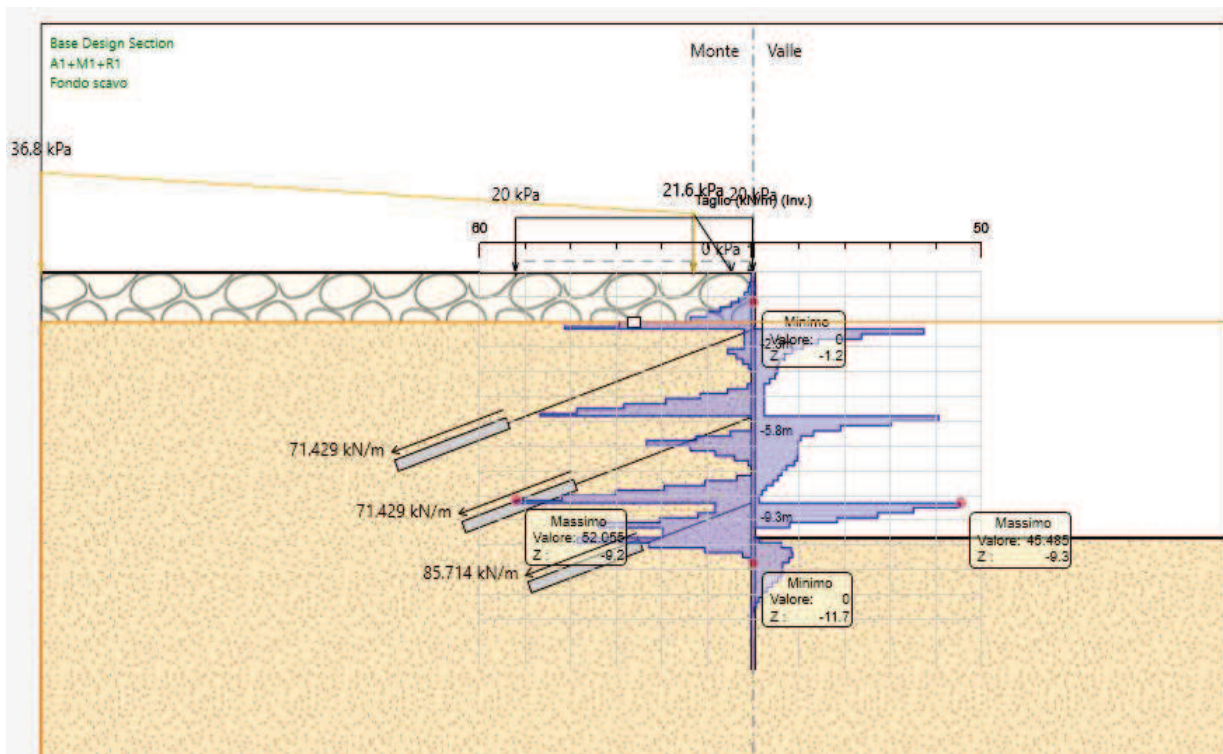
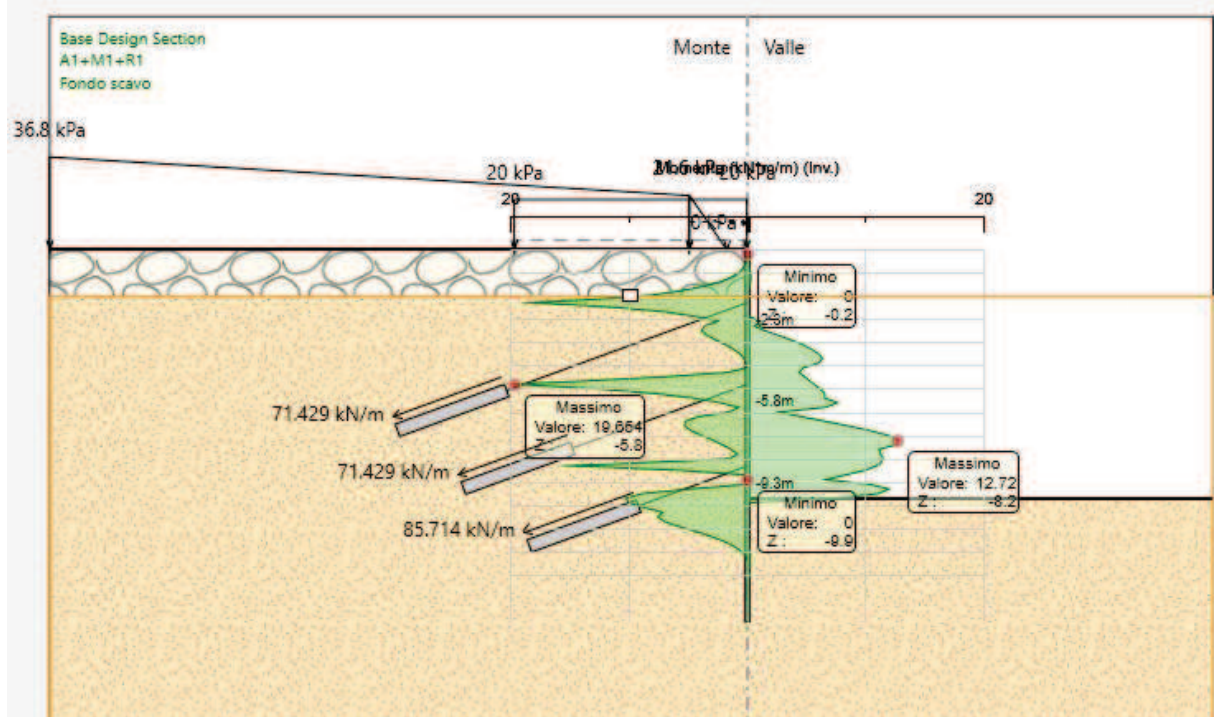


Figura 12 - SLU-STR - Caratteristiche della sollecitazione

Le verifiche strutturali SLU/SLV vengono eseguite per confronto tra le sollecitazioni di calcolo (ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando gli opportuni coefficienti parziali) e le resistenze di calcolo (definite dai punti M_{Rd} , N_{Rd} che definiscono il dominio resistente nel piano M, N).

Nello specifico delle verifiche riportate nel seguito, vengono rappresentate le sollecitazioni relative a tutte le combinazioni SLU/SLV definite nel § 11.1.2. In All. [1] sono invece riportati i tabulati numerici relativi agli involuipi delle suddette combinazioni ottenuti considerando il massimo momento flettente e il minimo sforzo normale sulla sezione più sollecitata.

Risultati delle verifiche a flessione e taglio della paratia di micropali

Si riportano qui di seguito i domini di resistenza per la sezione più sollecitata.

Le verifiche strutturali evidenziano, in questo caso, la necessità di un'armatura principale costituita da tubo in acciaio $\Phi = 139.7$ mm con spessore $s=8$ mm, come ben rappresentato dalla Figura 12 e dalla Figura 13.

| ϕ | spessore | $i_{longitubi}$ | A_{tubo} | $W_{pl,tubo}$ | $A_{v,tubo}$ |
|--------|----------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| [mm] | [mm] | [m] | [cm ²] | [cm ³] | [cm ²] |
| 139.7 | 8 | 0.4 | 33.08 | 138.93 | 21.06 |

| Soll. Max. | Condiz. | $MSd_{,tubo}$ | $TSd_{,tubo}$ | A_{tubo} | $W_{pl,tubo}$ | $A_{v,tubo}$ | σ_{max} | τ_{max} | σ_{id} | Verifica |
|------------|---------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|---------------------------------------|
| [-] | [-] | [kNm] | [kN] | [m ²] | [m ³] | [m ²] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] |
| Momento | SLU | 7.9 | 18.49 | 0.0033083 | 0.00013893 | 0.0021061 | 56.60 | 11.18 | 59.8 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |
| Taglio | | 2.4 | 20.82 | | | | 17.33 | 12.59 | 27.9 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |
| Momento | SLV | 16.3 | 13.86 | | | | 117.18 | 8.38 | 118.1 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |
| Taglio | | 5.8 | 16.02 | | | | 41.43 | 9.69 | 44.7 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ |

Tabella 21 - Verifiche allo SLU e allo SLV per la paratia di micropali

Essendo soddisfatta la disuguaglianza: $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow OK$ la verifica a flessione taglio è soddisfatta.

– Verifica strutturale delle travi di ripartizione

Le caratteristiche della sollecitazione sono determinate modellando gli elementi strutturali oggetto di verifica alla stregua di travi continue su più appoggi; la luce delle campate è data dall'interasse dei tiranti ed il carico, uniformemente distribuito, è determinato ripartendo le reazioni offerte dagli ancoraggi, ottenute del modello di calcolo dell'opera di sostegno. Definito $N_{S,d}$ il massimo tiro di calcolo corrispondente all'i-esimo ordine di tiranti, il suddetto carico è così calcolato: $q_{Sd} = N_{S,d}/l$ (con l interasse tiranti).

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

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

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

Per le travi di ripartizione costituite da profili metallici accoppiati HEB 180, per la determinazione della tensione agente viene adottata la formulazione proposta da Navier: la tensione sollecitante di calcolo viene valutata come tensione ideale, secondo quanto proposto dal D.M. 14/01/2008 (cfr. § 4.2.4.1.2), mentre la tensione resistente di calcolo dell'acciaio è ottenuta mediante riduzione della tensione resistente caratteristica, f_{yk} (cfr. § 0) attraverso il coefficiente parziale $\gamma_{M0} = 1.05$: $f_{yd} = 261.90$ MPa.

Nel prospetto che segue sono riportate le verifiche strutturali delle travi di ripartizione.

| <i>Elem.strutt.</i> | <i>Condiz.</i> | $N_{S,d}$ | l | M_{Sd} | T_{Sd} | A | W_{pl} | A_v | σ_{max} | τ_{max} | σ_{id} | <i>Verifica</i> |
|-------------------------------|----------------|-----------|-----|----------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|---------------------------------------|
| [-] | [-] | [kN] | [m] | [kNm] | [kN] | [m ²] | [m ²] | [m ²] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] |
| Trave di ripartizione 2HEB180 | SLU | 260.1 | 2.8 | 72.8 | 130.1 | 0.01305 | 0.0009628 | 0.004048 | 75.6 | 32.1 | 93.9 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK |
| | | 260.3 | 2.8 | 72.9 | 130.2 | | | | 75.7 | 32.2 | 94.0 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK |
| | | 313.9 | 2.8 | 87.9 | 156.9 | | | | 91.3 | 38.8 | 113.3 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK |
| | SLV | 213.3 | 2.8 | 59.7 | 106.6 | | | | 62.0 | 26.3 | 77.0 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK |
| | | 202.2 | 2.8 | 56.6 | 101.1 | | | | 58.8 | 25.0 | 73.0 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK |
| | | 243.6 | 2.8 | 68.2 | 121.8 | | | | 70.8 | 30.1 | 87.9 | $f_{yd} > \sigma_{id} \rightarrow$ OK |

Tabella 22 - Verifica strutturale delle travi di ripartizione

I risultati evidenziano, in tutti i casi, buoni margini rispetto alle condizioni limite a conferma della correttezza della soluzione progettuale individuata.

12.2 Verifica di stabilità degli scavi

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| | GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA RS2S | LOTTO 02 | CODIFICA D 07 RB | DOCUMENTO GA 07 00 001 | REV. B |

Le verifiche di stabilità delle scarpate previste nell'ambito degli scavi per le opere di imbocco sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite mediante il software Slope/W (Geoslope 2007). Anche in questo caso vengono analizzate superfici di scorrimento circolari secondo la formulazione di Bishop.

Come sezioni di analisi per ciascun imbocco sono state scelte le condizioni più gravose per stratigrafia, pendenza ed altezza degli scavi. E' stata considerata anche la falda con riferimento alle condizioni definite sui profili geotecnici.

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate.

Nella tabella che segue sono riportati i gradi di sovraresistenza (R/Ed) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto Ed (= E γE) ottenuti secondo la formulazione di Bishop, in assenza di intervento.

| <i>Combinazione</i> | <i>Formulazione</i> |
|---------------------|---------------------|
| | <i>Bishop</i> |
| "Caratteristica" | 1.523 |
| "SLU – A2+M2" | 1.368 |
| "SLV – A2+M2" | 1.133 |

Tabella 23 - Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale in assenza di intervento

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovraresistenza, in assenza di intervento (R/Ed =1.133).

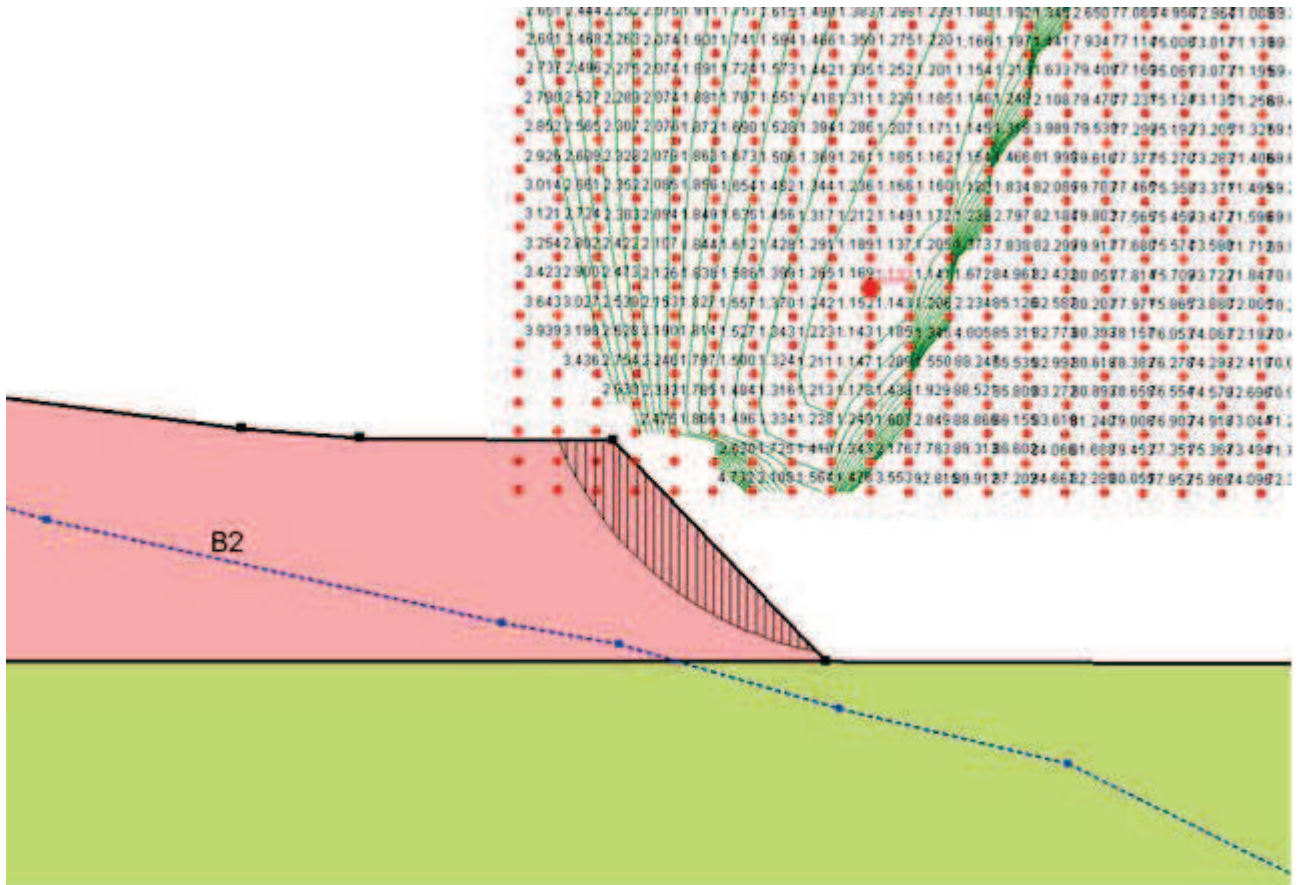


Figura 14 - Modello di calcolo Slope/W e superficie di scorrimento critica ($F_s=1.133$).

12.3 Galleria artificiale – sezione di massimo ritombamento – pk. 20+120.80

La galleria artificiale è stata verificata secondo la configurazione di massimo ritombamento (pk. km 20+120.80). Di seguito è fornita una descrizione delle principali caratteristiche geometriche della sezione di analisi e uno schema del modello di calcolo.

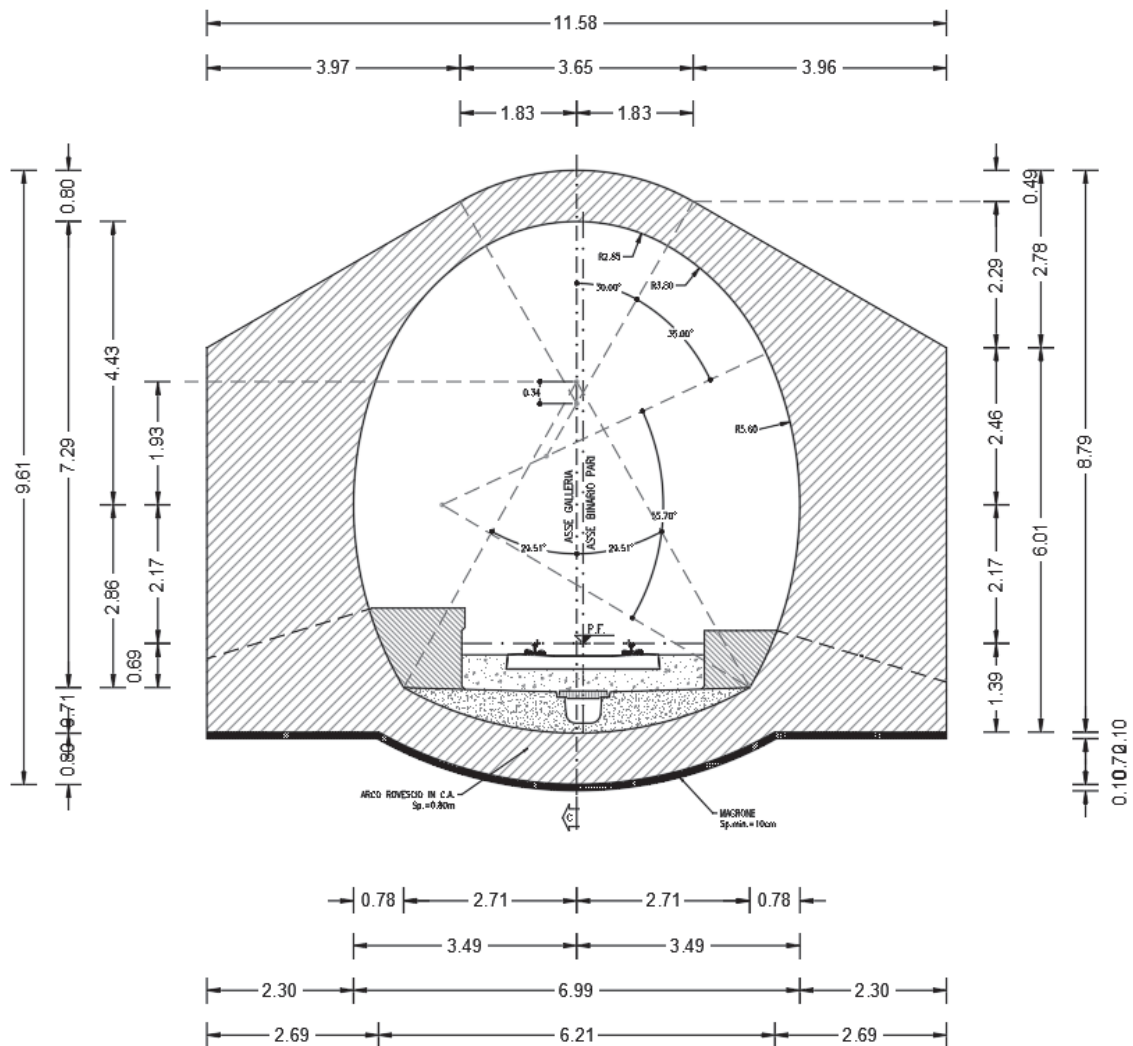


Figura 15 - Sezione di analisi

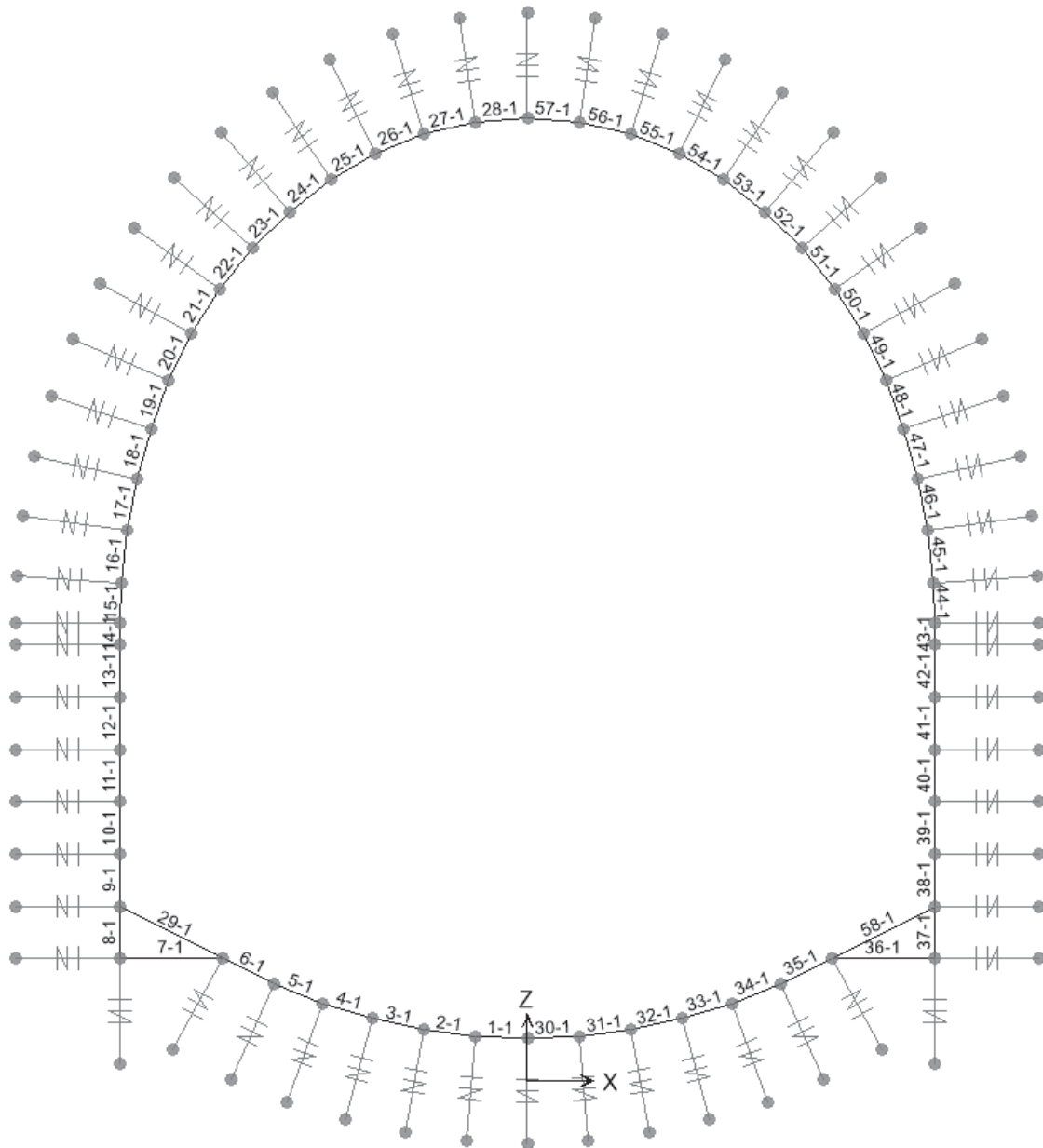


Figura 16 - Schema del modello di calcolo agli elementi finiti: numerazione dei frames

Si presentano in seguito i parametri del modello:

| | |
|--|----------------------|
| Tipologia opera | Galleria artificiale |
| Altezza simulata dell'opera | $H_{tot} = 9.60$ m |
| Larghezza simulata dell'opera | $L_{tot} = 8.6$ m |
| <i>Spessori simulati del rivestimento</i> | |
| Calotta | 0.80-2.30m |
| Piedritti | 2.30-3.00m |
| Fondazione | 0.80 m |
| Rigidezze molle terreno | |
| Calotta - ritombamento | 11834 |
| Calotta - riempimento | 9158 |
| Piedritti | 109890 |
| Fondazione | 21263 |

Tabella 24 - Caratteristiche del modello di calcolo

La rigidità delle molle al contorno è funzione dell'altezza del ritombamento, in quanto essa determina una diversa rigidità del terreno; per la sezione di massimo ritombamento si ottengono valori pari a:

| <i>Calotta</i> | | | |
|------------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| R _{eq} [m] | E' [Mpa] | k/i [kN/m³] | |
| 3.25 | 50 | 11834 | |
| <i>Calotta</i> | | | |
| R _{eq} [m] | E' [Mpa] | k/i [kN/m³] | |
| 4.20 | 50 | 9158 | |
| <i>Calotta</i> | | | |
| R _{eq} [m] | E' [Mpa] | k/i [kN/m³] | |
| 6.00 | 50 | 6410 | |
| <i>Piedritti</i> | | | |
| B [m] | E' [Mpa] | k/i [kN/m³] | |
| 3.20 | 320 | 109890 | |
| <i>Fondazione</i> | | | |
| B [m] | C _t [] | E' [Mpa] | k/i [kN/m³] |
| 11.58 | 1.428 | 320 | 21263 |

$$c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(L/B)$$

$$k = \frac{E'}{R_{eq} \cdot (1+\nu)} \cdot i \quad (\text{per i tratti curvilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2)} \cdot i \quad (\text{per tratti rettilinei dell'arco di calotta})$$

$$k = \frac{E'}{B \cdot (1-\nu^2) \cdot c_t} \cdot i \quad (\text{per l'arco rovescio})$$

Moltiplicando i moduli di reazione ottenuti per la distanza fra i nodi del modello ($i = 0.5$ m) si ottiene:

Calotta - ritombamento: $k = 11834 \times 1 \times 0.5 = 5917$ kN/m

Calotta - riempimento: $k = 9158 \times 1 \times 0.5 = 4579$ kN/m

Calotta - riempimento: $k = 6410 \times 1 \times 0.5 = 3205$ kN/m

Piedritto: $k = 109890 \times 1 \times 0.5 = 54945$ kN/m

Fondazione: $k = 21263 \times 1 \times 0.5 = 10631$ kN/m

Per ciò che riguarda la stratigrafia dei terreni si rimanda all'inquadramento geologico-geotecnico del capitolo 8 della presente relazione; si riporta comunque qui di seguito uno schema delle assunzioni alla base del calcolo.

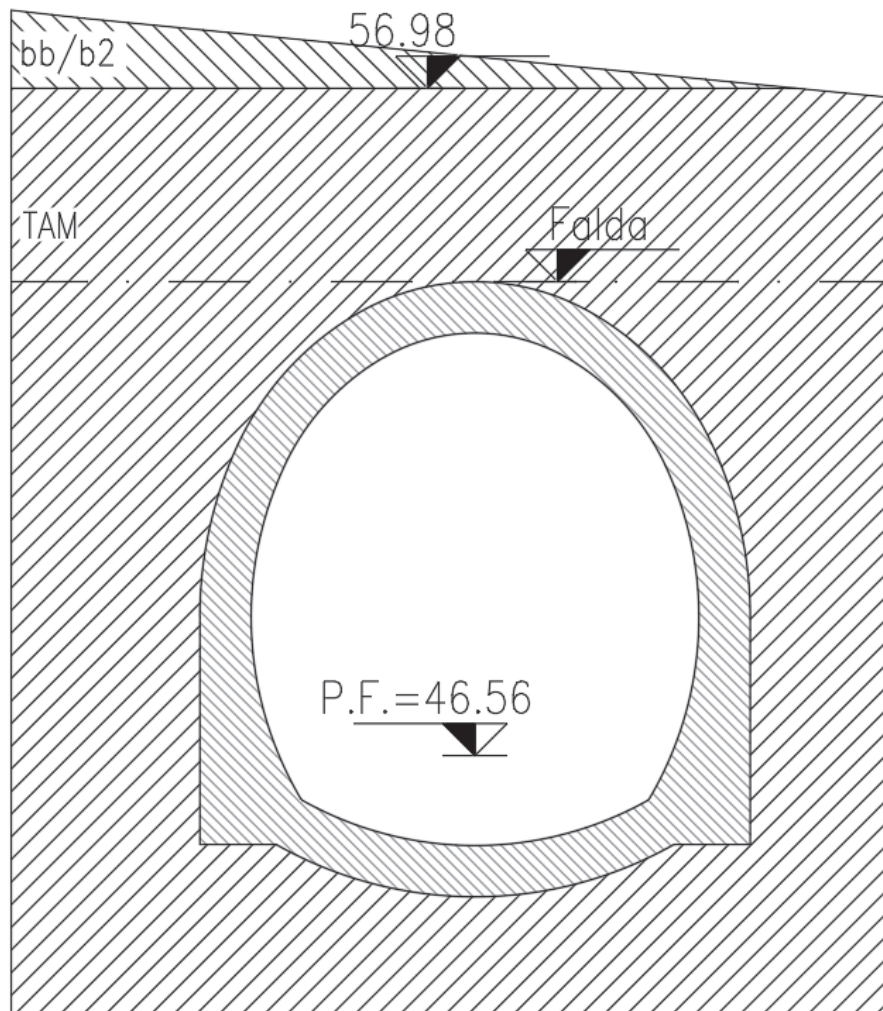


Figura 18 - stratigrafia terreni

Riprendendo la schematizzazione dei carichi applicati alla struttura, definiscono i valori dei carichi elementari, considerando un angolo di attrito per il terreno di ricoprimento pari a 35° e dunque un coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 1 - \sin(35^\circ) = 0.426$. Per i piedritti e il tratto di fondazione si considerano le caratteristiche della formazione TAM a cui corrisponde un angolo di attrito pari a 34° e un coefficiente di spinta a riposo $K_0 = 0.80$.

• **azioni permanenti strutturali (indicate in verde):**

- peso proprio della struttura (P.P); in automatico dal programma di calcolo.

Si controlla che il peso assegnato dal software sia coerente a quello calcolato, pari a:

$$P.P. = \gamma \times A = 25 \text{ kN/m}^3 \times 23.83 \text{ m}^2 = 595.75 \text{ kN/m}$$

- spinte del terreno sui fianchi della galleria (SPsx e SPdx); sono state suddivise in carico da riempimento (ritombamento fino alla calotta di galleria) e in carico da ritombamento (per quote di terreno al di sopra della calotta); visto che l'artificiale risulta prossima alla paratia, per evitare l'impiego di casseri e di materiale da riempimento da costipare in spazi ristretti, si effettua il getto di piedritti e parte della calotta fino alla paratia stessa. Quindi nel calcolo la spinta e le rigidezze da considerare sono quelle prodotte dai terreni del sito (in particolare dal litotipo TAM). Il materiale di riempimento verrà impiegato solamente sulla calotta dell'artificiale per ripristinare lo stato originario dei luoghi.

$$\text{Rit. vert sx} = \gamma \times H_{\text{rit}} = 20 \text{ kN/mc} \times 4.0 \text{ m} = 80.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rit. vert dx} = \gamma \times H_{\text{rit}} = 20 \text{ kN/mc} \times 3.1 \text{ m} = 62 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rit. oriz sx} = \gamma \times H_{\text{rit,max}} \times k_0 = 20 \text{ kN/mc} \times 4.0 \text{ m} \times 0.80 = 64.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rit. oriz dx} = \gamma \times H_{\text{rit,max}} \times k_0 = 20 \text{ kN/mc} \times 3.1 \text{ m} \times 0.80 = 49.6 \text{ kN/m}$$

$$\text{Riemp. vert} = \gamma \times h_{\text{var}} = 20 \text{ kN/mc} \times h_{\text{var}}$$

$$\text{Riemp. oriz sx} = \gamma \times H(z) \times k_0 = 24 \text{ kN/mc} \times H(z) \times 0.80$$

$$S_{\text{h}_2\text{O}} \text{ SX} = \gamma_{\text{H}_2\text{O}} \times (H(z) - H(\text{falda})) \times 1 = (10 \times (H(z) + 0)) \times 1$$

$$\text{Riemp. oriz sx} = \text{Riemp. oriz dx}$$

$$S_{\text{h}_2\text{O}} \text{ SX} = S_{\text{h}_2\text{O}} \text{ dx}$$

- azioni accidentali (indicate in rosso):**

Si considera un carico accidentale Q_1 pari a 20 kN/m^2 (legato ai mezzi di cantiere); esso provoca spinte sui fianchi della galleria (SQ_{1sx} e SQ_{1dx}) calcolate come in seguito:

$$\text{Carico accidentale} = Q = 20 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spinte sul fianco dx} = \text{Spinte sul fianco sx} = Q \times k_0 = 20 \text{ kN/m} \times 0.80 = 16.0 \text{ kN/m}$$

- azioni sismiche (indicate in blu):**

L'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 0. In presenza di sisma è necessario considerare gli effetti inerziali indotti da entrambe le componenti del moto sismico sui carichi. I carichi considerati sono:

- incremento di spinta del terreno sui fianchi della galleria ($\pm \Delta S_H$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica orizzontale può calcolarsi secondo:

$$\Delta S_H = \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \gamma \cdot H^2$$

La spinta viene applicata su un solo lato dell'anello di rivestimento, uniformemente distribuita lungo l'altezza dell'opera.

$$\Delta S_H = 0.423 \times 24 \text{ kN/m}^3 \times 9.6^2 \text{ m} = 934.72 \text{ kN}$$

Si considera uniformemente distribuito: $q_{\Delta S_H} = \Delta S_H / H = 934.72 / 9.6 = 97.36 \text{ kN/m}$

- variazione del peso del terreno di ritombamento ($\pm \Delta S_V$); l'incremento di spinta può valutarsi secondo la teoria di Wood, per cui la risultante dell'azione sismica verticale è:

$$\Delta S_V = 0.5 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \gamma \cdot A$$

La spinta viene applicata sulla calotta, considerando il diverso spessore del riempimento e del ritombamento.

$$\Delta S_V = 0.5 \times 0.423 \times 20 \text{ kN/m}^3 \times h_{\text{rit-var}} + 0.5 \times 0.423 \times 24 \text{ kN/m}^3 \times h_{\text{riemp-var}}$$

- effetti inerziali della struttura della galleria nella direzione orizzontale (I_h); viene applicato un carico gravitazionale con direzione X e accelerazione pari a:

$$k_h = \beta_m \times (a_{max}/g) = 1 \times 0.423 = 0.423$$

$\beta_m = 1$ (per strutture non in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno).

Il programma provvede automaticamente ad associare delle forze aggiuntive in direzione X in funzione delle masse strutturali.

- effetti inerziali della struttura della galleria nella direzione verticale (Iv); viene applicato un carico gravitazionale con direzione Z e accelerazione pari a:

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h = \pm 0.5 \times 0.423 = 0.211$$

Il programma provvede automaticamente ad associare delle forze aggiuntive in direzione Z in funzione delle masse strutturali.

| | |
|---------------------------|---------------------------------|
| Imbocco Letojanni Messina | |
| Galleria artificiale | |
| Coordinate Geografiche | Lat: 37.90895 Long: 15.32836 |
| T_R | 1068 anni |
| a_g/g | 0.327 |
| F0 | 2.469 |
| Cat.Sottosuolo | B |
| Ss | 1.077 |
| Cat.Topografica | T2 |
| St | 1.2 |
| a_{max}/g | 0.423 |

Si riporta qui di seguito lo schema dei carichi applicati.

12.3.1 Risultati delle verifiche SLU/SLV

I principali risultati delle analisi sono descritti in sintesi nel seguito; per una più completa rappresentazione degli stessi si rimanda allo specifico allegato (All. [2]).

L'esame dei risultati dell'analisi numerica in termini di andamenti delle caratteristiche della sollecitazione agli SLU evidenzia una distribuzione pressochè costante dello sforzo normale lungo la calotta e i piedritti dove si raggiungono valori più elevati; la struttura presenta caratteristiche di simmetria che permettono di considerare le sollecitazioni massime su una sola parte della stessa; si verificano dunque le sezioni sul lato che presenta maggior ricoprimento in quanto queste risultano più sollecitate; in particolare, per quel che riguarda il taglio e il momento flettente, le sezioni maggiormente sollecitate sono localizzate in prossimità delle murette.

Le verifiche strutturali SLU/SLV del rivestimento definitivo vengono eseguite per confronto tra le sollecitazioni di calcolo (ottenute a partire dai risultati del modello numerico applicando gli opportuni coefficienti parziali) e

le resistenze di calcolo (definite dai punti M_{Rd} , N_{Rd} che definiscono il dominio resistente nel piano M, N). Nello specifico delle verifiche riportate nel seguito, vengono rappresentate le sollecitazioni relative a tutte le combinazioni SLU/SLV definite nel 11.2.2. In All. [2] sono invece riportati i relativi tabulati numerici.

Per la galleria artificiale è prevista una carpenteria in calcestruzzo armato. Si presenta di seguito uno schema che riassume le sezioni maggiormente sollecitate dunque oggetto di verifica.

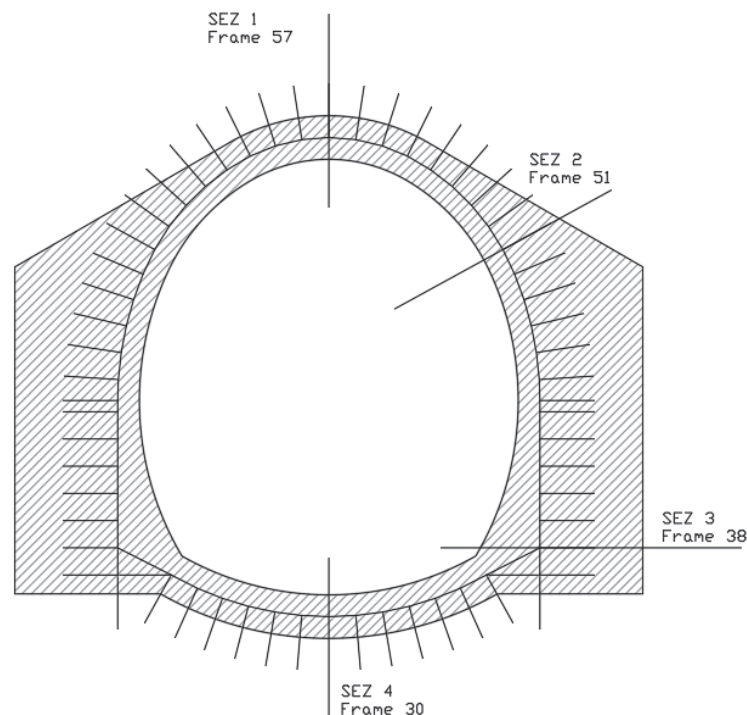


Figura 20 - schema delle sezioni di verifica

Si riportano le verifiche condotte nelle sezioni evidenziate nello schema precedente.

Le verifiche strutturali condotte in calotta evidenziano la necessità di un'armatura principale simmetrica costituita da $5\phi 24/100\text{cm}$ all'estradosso e $5\phi 24/100\text{cm}$ all'intradosso (ipotizzando un copriferro di circa 7.00 cm); per l'armatura a taglio si prevede l'utilizzo di $9\text{ganci}\phi 14/\text{m}^2$ ($V_{Rd} = 878 \text{ kN} > V_{ed,max} = 128.79 \text{ kN}$).

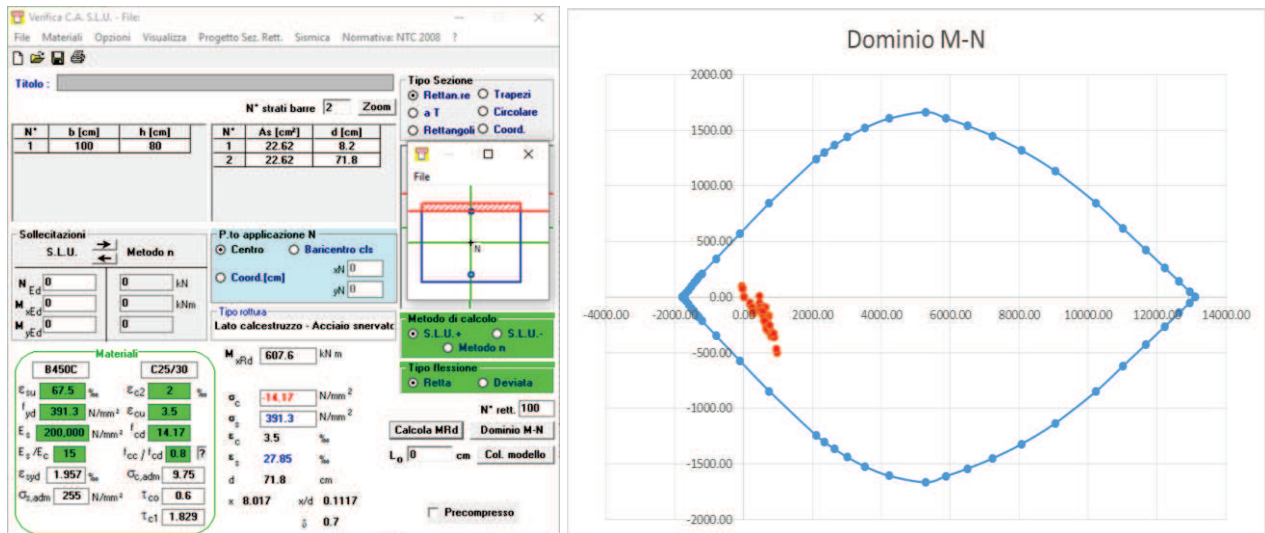


Figura 21 - Verifica sezione 1: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo della calotta B = 1.00 m, H = 0.80m $5\phi 24$ sul lato esterno (estradosso) e $5\phi 24$ sul lato interno (intradosso)

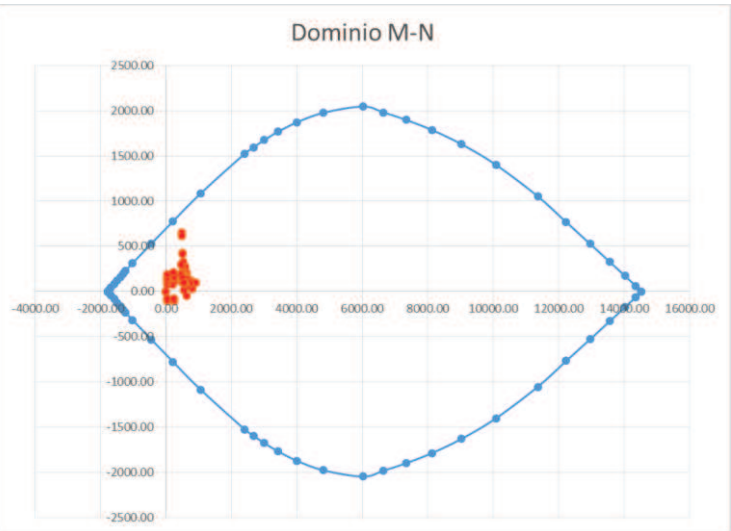
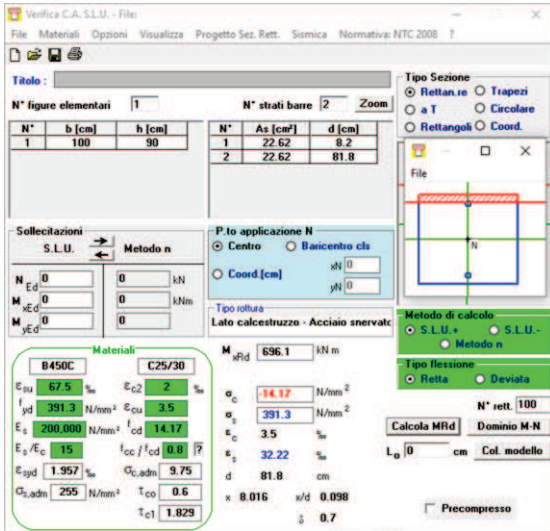


Figura 22 - Verifica sezione 2: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo della calotta B = 1.00 m, H = 0.90m 5 ϕ 24 sul lato esterno (estradosso) e 5 ϕ 24 sul lato interno (intradosso)

Le verifiche strutturali condotte sui piedritti evidenziano la necessità di un'armatura principale costituita da $5\phi 24/100\text{cm}$ all'estradosso e $5\phi 24/100\text{cm}$ all'intradosso (lato interno) del rivestimento (ipotizzando un copriferro di circa 7.00 cm); per l'armatura a taglio si prevede l'utilizzo di $9\text{ganci}\phi 14/\text{m}^2$ ($V_{Rd} = 3559 \text{ kN} > V_{ed,max} = 1167.13 \text{ kN}$).

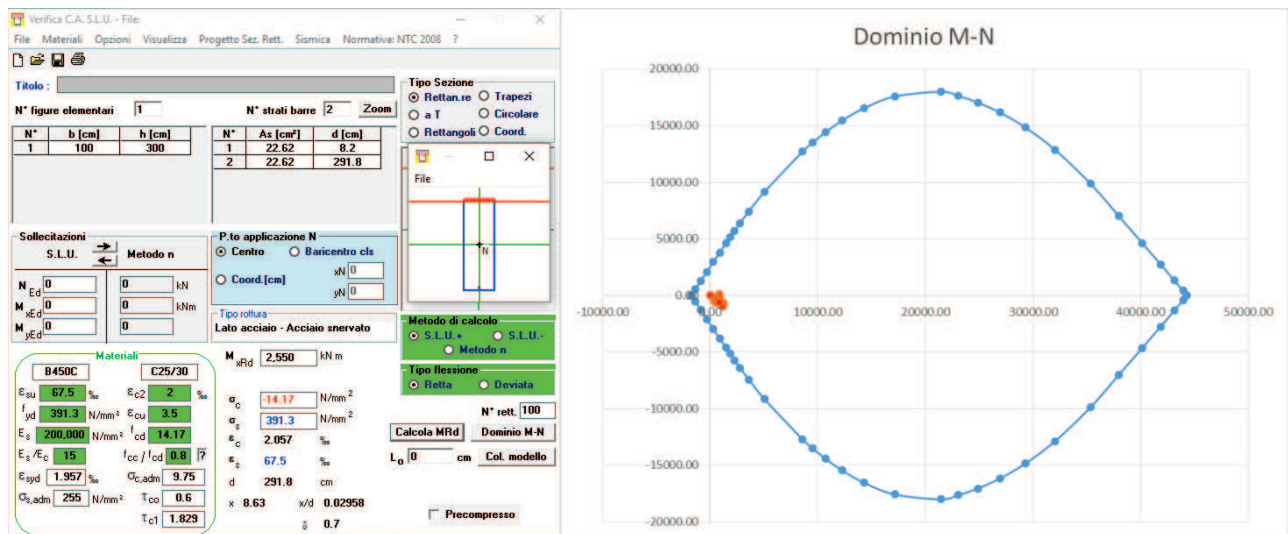


Figura 23 - Verifica sezione 3: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo dei piedritti $B = 1.00 \text{ m}$, $H = 3.00 \text{ m}$ $5\phi 24$ sul lato esterno (estradosso) e $5\phi 24$ sul lato interno (intradosso)

Le verifiche strutturali condotte sulla fondazione evidenziano la necessità di un'armatura principale simmetrica, costituita da $5\Phi 24/100\text{cm}$ (ipotizzando un copriferro di circa 7 cm).

Trasversalmente si prevede l'utilizzo di 9ganci $\Phi 14/\text{m}^2$ ($V_{Rd} = 869 \text{ kN} > V_{ed,max} = 133.77 \text{ kN}$)

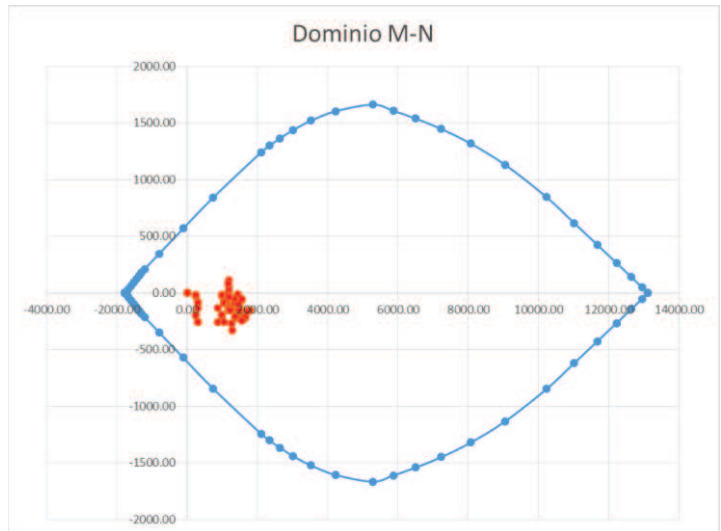
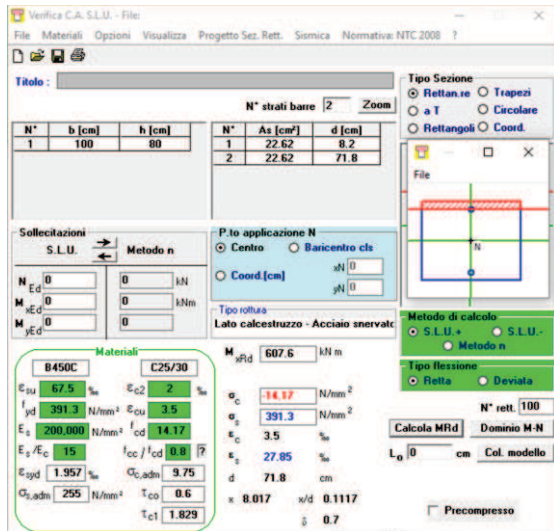


Figura 24 - Verifica sezione 4: dominio resistente e verifiche allo SLU per il rivestimento definitivo di fondazione; B = 1.00 m, H = 0.80 m $5\phi 24$ sul lato esterno (estradosso) e $5\phi 24$ sul lato interno (intradosso)

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-------------|---------------------|---------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e) | | | | | |
| | GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO | COMMESSA RS2S | LOTTO 02 | CODIFICA D 07 RB | DOCUMENTO GA 07 00 001 | REV. B |

12.3.2 Risultati delle verifiche SLE

Le verifiche SLE del rivestimento definitivo sono finalizzate a prevenire la formazione di un quadro fessurativo non controllato tale da compromettere la durabilità dell'opera. A tal fine la Normativa stabilisce un limite massimo all'ampiezza delle fessure (SL di fessurazione) e al contempo impone il rispetto di opportuni limiti tensionali sia nell'acciaio che nel calcestruzzo (SL di tensione).

Nello specifico dei risultati descritti nei paragrafi a seguire (e come riportato in All. [2]), sono state considerate le sollecitazioni relative agli involucri SLE delle combinazioni riportate nel 11.2.2.

Risultati delle verifiche Tensionali

Le verifiche allo stato limite di tensione eseguite sul rivestimento in calcestruzzo, armato secondo quanto definito nel § 11, risultano soddisfatte. In particolare si osserva quanto segue:

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI ($f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= $2.77 < 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
 Comb. rara n.ro 2: Tens. acciaio= $5.92 > -0.80 \cdot f_{yk} = -360.00 \text{ N/mm}^2$
 Comb. q. per. n.ro 2: Tens. cls= $2.92 < 0.45 \cdot f_{ck} = 11.20 \text{ N/mm}^2$
 VERIFICHE POSITIVE

Risultati delle verifiche a Fessurazione

Le verifiche del quadro fessurativo riscontrato sul rivestimento in calcestruzzo, armato secondo quanto definito nel § 11, risultano soddisfatte. In particolare si osserva quanto segue:

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.10 N/mm^2 ; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk} = -2.15 \text{ N/mm}^2$
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0000 \text{ mm} < w_3 = 0.4 \text{ mm} \dots$ VERIFICA POSITIVA
 Comb. q. per. n.ro 2: Tens. min. cls= -1.31 N/mm^2 ; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk} = -2.15 \text{ N/mm}^2$
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0000 \text{ mm} < w_2 = 0.3 \text{ mm} \dots$ VERIFICA POSITIVA

definitiva i valori di cui sopra si mantengono sempre al di sotto dei limiti imposti dalla Normativa, ragion per cui le verifiche dello stato tensionale e fessurativo in condizioni di esercizio risultano soddisfatte.

In conclusione, sulla base dei risultati delle verifiche strutturali condotte sia nei confronti degli SLU/SLV che degli SLE, può essere definita un'incidenza media di armatura:

per arco rovescio e murette **90 kg/m³**

per calotta e piedritti **90 kg/m³**

13 MONITORAGGIO



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA E DI
CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 76 di 77 |

Per il monitoraggio delle opere di imbocco della Galleria Letojanni si rimanda alla relazione tecnica delle opere in sotterraneo (Rif. [1]).

14 CONCLUSIONI

Nella presente relazione, parte integrante del progetto definitivo per il raddoppio della linea Giampilieri-Fiumefreddo sull'itinerario Messina-Catania, per una estensione complessiva di circa 42 km, sono stati definiti gli aspetti principali della progettazione definitiva delle opere di imbocco della galleria Letojanni.

Sono state descritte e verificate le opere di imbocco. In particolare sono state verificate le opere di sostegno, la stabilità degli scavi e le tratte di galleria artificiale.

Il soddisfacimento di tutte le verifiche previste dalla Normativa dimostra l'adeguatezza e l'efficacia delle soluzioni progettuali, sia in fase costruttiva, sia nella configurazione finale ed in condizioni sismiche.

GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA
E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO LATO
MESSINA

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | ALLEGATO |
|----------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 1 |

ALLEGATO 1

| | |
|---------------------------|---|
| TITOLO | Analisi e verifica dell'opera di sostegno |
| TIPO DI DOCUMENTO: | Documento - Formato A4 |
| CODIFICA: | - |
| PAGINE: | @ |
| DATA: | Settembre 2017 |
| SORGENTE: | U.O. Gallerie Italferr S.p.A. |
| NOTE: | - |

PARATIE *plus*TM
2016.1

1 GALLERIA LETOJANNI – IMBOCCO LATO MESSINA - SEZ 1

3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -15 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali/0.40m

Area equivalente : 0.0184298855607986 m

Inerzia equivalente : 0 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.22 m

Efficacia : 0.8

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS139.7*8

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.008 m

Diametro : 0.1397 m

4. Fasi di Calcolo

Geostatica

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 : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Paratia

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 : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Scavo -3.00m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tir 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Scavo -6.50m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tir 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Scavo -10.00m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-10 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tir 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-10 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m

Z : -9 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 9 m

Precarico : 240 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Scavo -13.50m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -13.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-13.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m

Z : -9 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 9 m

Precarico : 240 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tir 4

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -13.5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-13.5 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m

Z : -9 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 9 m

Precarico : 240 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR4

X : 0 m

Z : -12.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 7 m

Precarico : 260 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Fondo scavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -13.92 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-13.92 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -4.04 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 41.8 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -5.23 m

X finale : -4.04 m

Pressione iniziale : 44 kPa

Pressione finale : 41.8 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -7.28 m

X finale : -5.23 m

Pressione iniziale : 71 kPa

Pressione finale : 44 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -14.54 m

X finale : -7.28 m

Pressione iniziale : 76.6 kPa

Pressione finale : 71 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -17.87 m

X finale : -14.54 m

Pressione iniziale : 113.4 kPa

Pressione finale : 76.6 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -22.49 m

X finale : -17.87 m

Pressione iniziale : 115.4 kPa

Pressione finale : 113.4 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -24.07 m

X finale : -22.49 m

Pressione iniziale : 150.4 kPa

Pressione finale : 115.4 kPa

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : -30 m

X finale : -24.07 m

Pressione iniziale : 206.4 kPa

Pressione finale : 150.4 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 12 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m

Z : -9 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 9 m

Precarico : 240 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR4

X : 0 m

Z : -12.5 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 7 m

Precarico : 260 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 15 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 5 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

5. Descrizione Coefficienti Design Assumption

Coefficienti A

| Nome | Carichi Per- manenti Sfa- vorevoli (F_dead_load _unfavour) | Carichi Per- manenti Fa- vorevoli (F_dead_loa d_favour) | Carichi Va- riabili Sfa- vorevoli (F_live_load_ unfavour) | Carichi Variabili Favorevoli (F_live_loa d_favour) | Carico Sismico (F_seism _load) | Pres- sioni Acqua Monte (F_Wat erDR) | Pres- sioni Acqua Valle (F_Wat erRes) | Carichi Perma- nenti Destabi- lizzanti (F_UPL_ GDStab) | Carichi Perma- nenti Stabiliz- zanti (F_UPL_ GStab) | Carichi Variabili Destabi- lizzanti (F_UPL_ QDStab) | Carichi Perma- nenti Destabi- lizzanti (F_HYD_ GDStab) | Carichi Perma- nenti Stabiliz- zanti (F_HYD_ GStab) | Carichi Variabili Destabi- lizzanti (F_HYD_ QDStab) |
|---------------|--|---|---|--|---|---|--|--|---|--|--|---|--|
| Sim- bolo | γ_G | γ_G | γ_Q | γ_Q | γ_{QE} | γ_G | γ_G | γ_{Gdst} | γ_{Gstb} | γ_{Qdst} | γ_{Gdst} | γ_{Gstb} | γ_{Qdst} |
| Nominal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE (Rara) | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A1+M 1+R1 | 1.3 | 1 | 1.5 | 1 | 0 | 1.3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.3 | 0.9 | 1 |
| A2+M 2+R1 | 1 | 1 | 1.3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.3 | 0.9 | 1 |

Coefficienti M

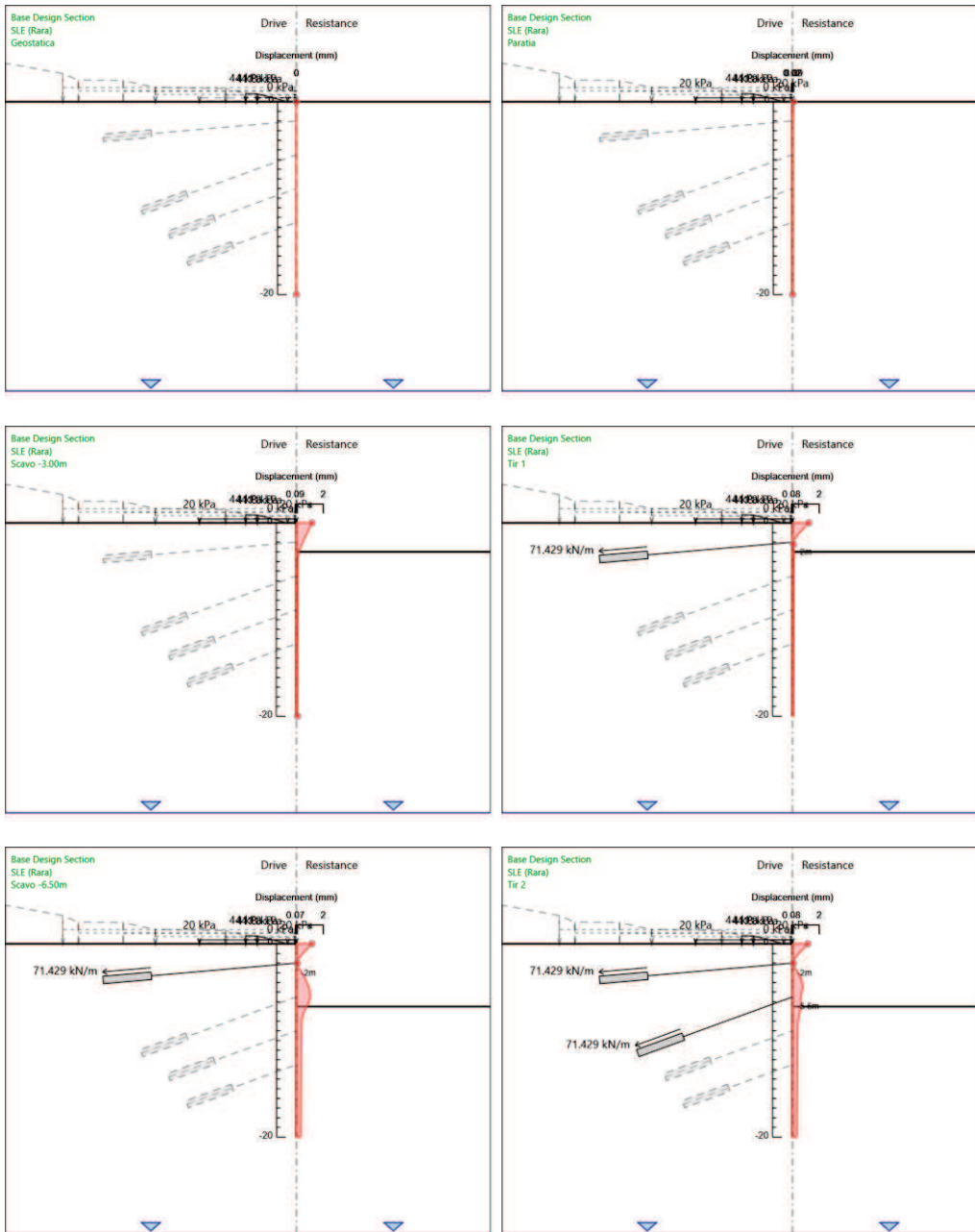
| Nome | Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr) | Parziale su c' (F_eff_coh) | Parziale su Su (F_Su) | Parziale su qu (F_qu) | Parziale su peso specifico (F_gamma) |
|------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Simbolo | γ_ϕ | γ_c | γ_{cu} | γ_{qu} | γ_γ |
| Nominal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE (Rara) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A1+M1+R1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A2+M2+R1 | 1.25 | 1.25 | 1.4 | 1 | 1 |

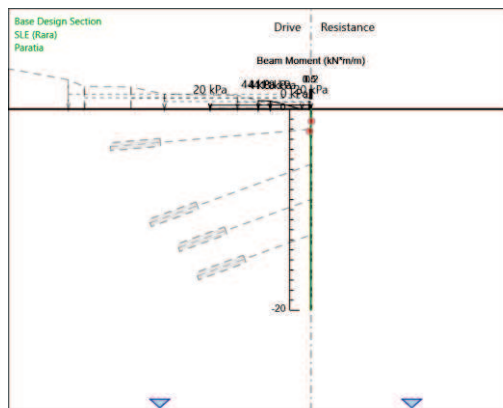
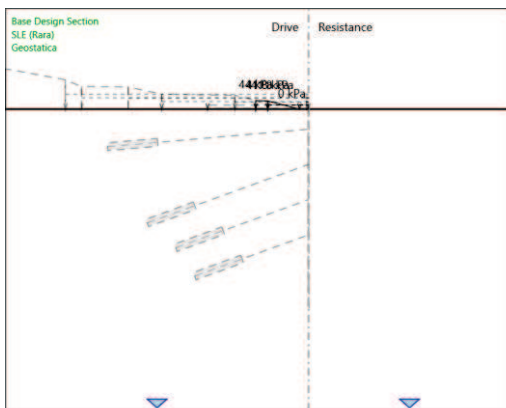
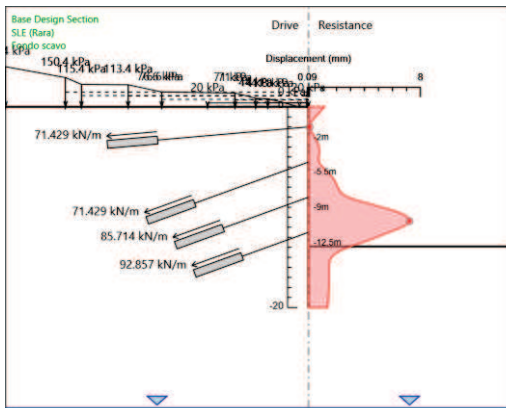
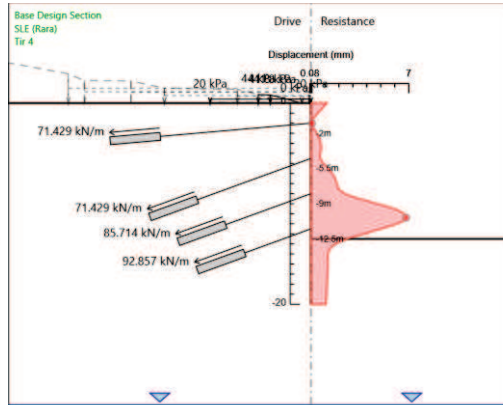
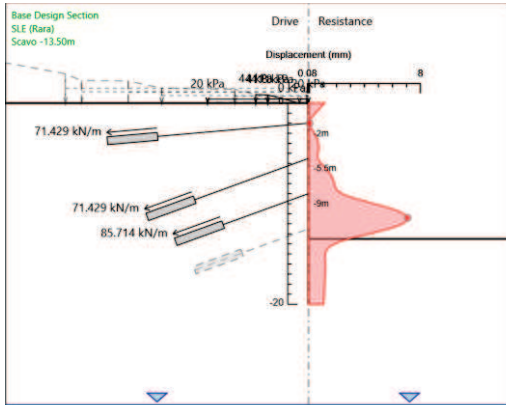
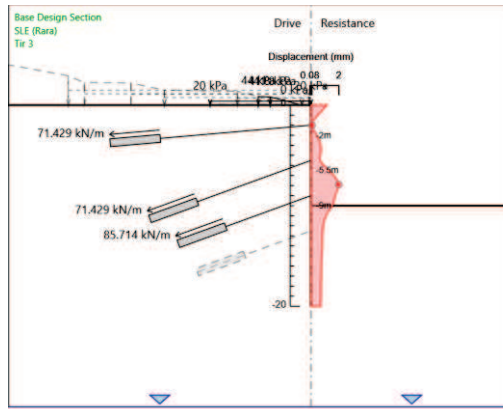
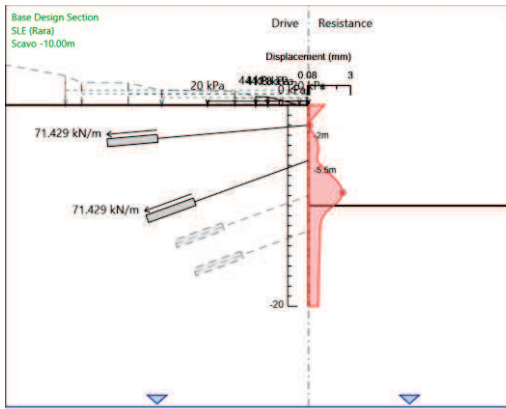
Coefficienti R

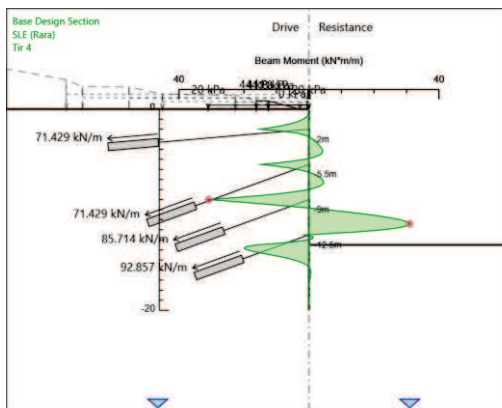
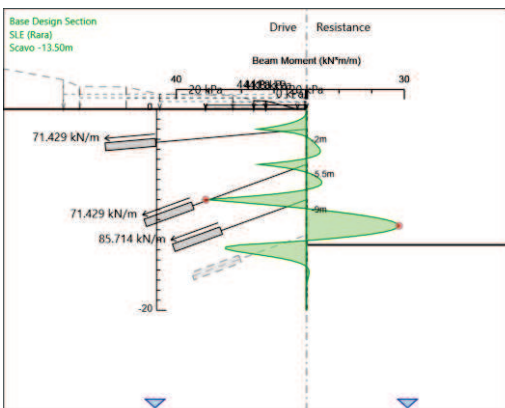
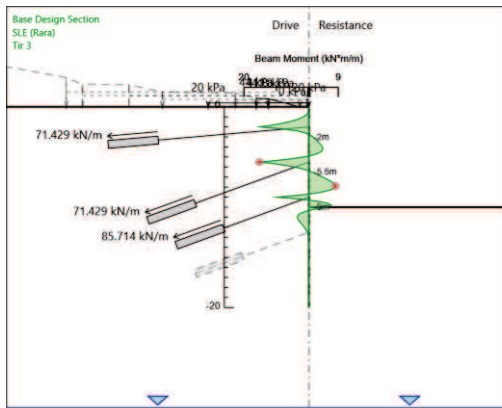
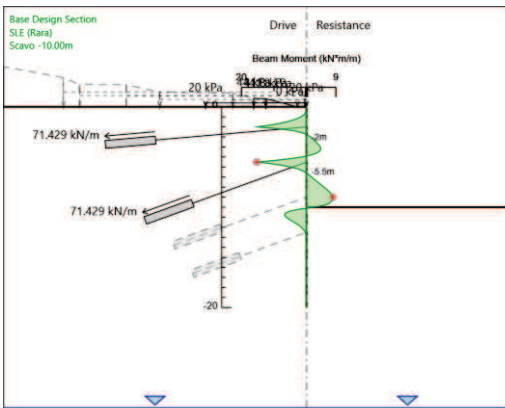
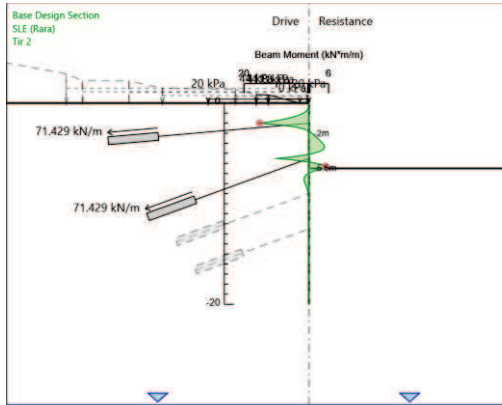
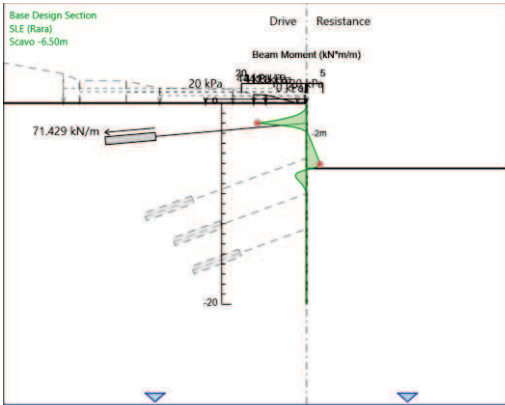
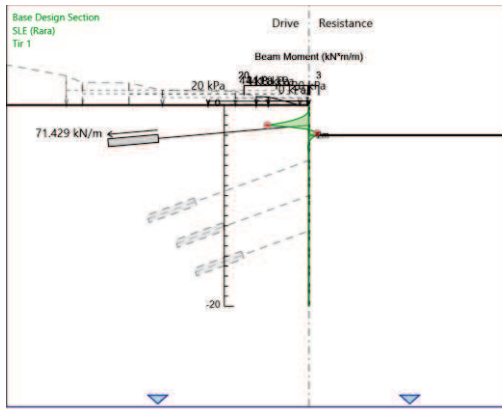
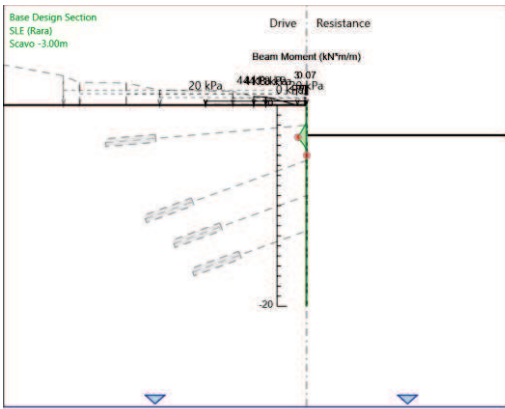
| Nome | Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls) | Parziale resistenza Tiranti perma- nenti (F_Anch_P) | Parziale resistenza Tiranti tempo- ranei (F_Anch_T) | Parziale elementi struttu- rali (F_wall) |
|------------|--|--|--|---|
| Simbolo | γ_{Re} | γ_{ap} | γ_{at} | |
| Nominal | 1 | 1 | 1 | 1 |
| SLE (Rara) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| A1+M1+R1 | 1 | 1.2 | 1.1 | 1 |
| A2+M2+R1 | 1 | 1.2 | 1.1 | 1 |

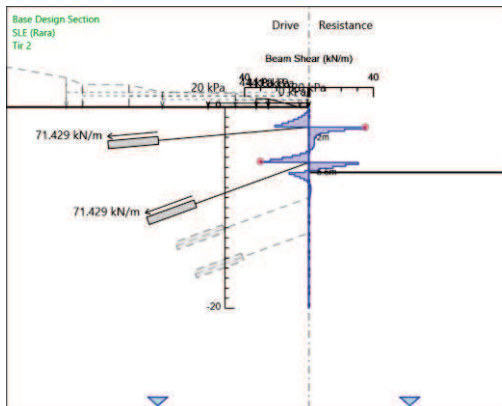
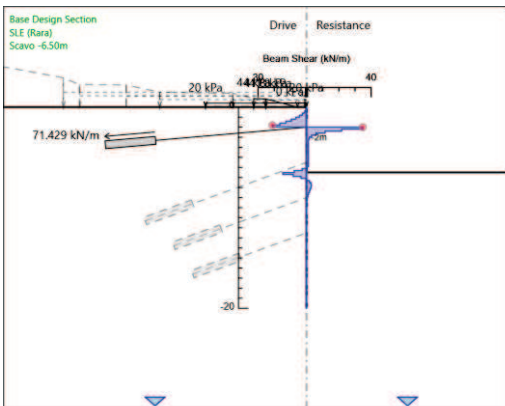
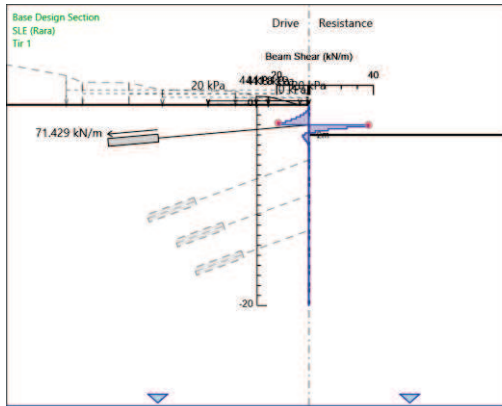
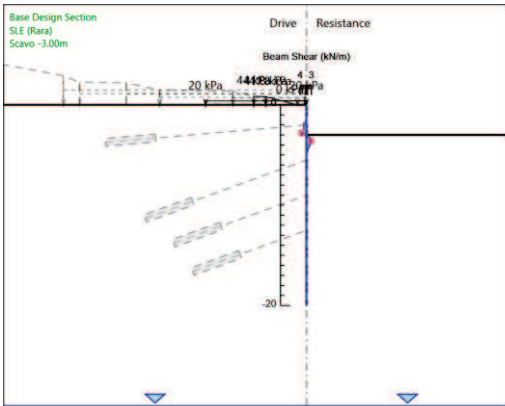
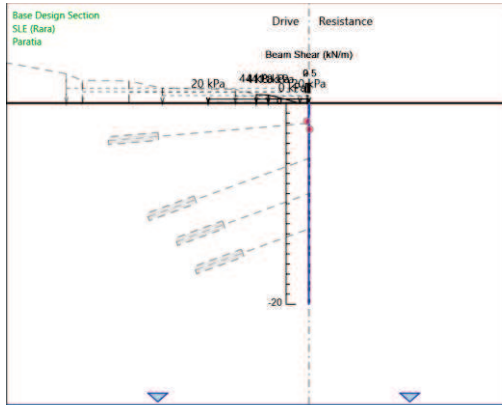
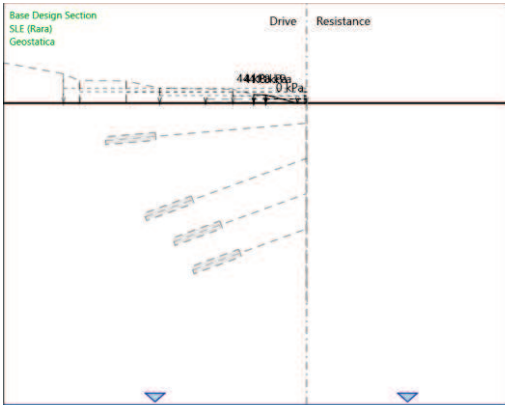
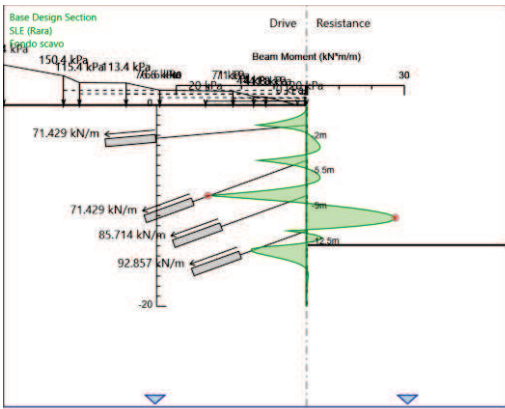
5.1. Risultati SLE (Rara)

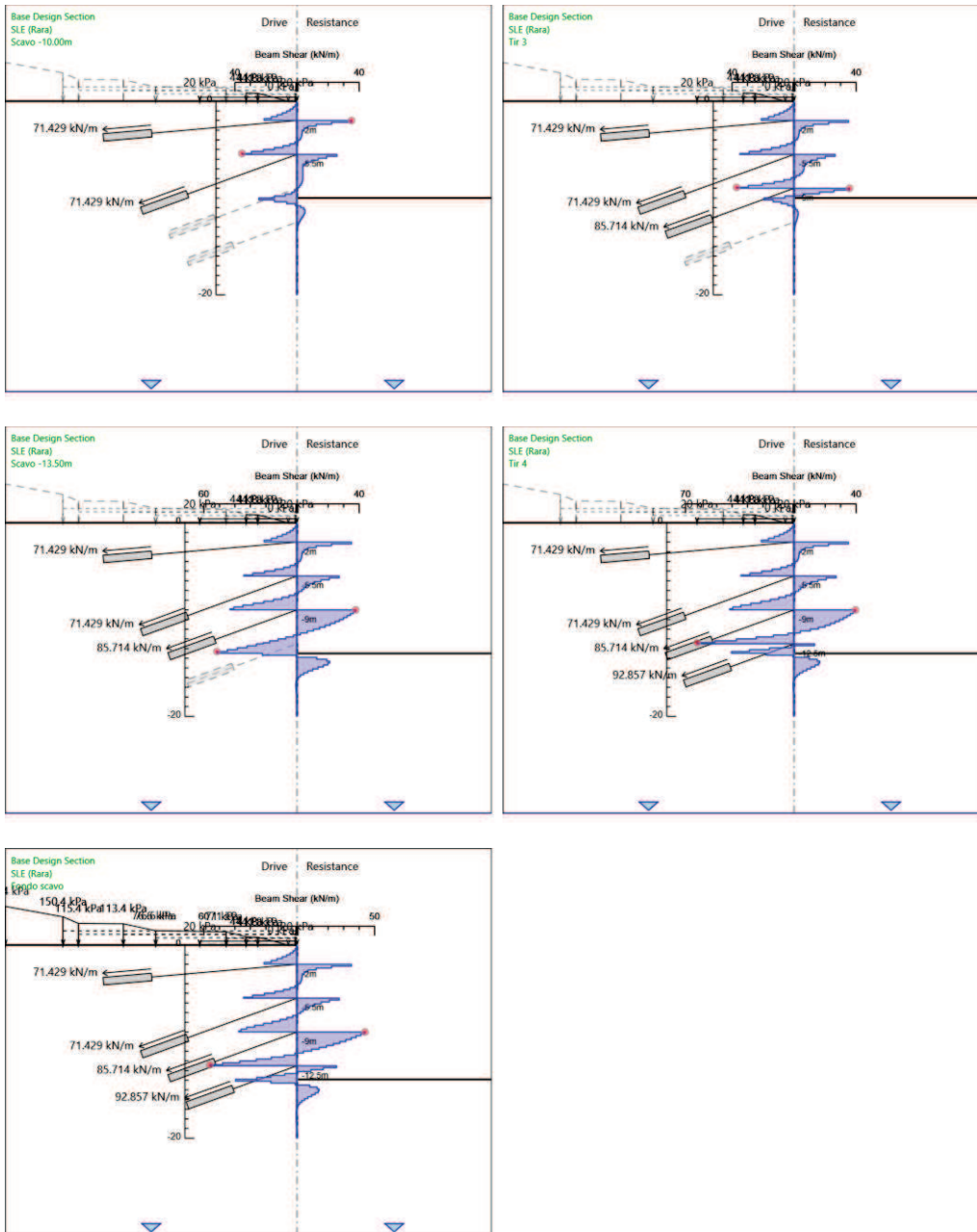
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara)

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |
| Scavo -10.00m | 71.48911 |
| Tir 3 | 71.52494 |
| Scavo -13.50m | 71.52882 |
| Tir 4 | 71.52729 |
| Fondo scavo | 71.6915 |

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR3

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|---------------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Scavo -13.50m | 87.30171 |
| Tir 4 | 87.4284 |
| Fondo scavo | 88.38544 |

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR4

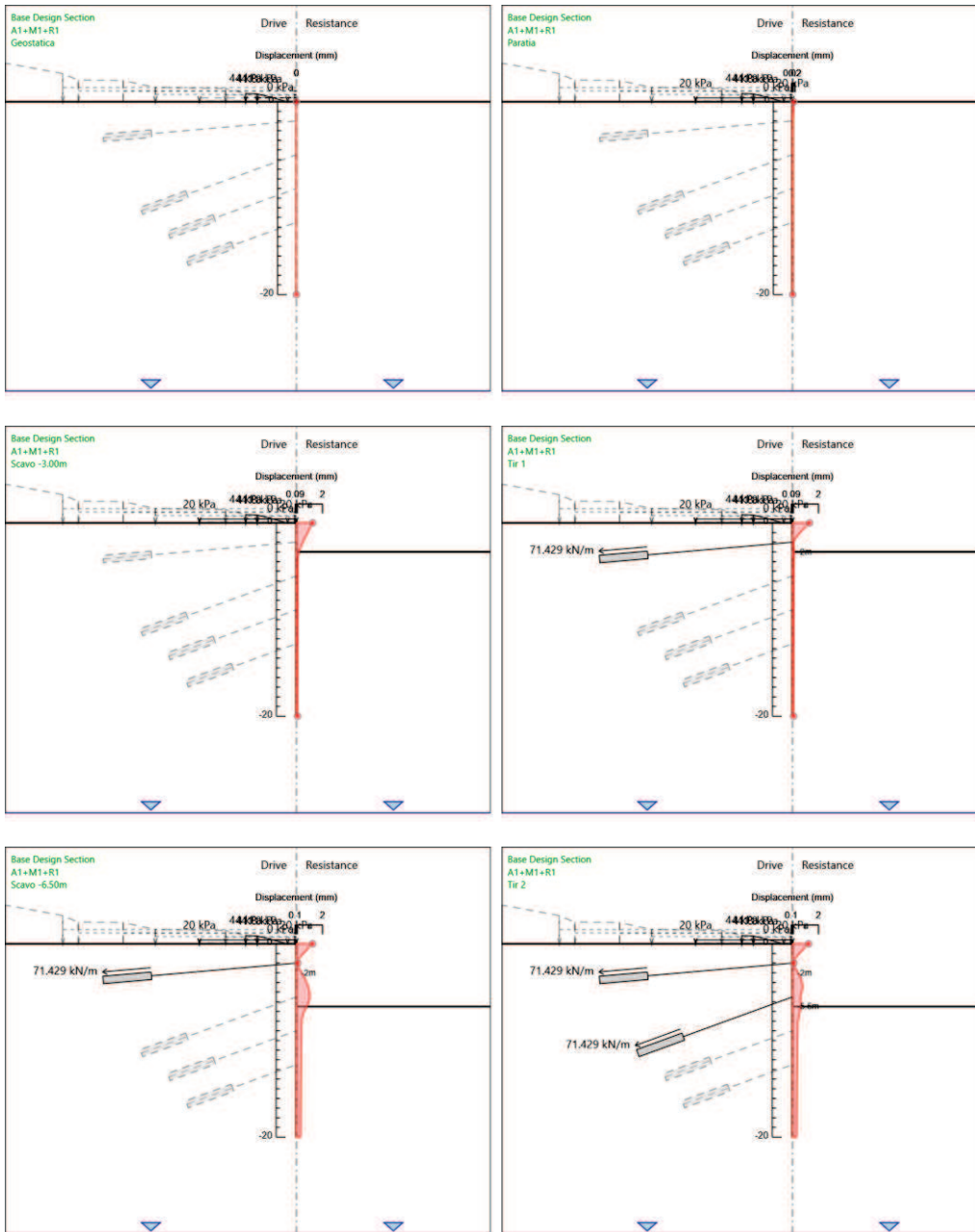
| Stage | Forza (kN/m) |
|--------------|---------------------|
| Tir 4 | 92.86 |
| Fondo scavo | 95.0202 |

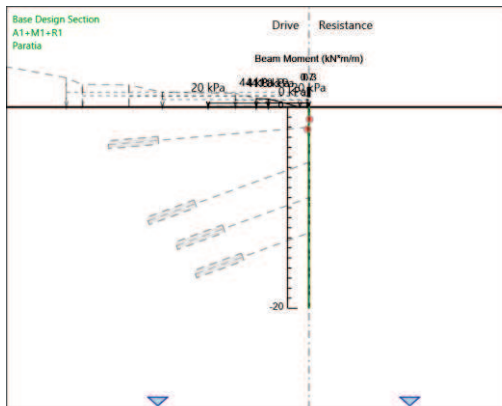
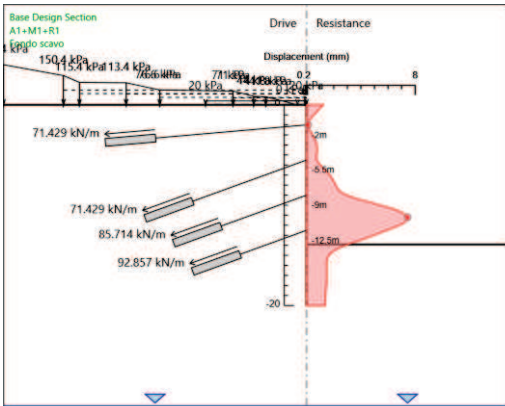
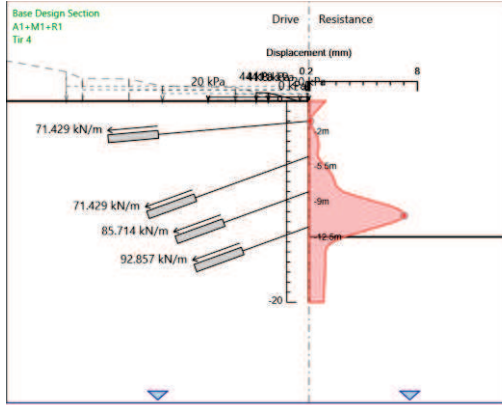
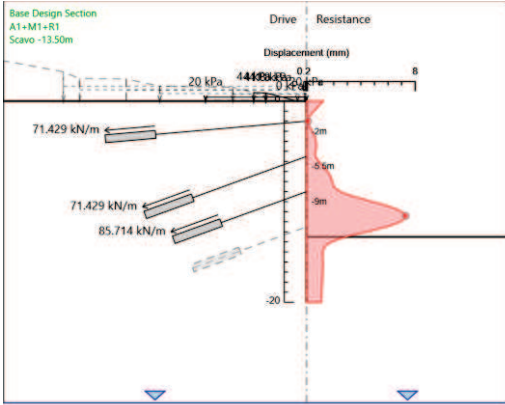
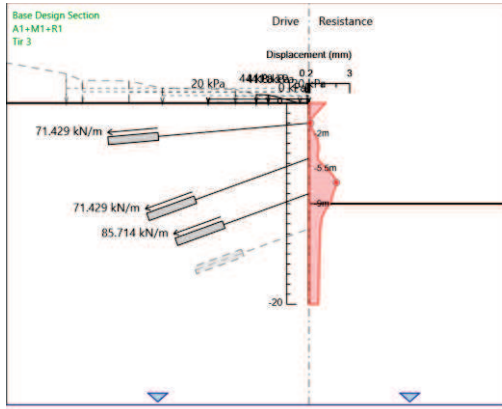
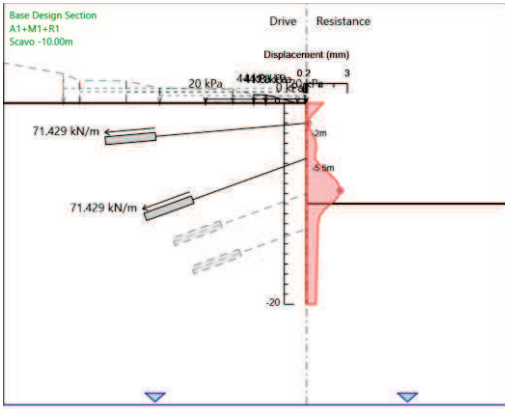
Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR1

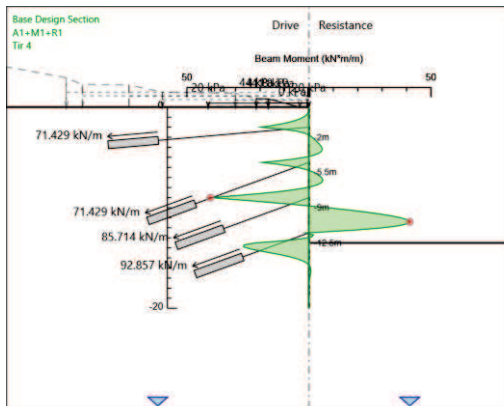
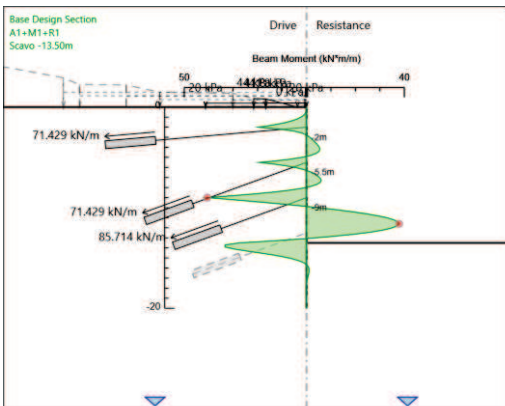
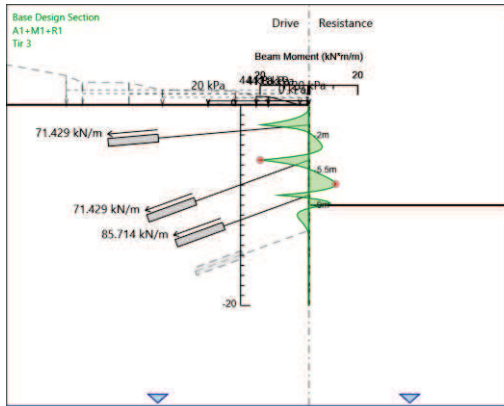
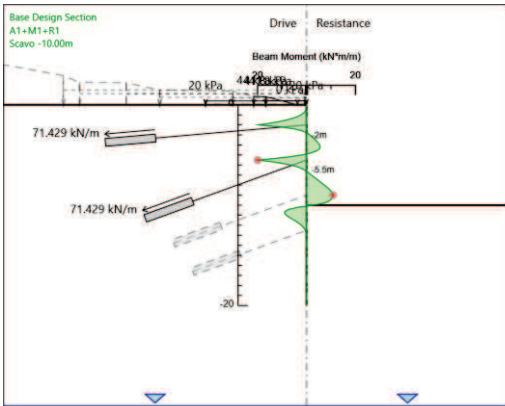
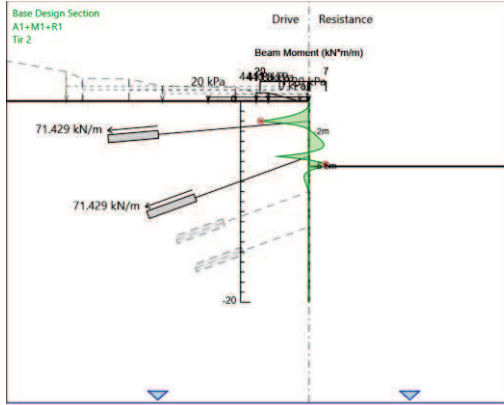
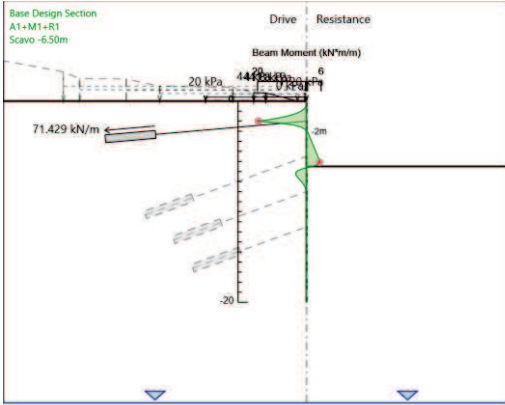
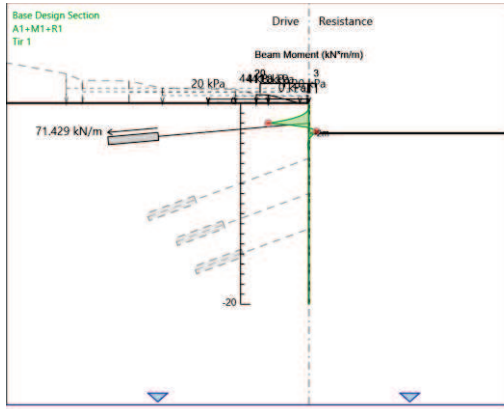
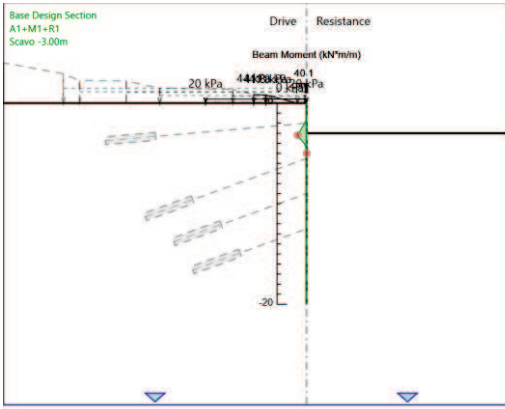
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|---------------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.50m | 71.41061 |
| Tir 2 | 71.42389 |
| Scavo -10.00m | 71.4309 |
| Tir 3 | 71.43047 |
| Scavo -13.50m | 71.42967 |
| Tir 4 | 71.42967 |
| Fondo scavo | 71.44623 |

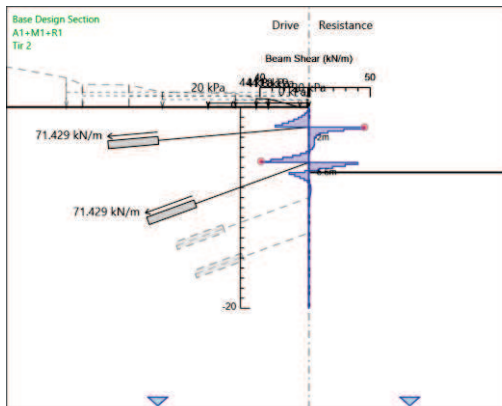
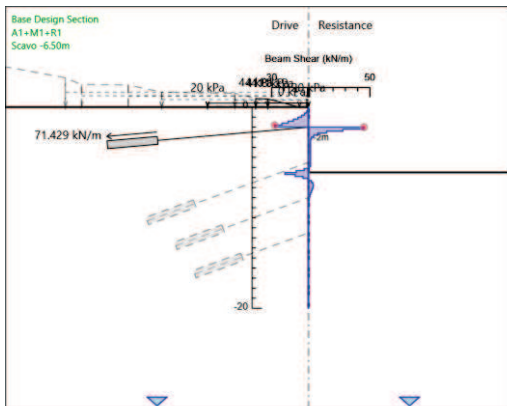
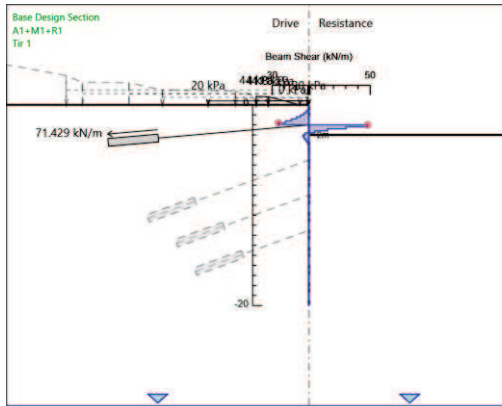
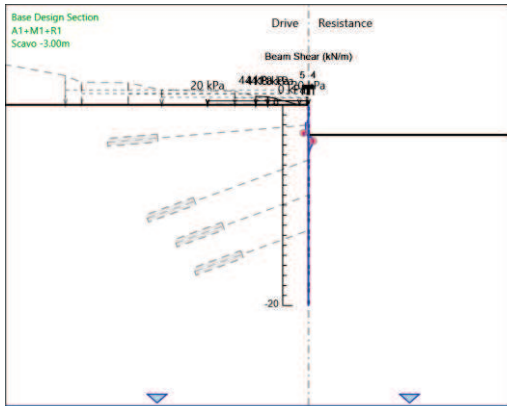
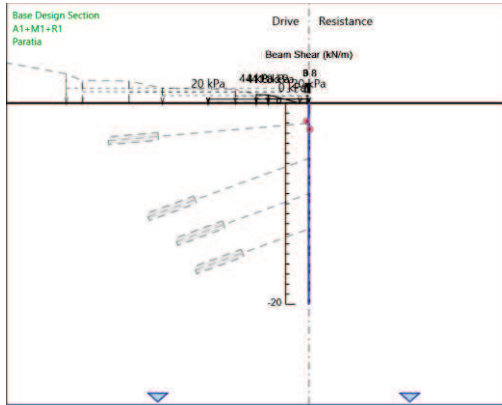
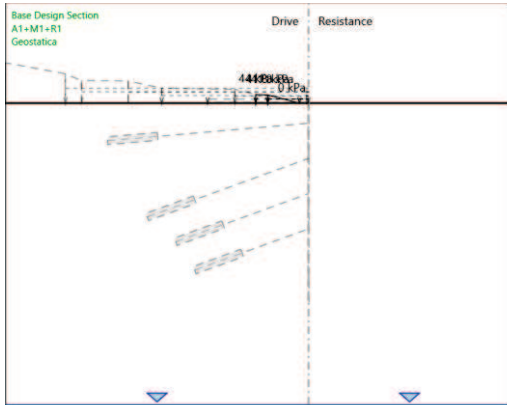
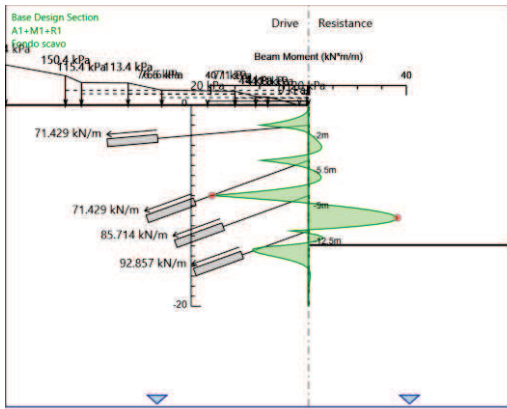
5.2. Risultati A1+M1+R1

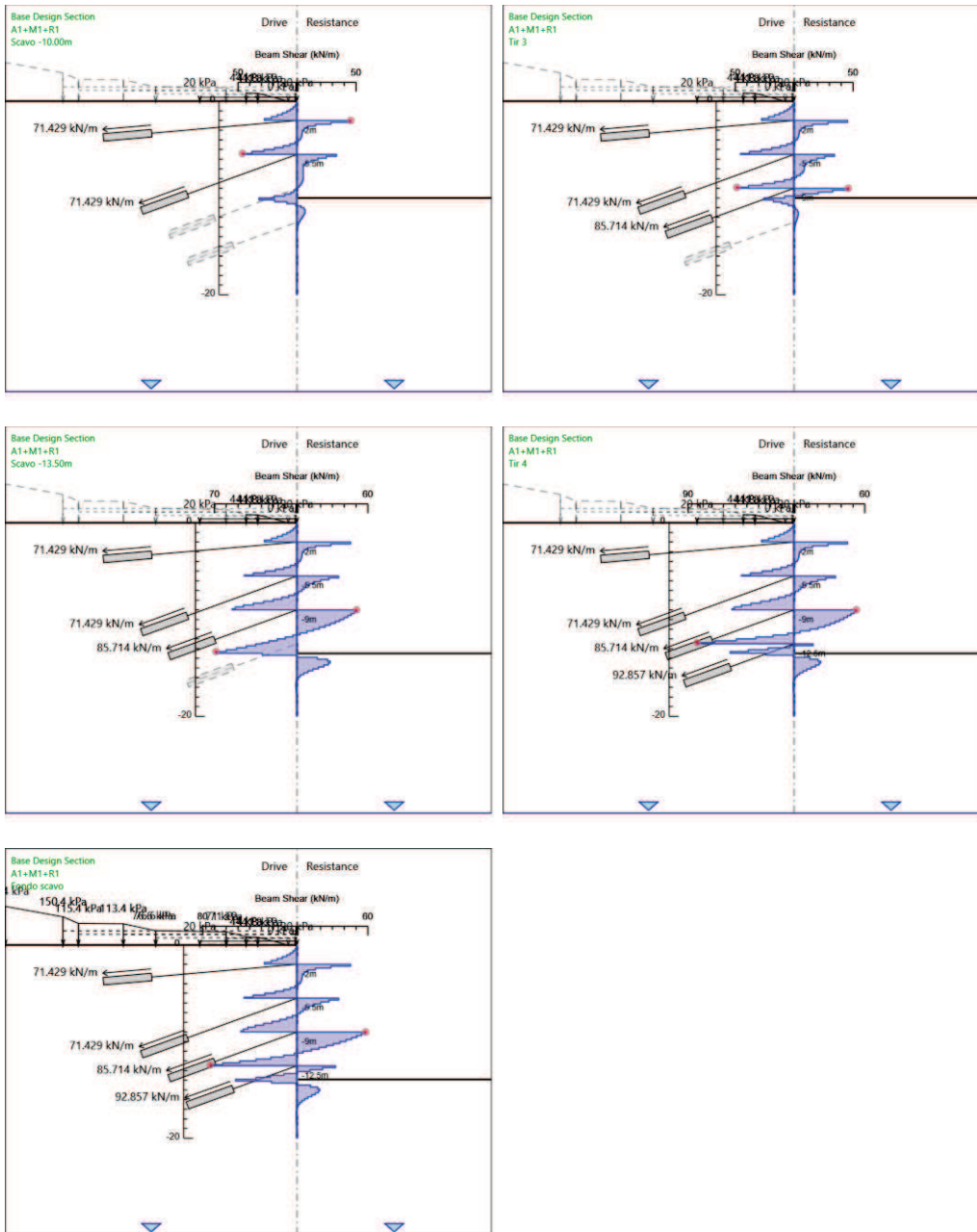
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 92.859 |
| Scavo -10.00m | 92.935791 |
| Tir 3 | 92.98237 |
| Scavo -13.50m | 92.985841 |
| Tir 4 | 92.983696 |
| Fondo scavo | 93.196454 |

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR3

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 3 | 111.423 |
| Scavo -13.50m | 113.70554 |
| Tir 4 | 113.879974 |
| Fondo scavo | 115.162281 |

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR4

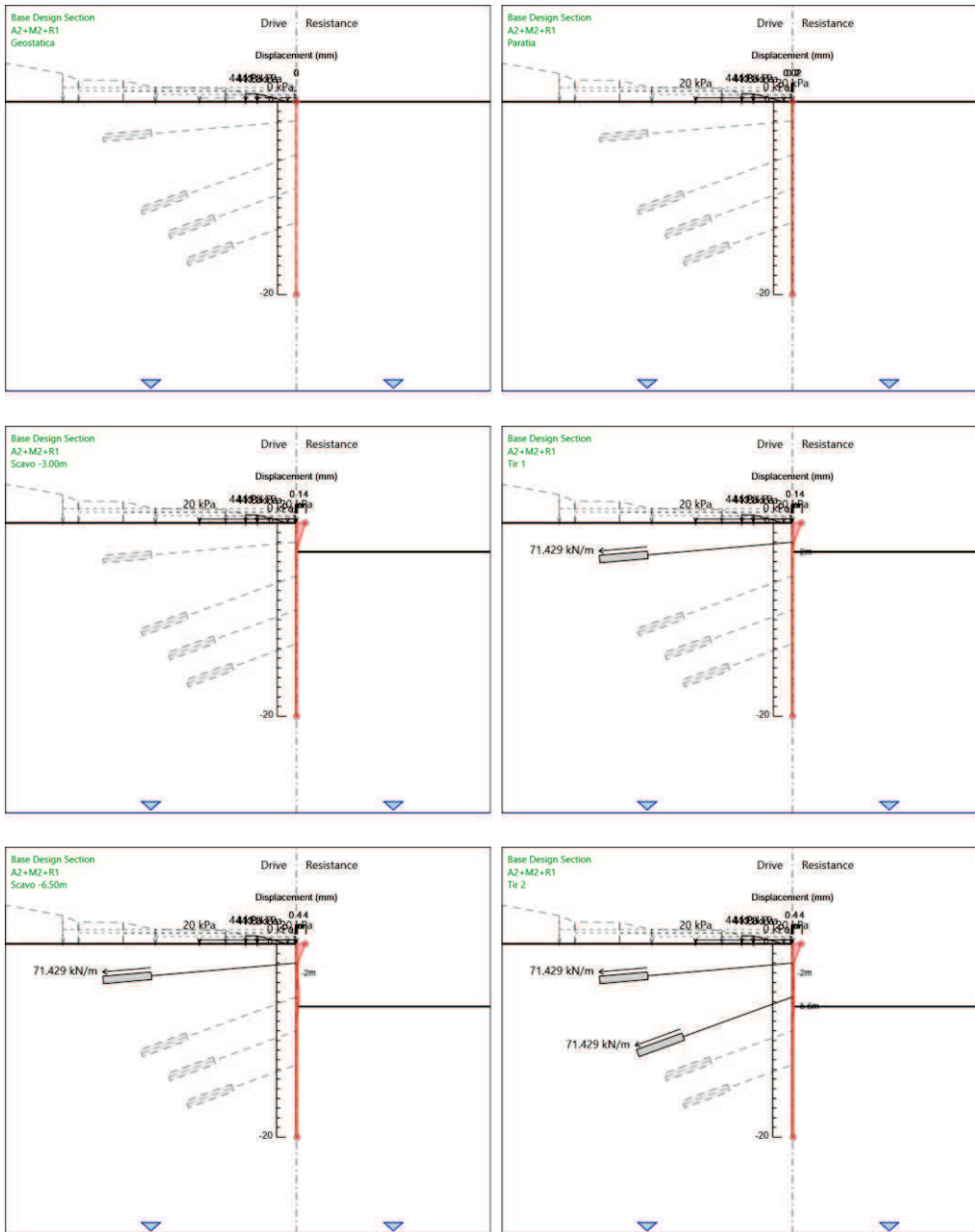
| Stage | Forza (kN/m) |
|--------------|---------------------|
| Tir 4 | 120.718 |
| Fondo scavo | 123.574724 |

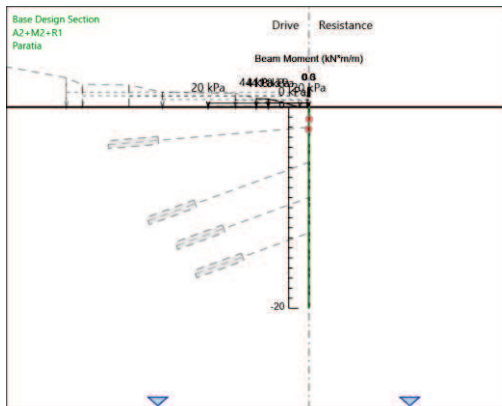
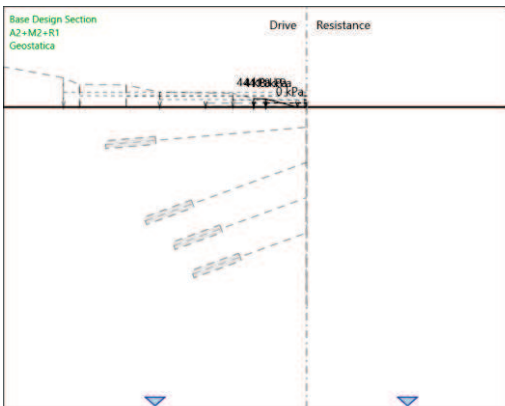
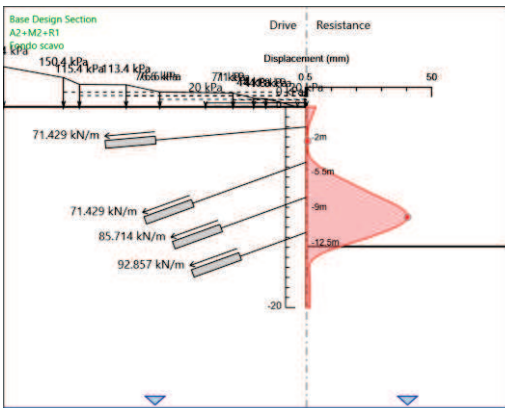
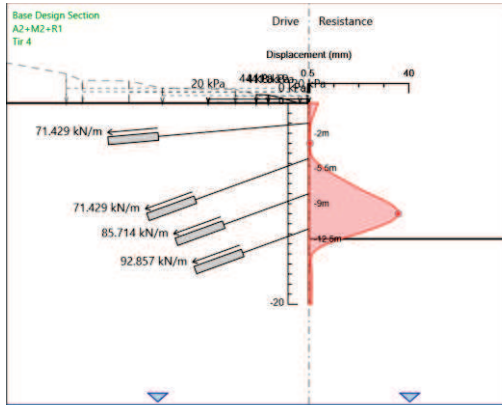
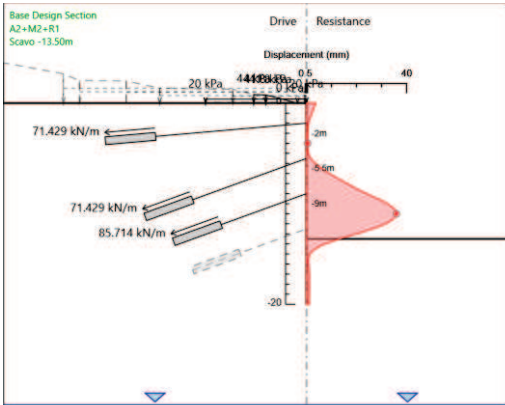
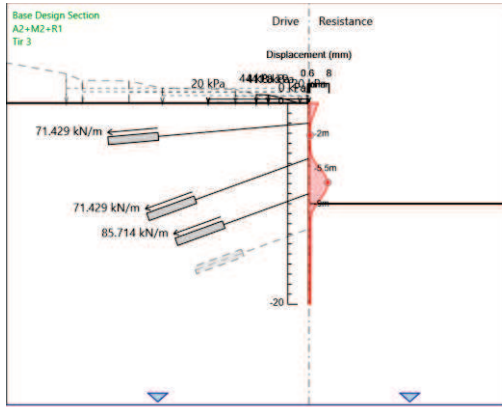
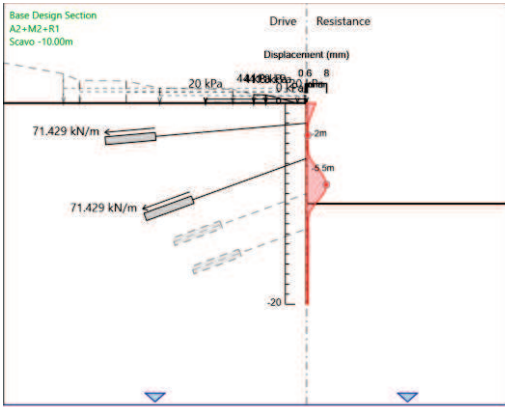
Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR1

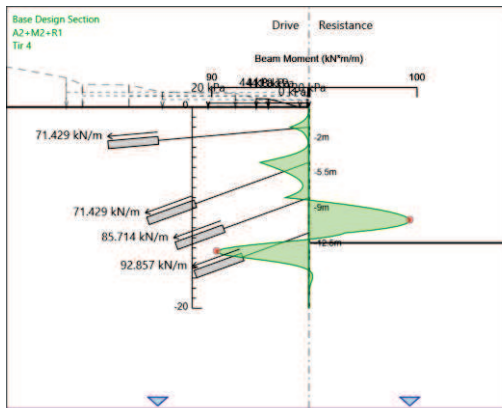
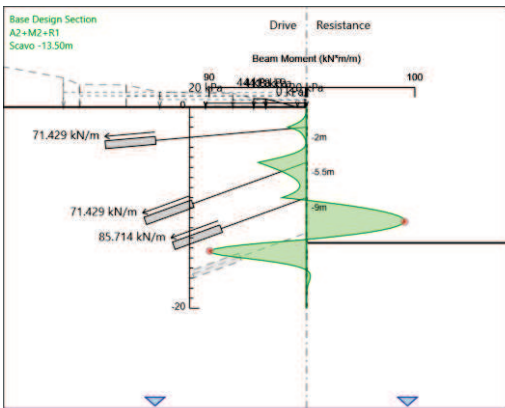
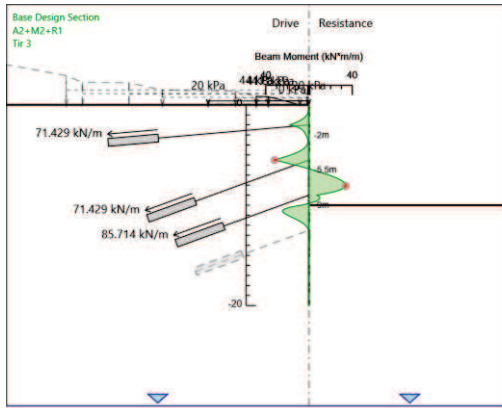
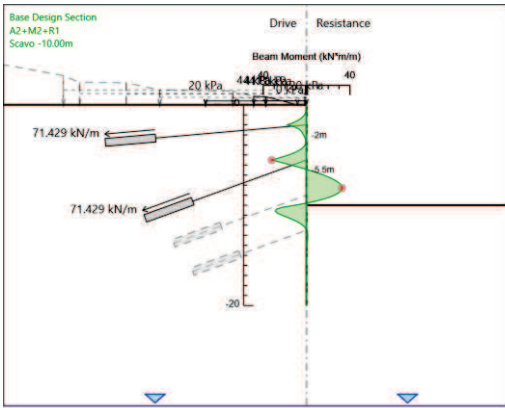
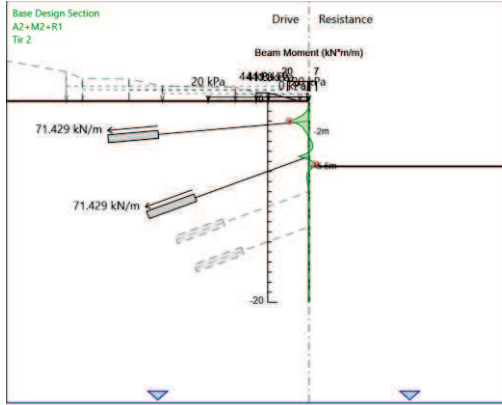
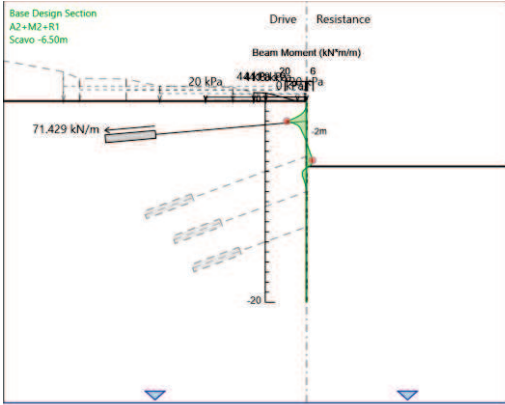
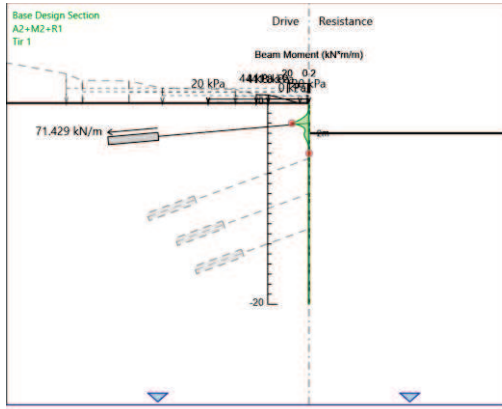
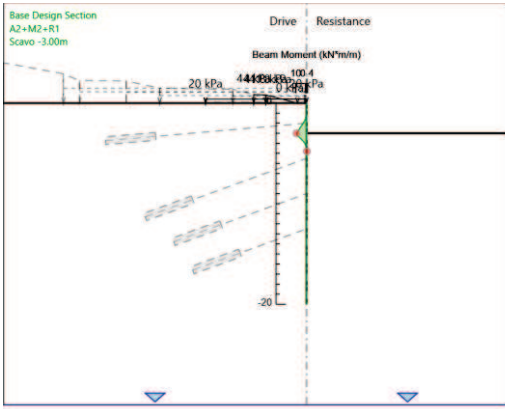
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 1 | 92.859 |
| Scavo -6.50m | 92.835704 |
| Tir 2 | 92.852968 |
| Scavo -10.00m | 92.862302 |
| Tir 3 | 92.861743 |
| Scavo -13.50m | 92.860664 |
| Tir 4 | 92.860664 |
| Fondo scavo | 92.882192 |

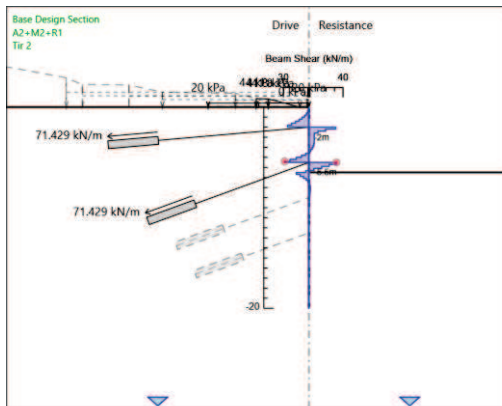
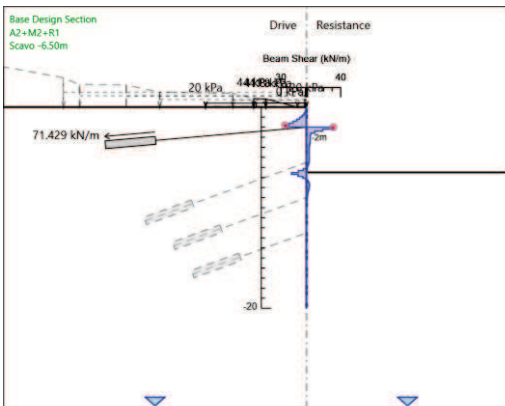
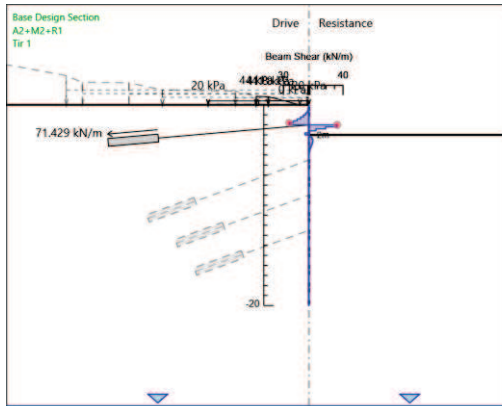
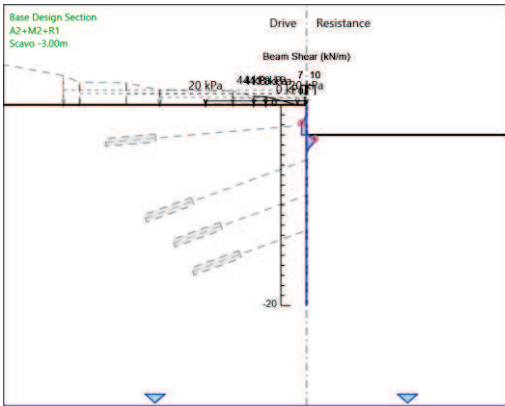
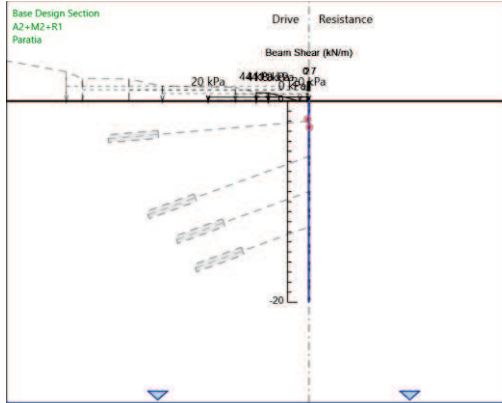
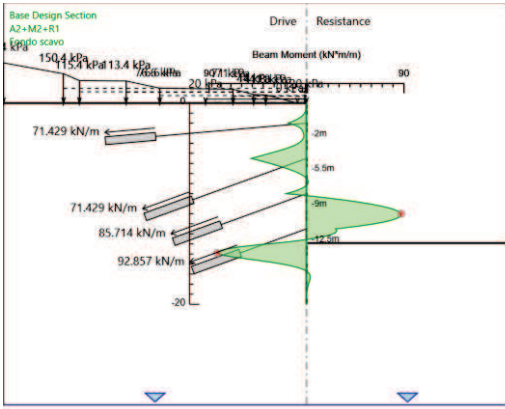
5.3. Risultati A2+M2+R1

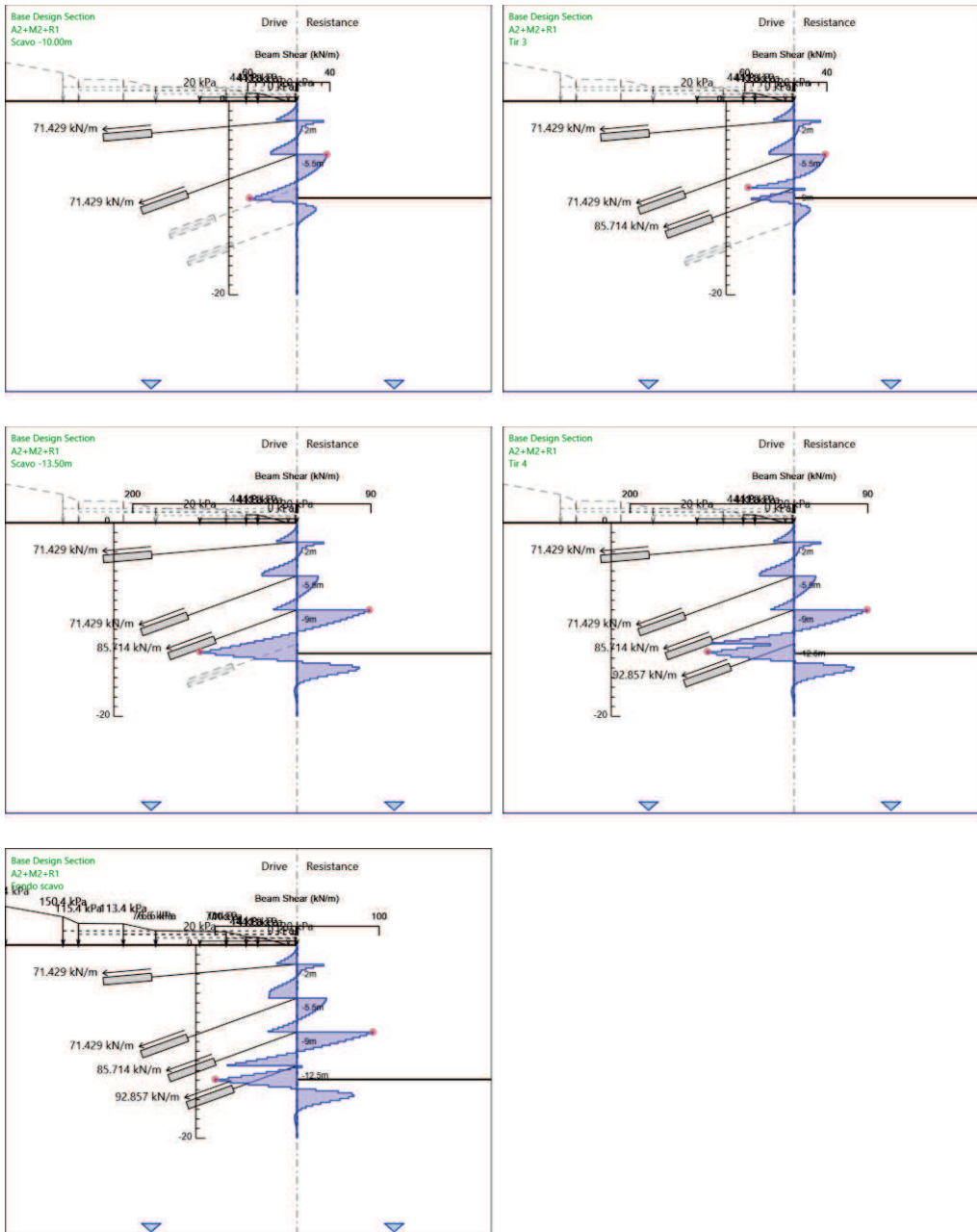
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |
| Scavo -10.00m | 73.10638 |
| Tir 3 | 73.23175 |
| Scavo -13.50m | 73.40132 |
| Tir 4 | 73.49224 |
| Fondo scavo | 75.81595 |

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR3

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Scavo -13.50m | 129.1302 |
| Tir 4 | 129.7968 |
| Fondo scavo | 141.6172 |

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR4

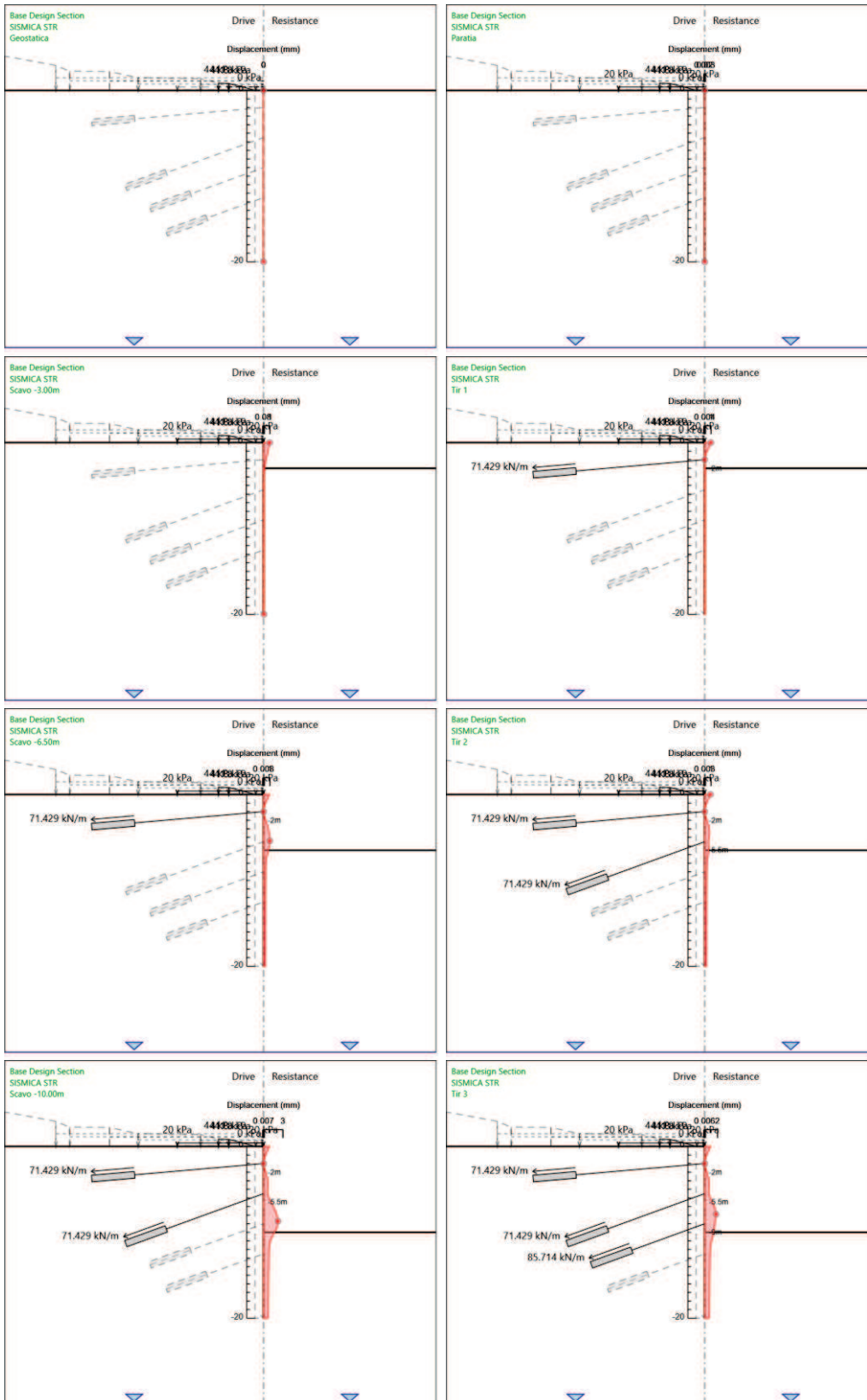
| Stage | Forza (kN/m) |
|-------------|--------------|
| Tir 4 | 92.86 |
| Fondo scavo | 107.8472 |

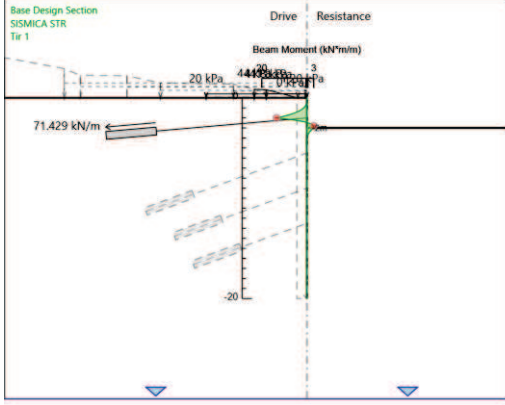
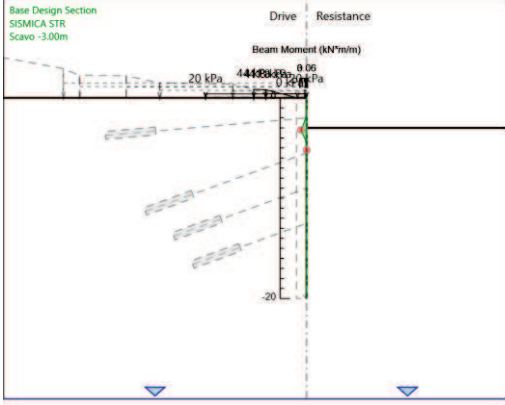
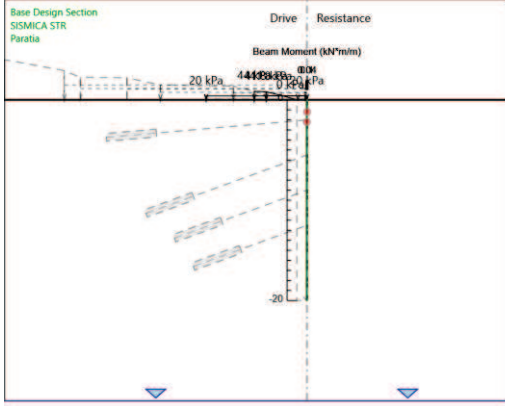
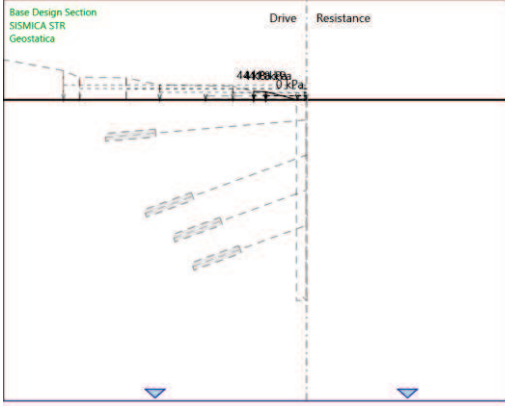
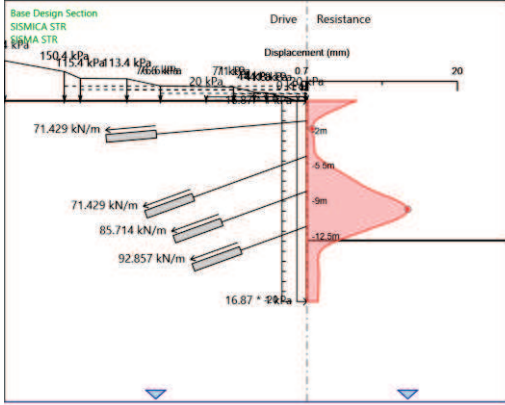
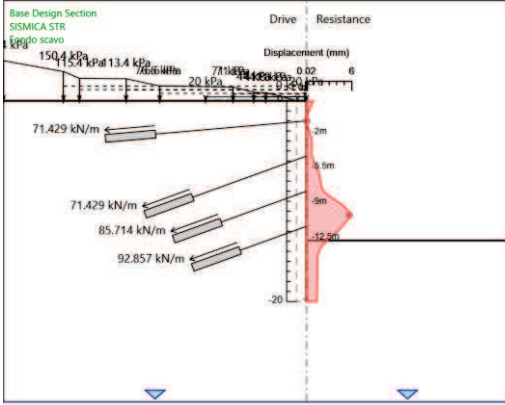
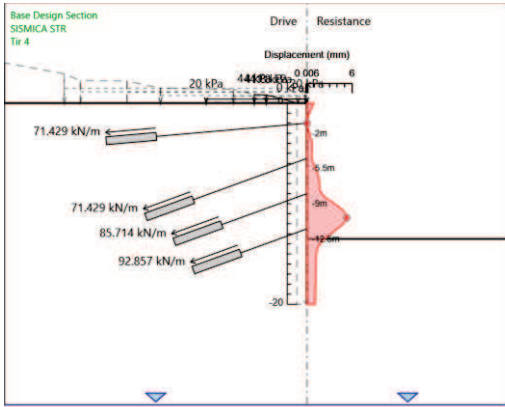
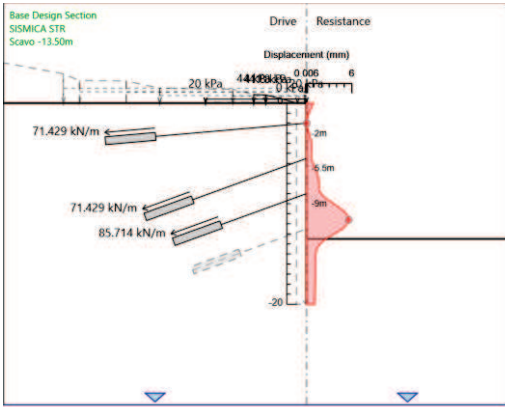
Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR1

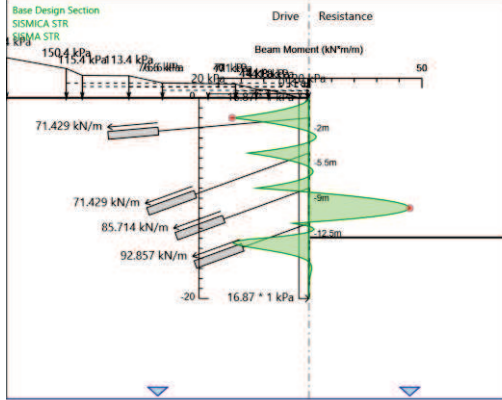
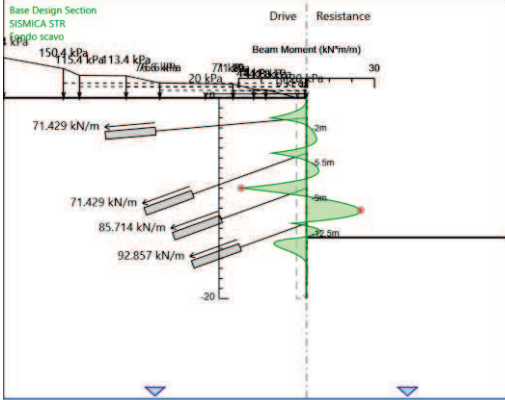
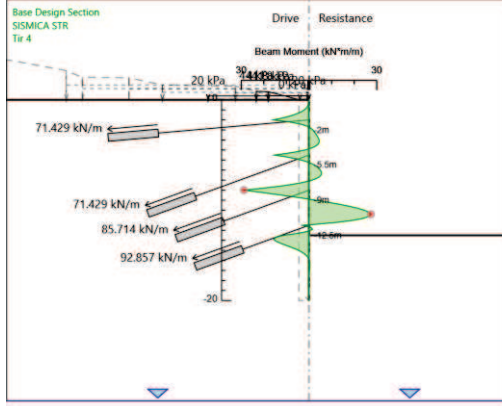
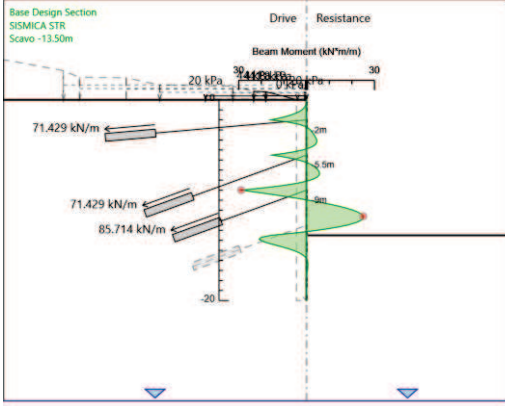
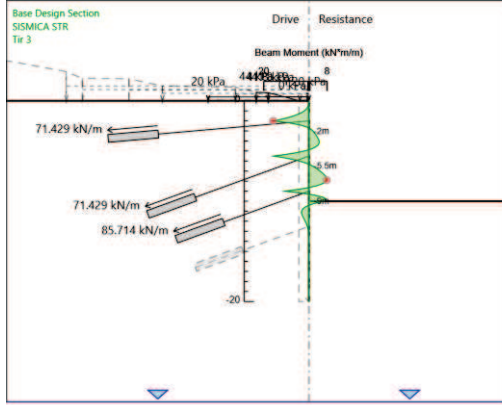
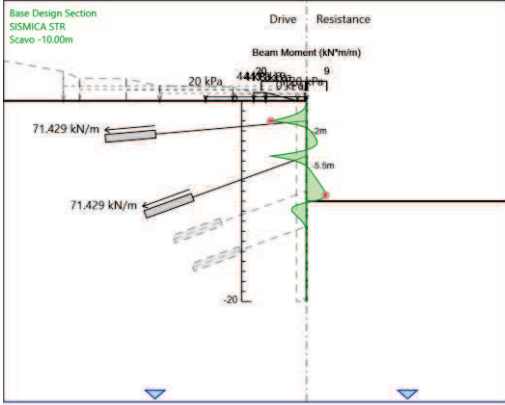
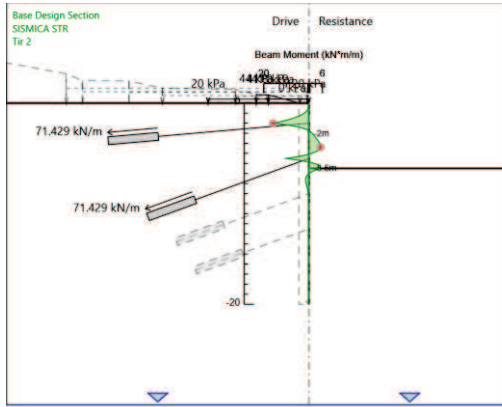
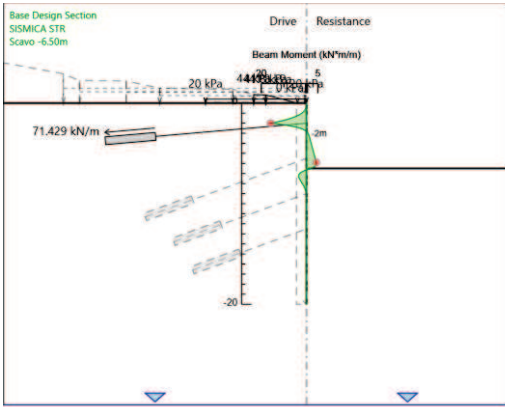
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.50m | 71.45855 |
| Tir 2 | 71.47942 |
| Scavo -10.00m | 71.48892 |
| Tir 3 | 71.48631 |
| Scavo -13.50m | 71.50379 |
| Tir 4 | 71.50305 |
| Fondo scavo | 71.49178 |

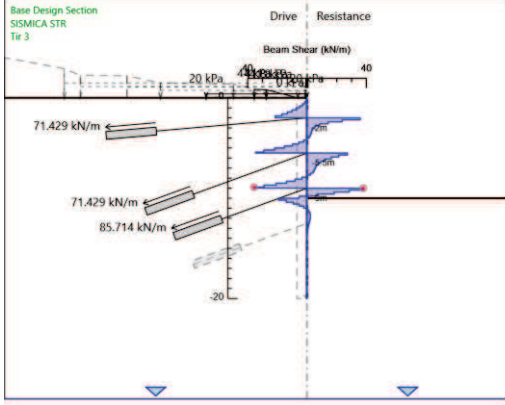
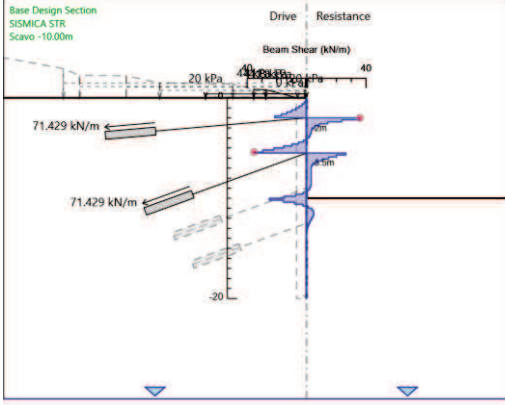
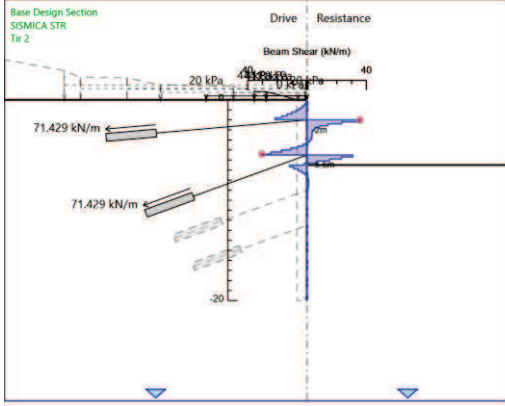
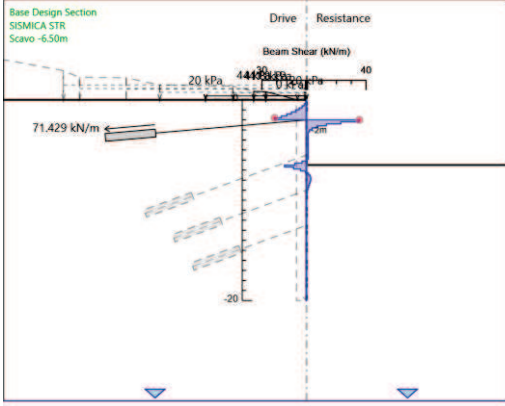
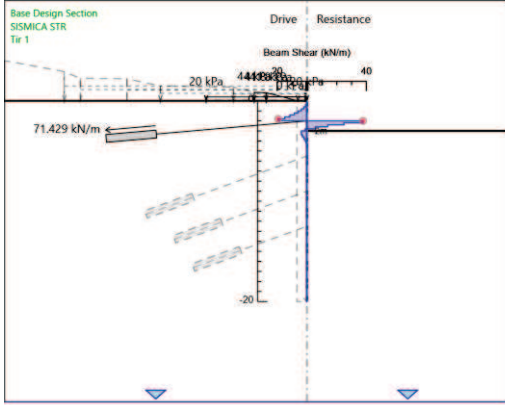
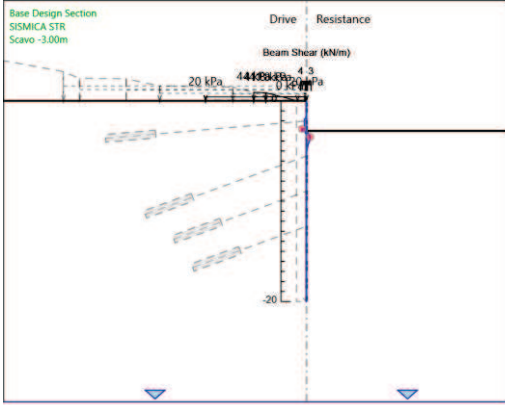
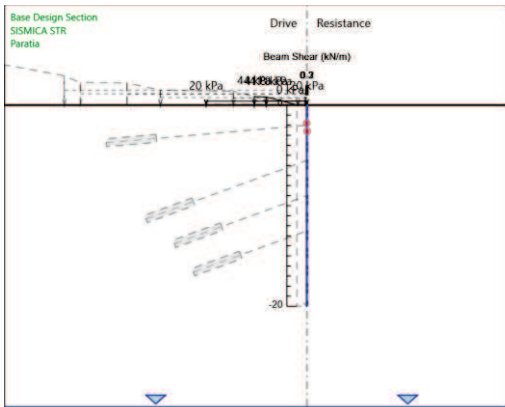
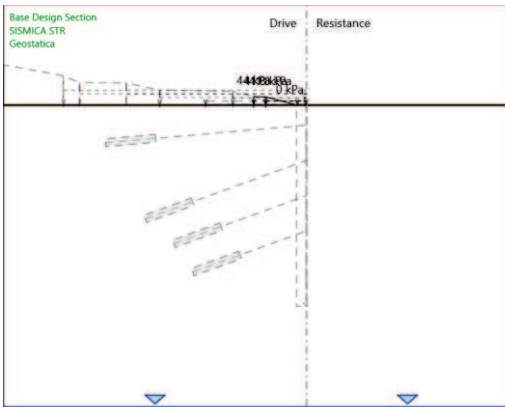
6.1. Risultati SISMICA STR

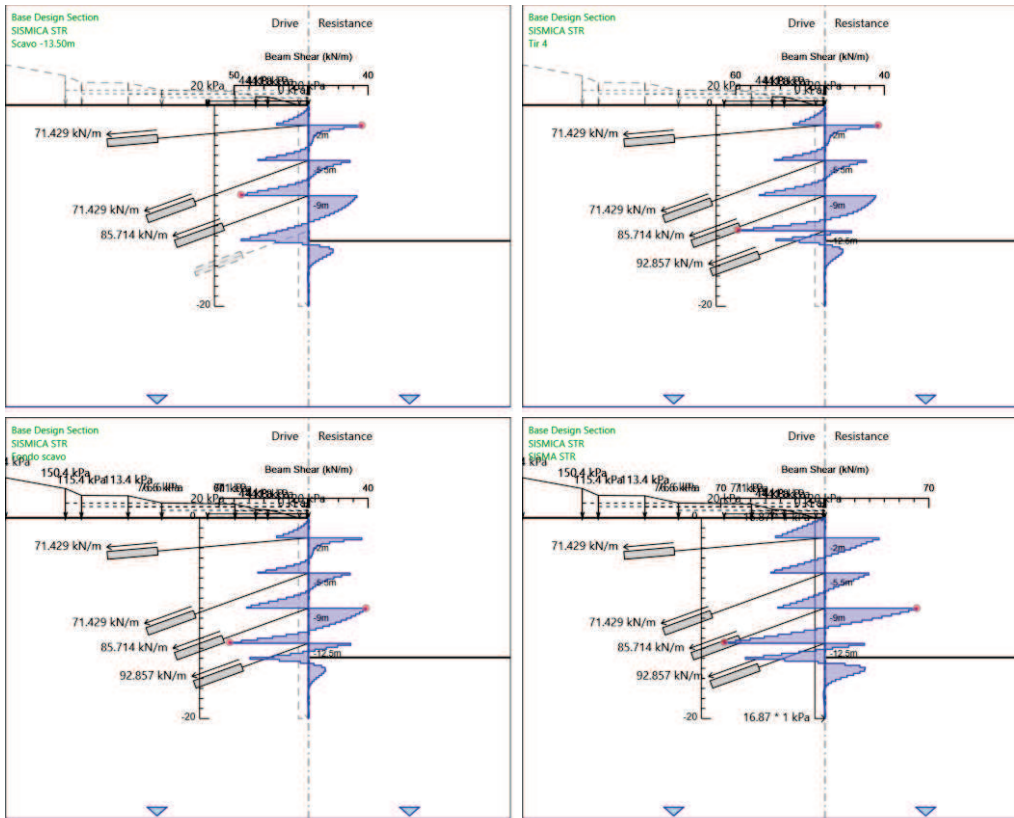
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - SISMICA STR

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |
| Scavo -10.00m | 71.51094 |
| Tir 3 | 71.55058 |
| Scavo -13.50m | 71.55466 |
| Tir 4 | 71.55327 |
| Fondo scavo | 71.72013 |
| SISMA STR | 72.8931 |

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR3

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Scavo -13.50m | 86.56744 |
| Tir 4 | 86.65691 |
| Fondo scavo | 87.45042 |
| SISMA STR | 103.5946 |

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR4

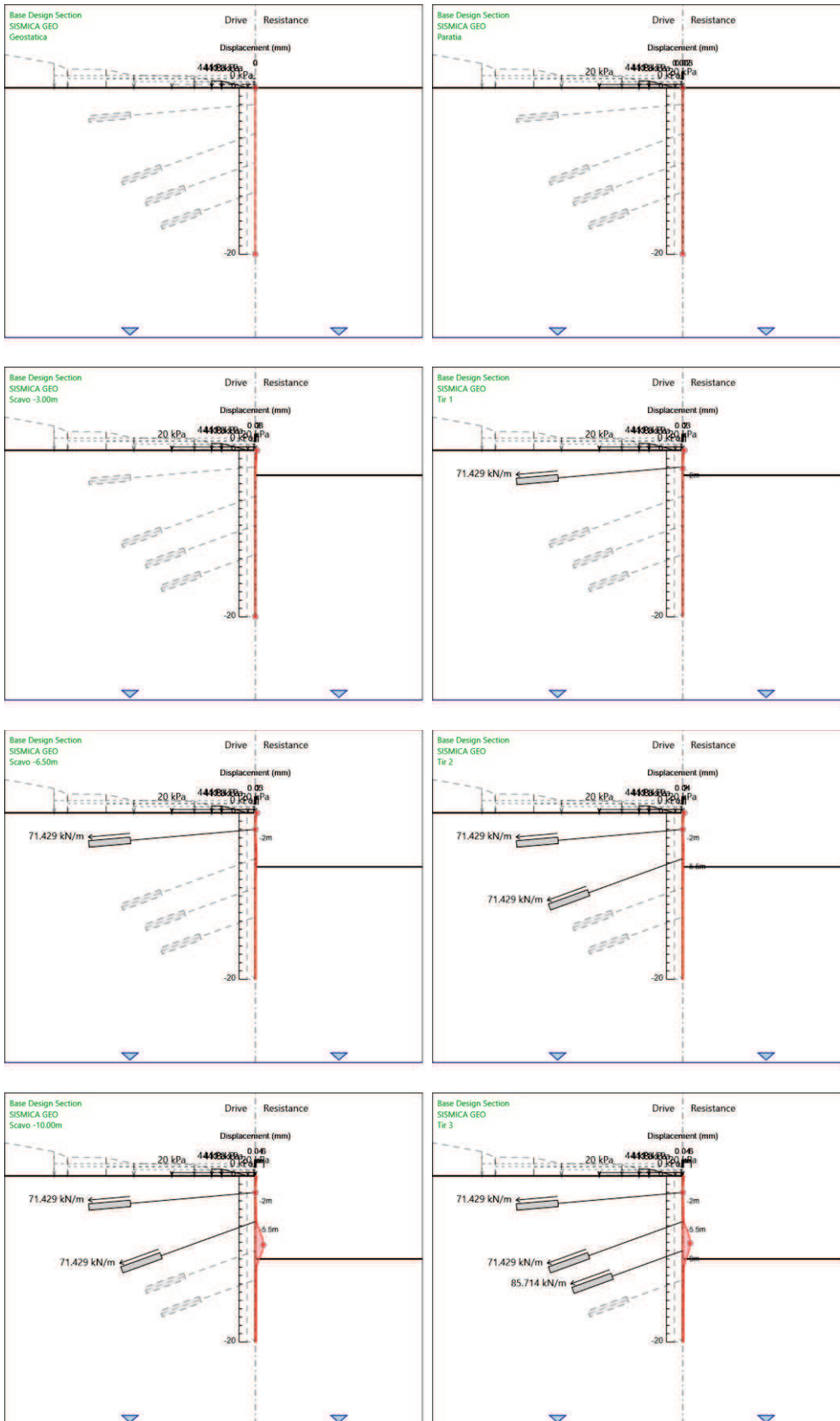
| Stage | Forza (kN/m) |
|--------------|---------------------|
| Tir 4 | 92.86 |
| Fondo scavo | 94.82982 |
| SISMA STR | 108.6701 |

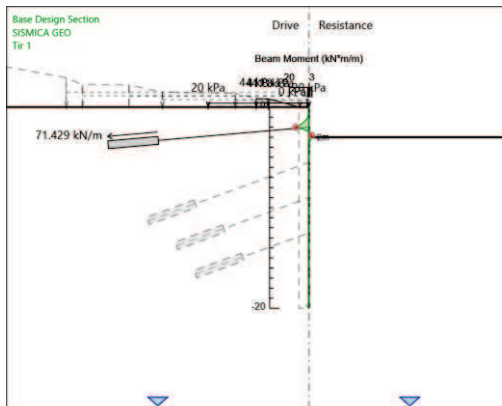
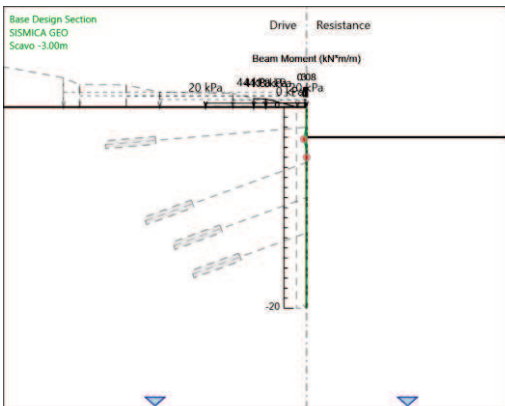
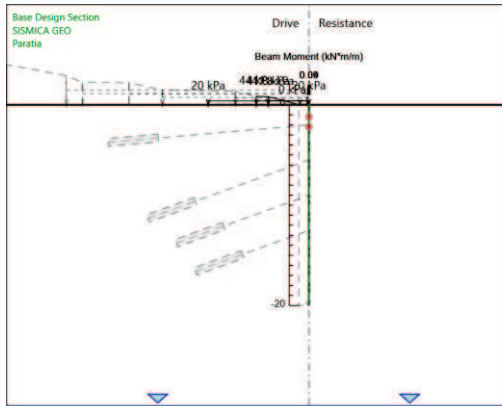
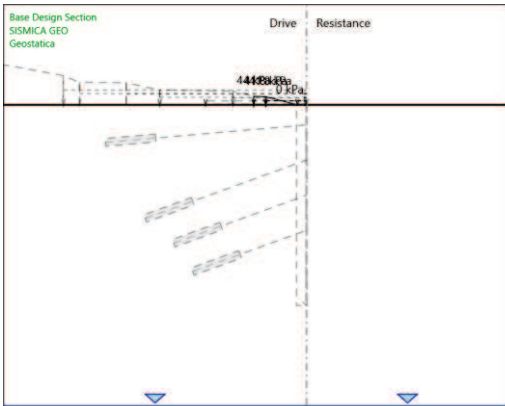
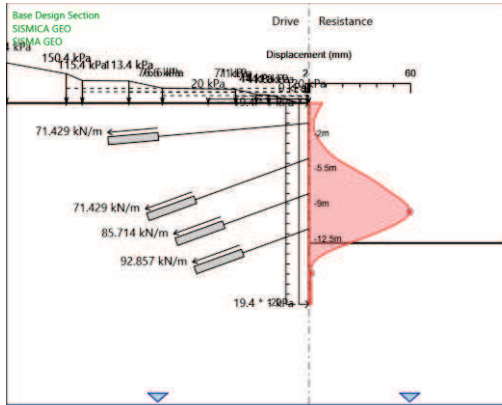
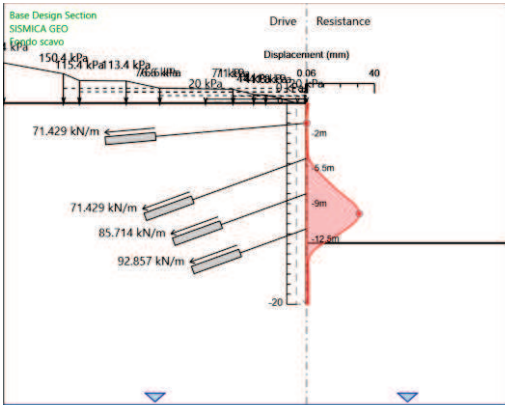
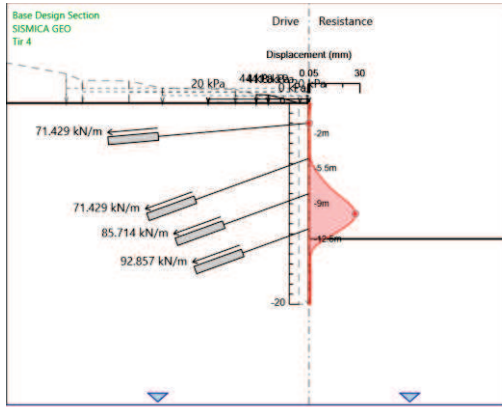
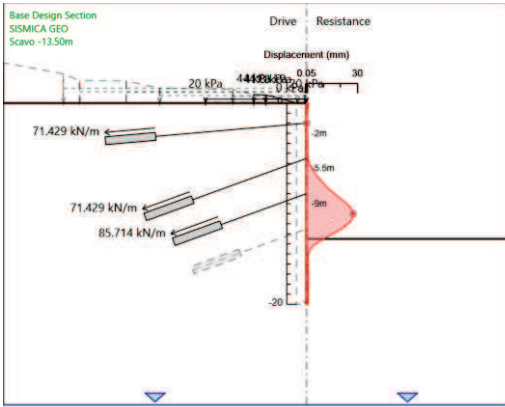
Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR1

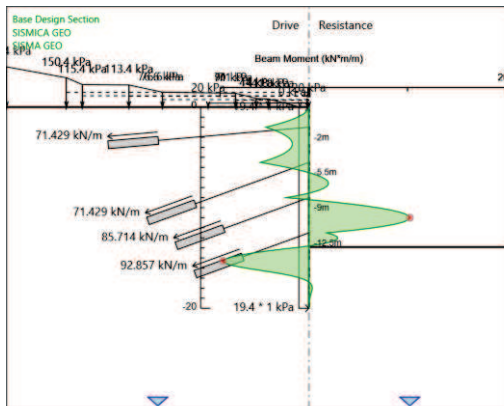
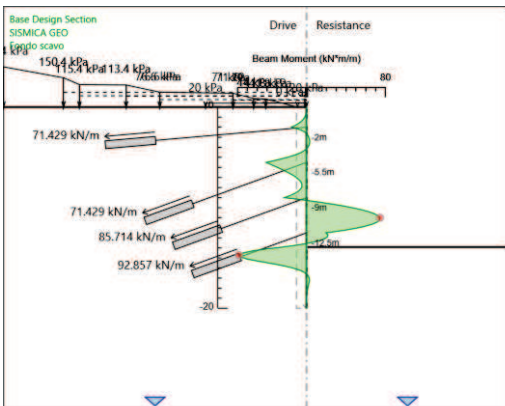
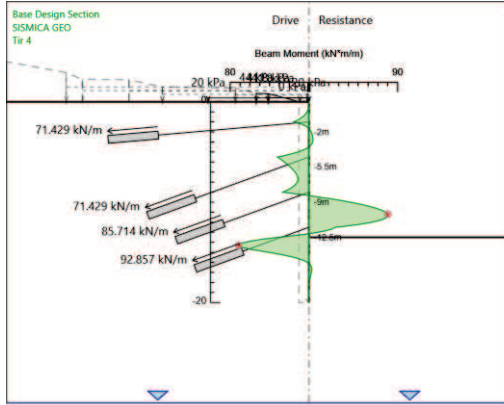
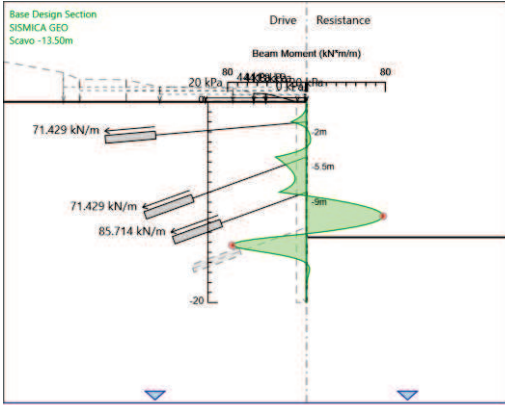
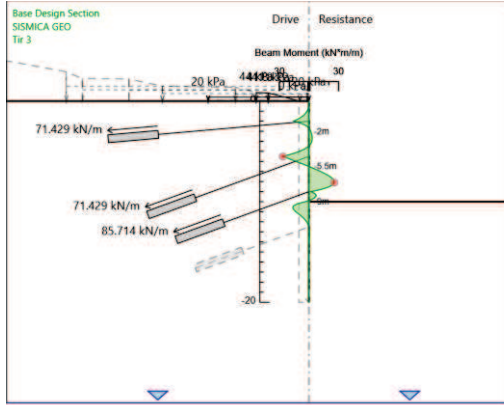
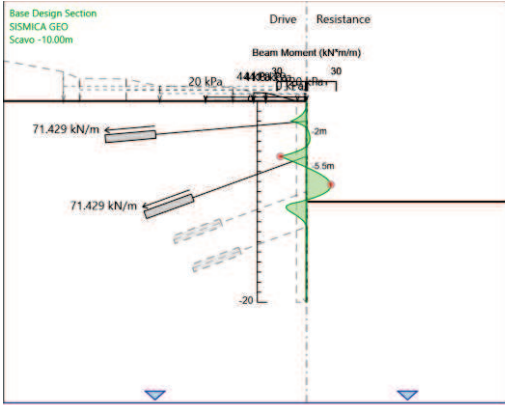
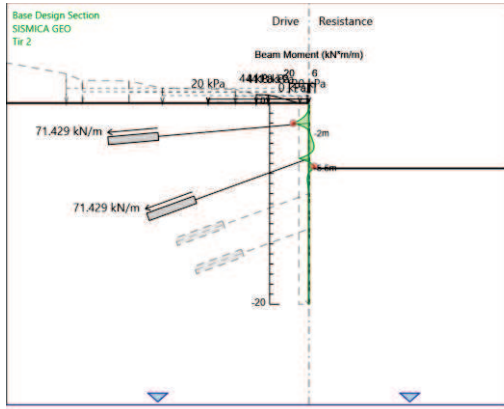
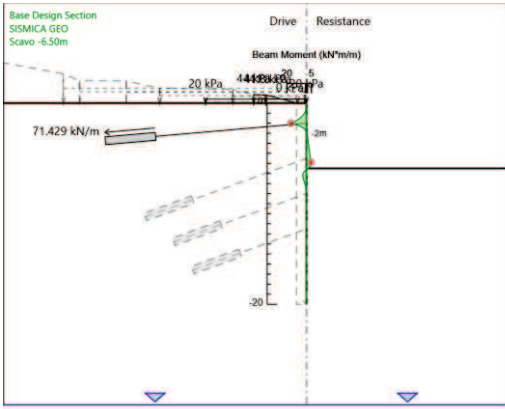
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.50m | 71.41199 |
| Tir 2 | 71.42875 |
| Scavo -10.00m | 71.43515 |
| Tir 3 | 71.43434 |
| Scavo -13.50m | 71.43362 |
| Tir 4 | 71.43363 |
| Fondo scavo | 71.45019 |
| SISMA STR | 73.3102 |

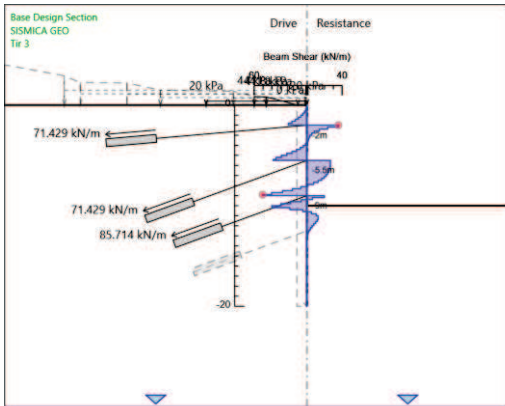
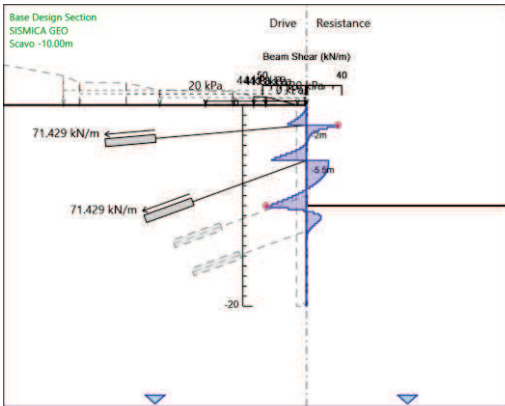
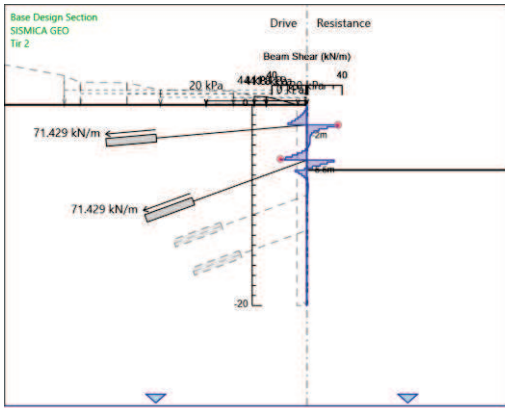
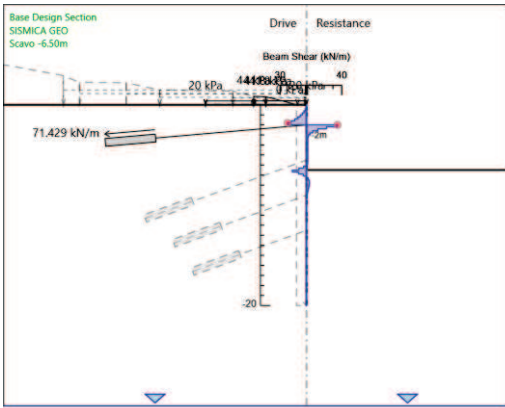
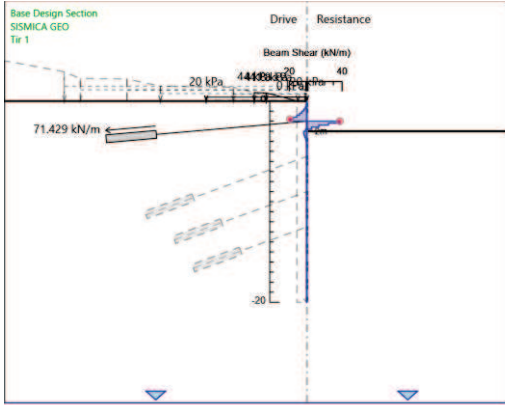
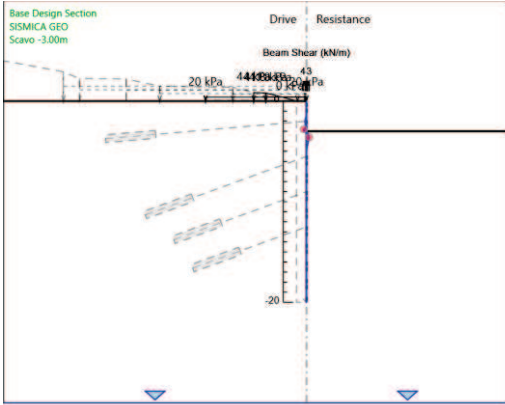
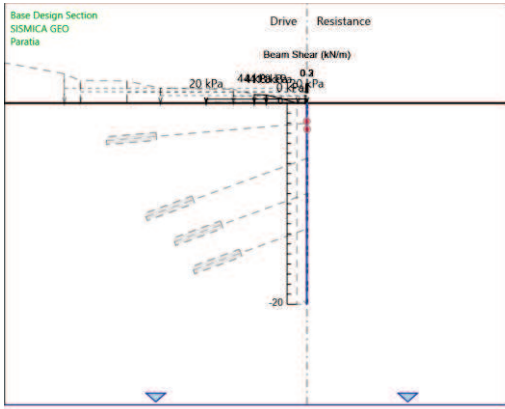
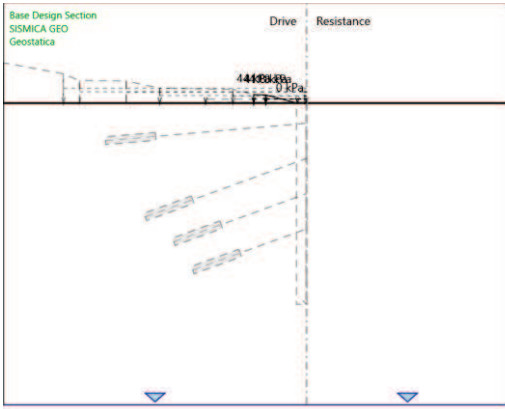
7.1. Risultati SISMICA GEO

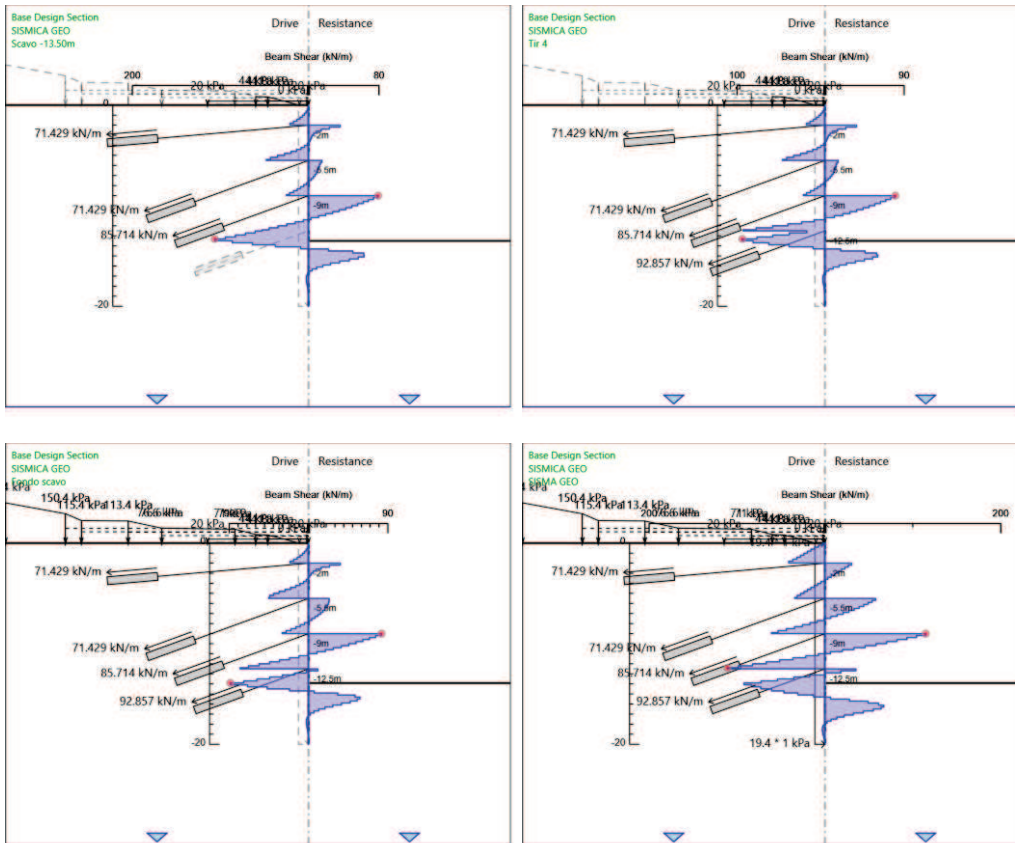
Tabella Grafici dei Risultati











Risultati Elementi strutturali - SISMICA GEO

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |
| Scavo -10.00m | 72.11205 |
| Tir 3 | 72.19231 |
| Scavo -13.50m | 71.86951 |
| Tir 4 | 71.88879 |
| Fondo scavo | 73.0687 |
| SISMA GEO | 101.3927 |

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR3

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|---------------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Scavo -13.50m | 114.7729 |
| Tir 4 | 115.3582 |
| Fondo scavo | 125.2393 |
| SISMA GEO | 194.9488 |

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR4

| Stage | Forza (kN/m) |
|--------------|---------------------|
| Tir 4 | 92.86 |
| Fondo scavo | 104.4741 |
| SISMA GEO | 168.9012 |

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR1

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|---------------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.50m | 71.41106 |
| Tir 2 | 71.42822 |
| Scavo -10.00m | 71.44373 |
| Tir 3 | 71.44238 |
| Scavo -13.50m | 71.45509 |
| Tir 4 | 71.45564 |
| Fondo scavo | 71.47208 |
| SISMA GEO | 75.90787 |

2. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Muro di sinistra

Sezione : Micropali/0.40m

Area equivalente : 0.0184298855607986 m

Inerzia equivalente : 0 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.22 m

Efficacia : 0.8

Materiale acciaio : S275

Sezione : CHS139.7*8

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.008 m

Diametro : 0.1397 m

3. Fasi di Calcolo

Geostatica

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 : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Paratia

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 : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Scavo -3.30m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tir 1

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -3.3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-3.3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.3 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 11 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Scavo -6.80m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.8 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.3 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 11 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tir 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-6.8 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.8 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.3 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 11 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Scavo -10.30m

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10.3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-10.3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.8 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.3 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 11 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tir 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10.3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-10.3 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.8 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m
Z : -9.3 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 5 m
Precarico : 240 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m
Z : -2.3 m
Lunghezza bulbo : 5 m
Diametro bulbo : 0.16 m
Lunghezza libera : 11 m
Precarico : 200 kN
Angolo : 20 °
Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli
Numero di barre : 3
Diametro : 0.01331 m
Area : 0.000417 m²

Fondo scavo

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -10.71 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-10.71 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -30 m

Falda di destra : -30 m

Carichi

Carico lineare in superficie : Carico mezzi

X iniziale : -10 m

X finale : 0 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno

X iniziale : -2.52 m

X finale : -0.9 m

Pressione iniziale : 21.6 kPa

Pressione finale : 0 kPa

Carico lineare in superficie : Profilo terreno 2

X iniziale : -30 m

X finale : -2.52 m

Pressione iniziale : 36.8 kPa

Pressione finale : 21.6 kPa

Elementi strutturali

Paratia : Paratia

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : Micropali/0.40m

Tirante : TIR2

X : 0 m

Z : -5.8 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 8 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR3

X : 0 m

Z : -9.3 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 5 m

Precarico : 240 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

Numero di barre : 3

Diametro : 0.01331 m

Area : 0.000417 m²

Tirante : TIR1

X : 0 m

Z : -2.3 m

Lunghezza bulbo : 5 m

Diametro bulbo : 0.16 m

Lunghezza libera : 11 m

Precarico : 200 kN

Angolo : 20 °

Sezione : 3 Trefoli

Tipo di barre : Barre trefoli

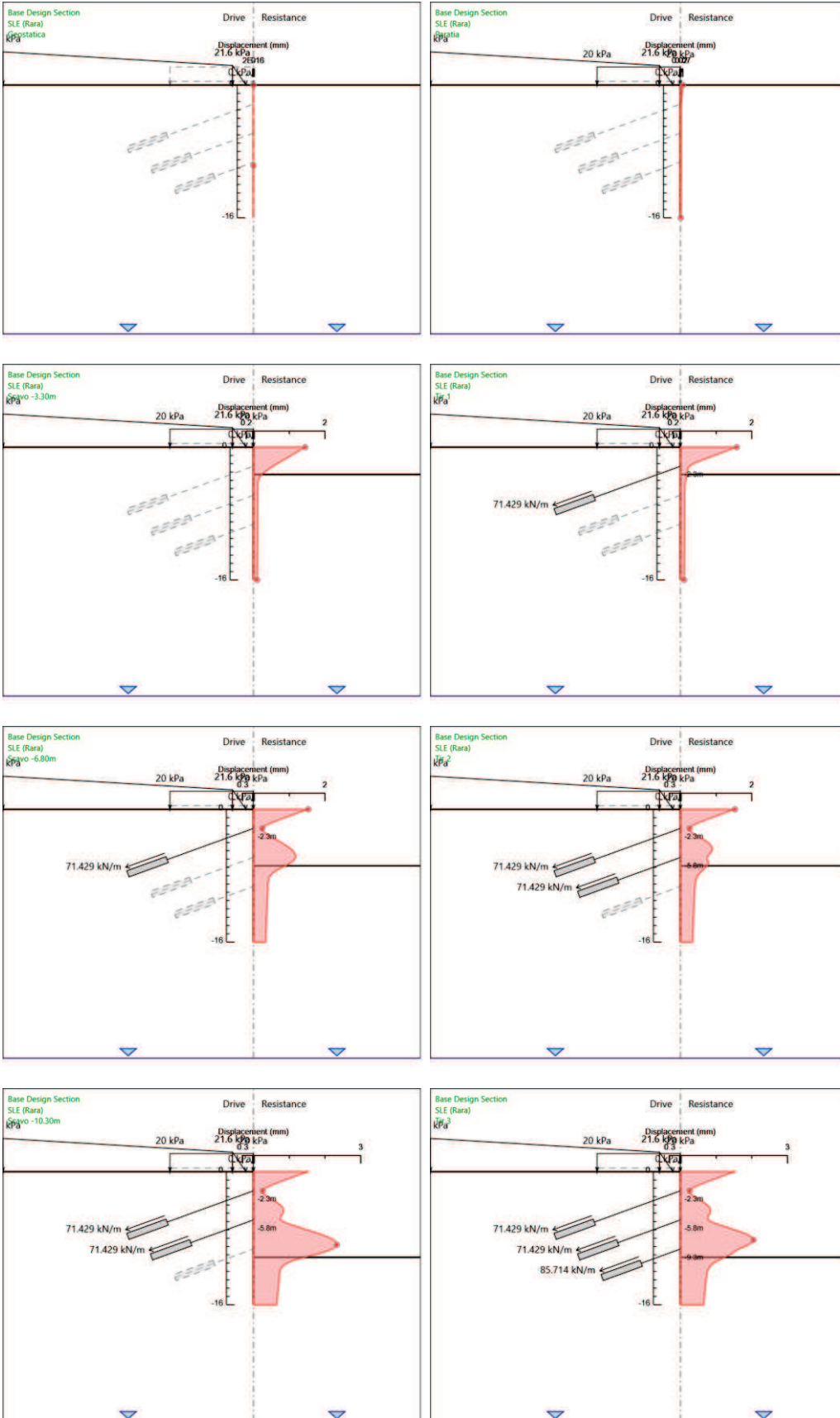
Numero di barre : 3

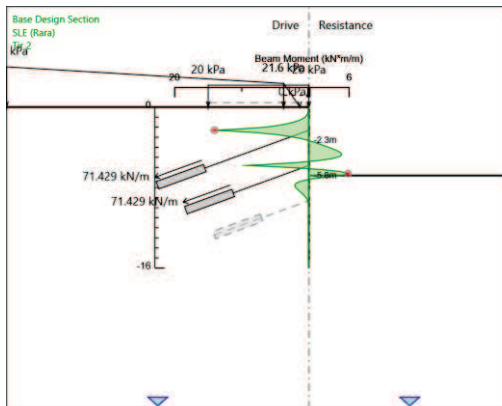
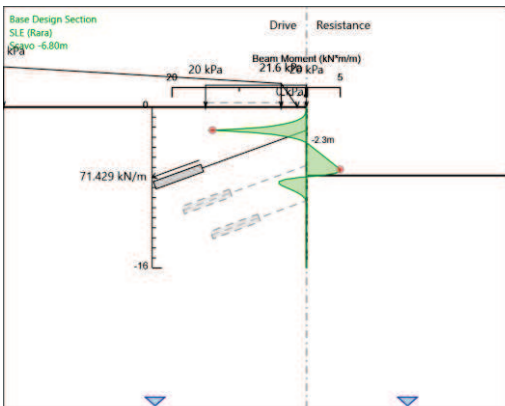
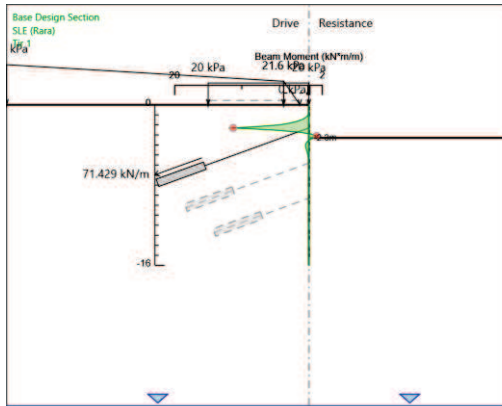
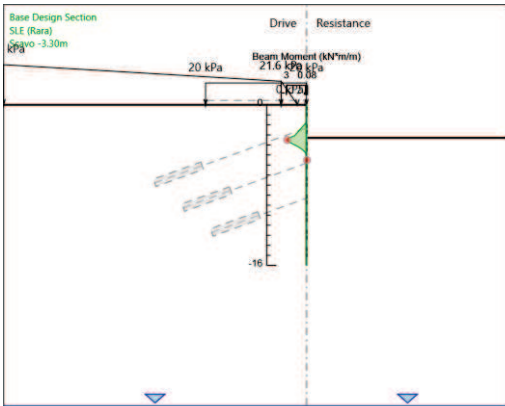
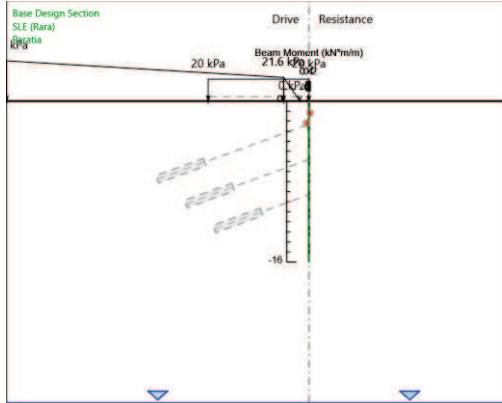
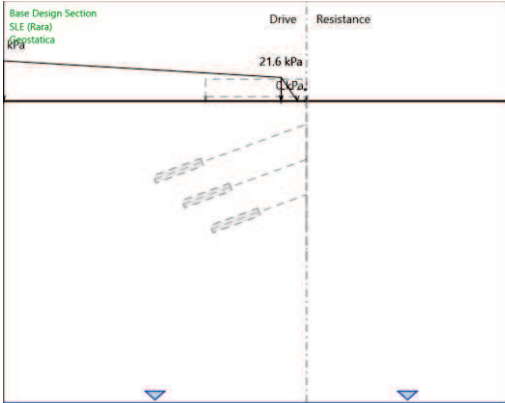
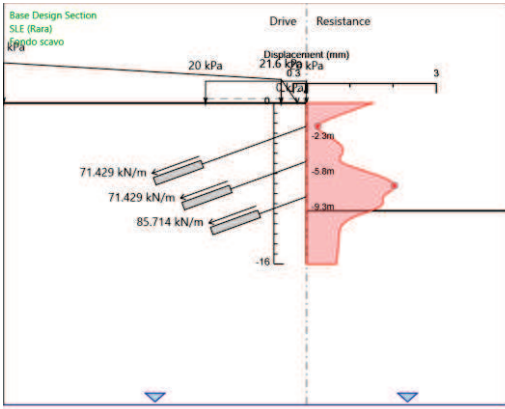
Diametro : 0.01331 m

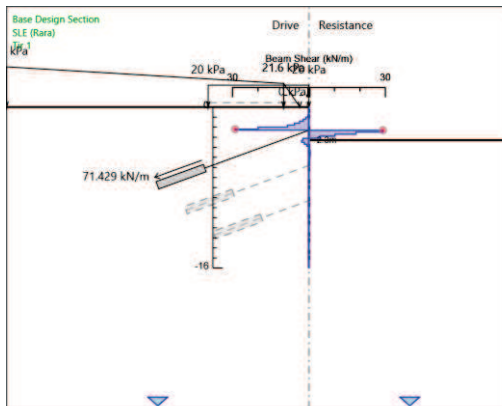
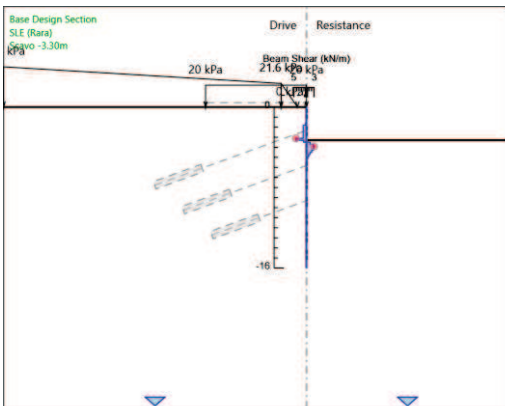
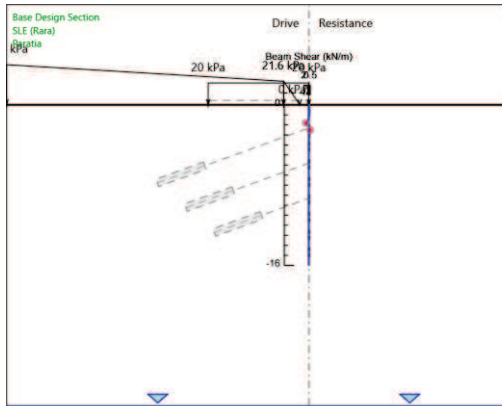
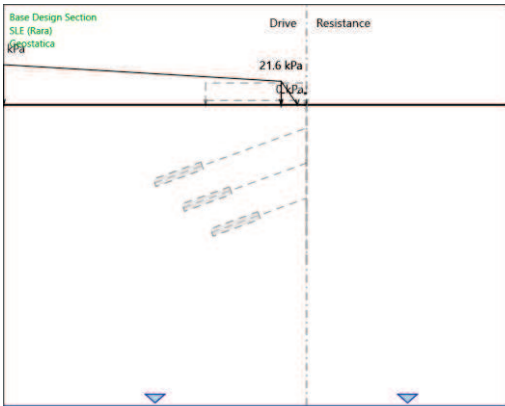
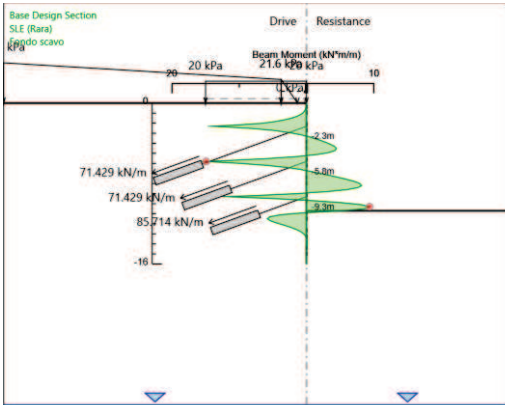
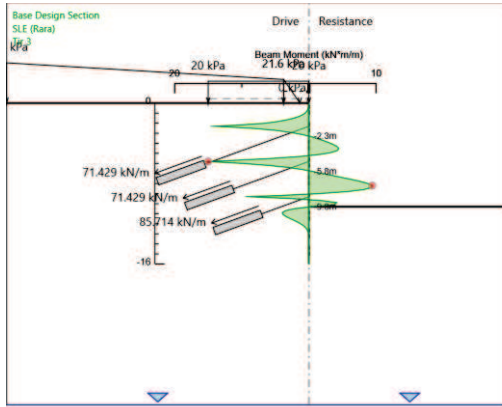
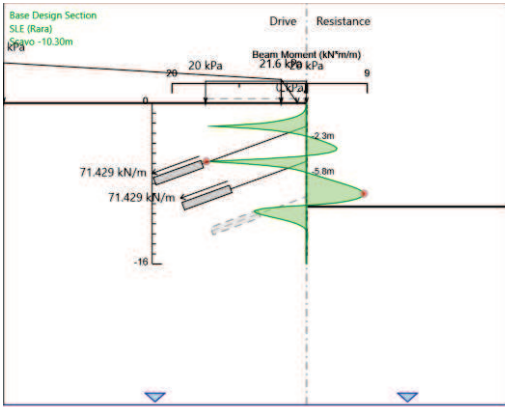
Area : 0.000417 m²

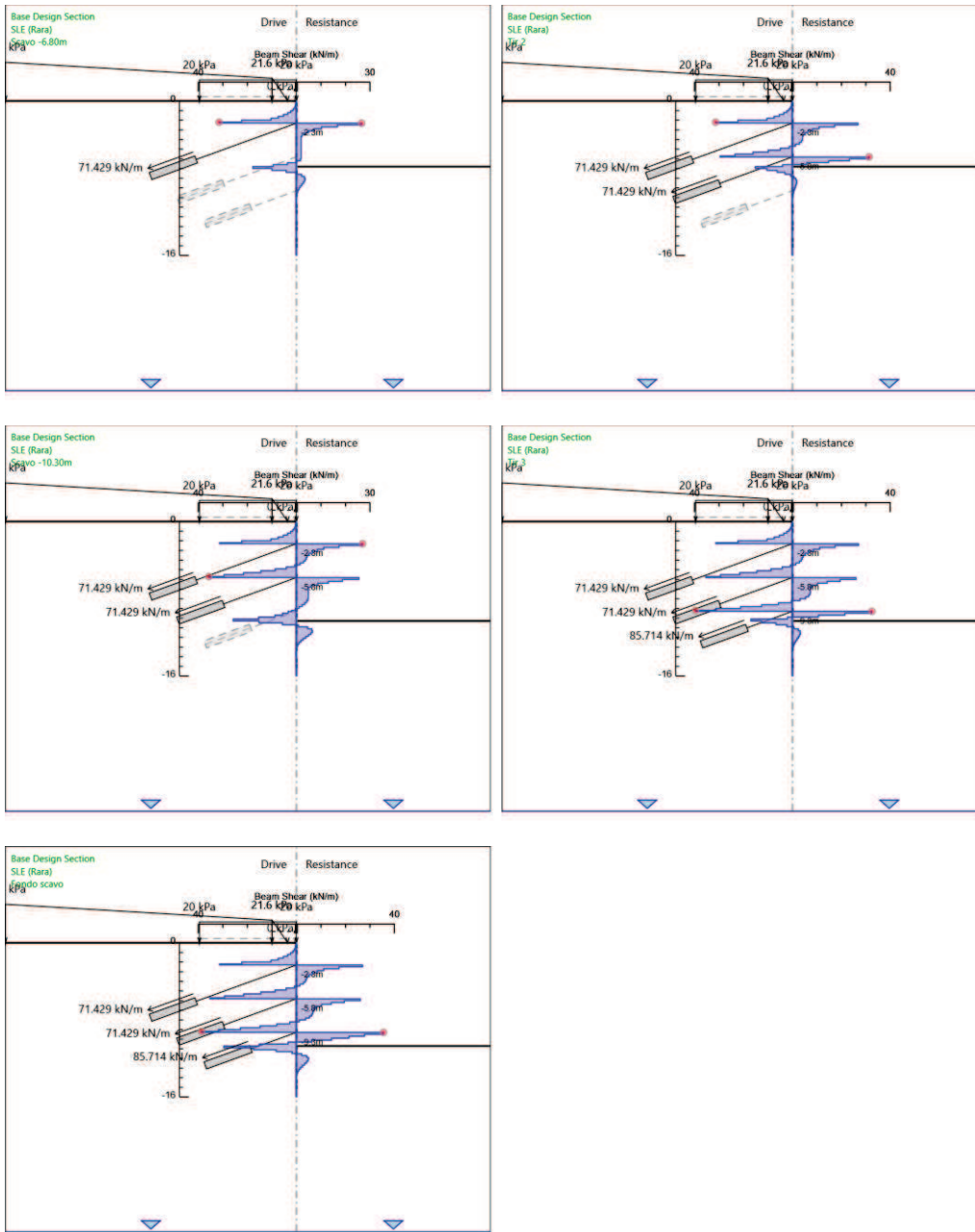
4. Risultati SLE (Rara)

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - SLE (Rara)

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |
| Scavo -10.30m | 71.47652 |
| Tir 3 | 71.51149 |
| Fondo scavo | 71.51195 |

Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR3

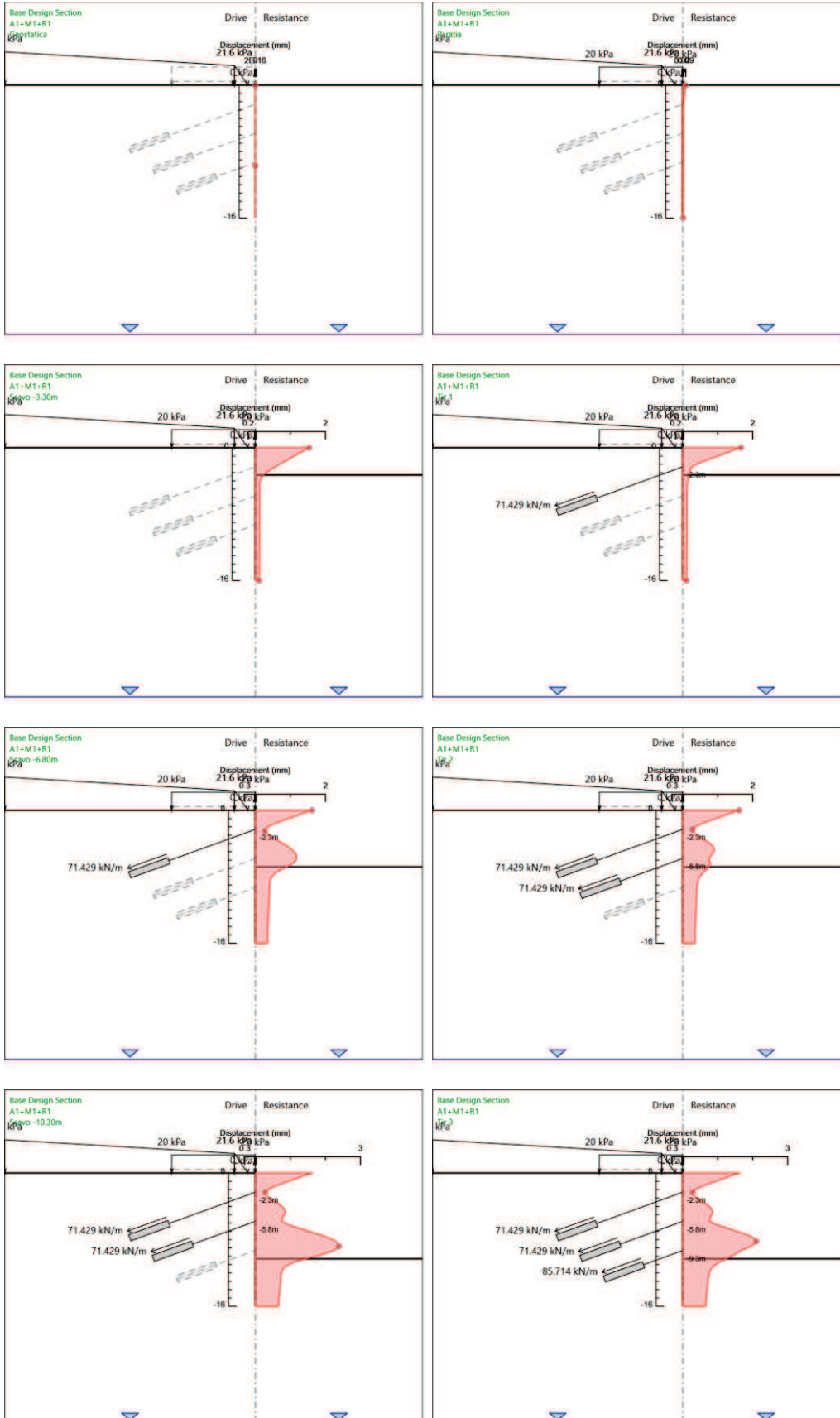
| Stage | Forza (kN/m) |
|--------------|---------------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Fondo scavo | 86.22071 |

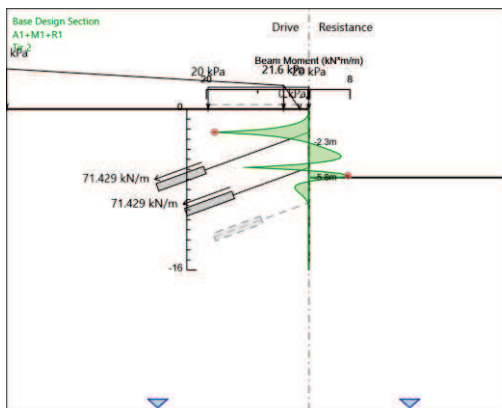
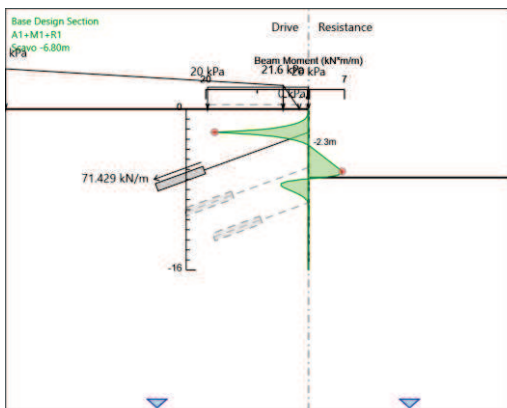
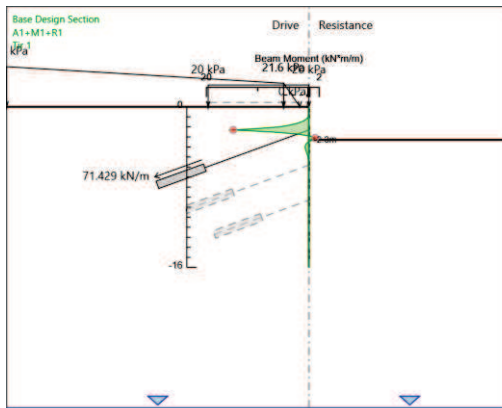
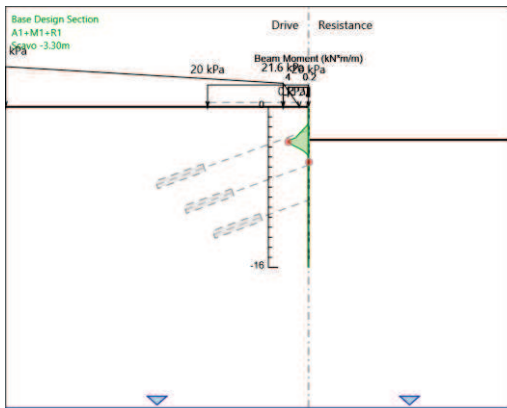
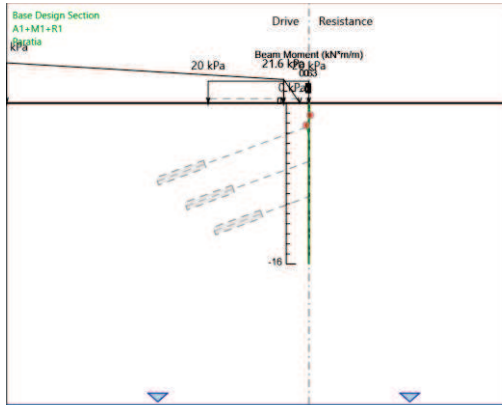
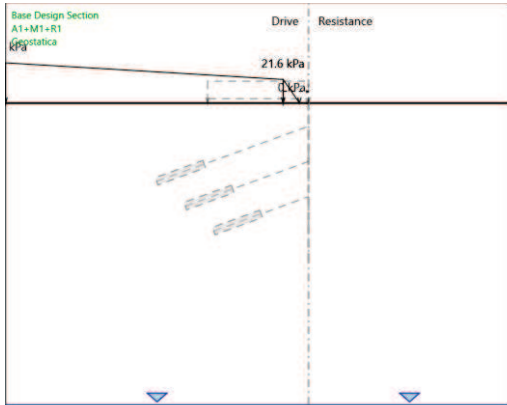
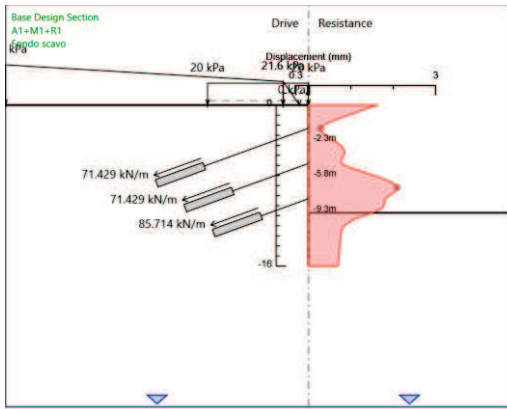
Design Assumption: SLE (Rara) Sollecitazione TIR1

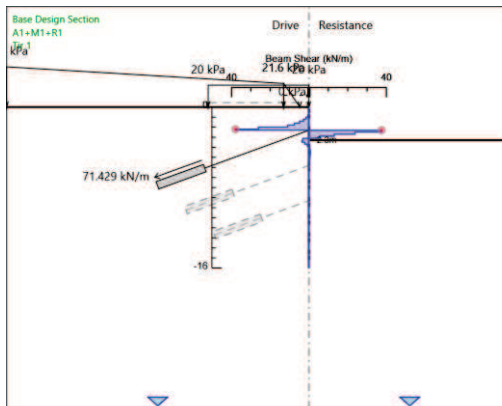
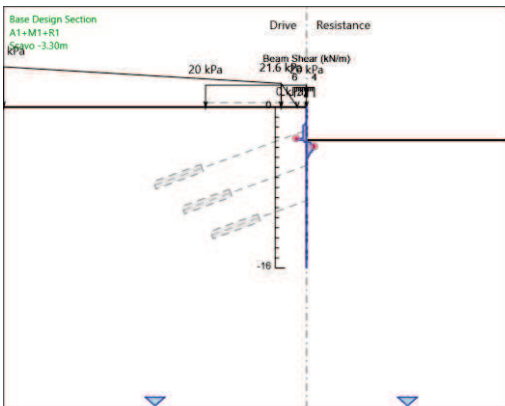
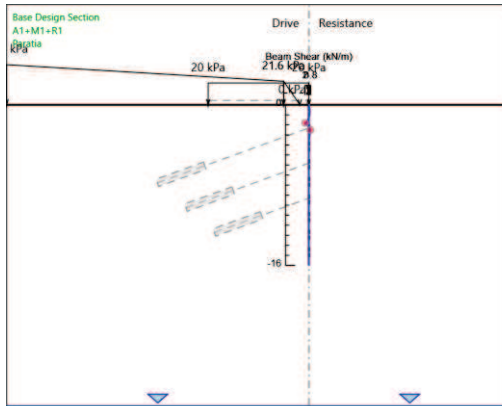
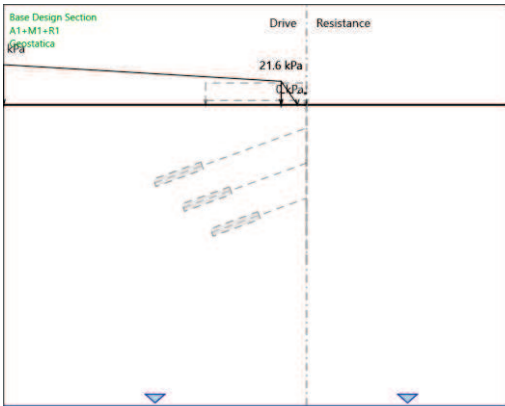
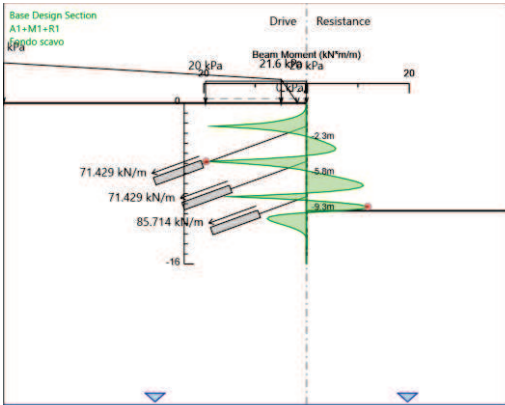
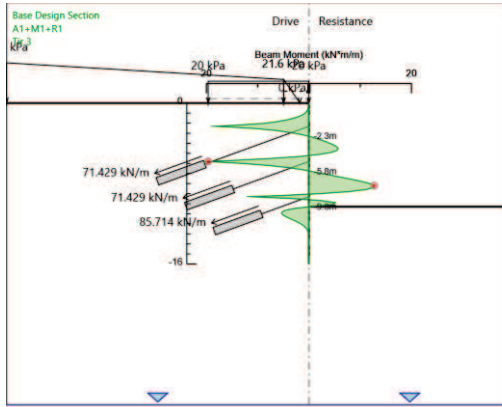
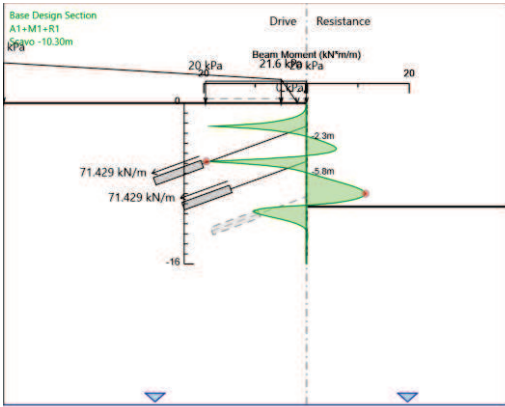
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|---------------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.80m | 71.43142 |
| Tir 2 | 71.44684 |
| Scavo -10.30m | 71.45293 |
| Tir 3 | 71.45286 |
| Fondo scavo | 71.45277 |

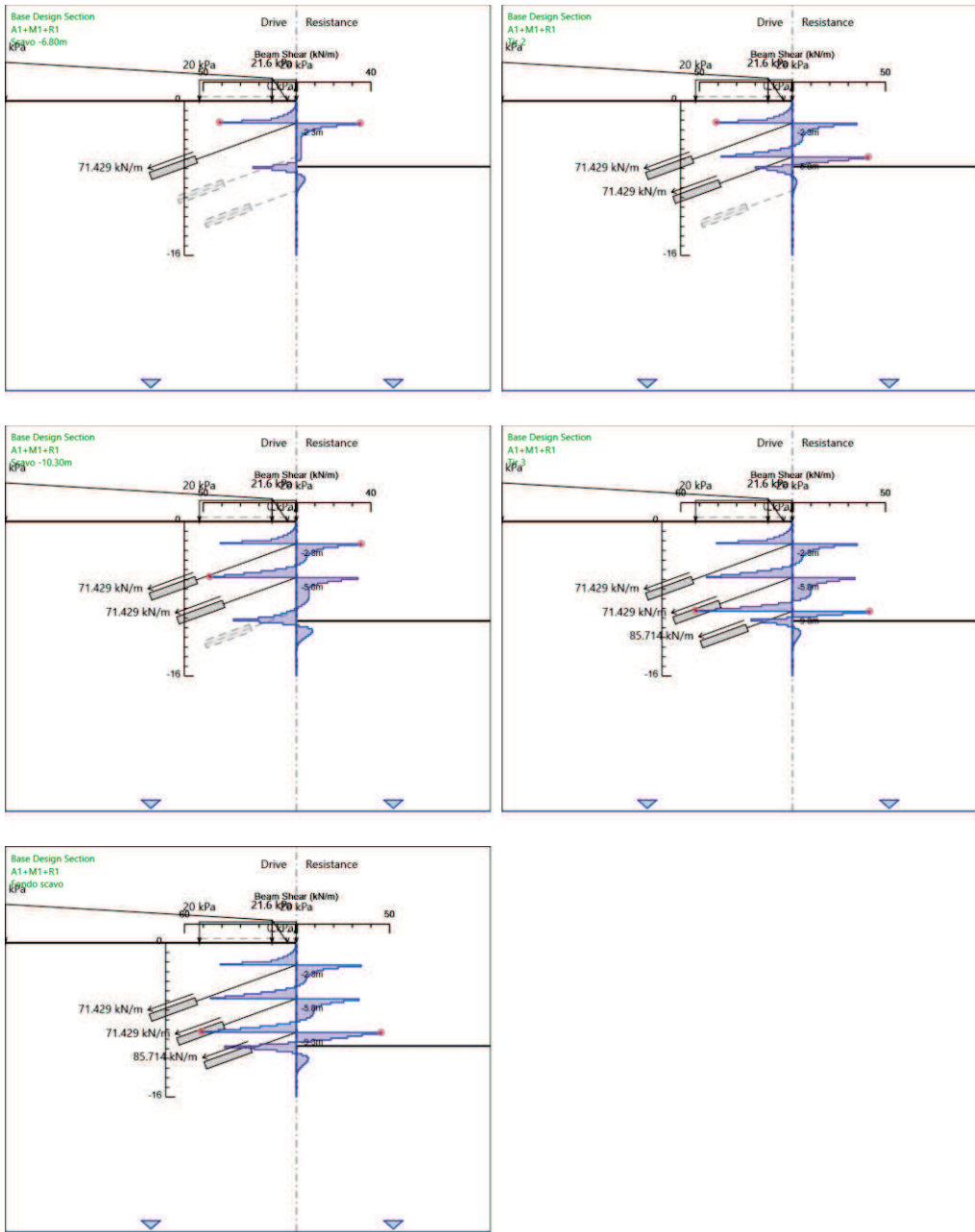
5. Risultati A1+M1+R1

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - A1+M1+R1

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 92.859 |
| Scavo -10.30m | 92.920672 |
| Tir 3 | 92.966133 |
| Fondo scavo | 92.966718 |

Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR3

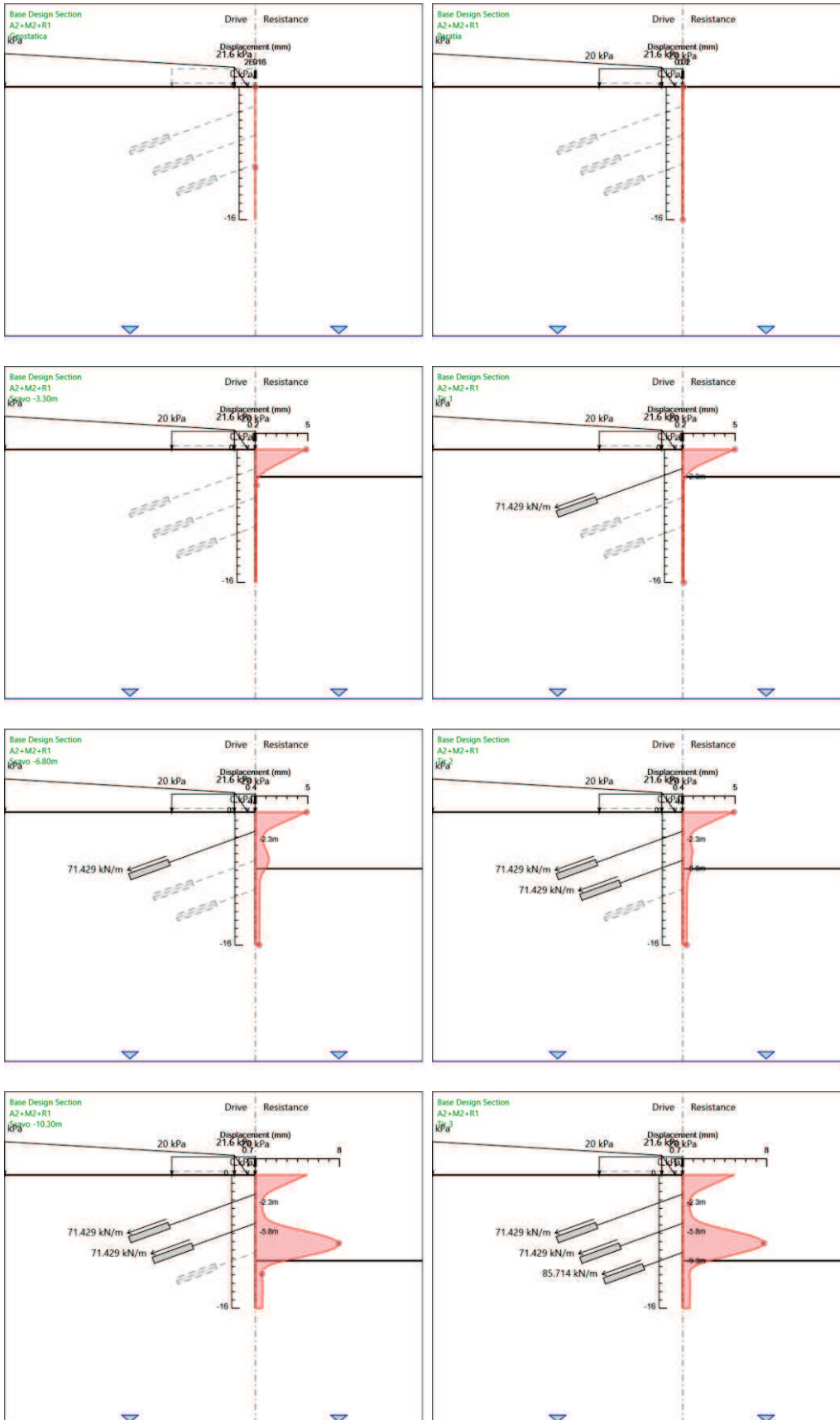
| Stage | Forza (kN/m) |
|-------------|--------------|
| Tir 3 | 111.423 |
| Fondo scavo | 112.091681 |

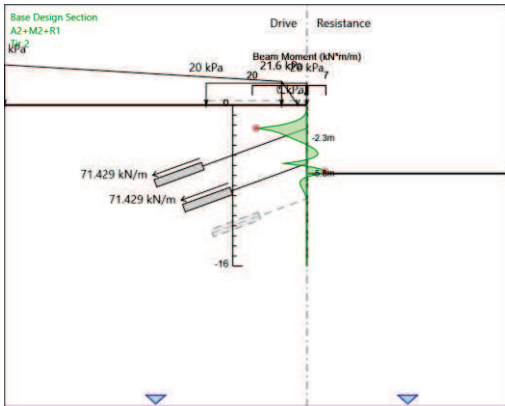
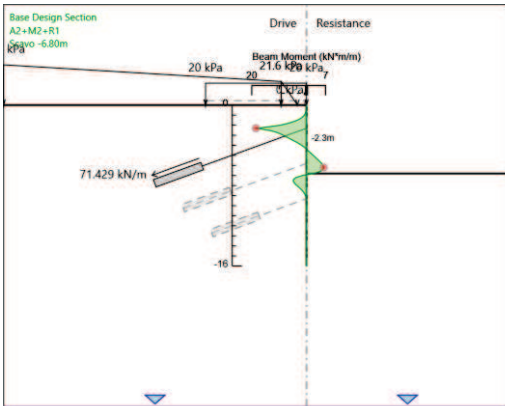
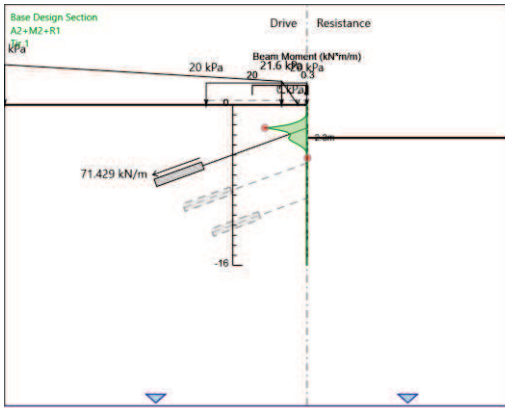
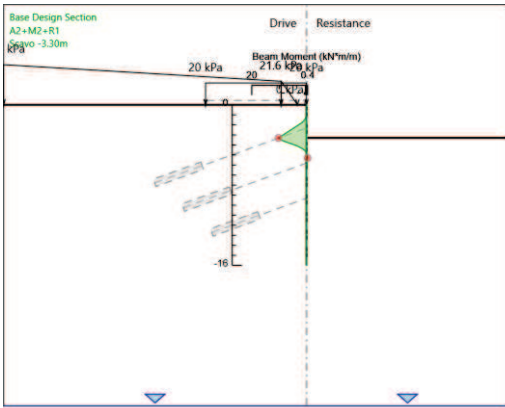
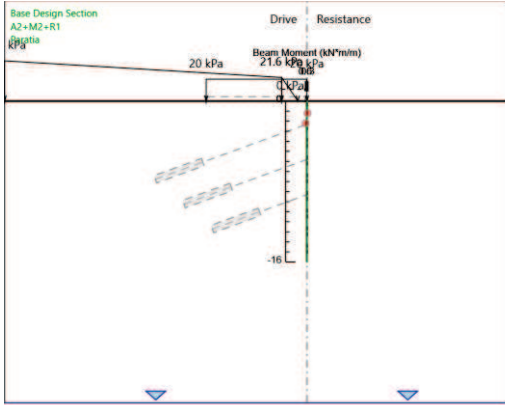
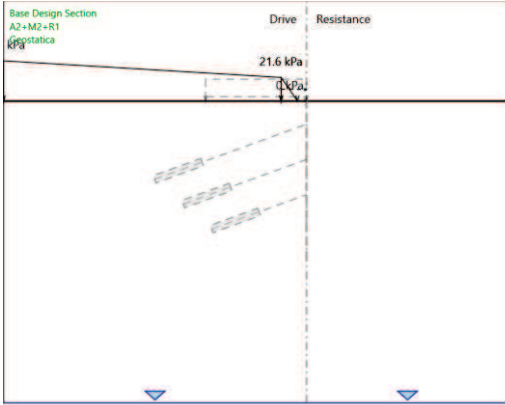
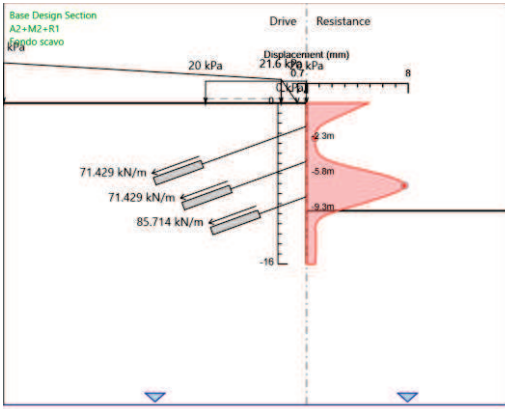
Design Assumption: A1+M1+R1 Sollecitazione TIR1

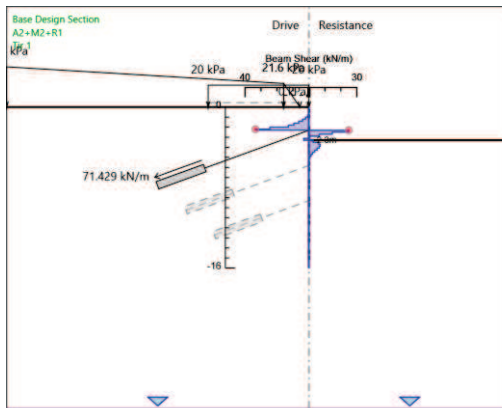
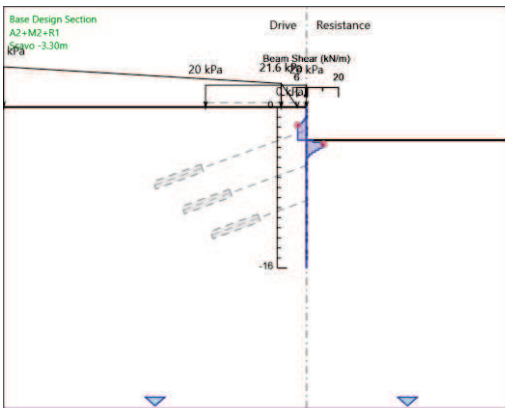
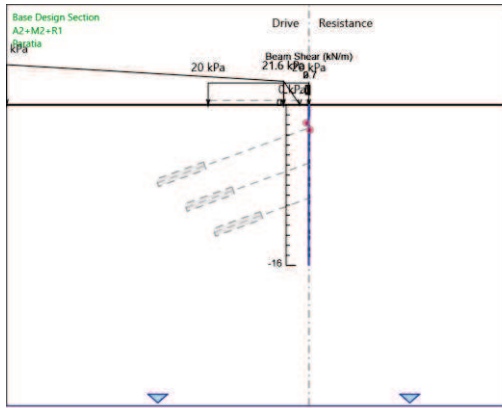
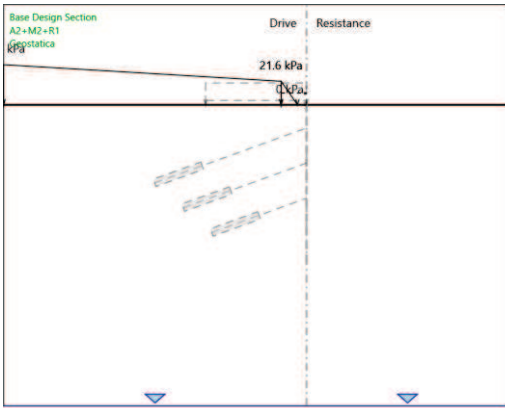
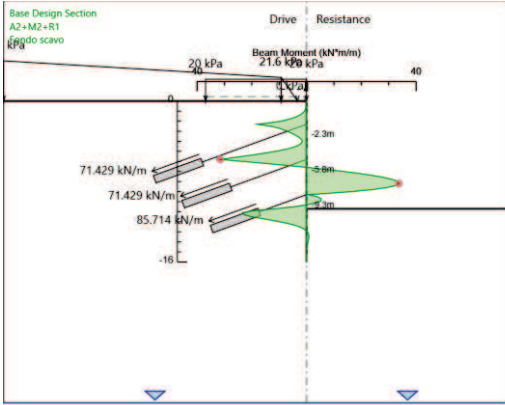
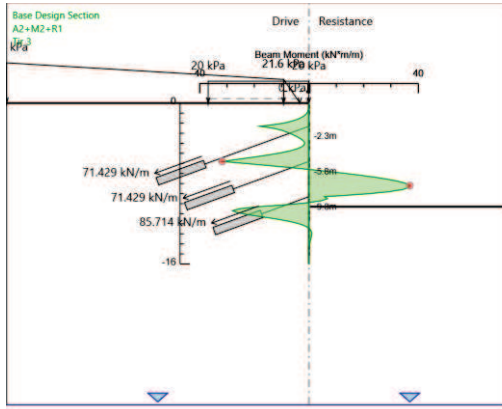
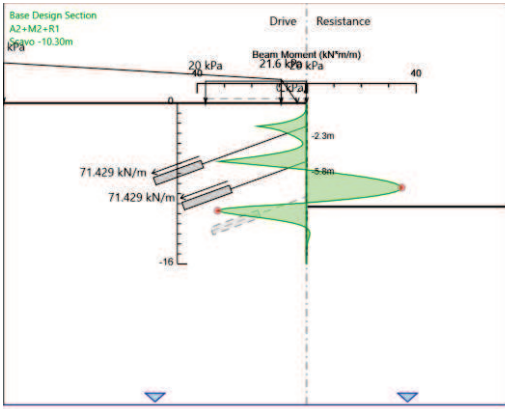
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 1 | 92.859 |
| Scavo -6.80m | 92.863355 |
| Tir 2 | 92.883401 |
| Scavo -10.30m | 92.891526 |
| Tir 3 | 92.891448 |
| Fondo scavo | 92.891318 |

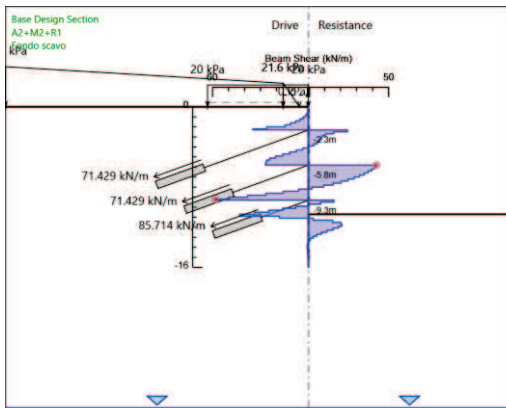
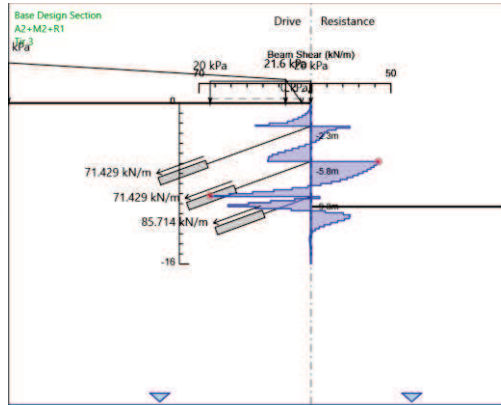
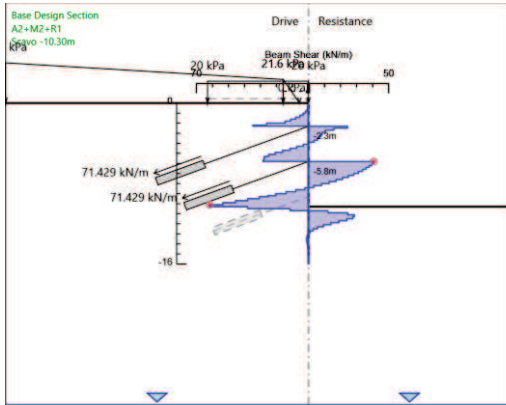
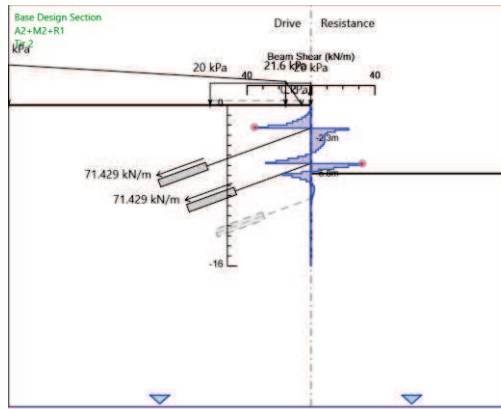
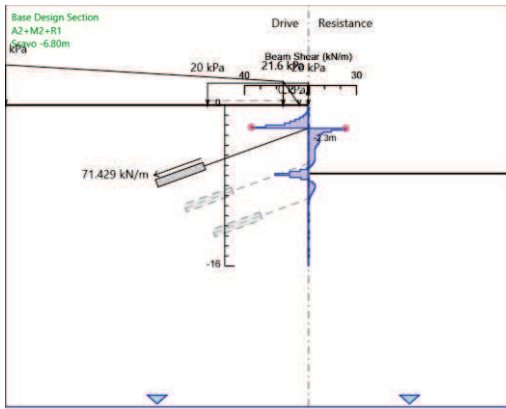
6. Risultati A2+M2+R1

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - A2+M2+R1

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |
| Scavo -10.30m | 74.21024 |
| Tir 3 | 74.3924 |
| Fondo scavo | 74.3888 |

Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR3

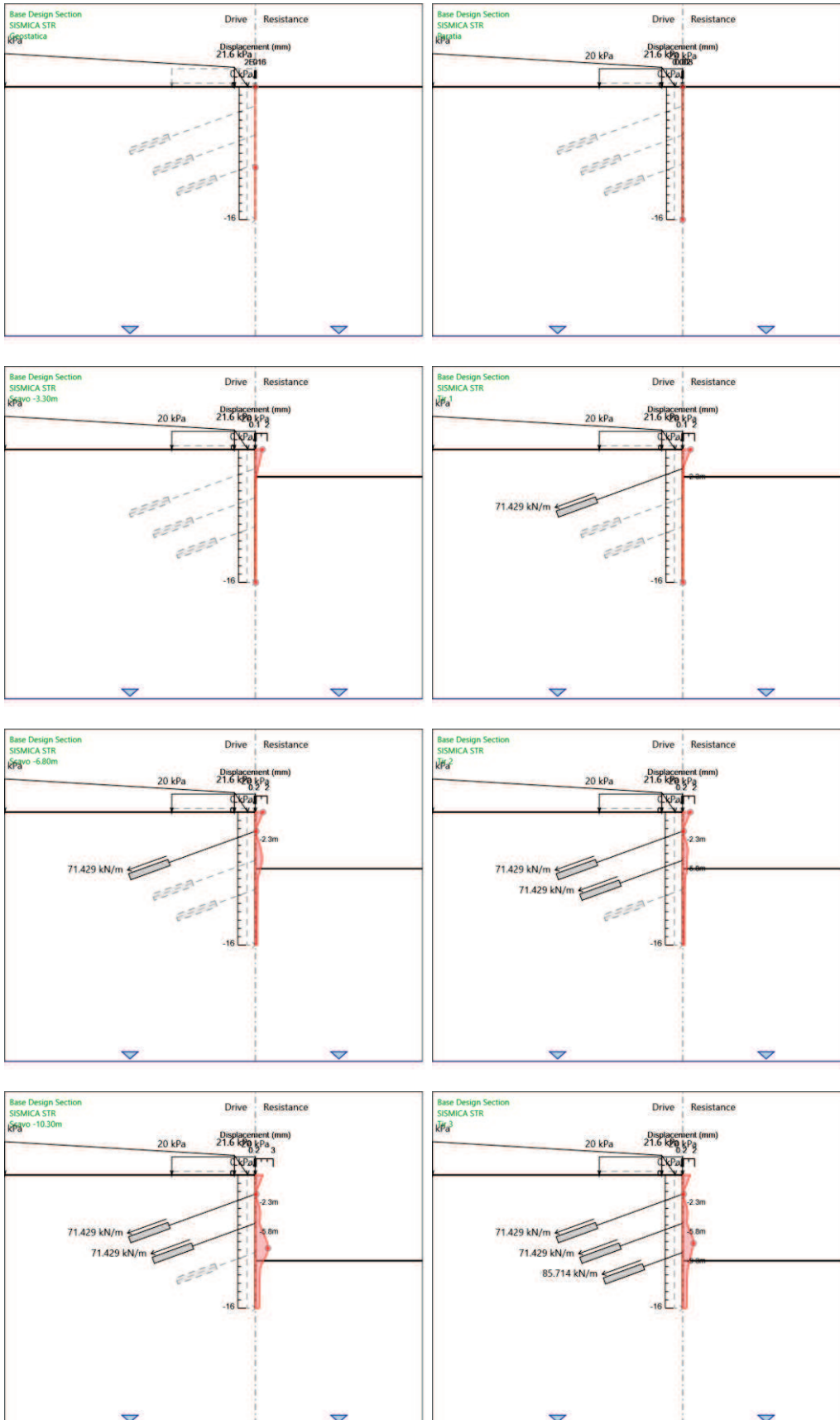
| Stage | Forza (kN/m) |
|-------------|--------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Fondo scavo | 87.07735 |

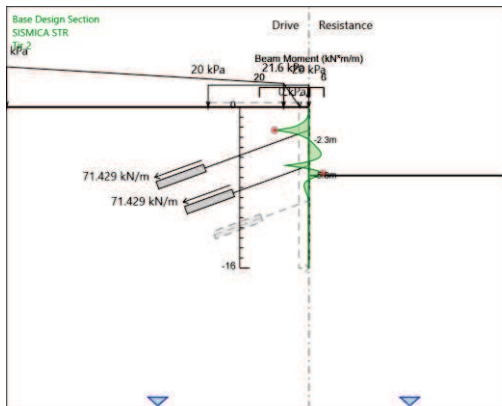
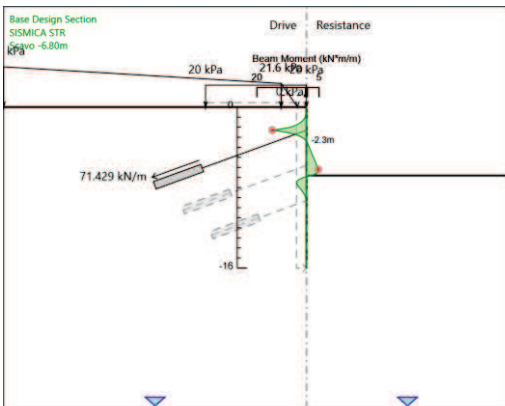
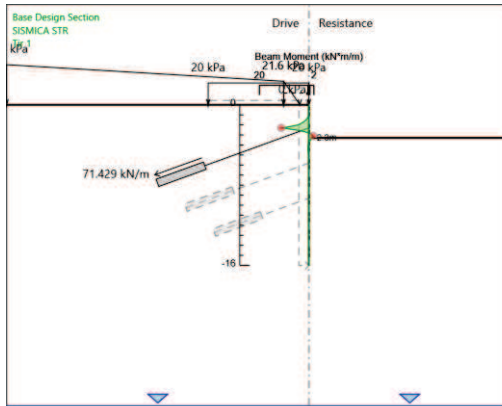
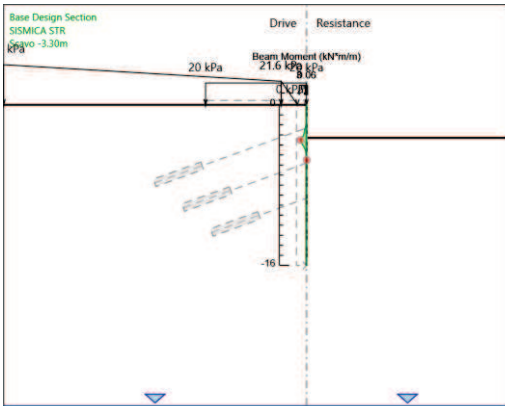
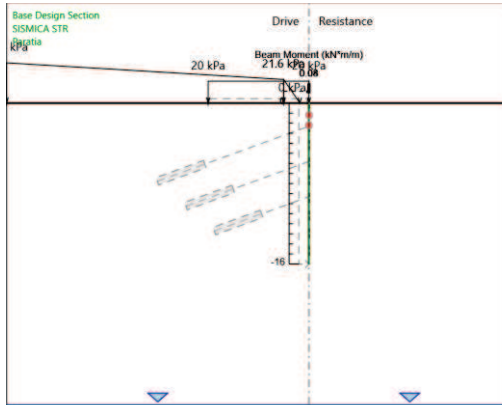
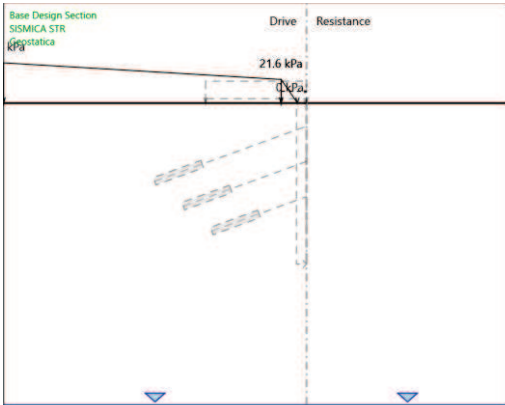
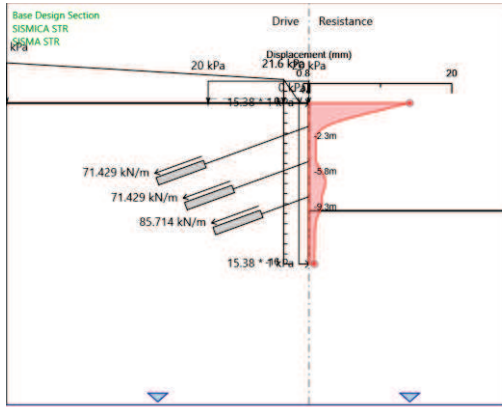
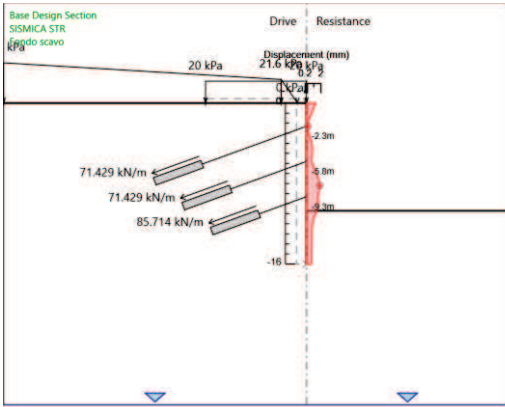
Design Assumption: A2+M2+R1 Sollecitazione TIR1

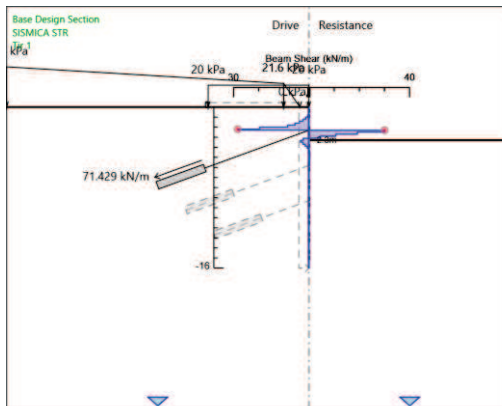
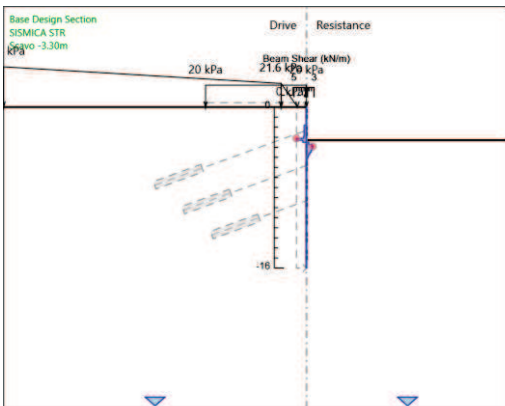
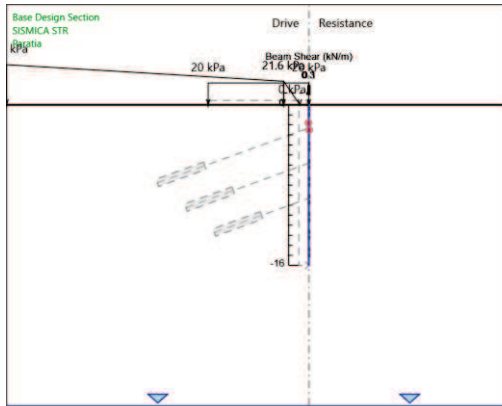
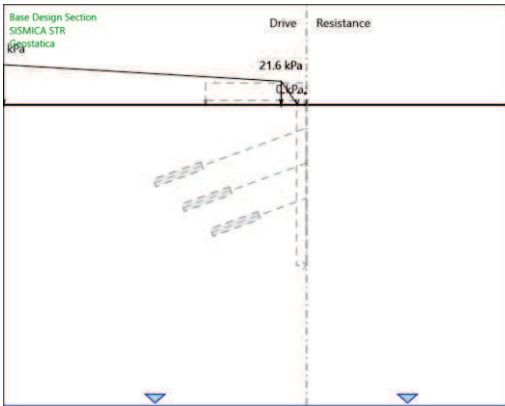
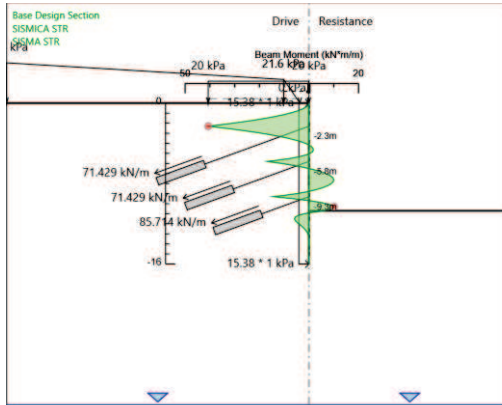
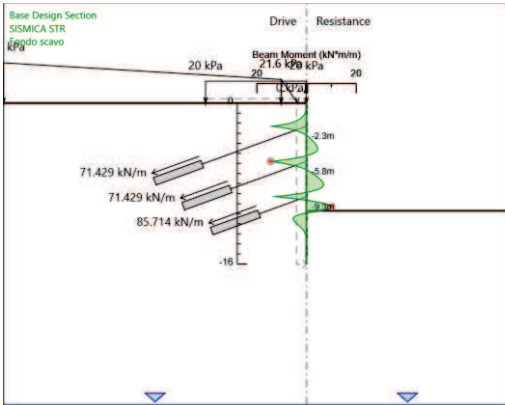
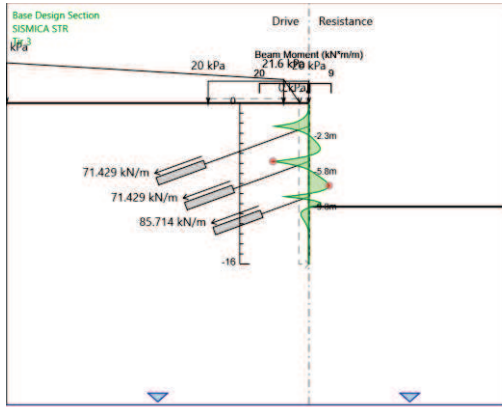
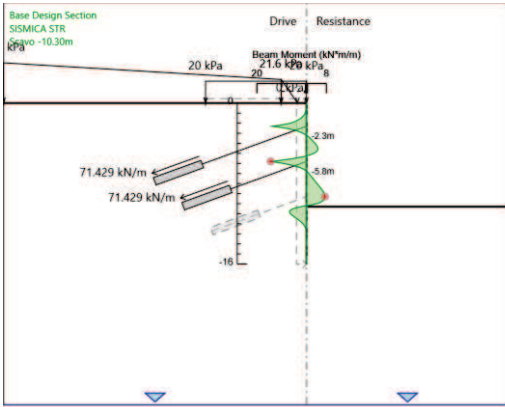
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.80m | 71.5005 |
| Tir 2 | 71.5288 |
| Scavo -10.30m | 71.53759 |
| Tir 3 | 71.53545 |
| Fondo scavo | 71.53522 |

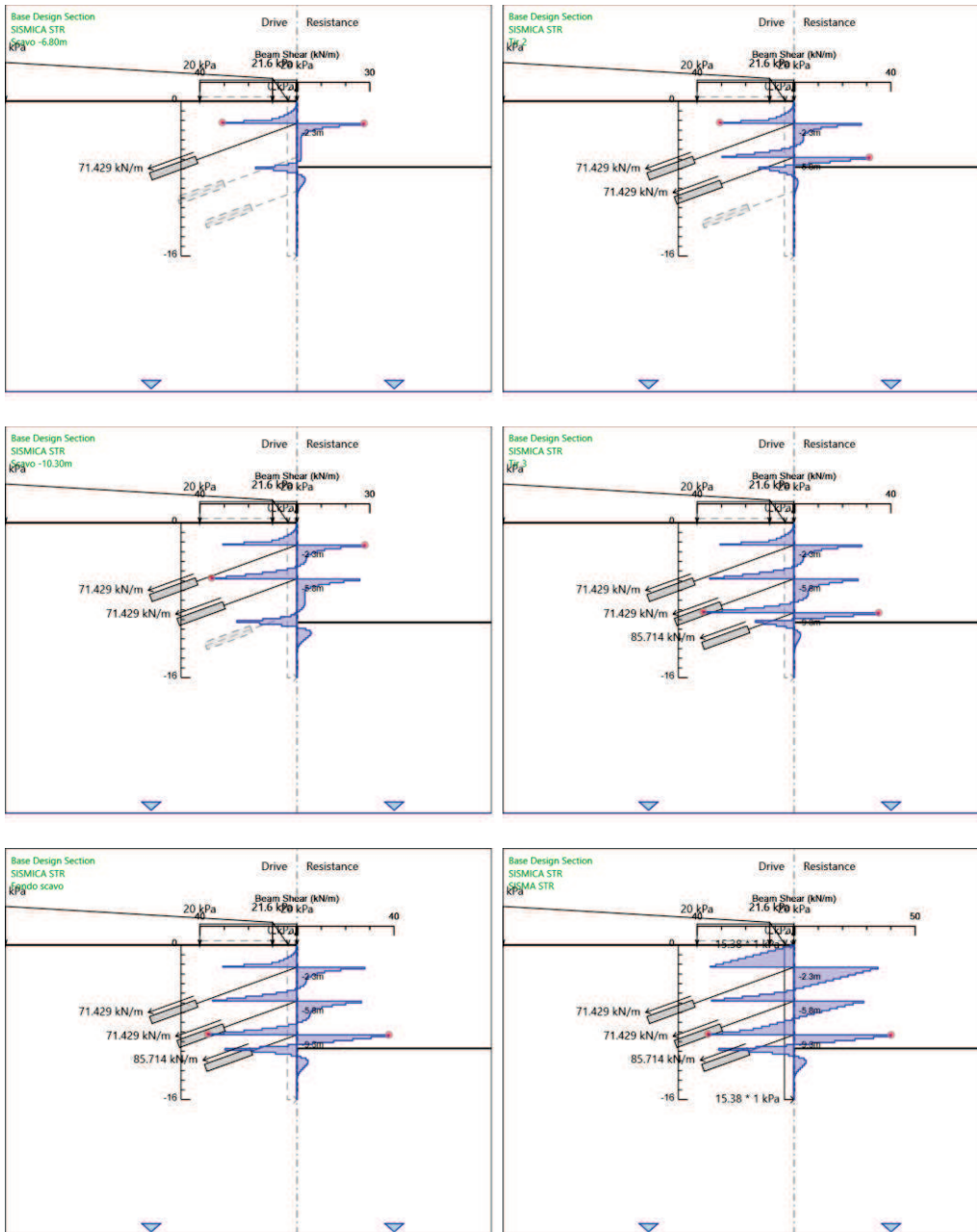
Risultati SISMICA STR

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - SISMICA STR

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |
| Scavo -10.30m | 71.47704 |
| Tir 3 | 71.50996 |
| Fondo scavo | 71.51043 |
| SISMA STR | 72.19722 |

Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR3

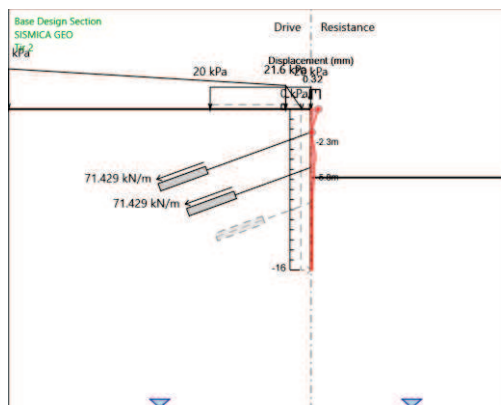
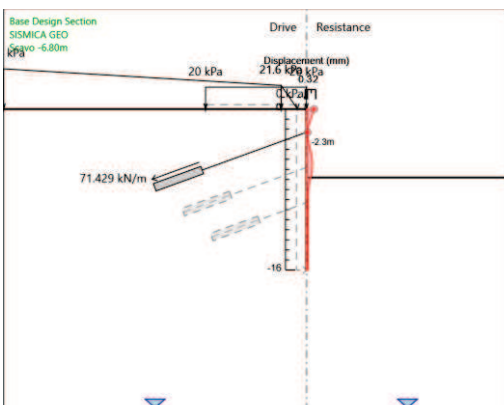
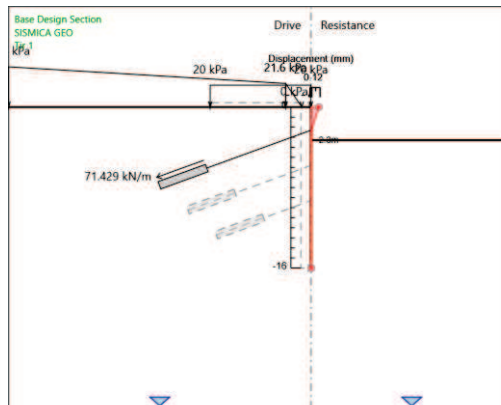
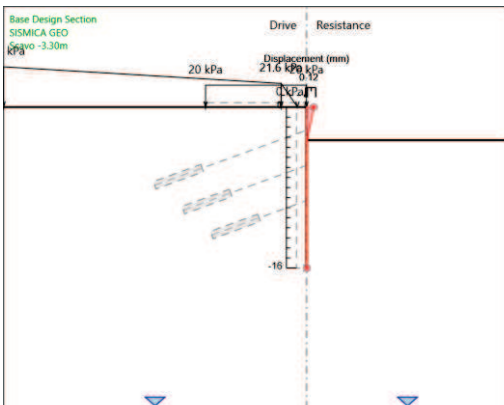
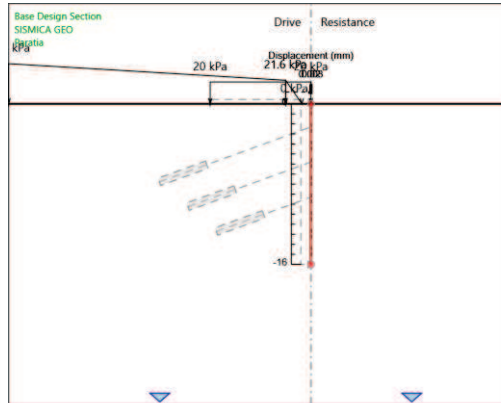
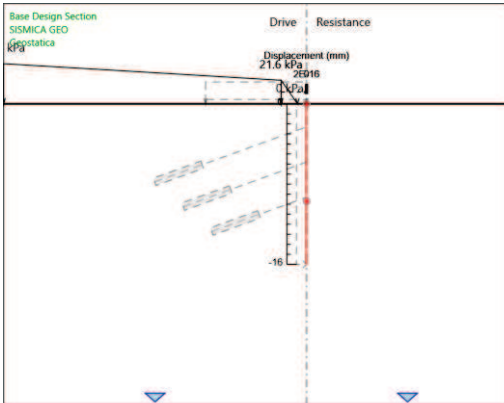
| Stage | Forza (kN/m) |
|--------------|---------------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Fondo scavo | 86.20231 |
| SISMA STR | 86.99074 |

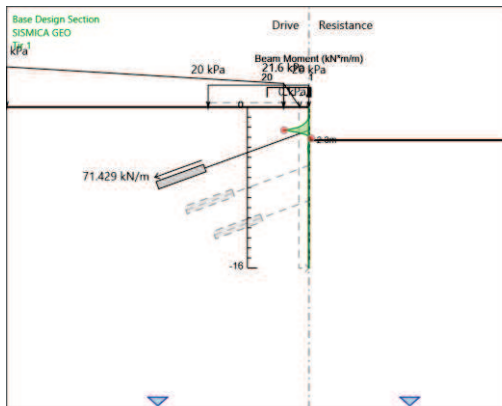
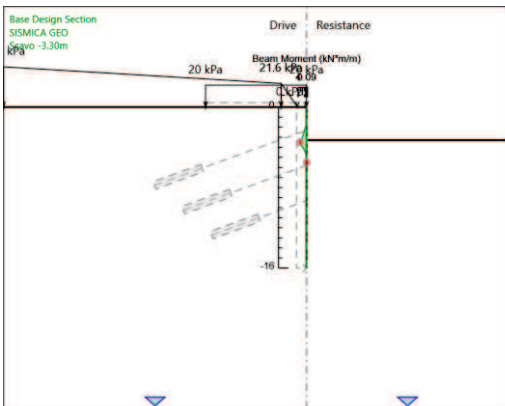
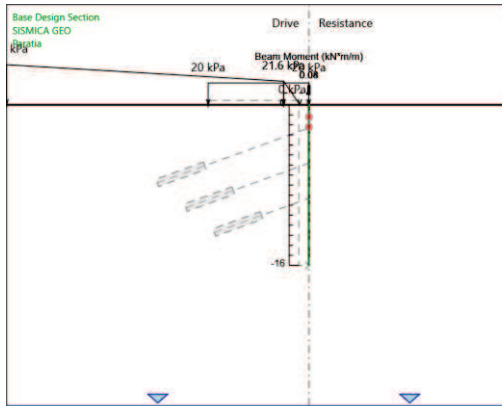
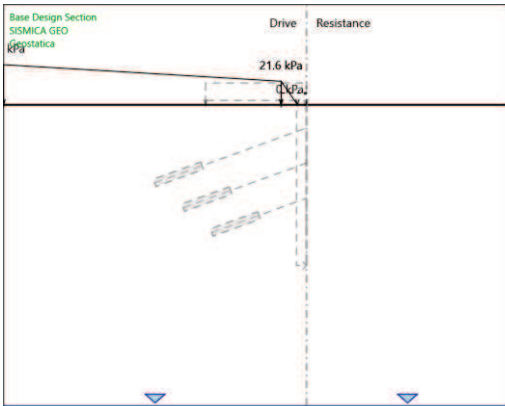
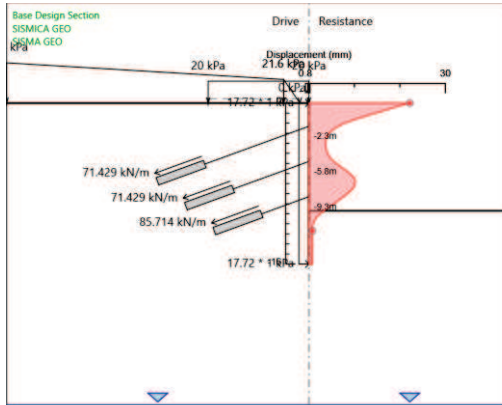
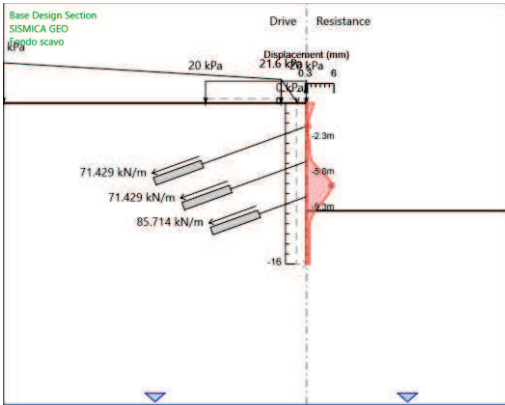
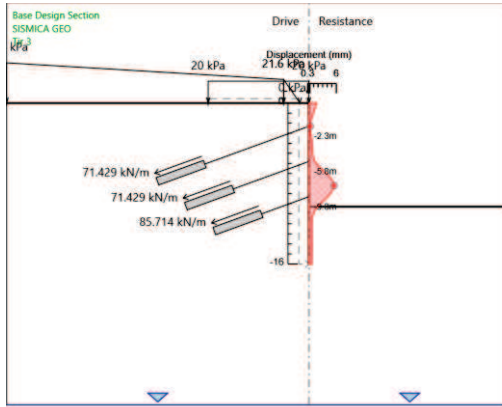
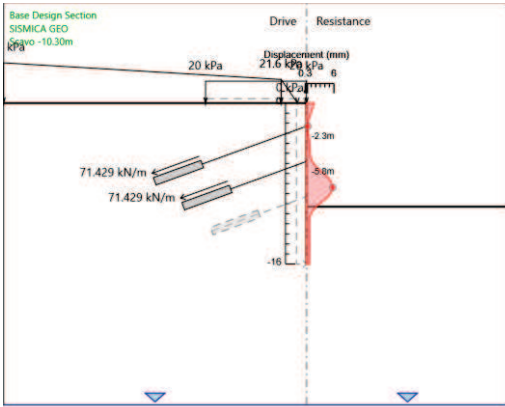
Design Assumption: SISMICA STR Sollecitazione TIR1

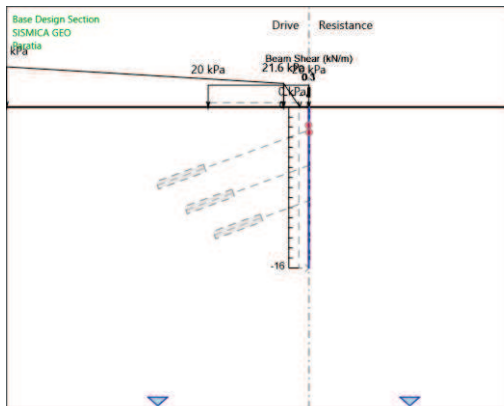
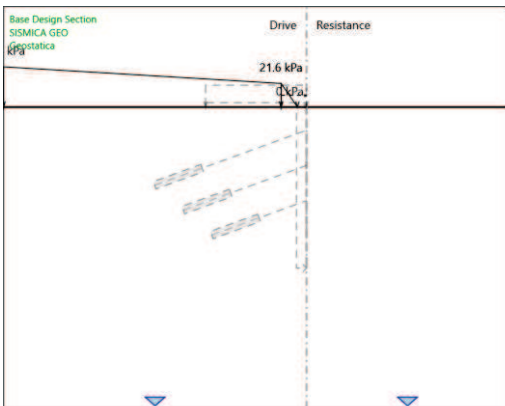
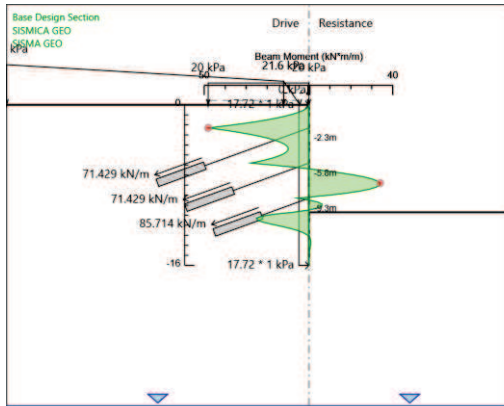
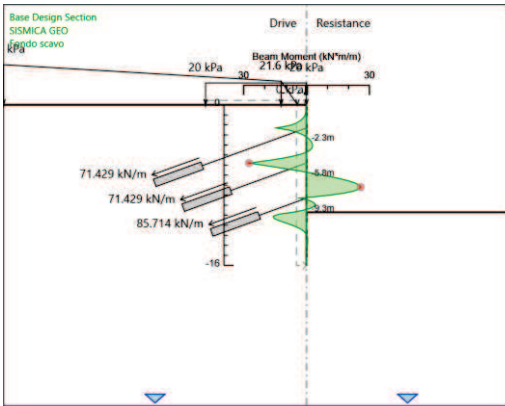
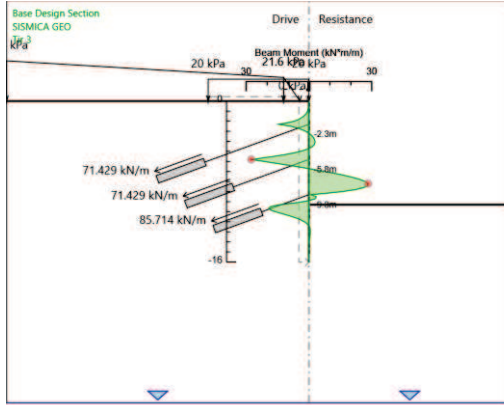
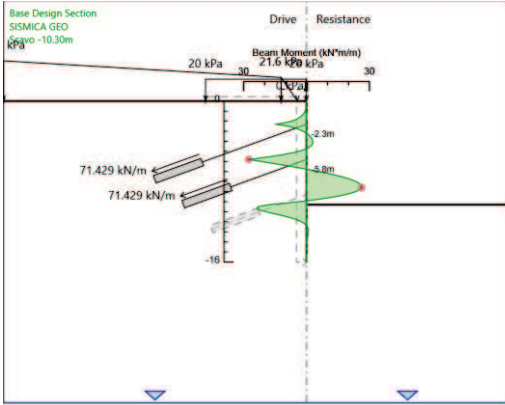
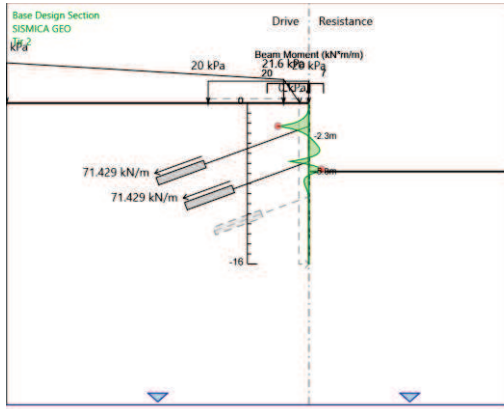
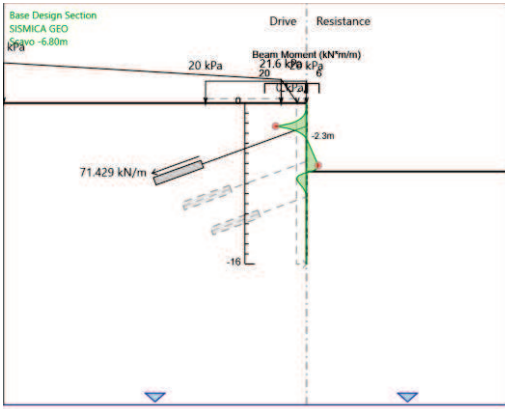
| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|---------------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.80m | 71.42648 |
| Tir 2 | 71.44189 |
| Scavo -10.30m | 71.44733 |
| Tir 3 | 71.44726 |
| Fondo scavo | 71.44717 |
| SISMA STR | 76.17441 |

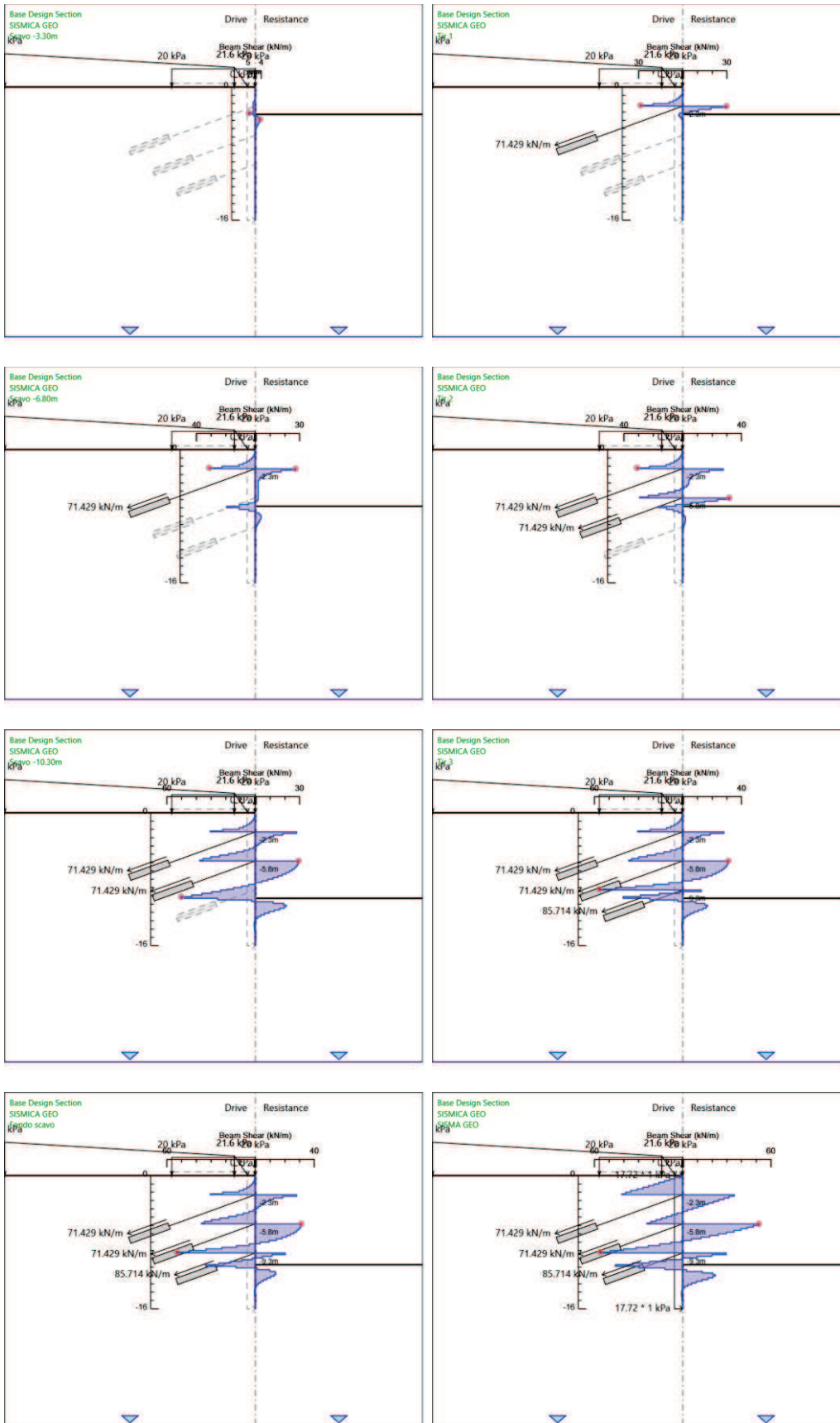
Risultati SISMICA GEO

Tabella Grafici dei Risultati









Risultati Elementi strutturali - SISMICA GEO

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|-------|--------------|
| Tir 2 | 71.43 |

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR2

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|--------------|
| Scavo -10.30m | 72.59924 |
| Tir 3 | 72.70621 |
| Fondo scavo | 72.70354 |
| SISMA GEO | 83.75056 |

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR3

| Stage | Forza (kN/m) |
|--------------|---------------------|
| Tir 3 | 85.71 |
| Fondo scavo | 86.75941 |
| SISMA GEO | 98.59707 |

Design Assumption: SISMICA GEO Sollecitazione TIR1

| Stage | Forza (kN/m) |
|---------------|---------------------|
| Tir 1 | 71.43 |
| Scavo -6.80m | 71.4395 |
| Tir 2 | 71.45924 |
| Scavo -10.30m | 71.47377 |
| Tir 3 | 71.47301 |
| Fondo scavo | 71.47284 |
| SISMA GEO | 84.29393 |

3 VERIFICHE DI STABILITÀ

3.1 GALLERIA LETOJANNI – IMBOCCO LATO MESSINA – SEZIONE 1

3.1.1 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno “Caratteristica”

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 10 kPa

Phi: 30 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Cohesion: 55 kPa

Phi: 30 °

Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (24.544167, 55.00002) m
Lower Left: (24.259315, 35.573143) m
Lower Right: (47.930481, 34.319796) m
Grid Horizontal Increment: 30
Grid Vertical Increment: 30
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Upper Right Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Lower Left Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Lower Right Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Number of Increments: 0
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (5.5754128, 47.680691) m
Right Coordinate: (57.098894, 26.081934) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 0.285447 | 1.6258612 |
| | 55.563364 | 1.3317044 |
| | 57.68304 | 1.9344504 |

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical
Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 18.970844 | 44.650871 |
| | 22.683347 | 44.507777 |
| | 24.956957 | 43.466368 |
| | 25.783724 | 43.267626 |
| | 29.066944 | 40.970167 |
| | 30 | 41 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0
Vert Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile
Outside Point: (30, 40) m
Inside Point: (30, 20) m
Slip Surface Intersection: (30, 19.831) m
Total Length: 20 m
Reinforcement Direction: 90 °
Applied Load Option: Variable
F of S Dependent: No
Pile Spacing: 1 m
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Load Used: 0 kN
Shear Option: Parallel to Slip
Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor
Outside Point: (29.945225, 38.0768) m
Inside Point: (15.002305, 36.769464) m
Slip Surface Intersection: (8.8876, 36.234) m
Total Length: 15 m
Reinforcement Direction: 5 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor
Outside Point: (30.025358, 35.272151) m
Inside Point: (14.990276, 29.799829) m
Slip Surface Intersection: (13.207, 29.151) m
Total Length: 16 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor
Outside Point: (29.979568, 31.803545) m

Inside Point: (17.199748, 27.152071) m
Slip Surface Intersection: (15.66, 26.592) m
Total Length: 13.6 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Anchor
Outside Point: (29.96812, 28.403623) m
Inside Point: (19.537532, 24.6072) m
Slip Surface Intersection: (18.615, 24.271) m
Total Length: 11.1 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m
 Available Bond Length: 0 m
 Required Bond Length: 0 m
 Governing Component: Bond

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|-------------------------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 | 205.0662 |
| Region 2 | TAM | 17,14,16,15,13,1 | 1922.7 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|----------|-----------|
| Point 1 | 0 | 38 |
| Point 2 | 0 | 50.32 |
| Point 3 | 1.62 | 49.64 |
| Point 4 | 5.92 | 47.51 |
| Point 5 | 7.51 | 45.77 |
| Point 6 | 12.13 | 45.67 |
| Point 7 | 15.46 | 43.83 |
| Point 8 | 22.72 | 43.55 |
| Point 9 | 24.79383 | 42.626055 |
| Point 10 | 25.96 | 42.09 |
| Point 11 | 29.1 | 40 |
| Point 12 | 30 | 40 |
| Point 13 | 30 | 38 |
| Point 14 | 60 | 0 |
| Point 15 | 30 | 26.1 |
| Point 16 | 60 | 26.08 |
| Point 17 | 0 | 0 |
| Point 18 | 19 | 43.7 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 571 | 2.389 | (33.899, 46.728) | 27.178 | (6.72065, 46.6338) | (51.5778, 26.0856) |

Slices of Slip Surface: 571

| | Slip Sur- | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal | Frictional | Cohesive |
|--|-----------|-------|-------|-----------|-------------|------------|----------|
|--|-----------|-------|-------|-----------|-------------|------------|----------|

| | face | | | | Stress (kPa) | Strength (kPa) | Strength (kPa) |
|----|------|-----------|-----------|------------|--------------|----------------|----------------|
| 1 | 571 | 7.1153255 | 43.42927 | -410.32787 | 7.2472106 | 4.184179 | 10 |
| 2 | 571 | 7.835022 | 39.11236 | -368.02566 | 64.959663 | 37.504479 | 10 |
| 3 | 571 | 8.8217035 | 36.394325 | -341.43125 | 86.672118 | 50.040171 | 55 |
| 4 | 571 | 10.145022 | 33.59216 | -314.00884 | 151.99438 | 87.753996 | 55 |
| 5 | 571 | 11.46834 | 31.425785 | -292.82953 | 205.07564 | 118.40047 | 55 |
| 6 | 571 | 12.9625 | 29.447295 | -273.5047 | 248.74561 | 143.61334 | 55 |
| 7 | 571 | 14.6275 | 27.599955 | -255.47737 | 283.24555 | 163.53189 | 55 |
| 8 | 571 | 16.33771 | 26.017 | -240.0422 | 318.69484 | 183.99855 | 55 |
| 9 | 571 | 18.09313 | 24.644585 | -226.6722 | 356.89337 | 206.05248 | 55 |
| 10 | 571 | 19.89897 | 23.458005 | -215.13239 | 408.12097 | 235.62875 | 55 |
| 11 | 571 | 21.755225 | 22.43566 | -205.2031 | 439.78083 | 253.90758 | 55 |
| 12 | 571 | 23.73859 | 21.545945 | -196.58254 | 452.41492 | 261.20188 | 55 |
| 13 | 571 | 24.875395 | 21.091485 | -192.17981 | 467.97389 | 270.18485 | 55 |
| 14 | 571 | 25.37034 | 20.92614 | -190.59215 | 471.81778 | 272.40412 | 55 |
| 15 | 571 | 25.87186 | 20.762255 | -189.0071 | 475.20871 | 274.36187 | 55 |
| 16 | 571 | 26.736735 | 20.522725 | -186.69995 | 473.88144 | 273.59558 | 55 |
| 17 | 571 | 28.290205 | 20.146555 | -183.09174 | 469.93904 | 271.31943 | 55 |
| 18 | 571 | 29.53347 | 19.90674 | -180.80407 | 462.52499 | 267.03893 | 55 |
| 19 | 571 | 30.770635 | 19.741485 | -179.24861 | 145.83768 | 84.199426 | 55 |
| 20 | 571 | 32.311905 | 19.60707 | -178.01613 | 152.29564 | 87.927929 | 55 |
| 21 | 571 | 33.853175 | 19.56069 | -177.6391 | 156.7797 | 90.5168 | 55 |
| 22 | 571 | 35.394445 | 19.601895 | -178.12142 | 159.26303 | 91.950551 | 55 |
| 23 | 571 | 36.93571 | 19.73108 | -179.47235 | 159.67211 | 92.186734 | 55 |
| 24 | 571 | 38.476975 | 19.949525 | -181.69225 | 157.93987 | 91.186629 | 55 |
| 25 | 571 | 40.018245 | 20.259455 | -184.81269 | 153.93893 | 88.876684 | 55 |
| 26 | 571 | 41.559515 | 20.66414 | -188.86164 | 147.52248 | 85.172145 | 55 |
| 27 | 571 | 43.100785 | 21.168095 | -193.88772 | 138.49472 | 79.959963 | 55 |
| 28 | 571 | 44.642055 | 21.77736 | -199.94327 | 126.59737 | 73.091023 | 55 |
| 29 | 571 | 46.183325 | 22.499925 | -207.10931 | 111.47677 | 64.361144 | 55 |
| 30 | 571 | 47.724595 | 23.34636 | -215.49076 | 92.657956 | 53.496096 | 55 |
| 31 | 571 | 49.265865 | 24.3308 | -225.22236 | 69.463801 | 40.104944 | 55 |
| 32 | 571 | 50.807135 | 25.47258 | -236.50222 | 40.901205 | 23.614321 | 55 |

3.1.2 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLU

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 8 kPa

Phi: 29.26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Cohesion: 44 kPa

Phi: 24.79 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (24.544167, 55.00002) m
Lower Left: (24.259315, 35.573143) m
Lower Right: (47.930481, 34.319796) m
Grid Horizontal Increment: 30
Grid Vertical Increment: 30
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Upper Right Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Lower Left Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Lower Right Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Number of Increments: 0
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (5.5754128, 47.680691) m
Right Coordinate: (57.098894, 26.081934) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 0.285447 | 1.6258612 |
| | 55.563364 | 1.3317044 |
| | 57.68304 | 1.9344504 |

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 18.970844 | 44.650871 |
| | 22.683347 | 44.507777 |
| | 24.956957 | 43.466368 |
| | 25.783724 | 43.267626 |
| | 29.066944 | 40.970167 |
| | 30 | 41 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

Vert Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (30, 40) m

Inside Point: (30, 20) m

Slip Surface Intersection: (30, 19.831) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 0 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (29.945225, 38.0768) m

Inside Point: (15.002305, 36.769464) m

Slip Surface Intersection: (8.8876, 36.234) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor
Outside Point: (30.025358, 35.272151) m
Inside Point: (14.990276, 29.799829) m
Slip Surface Intersection: (13.207, 29.151) m
Total Length: 16 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor
Outside Point: (29.979568, 31.803545) m
Inside Point: (17.199748, 27.152071) m
Slip Surface Intersection: (15.66, 26.592) m
Total Length: 13.6 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Anchor
Outside Point: (29.96812, 28.403623) m
Inside Point: (19.537532, 24.6072) m
Slip Surface Intersection: (18.615, 24.271) m
Total Length: 11.1 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1

Shear Option: Parallel to Slip
 Shear Load: 0 kN
 Applied Load: 0 kN
 Anchor Load Used: 0 kN
 Resisting Force Used: 1 kN/m
 Available Bond Length: 0 m
 Required Bond Length: 0 m
 Governing Component: Bond

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|-------------------------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 | 205.0662 |
| Region 2 | TAM | 17,14,16,15,13,1 | 1922.7 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|----------|-----------|
| Point 1 | 0 | 38 |
| Point 2 | 0 | 50.32 |
| Point 3 | 1.62 | 49.64 |
| Point 4 | 5.92 | 47.51 |
| Point 5 | 7.51 | 45.77 |
| Point 6 | 12.13 | 45.67 |
| Point 7 | 15.46 | 43.83 |
| Point 8 | 22.72 | 43.55 |
| Point 9 | 24.79383 | 42.626055 |
| Point 10 | 25.96 | 42.09 |
| Point 11 | 29.1 | 40 |
| Point 12 | 30 | 40 |
| Point 13 | 30 | 38 |
| Point 14 | 60 | 0 |
| Point 15 | 30 | 26.1 |
| Point 16 | 60 | 26.08 |
| Point 17 | 0 | 0 |
| Point 18 | 19 | 43.7 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 571 | 1.910 | (33.899, 46.728) | 27.178 | (6.72065, 46.6338) | (51.5778, 26.0856) |

Slices of Slip Surface: 571

| | Slip Sur- face | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|----|-------------------|-----------|-----------|------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 571 | 7.1153255 | 43.42927 | -410.32787 | 6.3443871 | 3.5544822 | 8 |
| 2 | 571 | 7.835022 | 39.11236 | -368.02566 | 59.229959 | 33.183952 | 8 |
| 3 | 571 | 8.8217035 | 36.394325 | -341.43125 | 86.643327 | 40.016488 | 44 |
| 4 | 571 | 10.145022 | 33.59216 | -314.00884 | 151.96512 | 70.185562 | 44 |
| 5 | 571 | 11.46834 | 31.425785 | -292.82953 | 205.04583 | 94.701049 | 44 |
| 6 | 571 | 12.9625 | 29.447295 | -273.5047 | 248.7112 | 114.86803 | 44 |
| 7 | 571 | 14.6275 | 27.599955 | -255.47737 | 283.21593 | 130.80415 | 44 |
| 8 | 571 | 16.33771 | 26.017 | -240.0422 | 318.66443 | 147.17615 | 44 |
| 9 | 571 | 18.09313 | 24.644585 | -226.6722 | 356.86558 | 164.81947 | 44 |
| 10 | 571 | 19.89897 | 23.458005 | -215.13239 | 413.10644 | 190.79449 | 44 |
| 11 | 571 | 21.755225 | 22.43566 | -205.2031 | 444.87416 | 205.46651 | 44 |
| 12 | 571 | 23.73859 | 21.545945 | -196.58254 | 454.91955 | 210.106 | 44 |
| 13 | 571 | 24.875395 | 21.091485 | -192.17981 | 473.01619 | 218.46399 | 44 |
| 14 | 571 | 25.37034 | 20.92614 | -190.59215 | 477.38762 | 220.48295 | 44 |
| 15 | 571 | 25.87186 | 20.762255 | -189.0071 | 481.19766 | 222.24263 | 44 |
| 16 | 571 | 26.736735 | 20.522725 | -186.69995 | 479.65003 | 221.52785 | 44 |
| 17 | 571 | 28.290205 | 20.146555 | -183.09174 | 475.48804 | 219.60562 | 44 |
| 18 | 571 | 29.53347 | 19.90674 | -180.80407 | 465.46576 | 214.9768 | 44 |
| 19 | 571 | 30.770635 | 19.741485 | -179.24861 | 145.83768 | 67.355585 | 44 |
| 20 | 571 | 32.311905 | 19.60707 | -178.01613 | 152.28916 | 70.335221 | 44 |
| 21 | 571 | 33.853175 | 19.56069 | -177.6391 | 156.7797 | 72.409187 | 44 |
| 22 | 571 | 35.394445 | 19.601895 | -178.12142 | 159.26303 | 73.556121 | 44 |
| 23 | 571 | 36.93571 | 19.73108 | -179.47235 | 159.67855 | 73.748034 | 44 |
| 24 | 571 | 38.476975 | 19.949525 | -181.69225 | 157.93987 | 72.945019 | 44 |
| 25 | 571 | 40.018245 | 20.259455 | -184.81269 | 153.94525 | 71.100091 | 44 |
| 26 | 571 | 41.559515 | 20.66414 | -188.86164 | 147.52871 | 68.136589 | 44 |
| 27 | 571 | 43.100785 | 21.168095 | -193.88772 | 138.50082 | 63.967034 | 44 |
| 28 | 571 | 44.642055 | 21.77736 | -199.94327 | 126.60332 | 58.472137 | 44 |
| 29 | 571 | 46.183325 | 22.499925 | -207.10931 | 111.48835 | 51.491237 | 44 |
| 30 | 571 | 47.724595 | 23.34636 | -215.49076 | 92.669125 | 42.799522 | 44 |
| 31 | 571 | 49.265865 | 24.3308 | -225.22236 | 69.479851 | 32.089484 | 44 |

| | | | | | | | |
|----|-----|-----------|----------|------------|-----------|-----------|----|
| 32 | 571 | 50.807135 | 25.47258 | -236.50222 | 40.915422 | 18.896914 | 44 |
|----|-----|-----------|----------|------------|-----------|-----------|----|

3.1.3 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLV

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 8 kPa

Phi: 29.26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Cohesion: 44 kPa

Phi: 24.79 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (24.544167, 55.00002) m
Lower Left: (24.259315, 35.573143) m
Lower Right: (47.930481, 34.319796) m
Grid Horizontal Increment: 30
Grid Vertical Increment: 30
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Upper Right Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Lower Left Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Lower Right Coordinate: (29.974901, 19.834462) m
Number of Increments: 0
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (5.5754128, 47.680691) m
Right Coordinate: (57.098894, 26.081934) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 0.285447 | 1.6258612 |
| | 55.563364 | 1.3317044 |
| | 57.68304 | 1.9344504 |

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 4 kN/m³
Direction: Vertical

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 18.970844 | 44.650871 |
| | 22.683347 | 44.507777 |
| | 24.956957 | 43.466368 |
| | 25.783724 | 43.267626 |
| | 29.066944 | 40.970167 |
| | 30 | 41 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.1183

Vert Seismic Load: 0.05915

Ignore seismic load in strength: No

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (30, 40) m

Inside Point: (30, 20) m

Slip Surface Intersection: (30, 19.83) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 0 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (29.945225, 38.0768) m

Inside Point: (15.002305, 36.769464) m

Slip Surface Intersection: (8.6319, 36.212) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 5 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m

Bond Safety Factor: 1

Bond Skin Friction: 1 kPa

Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor
Outside Point: (30.025358, 35.272151) m
Inside Point: (14.990276, 29.799829) m
Slip Surface Intersection: (13.329, 29.195) m
Total Length: 16 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor
Outside Point: (29.979568, 31.803545) m

Inside Point: (17.199748, 27.152071) m
Slip Surface Intersection: (15.889, 26.675) m
Total Length: 13.6 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Anchor
Outside Point: (29.96812, 28.403623) m
Inside Point: (19.537532, 24.6072) m
Slip Surface Intersection: (18.884, 24.369) m
Total Length: 11.1 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN

Resisting Force Used: 1 kN/m
 Available Bond Length: 0 m
 Required Bond Length: 0 m
 Governing Component: Bond

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|-------------------------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 | 205.0662 |
| Region 2 | TAM | 17,14,16,15,13,1 | 1922.7 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|----------|-----------|
| Point 1 | 0 | 38 |
| Point 2 | 0 | 50.32 |
| Point 3 | 1.62 | 49.64 |
| Point 4 | 5.92 | 47.51 |
| Point 5 | 7.51 | 45.77 |
| Point 6 | 12.13 | 45.67 |
| Point 7 | 15.46 | 43.83 |
| Point 8 | 22.72 | 43.55 |
| Point 9 | 24.79383 | 42.626055 |
| Point 10 | 25.96 | 42.09 |
| Point 11 | 29.1 | 40 |
| Point 12 | 30 | 40 |
| Point 13 | 30 | 38 |
| Point 14 | 60 | 0 |
| Point 15 | 30 | 26.1 |
| Point 16 | 60 | 26.08 |
| Point 17 | 0 | 0 |
| Point 18 | 19 | 43.7 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 697 | 1.583 | (35.515, 49.235) | 29.918 | (5.63925, 47.6491) | (54.4645, 26.0837) |

Slices of Slip Surface: 697

| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|----|--------------|-----------|-----------|------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 697 | 5.779625 | 46.250375 | -437.92396 | -4.9060146 | -2.7486251 | 8 |
| 2 | 697 | 6.715 | 41.78023 | -394.132 | 35.230601 | 19.738163 | 8 |
| 3 | 697 | 7.6483685 | 38.35439 | -360.57907 | 75.563106 | 42.334699 | 8 |
| 4 | 697 | 8.5106145 | 36.468755 | -342.14497 | 89.187953 | 41.191732 | 44 |
| 5 | 697 | 9.958371 | 33.743315 | -315.47952 | 152.42454 | 70.397744 | 44 |
| 6 | 697 | 11.406125 | 31.56164 | -294.16077 | 206.38175 | 95.31805 | 44 |
| 7 | 697 | 12.9625 | 29.61712 | -275.17291 | 249.98877 | 115.45808 | 44 |
| 8 | 697 | 14.6275 | 27.847055 | -257.90115 | 283.40295 | 130.89053 | 44 |
| 9 | 697 | 16.33771 | 26.300115 | -242.81618 | 319.08027 | 147.36821 | 44 |
| 10 | 697 | 18.09313 | 24.93688 | -229.53922 | 358.46378 | 165.5576 | 44 |
| 11 | 697 | 19.89897 | 23.73909 | -217.88785 | 398.03157 | 183.83211 | 44 |
| 12 | 697 | 21.755225 | 22.68953 | -207.69054 | 431.65712 | 199.36217 | 44 |
| 13 | 697 | 23.73859 | 21.756205 | -198.64319 | 453.8512 | 209.61258 | 44 |
| 14 | 697 | 24.875395 | 21.272935 | -193.96438 | 463.9584 | 214.28062 | 44 |
| 15 | 697 | 25.37034 | 21.092885 | -192.21857 | 467.02296 | 215.696 | 44 |
| 16 | 697 | 25.87186 | 20.91386 | -190.49092 | 469.9603 | 217.05262 | 44 |
| 17 | 697 | 26.736735 | 20.645365 | -187.90214 | 470.27534 | 217.19812 | 44 |
| 18 | 697 | 28.290205 | 20.213515 | -183.74848 | 468.82847 | 216.52988 | 44 |
| 19 | 697 | 29.53347 | 19.924945 | -180.98547 | 470.19468 | 217.16087 | 44 |
| 20 | 697 | 30.815485 | 19.69999 | -178.84521 | 151.22762 | 69.844945 | 44 |
| 21 | 697 | 32.446455 | 19.48613 | -176.83366 | 160.38472 | 74.07418 | 44 |
| 22 | 697 | 34.07742 | 19.36278 | -175.71064 | 167.49803 | 77.359484 | 44 |
| 23 | 697 | 35.708385 | 19.32882 | -175.46269 | 172.53198 | 79.684427 | 44 |
| 24 | 697 | 37.339355 | 19.383945 | -176.08806 | 175.42099 | 81.018726 | 44 |
| 25 | 697 | 38.970325 | 19.528655 | -177.59198 | 176.09987 | 81.332269 | 44 |
| 26 | 697 | 40.601295 | 19.76427 | -179.98493 | 174.45651 | 80.573277 | 44 |
| 27 | 697 | 42.23226 | 20.093 | -183.2962 | 170.35512 | 78.679036 | 44 |
| 28 | 697 | 43.863225 | 20.518055 | -187.54861 | 163.62152 | 75.569103 | 44 |
| 29 | 697 | 45.494195 | 21.04381 | -192.7932 | 154.01608 | 71.132803 | 44 |
| 30 | 697 | 47.125165 | 21.676055 | -199.07877 | 141.24179 | 65.232957 | 44 |
| 31 | 697 | 48.756135 | 22.42235 | -206.47954 | 124.89706 | 57.684093 | 44 |
| 32 | 697 | 50.3871 | 23.29259 | -215.09815 | 104.4267 | 48.229793 | 44 |
| 33 | 697 | 52.018065 | 24.299835 | -225.06431 | 79.055506 | 36.51203 | 44 |
| 34 | 697 | 53.649035 | 25.46163 | -236.54107 | 47.638246 | 22.001871 | 44 |

3.1.4 Verifiche di stabilità degli scavi “Caratteristica”

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 10 kPa

Phi: 30 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Cohesion: 55 kPa

Phi: 30 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (22.595901, 52.271757) m

Lower Left: (22.664586, 44.819404) m
Lower Right: (31.307483, 44.865195) m
Grid Horizontal Increment: 20
Grid Vertical Increment: 20
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (24.118424, 43.72044) m
Upper Right Coordinate: (29.372848, 43.777678) m
Lower Left Coordinate: (24.164215, 39.828274) m
Lower Right Coordinate: (29.441533, 39.759589) m
Number of Increments: 10
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0.2753771, 50.20441) m
Right Coordinate: (30, 39.770317) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 0.0039398 | 50.167698 |
| | 5.8888942 | 47.530183 |
| | 7.4878875 | 45.667439 |
| | 12.070569 | 45.585016 |
| | 15.416916 | 43.689303 |
| | 22.70305 | 43.491489 |
| | 24.780248 | 42.53765 |
| | 25.91174 | 42.060649 |
| | 29.049569 | 39.535217 |
| | 30 | 26.1 |
| | 60 | 26.08 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0
Vert Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile
Outside Point: (30, 40) m

Inside Point: (30, 20) m
 Slip Surface Intersection: (0, 0) m
 Total Length: 20 m
 Reinforcement Direction: 90 °
 Applied Load Option: Variable
 F of S Dependent: No
 Pile Spacing: 1 m
 Shear Capacity: 0 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Load Used: 0 kN
 Shear Option: Parallel to Slip
 Resisting Force Used: 0 kN/m

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|-------------------------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 | 205.0662 |
| Region 2 | TAM | 17,14,16,15,13,1 | 1922.7 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|----------|-----------|
| Point 1 | 0 | 38 |
| Point 2 | 0 | 50.32 |
| Point 3 | 1.62 | 49.64 |
| Point 4 | 5.92 | 47.51 |
| Point 5 | 7.51 | 45.77 |
| Point 6 | 12.13 | 45.67 |
| Point 7 | 15.46 | 43.83 |
| Point 8 | 22.72 | 43.55 |
| Point 9 | 24.79383 | 42.626055 |
| Point 10 | 25.96 | 42.09 |
| Point 11 | 29.1 | 40 |
| Point 12 | 30 | 40 |
| Point 13 | 30 | 38 |
| Point 14 | 60 | 0 |
| Point 15 | 30 | 26.1 |
| Point 16 | 60 | 26.08 |
| Point 17 | 0 | 0 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|-----------------|------------|--------------------|---------------|
| 1 | 1518 | 1.751 | (27.398, 47.08) | 7.293 | (20.9787, 43.6172) | (29.1481, 40) |

Slices of Slip Surface: 1518

| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|----|--------------|-----------|-----------|-------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 1518 | 21.000645 | 43.577135 | -0.38665386 | -6.0184142 | -3.4747331 | 10 |
| 2 | 1518 | 21.1626 | 43.305785 | 2.2313876 | -1.3786603 | -2.0842621 | 10 |
| 3 | 1518 | 21.44268 | 42.8761 | 6.3706269 | 6.3753631 | 0.0027344575 | 10 |
| 4 | 1518 | 21.722765 | 42.50408 | 9.9444104 | 13.255404 | 1.9116029 | 10 |
| 5 | 1518 | 22.00285 | 42.176365 | 13.083938 | 19.440983 | 3.6702419 | 10 |
| 6 | 1518 | 22.28293 | 41.88446 | 15.87201 | 25.050851 | 5.2994061 | 10 |
| 7 | 1518 | 22.56301 | 41.62256 | 18.365932 | 30.16846 | 6.8141928 | 10 |
| 8 | 1518 | 22.84029 | 41.38862 | 19.966652 | 33.851279 | 8.0162931 | 10 |
| 9 | 1518 | 23.106295 | 41.185 | 20.803758 | 36.04641 | 8.8003495 | 10 |
| 10 | 1518 | 23.363825 | 41.005765 | 21.401672 | 37.772604 | 9.4517618 | 10 |
| 11 | 1518 | 23.621355 | 40.84231 | 21.845088 | 39.203767 | 10.022038 | 10 |
| 12 | 1518 | 23.87889 | 40.69342 | 22.145548 | 40.353368 | 10.51229 | 10 |
| 13 | 1518 | 24.136425 | 40.558095 | 22.312761 | 41.242749 | 10.929233 | 10 |
| 14 | 1518 | 24.393955 | 40.435505 | 22.355507 | 41.883183 | 11.274309 | 10 |
| 15 | 1518 | 24.651485 | 40.324955 | 22.279809 | 42.288363 | 11.551944 | 10 |
| 16 | 1518 | 24.92678 | 40.21984 | 22.096994 | 42.432111 | 11.740485 | 10 |
| 17 | 1518 | 25.213045 | 40.12319 | 21.889425 | 42.300006 | 11.784054 | 10 |
| 18 | 1518 | 25.49252 | 40.04149 | 21.535046 | 41.905457 | 11.760862 | 10 |
| 19 | 1518 | 25.772 | 39.971715 | 21.063727 | 41.267298 | 11.664537 | 10 |
| 20 | 1518 | 26.068405 | 39.910715 | 19.657202 | 39.755611 | 11.603821 | 10 |
| 21 | 1518 | 26.35761 | 39.862575 | 18.037401 | 37.507907 | 11.241302 | 10 |
| 22 | 1518 | 26.622685 | 39.829315 | 16.271154 | 35.118249 | 10.881375 | 10 |
| 23 | 1518 | 26.887755 | 39.80586 | 14.40899 | 32.513934 | 10.452894 | 10 |
| 24 | 1518 | 27.152825 | 39.79212 | 12.451446 | 29.695855 | 9.956064 | 10 |
| 25 | 1518 | 27.4179 | 39.78804 | 10.399364 | 26.662376 | 9.3894543 | 10 |
| 26 | 1518 | 27.682975 | 39.7936 | 8.2525339 | 23.410703 | 8.751573 | 10 |
| 27 | 1518 | 27.948045 | 39.808825 | 6.0109551 | 19.937833 | 8.0406866 | 10 |
| 28 | 1518 | 28.21312 | 39.833775 | 3.6741292 | 16.239407 | 7.2545663 | 10 |
| 29 | 1518 | 28.478195 | 39.86855 | 1.2408588 | 12.3086 | 6.3899635 | 10 |
| 30 | 1518 | 28.72044 | 39.90865 | -1.0643943 | 8.4460444 | 4.876326 | 10 |
| 31 | 1518 | 28.93986 | 39.952625 | -3.2275508 | 4.6459128 | 2.682319 | 10 |
| 32 | 1518 | 29.098835 | 39.98818 | -14.767562 | 0.57203085 | 0.33026216 | 0 |

3.1.5 Verifiche di stabilità degli scavi A2M2R2 SLU

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 8 kPa

Phi: 29.26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Cohesion: 44 kPa

Phi: 24.79 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (22.595901, 52.271757) m
Lower Left: (22.664586, 44.819404) m
Lower Right: (31.307483, 44.865195) m
Grid Horizontal Increment: 20
Grid Vertical Increment: 20
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (24.118424, 43.72044) m
Upper Right Coordinate: (29.372848, 43.777678) m
Lower Left Coordinate: (24.164215, 39.828274) m
Lower Right Coordinate: (29.441533, 39.759589) m
Number of Increments: 10
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0.2753771, 50.20441) m
Right Coordinate: (30, 39.770317) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 0.0039398 | 50.217151 |
| | 5.8229564 | 47.348854 |
| | 7.4549185 | 45.700408 |
| | 12.087054 | 45.486109 |
| | 15.449885 | 43.722272 |
| | 22.670081 | 43.392582 |
| | 24.710517 | 42.091073 |
| | 25.910919 | 41.932079 |
| | 29.186189 | 39.523325 |
| | 30 | 26.1 |
| | 60 | 26.08 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

Vert Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (30, 40) m

Inside Point: (30, 20) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 0 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|-------------------------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 | 204.3586 |
| Region 2 | TAM | 17,14,16,15,13,1 | 1922.7 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|-------|-------|
| Point 1 | 0 | 38 |
| Point 2 | 0 | 50.32 |
| Point 3 | 1.62 | 49.64 |
| Point 4 | 5.92 | 47.51 |
| Point 5 | 7.51 | 45.77 |
| Point 6 | 12.13 | 45.67 |
| Point 7 | 15.46 | 43.83 |
| Point 8 | 22.72 | 43.55 |
| Point 9 | 24.77 | 42.2 |
| Point 10 | 25.96 | 42.09 |
| Point 11 | 29.1 | 40 |
| Point 12 | 30 | 40 |

| | | |
|----------|----|-------|
| Point 13 | 30 | 38 |
| Point 14 | 60 | 0 |
| Point 15 | 30 | 26.1 |
| Point 16 | 60 | 26.08 |
| Point 17 | 0 | 0 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|---------------|
| 1 | 1287 | 1.640 | (27.401, 46.708) | 6.921 | (21.2129, 43.6081) | (29.1059, 40) |

Slices of Slip Surface: 1287

| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|----|--------------|-----------|-----------|-------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 1287 | 21.25235 | 43.53182 | -0.73061929 | -4.7823571 | -2.6793452 | 8 |
| 2 | 1287 | 21.42959 | 43.21956 | 2.25238 | 0.3622837 | -1.0589382 | 8 |
| 3 | 1287 | 21.705255 | 42.78354 | 6.4049977 | 8.16364 | 0.98529023 | 8 |
| 4 | 1287 | 21.98092 | 42.409665 | 9.9480374 | 15.037008 | 2.8511271 | 8 |
| 5 | 1287 | 22.256585 | 42.082545 | 13.032754 | 21.186714 | 4.5683066 | 8 |
| 6 | 1287 | 22.53225 | 41.7927 | 15.751769 | 26.743474 | 6.1581705 | 8 |
| 7 | 1287 | 22.819445 | 41.52414 | 17.233375 | 30.564541 | 7.4688686 | 8 |
| 8 | 1287 | 23.09322 | 41.293145 | 17.942162 | 32.410247 | 8.1058344 | 8 |
| 9 | 1287 | 23.342035 | 41.104055 | 18.240341 | 33.43737 | 8.5142299 | 8 |
| 10 | 1287 | 23.59085 | 40.93187 | 18.372465 | 34.128823 | 8.8275972 | 8 |
| 11 | 1287 | 23.839665 | 40.77512 | 18.353284 | 34.510183 | 9.052003 | 8 |
| 12 | 1287 | 24.08848 | 40.632605 | 18.194483 | 34.609496 | 9.196613 | 8 |
| 13 | 1287 | 24.337295 | 40.503335 | 17.905786 | 34.437502 | 9.2619965 | 8 |
| 14 | 1287 | 24.58611 | 40.3865 | 17.494952 | 34.009619 | 9.2524449 | 8 |
| 15 | 1287 | 24.882875 | 40.26375 | 17.658021 | 34.677292 | 9.5351524 | 8 |
| 16 | 1287 | 25.197845 | 40.148495 | 18.418027 | 36.524976 | 10.144531 | 8 |
| 17 | 1287 | 25.483075 | 40.059445 | 18.920589 | 38.189487 | 10.79552 | 8 |
| 18 | 1287 | 25.768305 | 39.983675 | 19.293195 | 39.612562 | 11.384051 | 8 |
| 19 | 1287 | 26.0709 | 39.91771 | 18.424069 | 39.335556 | 11.71579 | 8 |
| 20 | 1287 | 26.36632 | 39.865885 | 16.978453 | 37.286601 | 11.377766 | 8 |
| 21 | 1287 | 26.6372 | 39.83036 | 15.373275 | 34.895966 | 10.937709 | 8 |
| 22 | 1287 | 26.90808 | 39.805645 | 13.6621 | 32.264384 | 10.422045 | 8 |
| 23 | 1287 | 27.178955 | 39.791625 | 11.845686 | 29.39172 | 9.8302748 | 8 |
| 24 | 1287 | 27.44983 | 39.788235 | 9.925223 | 26.276406 | 9.1608517 | 8 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|-------------|-----------|------------|---|
| 25 | 1287 | 27.72071 | 39.795455 | 7.9009914 | 22.914903 | 8.4116373 | 8 |
| 26 | 1287 | 27.99159 | 39.81332 | 5.7718572 | 19.302176 | 7.5804451 | 8 |
| 27 | 1287 | 28.26247 | 39.841915 | 3.5378758 | 15.432442 | 6.6640047 | 8 |
| 28 | 1287 | 28.53335 | 39.881375 | 1.1971726 | 11.296513 | 5.6582183 | 8 |
| 29 | 1287 | 28.77659 | 39.925705 | -0.99197303 | 7.2846812 | 4.0812878 | 8 |
| 30 | 1287 | 28.992195 | 39.97304 | -3.011215 | 3.4005321 | 1.9051692 | 8 |
| 31 | 1287 | 29.10293 | 39.999255 | -4.0669206 | 1.3705382 | 0.76785253 | 8 |

3.1.6 Verifiche di stabilità degli scavi A2M2R2 SLV

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 8 kPa

Phi: 29.26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Cohesion: 44 kPa

Phi: 24.79 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (22.595901, 52.271757) m
Lower Left: (22.664586, 44.819404) m
Lower Right: (31.307483, 44.865195) m
Grid Horizontal Increment: 20
Grid Vertical Increment: 20
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (24.118424, 43.72044) m
Upper Right Coordinate: (29.372848, 43.777678) m
Lower Left Coordinate: (24.164215, 39.828274) m
Lower Right Coordinate: (29.441533, 39.759589) m
Number of Increments: 10
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0.2753771, 50.20441) m
Right Coordinate: (30, 39.770317) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|------------|-----------|
| | -0.0685919 | 50.091869 |
| | 5.8262533 | 47.401604 |
| | 7.3691993 | 45.73997 |
| | 12.017819 | 45.601501 |
| | 15.360869 | 43.662928 |
| | 22.699753 | 43.504677 |
| | 24.719791 | 42.101672 |
| | 25.971867 | 41.856557 |
| | 29.184865 | 39.690268 |
| | 30 | 26.1 |

| | | |
|--|----|-------|
| | 60 | 26.08 |
|--|----|-------|

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.1183

Vert Seismic Load: 0.05915

Ignore seismic load in strength: No

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (30, 40) m

Inside Point: (30, 20) m

Slip Surface Intersection: (0, 0) m

Total Length: 20 m

Reinforcement Direction: 90 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 0 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|-------------------------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 | 204.3586 |
| Region 2 | TAM | 17,14,16,15,13,1 | 1922.7 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|---------|-------|-------|
| Point 1 | 0 | 38 |
| Point 2 | 0 | 50.32 |
| Point 3 | 1.62 | 49.64 |
| Point 4 | 5.92 | 47.51 |
| Point 5 | 7.51 | 45.77 |
| Point 6 | 12.13 | 45.67 |
| Point 7 | 15.46 | 43.83 |
| Point 8 | 22.72 | 43.55 |
| Point 9 | 24.77 | 42.2 |

| | | |
|----------|-------|-------|
| Point 10 | 25.96 | 42.09 |
| Point 11 | 29.1 | 40 |
| Point 12 | 30 | 40 |
| Point 13 | 30 | 38 |
| Point 14 | 60 | 0 |
| Point 15 | 30 | 26.1 |
| Point 16 | 60 | 26.08 |
| Point 17 | 0 | 0 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|---------------|
| 1 | 1749 | 1.252 | (27.394, 47.453) | 7.666 | (20.7517, 43.6259) | (29.1892, 40) |

Slices of Slip Surface: 1749

| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|----|--------------|-----------|-----------|-------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 1749 | 20.77514 | 43.58579 | -0.38850263 | -5.7209014 | -3.2051705 | 8 |
| 2 | 1749 | 20.934375 | 43.33276 | 2.0593466 | -1.4745088 | -1.9798644 | 8 |
| 3 | 1749 | 21.20597 | 42.933895 | 5.9134516 | 5.6832802 | -0.12895497 | 8 |
| 4 | 1749 | 21.47757 | 42.582955 | 9.2978743 | 12.176668 | 1.612862 | 8 |
| 5 | 1749 | 21.749165 | 42.270065 | 12.308739 | 18.11947 | 3.255498 | 8 |
| 6 | 1749 | 22.02076 | 41.98862 | 15.011541 | 23.591964 | 4.8072355 | 8 |
| 7 | 1749 | 22.29236 | 41.733935 | 17.451908 | 28.651484 | 6.274632 | 8 |
| 8 | 1749 | 22.563955 | 41.50256 | 19.66352 | 33.346169 | 7.665789 | 8 |
| 9 | 1749 | 22.852715 | 41.279795 | 20.708449 | 36.282111 | 8.7252405 | 8 |
| 10 | 1749 | 23.148525 | 41.072215 | 20.798381 | 37.336779 | 9.2657401 | 8 |
| 11 | 1749 | 23.43421 | 40.89097 | 20.630047 | 37.857367 | 9.6517126 | 8 |
| 12 | 1749 | 23.719895 | 40.72674 | 20.294597 | 38.033361 | 9.9382528 | 8 |
| 13 | 1749 | 24.00558 | 40.5783 | 19.804448 | 37.883331 | 10.128806 | 8 |
| 14 | 1749 | 24.291265 | 40.44465 | 19.169248 | 37.419259 | 10.224681 | 8 |
| 15 | 1749 | 24.57695 | 40.324955 | 18.397191 | 36.658309 | 10.230905 | 8 |
| 16 | 1749 | 24.893645 | 40.20849 | 18.184354 | 37.116863 | 10.607056 | 8 |
| 17 | 1749 | 25.21625 | 40.104395 | 18.634145 | 38.93447 | 11.373383 | 8 |
| 18 | 1749 | 25.51375 | 40.022665 | 18.864445 | 40.589301 | 12.171485 | 8 |
| 19 | 1749 | 25.81125 | 39.953625 | 18.970265 | 42.02203 | 12.914895 | 8 |
| 20 | 1749 | 26.109245 | 39.89685 | 18.271265 | 41.50008 | 13.014088 | 8 |
| 21 | 1749 | 26.401795 | 39.85276 | 16.808412 | 39.03108 | 12.450388 | 8 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|---|
| 22 | 1749 | 26.68841 | 39.820795 | 15.226778 | 36.335957 | 11.826549 | 8 |
| 23 | 1749 | 26.97503 | 39.799695 | 13.538488 | 33.3686 | 11.109943 | 8 |
| 24 | 1749 | 27.26165 | 39.78937 | 11.744506 | 30.128894 | 10.299968 | 8 |
| 25 | 1749 | 27.54827 | 39.789775 | 9.8455822 | 26.611152 | 9.3930147 | 8 |
| 26 | 1749 | 27.83489 | 39.800915 | 7.8409886 | 22.808217 | 8.3854826 | 8 |
| 27 | 1749 | 28.12151 | 39.82283 | 5.7311417 | 18.711565 | 7.2723624 | 8 |
| 28 | 1749 | 28.40813 | 39.855615 | 3.5143125 | 14.310397 | 6.0485731 | 8 |
| 29 | 1749 | 28.69475 | 39.89942 | 1.1895683 | 9.5912963 | 4.7071202 | 8 |
| 30 | 1749 | 28.96903 | 39.951595 | -1.1356754 | 4.6496301 | 2.6049841 | 8 |
| 31 | 1749 | 29.144575 | 39.989545 | -3.2853659 | 1.9208317 | 1.0761579 | 8 |

3.2 GALLERIA LETOJANNI – IMBOCCO LATO MESSINA – SEZIONE 2

3.2.1 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno “Caratteristica”

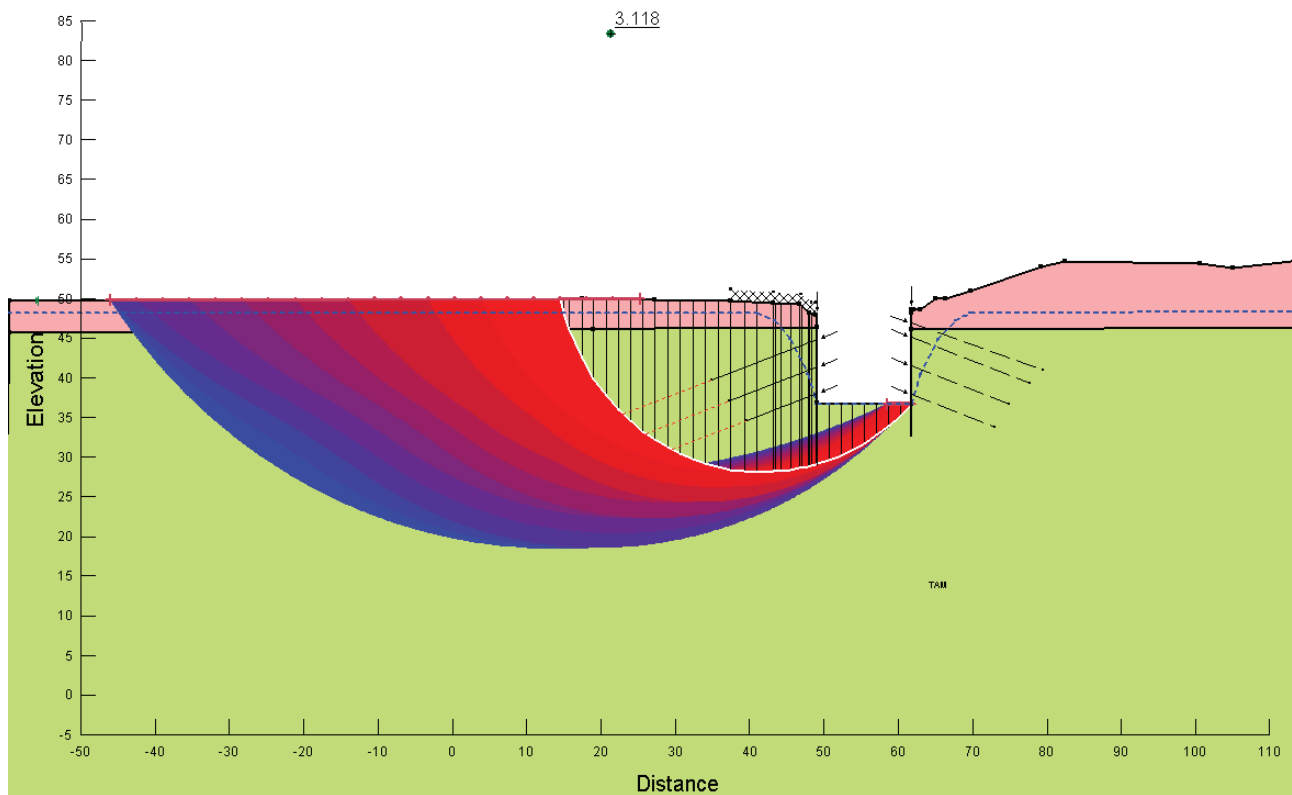


Figura 1 - Risultati della verifica di stabilità globale. Mappa dei risultati condizione “caratteristica” (superfici con FS minimo in rosso, superfici con FS massimo in blu)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Method: Bishop, Ordinary and Janbu
Settings
Apply Phreatic Correction: No
PWP Conditions Source: Piezometric Line
Use Staged Rapid Drawdown: No
SlipSurface
Direction of movement: Left to Right
Allow Passive Mode: No
Slip Surface Option: Entry and Exit
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack
Tension Crack Option: (none)
FOS Distribution
FOS Calculation Option: Constant
Advanced
Number of Slices: 30
Optimization Tolerance: 0.01
Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m
Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 35 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 24 kN/m³
Cohesion: 55 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
Left-Zone Left Coordinate: (-46.079073, 49.795327) m
Left-Zone Right Coordinate: (25.24605, 49.912111) m
Left-Zone Increment: 20
Right Projection: Range
Right-Zone Left Coordinate: (58.582558, 36.709632) m
Right-Zone Right Coordinate: (61.81326, 36.70002) m
Right-Zone Increment: 20
Radius Increments: 20

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-55.742168, 49.76417) m
Right Coordinate: (189.92855, 62.790959) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|------------|-------|
| | -59.964639 | 48.16 |
| | 41 | 48.16 |
| | 43.45 | 47.24 |
| | 45.46 | 44.87 |
| | 47.83 | 40.41 |
| | 49.02 | 36.7 |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| | 61.82 | 36.7 |
| | 63.02 | 40.41 |
| | 65.39 | 44.87 |
| | 67.72 | 47.24 |
| | 69.67 | 48.16 |
| | 191.22793 | 48.995877 |

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 37.52808 | 51.115555 |
| | 43.228958 | 50.785865 |
| | 46.937963 | 50.538598 |
| | 48.311668 | 49.494582 |
| | 48.943573 | 49.494582 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

Vert Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (49.008961, 47.91592) m

Inside Point: (49.008209, 31.91592) m

Slip Surface Intersection: (49.008, 29.096) m

Total Length: 16 m

Reinforcement Direction: 89.997 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 0 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (48.998521, 44.878932) m

Inside Point: (34.903132, 39.748629) m

Slip Surface Intersection: (22.986, 35.411) m

Total Length: 15 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor
Outside Point: (49.011899, 41.371441) m
Inside Point: (37.265741, 37.096189) m
Slip Surface Intersection: (26.015, 33.001) m
Total Length: 12.5 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor
Outside Point: (49.084155, 38.054223) m
Inside Point: (39.687229, 34.634021) m
Slip Surface Intersection: (29.554, 30.946) m
Total Length: 10 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m

Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Pile
Outside Point: (61.816741, 48.611299) m
Inside Point: (61.831556, 32.6827) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 15.928606 m
Reinforcement Direction: 90.053 °
Applied Load Option: Variable
F of S Dependent: No
Pile Spacing: 1 m
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Load Used: 0 kN
Shear Option: Parallel to Slip
Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 6

Type: Anchor
Outside Point: (61.751733, 46.982512) m
Inside Point: (79.566041, 41.032463) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 18.781711 m
Reinforcement Direction: 161.53 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 7

Type: Anchor
Outside Point: (61.721867, 45.071247) m
Inside Point: (77.696641, 39.256905) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 17 m
Reinforcement Direction: 160 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 8

Type: Anchor
Outside Point: (61.758658, 41.477662) m
Inside Point: (74.914355, 36.68938) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 14 m
Reinforcement Direction: 160 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 9

Type: Anchor
Outside Point: (61.736763, 37.932216) m

Inside Point: (73.013075, 33.827974) m
 Slip Surface Intersection: (0, 0) m
 Total Length: 12 m
 Reinforcement Direction: 160 °
 Applied Load Option: Constant
 F of S Dependent: No
 Bond Length: 0 m
 Bond Diameter: 0.31830989 m
 Bond Safety Factor: 1
 Bond Skin Friction: 1 kPa
 Bond Resistance: 1 kN/m
 Anchor Spacing: 1 m
 Bar Capacity: 0 kN
 Bar Safety Factor: 1
 Bar Load: 0 kN
 Load Distribution: Conc. in 1 slice
 Shear Capacity: 0 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Option: Parallel to Slip
 Shear Load: 0 kN
 Applied Load: 0 kN
 Anchor Load Used: 0 kN
 Resisting Force Used: 0 kN/m
 Available Bond Length: 0 m
 Required Bond Length: 0 m
 Governing Component: Bar

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|---|------------------------|
| Region 1 | TAM | 28,2,1,8,7,6,5,4 | 16040.495 |
| Region 2 | B2 | 2,9,10,11,12,13,14,15,29,28 | 414.32519 |
| Region 3 | B2 | 6,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,7 | 1315.5478 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|------------|------------|
| Point 1 | -61.072645 | -18.692434 |
| Point 2 | -59.697592 | 45.668863 |
| Point 3 | 19.02 | 46.16 |
| Point 4 | 49.110931 | 36.737811 |
| Point 5 | 61.82 | 36.7 |
| Point 6 | 61.82 | 46.16 |
| Point 7 | 191.34824 | 46.825628 |
| Point 8 | 191.23814 | -17.222662 |
| Point 9 | -59.652682 | 49.751562 |
| Point 10 | 17.4 | 50 |

| | | |
|----------|-----------|-----------|
| Point 11 | 27.22 | 49.89 |
| Point 12 | 37.45 | 49.68 |
| Point 13 | 43.1 | 49.38 |
| Point 14 | 46.8 | 49.24 |
| Point 15 | 47.995143 | 48.132833 |
| Point 16 | 61.82 | 48.16 |
| Point 17 | 61.82 | 48.61 |
| Point 18 | 62.13 | 48.62 |
| Point 19 | 63.03 | 48.62 |
| Point 20 | 64.95 | 49.91 |
| Point 21 | 66.35 | 49.95 |
| Point 22 | 69.83 | 50.88 |
| Point 23 | 79.121945 | 54.00532 |
| Point 24 | 82.501261 | 54.697668 |
| Point 25 | 100.59 | 54.38 |
| Point 26 | 105.1 | 53.9 |
| Point 27 | 191.17813 | 62.921929 |
| Point 28 | 48.992034 | 46.317125 |
| Point 29 | 48.944432 | 47.936225 |
| Point 30 | | |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 7918 | 3.118 | (41.724, 55.947) | 27.822 | (14.5477, 49.9908) | (61.8133, 36.7) |

Slices of Slip Surface: 7918

| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|---|--------------|-----------|----------|------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 7918 | 14.78115 | 49.0754 | -8.9773724 | 3.0563396 | 2.140072 | 10 |
| 2 | 7918 | 15.355595 | 47.13927 | 10.010472 | 32.416256 | 15.688699 | 10 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 3 | 7918 | 16.54828 | 44.28062 | 38.044071 | 70.618366 | 18.806778 | 55 |
| 4 | 7918 | 18.218335 | 41.143365 | 68.81194 | 146.15821 | 44.655892 | 55 |
| 5 | 7918 | 19.855 | 38.80034 | 91.788636 | 203.84866 | 64.697885 | 55 |
| 6 | 7918 | 21.491665 | 36.88796 | 110.54603 | 251.87284 | 81.595073 | 55 |
| 7 | 7918 | 23.128335 | 35.282865 | 126.28402 | 292.93532 | 96.216173 | 55 |
| 8 | 7918 | 24.765 | 33.91652 | 139.6856 | 328.54271 | 109.0367 | 55 |
| 9 | 7918 | 26.401665 | 32.74614 | 151.1649 | 359.65714 | 120.37305 | 55 |
| 10 | 7918 | 28.0725 | 31.725235 | 161.17355 | 387.2733 | 130.53875 | 55 |
| 11 | 7918 | 29.7775 | 30.83915 | 169.86405 | 411.71894 | 139.63498 | 55 |
| 12 | 7918 | 31.4825 | 30.095795 | 177.15565 | 432.85327 | 147.62709 | 55 |
| 13 | 7918 | 33.1875 | 29.48307 | 183.16413 | 450.96087 | 154.61252 | 55 |
| 14 | 7918 | 34.8925 | 28.992025 | 187.98059 | 466.24462 | 160.65581 | 55 |
| 15 | 7918 | 36.5975 | 28.616065 | 191.66627 | 478.85151 | 165.80648 | 55 |
| 16 | 7918 | 38.35702 | 28.345515 | 194.32149 | 502.55898 | 177.961 | 55 |
| 17 | 7918 | 40.13202 | 28.185095 | 195.89237 | 523.42634 | 189.10183 | 55 |
| 18 | 7918 | 42.05 | 28.14763 | 192.39633 | 527.58287 | 193.52004 | 55 |
| 19 | 7918 | 43.16448 | 28.163285 | 188.13468 | 529.1917 | 196.90936 | 55 |
| 20 | 7918 | 43.33948 | 28.173055 | 187.39847 | 529.27545 | 197.38277 | 55 |
| 21 | 7918 | 43.85332 | 28.210445 | 181.96134 | 529.27129 | 200.51949 | 55 |
| 22 | 7918 | 44.85832 | 28.30964 | 169.36291 | 528.83075 | 207.53886 | 55 |
| 23 | 7918 | 46.13 | 28.485365 | 148.3197 | 527.49319 | 218.91592 | 55 |
| 24 | 7918 | 46.86898 | 28.60584 | 133.49821 | 526.55611 | 226.93208 | 55 |
| 25 | 7918 | 47.38398 | 28.711505 | 122.96192 | 519.05668 | 228.68542 | 55 |
| 26 | 7918 | 47.91257 | 28.82303 | 111.10645 | 510.33993 | 230.49755 | 55 |
| 27 | 7918 | 48.153405 | 28.87946 | 103.19336 | 506.37658 | 232.77794 | 55 |
| 28 | 7918 | 48.62762 | 28.99799 | 87.53071 | 503.443 | 240.12708 | 55 |
| 29 | 7918 | 49.02725 | 29.10169 | 74.515253 | 335.60116 | 150.73802 | 55 |
| 30 | 7918 | 49.904825 | 29.36881 | 71.89546 | 188.90015 | 67.552686 | 55 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 31 | 7918 | 51.492615 | 29.91103 | 66.579553 | 178.03293 | 64.34764 | 55 |
| 32 | 7918 | 53.080405 | 30.56407 | 60.174055 | 164.41366 | 60.182765 | 55 |
| 33 | 7918 | 54.6682 | 31.336805 | 52.59658 | 147.77477 | 54.951152 | 55 |
| 34 | 7918 | 56.255995 | 32.241015 | 43.729321 | 127.76758 | 48.519513 | 55 |
| 35 | 7918 | 57.843785 | 33.29255 | 33.417064 | 103.9049 | 40.696172 | 55 |
| 36 | 7918 | 59.431575 | 34.513295 | 21.445059 | 75.492512 | 31.204312 | 55 |
| 37 | 7918 | 61.019365 | 35.93459 | 7.5063951 | 41.50643 | 19.629929 | 55 |

3.2.2 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLU

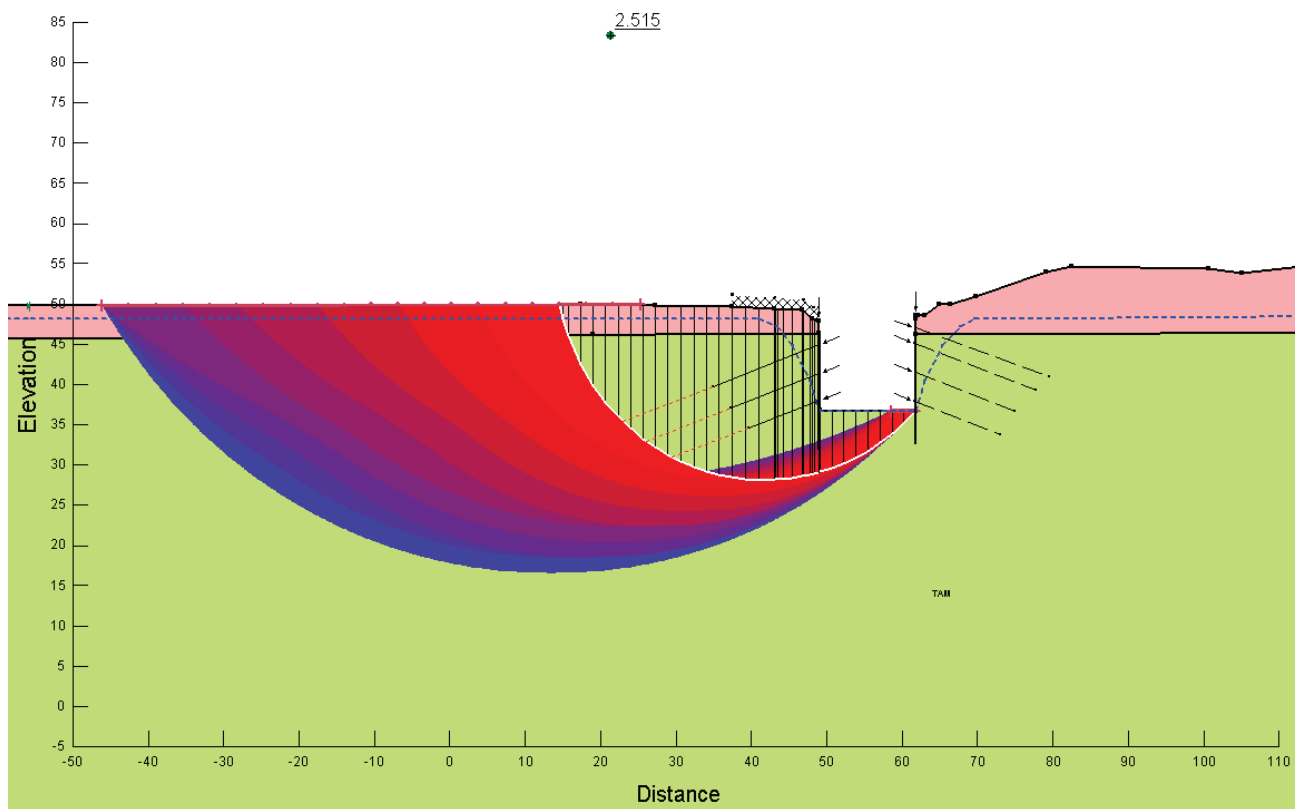


Figura 2- Risultati della verifica di stabilità globale. Mappa dei risultati condizione SLU (superfici con FS minimo in rosso, superfici con FS massimo in blu)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 8 kPa
Phi: 29.26 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 24 kN/m³
Cohesion: 44 kPa
Phi: 24.79 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
Left-Zone Left Coordinate: (-46.079073, 49.795327) m
Left-Zone Right Coordinate: (25.24605, 49.912111) m
Left-Zone Increment: 20
Right Projection: Range
Right-Zone Left Coordinate: (58.582558, 36.709632) m
Right-Zone Right Coordinate: (61.81326, 36.70002) m
Right-Zone Increment: 20
Radius Increments: 20

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-55.742168, 49.76417) m
Right Coordinate: (189.92855, 62.790959) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|------------|-------|
| | -59.964639 | 48.16 |
| | 41 | 48.16 |
| | 43.45 | 47.24 |
| | 45.46 | 44.87 |
| | 47.83 | 40.41 |
| | 49.02 | 36.7 |
| | 61.82 | 36.7 |
| | 63.02 | 40.41 |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| | 65.39 | 44.87 |
| | 67.72 | 47.24 |
| | 69.67 | 48.16 |
| | 191.22793 | 48.995877 |

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 26 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 37.52808 | 51.115555 |
| | 43.228958 | 50.785865 |
| | 46.937963 | 50.538598 |
| | 48.311668 | 49.494582 |
| | 48.943573 | 49.494582 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

Vert Seismic Load: 0

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (49.008961, 47.91592) m

Inside Point: (49.008209, 31.91592) m

Slip Surface Intersection: (49.008, 29.096) m

Total Length: 16 m

Reinforcement Direction: 89.997 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 0 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (48.998521, 44.878932) m

Inside Point: (34.903132, 39.748629) m

Slip Surface Intersection: (22.986, 35.411) m

Total Length: 15 m

Reinforcement Direction: 20 °

Applied Load Option: Constant

F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor
Outside Point: (49.011899, 41.371441) m
Inside Point: (37.265741, 37.096189) m
Slip Surface Intersection: (26.015, 33.001) m
Total Length: 12.5 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor
Outside Point: (49.084155, 38.054223) m
Inside Point: (39.687229, 34.634021) m
Slip Surface Intersection: (29.554, 30.946) m
Total Length: 10 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m

Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Pile
Outside Point: (61.816741, 48.611299) m
Inside Point: (61.831556, 32.6827) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 15.928606 m
Reinforcement Direction: 90.053 °
Applied Load Option: Variable
F of S Dependent: No
Pile Spacing: 1 m
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Load Used: 0 kN
Shear Option: Parallel to Slip
Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 6

Type: Anchor
Outside Point: (61.751733, 46.982512) m
Inside Point: (79.566041, 41.032463) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 18.781711 m
Reinforcement Direction: 161.53 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 7

Type: Anchor

Outside Point: (61.721867, 45.071247) m
Inside Point: (77.696641, 39.256905) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 17 m
Reinforcement Direction: 160 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 8

Type: Anchor
Outside Point: (61.758658, 41.477662) m
Inside Point: (74.914355, 36.68938) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 14 m
Reinforcement Direction: 160 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 9

Type: Anchor
Outside Point: (61.736763, 37.932216) m
Inside Point: (73.013075, 33.827974) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 12 m
Reinforcement Direction: 160 °

Applied Load Option: Constant
 F of S Dependent: No
 Bond Length: 0 m
 Bond Diameter: 0.31830989 m
 Bond Safety Factor: 1
 Bond Skin Friction: 1 kPa
 Bond Resistance: 1 kN/m
 Anchor Spacing: 1 m
 Bar Capacity: 0 kN
 Bar Safety Factor: 1
 Bar Load: 0 kN
 Load Distribution: Conc. in 1 slice
 Shear Capacity: 0 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Option: Parallel to Slip
 Shear Load: 0 kN
 Applied Load: 0 kN
 Anchor Load Used: 0 kN
 Resisting Force Used: 0 kN/m
 Available Bond Length: 0 m
 Required Bond Length: 0 m
 Governing Component: Bar

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|---|------------------------|
| Region 1 | TAM | 28,2,1,8,7,6,5,4 | 16040.495 |
| Region 2 | B2 | 2,9,10,11,12,13,14,15,29,28 | 414.32519 |
| Region 3 | B2 | 6,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,7 | 1315.5478 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|------------|------------|
| Point 1 | -61.072645 | -18.692434 |
| Point 2 | -59.697592 | 45.668863 |
| Point 3 | 19.02 | 46.16 |
| Point 4 | 49.110931 | 36.737811 |
| Point 5 | 61.82 | 36.7 |
| Point 6 | 61.82 | 46.16 |
| Point 7 | 191.34824 | 46.825628 |
| Point 8 | 191.23814 | -17.222662 |
| Point 9 | -59.652682 | 49.751562 |
| Point 10 | 17.4 | 50 |
| Point 11 | 27.22 | 49.89 |
| Point 12 | 37.45 | 49.68 |

| | | |
|----------|-----------|-----------|
| Point 13 | 43.1 | 49.38 |
| Point 14 | 46.8 | 49.24 |
| Point 15 | 47.995143 | 48.132833 |
| Point 16 | 61.82 | 48.16 |
| Point 17 | 61.82 | 48.61 |
| Point 18 | 62.13 | 48.62 |
| Point 19 | 63.03 | 48.62 |
| Point 20 | 64.95 | 49.91 |
| Point 21 | 66.35 | 49.95 |
| Point 22 | 69.83 | 50.88 |
| Point 23 | 79.121945 | 54.00532 |
| Point 24 | 82.501261 | 54.697668 |
| Point 25 | 100.59 | 54.38 |
| Point 26 | 105.1 | 53.9 |
| Point 27 | 191.17813 | 62.921929 |
| Point 28 | 48.992034 | 46.317125 |
| Point 29 | 48.944432 | 47.936225 |
| Point 30 | | |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 7918 | 2.515 | (41.724, 55.947) | 27.822 | (14.5477, 49.9908) | (61.8133, 36.7) |

Slices of Slip Surface: 7918

| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|---|--------------|-----------|-----------|------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 7918 | 14.78115 | 49.0754 | -8.9773724 | 3.1224976 | 1.7493986 | 8 |
| 2 | 7918 | 15.355595 | 47.13927 | 10.010472 | 32.535196 | 12.619616 | 8 |
| 3 | 7918 | 16.54828 | 44.28062 | 38.044071 | 70.917032 | 15.182478 | 44 |
| 4 | 7918 | 18.218335 | 41.143365 | 68.81194 | 146.47732 | 35.869994 | 44 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 5 | 7918 | 19.855 | 38.80034 | 91.788636 | 204.17288 | 51.905011 | 44 |
| 6 | 7918 | 21.491665 | 36.88796 | 110.54603 | 252.19125 | 65.419282 | 44 |
| 7 | 7918 | 23.128335 | 35.282865 | 126.28402 | 293.23962 | 77.108959 | 44 |
| 8 | 7918 | 24.765 | 33.91652 | 139.6856 | 328.83321 | 87.358405 | 44 |
| 9 | 7918 | 26.401665 | 32.74614 | 151.1649 | 359.92736 | 96.417585 | 44 |
| 10 | 7918 | 28.0725 | 31.725235 | 161.17355 | 387.52366 | 104.5405 | 44 |
| 11 | 7918 | 29.7775 | 30.83915 | 169.86405 | 411.94138 | 111.80416 | 44 |
| 12 | 7918 | 31.4825 | 30.095795 | 177.15565 | 433.04957 | 118.1854 | 44 |
| 13 | 7918 | 33.1875 | 29.48307 | 183.16413 | 451.12832 | 123.76009 | 44 |
| 14 | 7918 | 34.8925 | 28.992025 | 187.98059 | 466.38107 | 128.58012 | 44 |
| 15 | 7918 | 36.5975 | 28.616065 | 191.66627 | 478.95527 | 132.68531 | 44 |
| 16 | 7918 | 38.35702 | 28.345515 | 194.32149 | 506.84355 | 144.33928 | 44 |
| 17 | 7918 | 40.13202 | 28.185095 | 195.89237 | 531.9379 | 155.20367 | 44 |
| 18 | 7918 | 42.05 | 28.14763 | 192.39633 | 536.1061 | 158.74342 | 44 |
| 19 | 7918 | 43.16448 | 28.163285 | 188.13468 | 537.71018 | 161.45253 | 44 |
| 20 | 7918 | 43.33948 | 28.173055 | 187.39847 | 537.76626 | 161.81845 | 44 |
| 21 | 7918 | 43.85332 | 28.210445 | 181.96134 | 537.70126 | 164.29958 | 44 |
| 22 | 7918 | 44.85832 | 28.30964 | 169.36291 | 537.1127 | 169.84638 | 44 |
| 23 | 7918 | 46.13 | 28.485365 | 148.3197 | 535.58376 | 178.8591 | 44 |
| 24 | 7918 | 46.86898 | 28.60584 | 133.49821 | 534.91177 | 185.39409 | 44 |
| 25 | 7918 | 47.38398 | 28.711505 | 122.96192 | 528.25441 | 187.18559 | 44 |
| 26 | 7918 | 47.91257 | 28.82303 | 111.10645 | 520.11045 | 188.89976 | 44 |
| 27 | 7918 | 48.153405 | 28.87946 | 103.19336 | 515.69017 | 190.51293 | 44 |
| 28 | 7918 | 48.62762 | 28.99799 | 87.53071 | 512.64111 | 196.33855 | 44 |
| 29 | 7918 | 49.02725 | 29.10169 | 74.515253 | 335.44548 | 120.51143 | 44 |
| 30 | 7918 | 49.904825 | 29.36881 | 71.89546 | 188.7918 | 53.988934 | 44 |
| 31 | 7918 | 51.492615 | 29.91103 | 66.579553 | 177.9091 | 51.417897 | 44 |
| 32 | 7918 | 53.080405 | 30.56407 | 60.174055 | 164.26994 | 48.077005 | 44 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 33 | 7918 | 54.6682 | 31.336805 | 52.59658 | 147.60754 | 43.881107 | 44 |
| 34 | 7918 | 56.255995 | 32.241015 | 43.729321 | 127.57965 | 38.726533 | 44 |
| 35 | 7918 | 57.843785 | 33.29255 | 33.417064 | 103.69964 | 32.460223 | 44 |
| 36 | 7918 | 59.431575 | 34.513295 | 21.445059 | 75.274017 | 24.861071 | 44 |
| 37 | 7918 | 61.019365 | 35.93459 | 7.5063951 | 41.277465 | 15.597273 | 44 |

3.2.3 Verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno A2+M2+R2 SLV

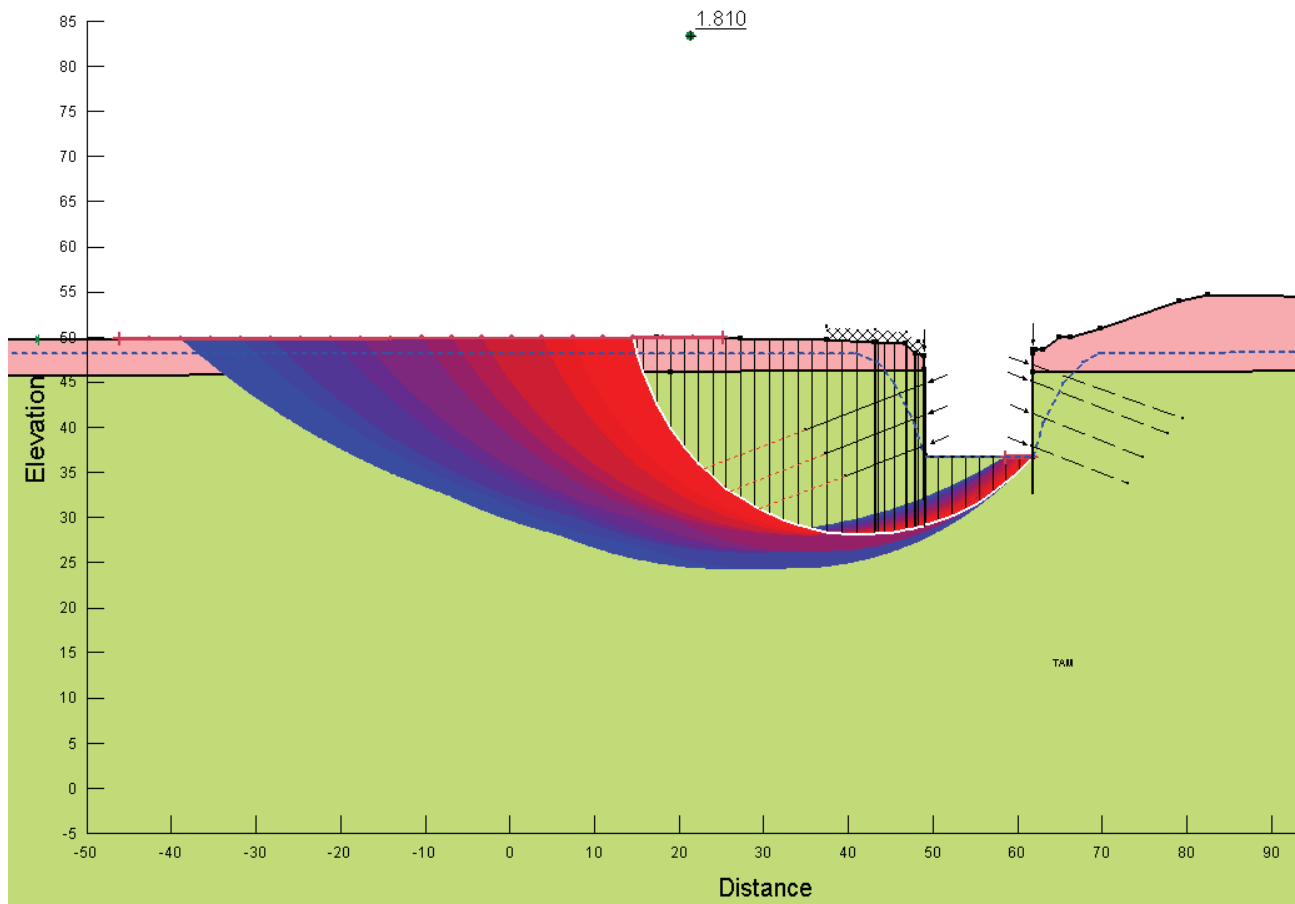


Figura 3 - Risultati della verifica di stabilità globale. Mappa dei risultati condizione SLV (superfici con FS minimo in rosso, superfici con FS massimo in blu)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Entry and Exit

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 8 kPa
Phi: 29.26 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 24 kN/m³
Cohesion: 44 kPa
Phi: 24.79 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Slip Surface Entry and Exit

Left Projection: Range
Left-Zone Left Coordinate: (-46.079073, 49.795327) m
Left-Zone Right Coordinate: (25.24605, 49.912111) m
Left-Zone Increment: 20
Right Projection: Range
Right-Zone Left Coordinate: (58.582558, 36.709632) m
Right-Zone Right Coordinate: (61.81326, 36.70002) m
Right-Zone Increment: 20
Radius Increments: 20

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-55.742168, 49.76417) m
Right Coordinate: (189.92855, 62.790959) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|------------|-------|
| | -59.964639 | 48.16 |
| | 41 | 48.16 |
| | 43.45 | 47.24 |
| | 45.46 | 44.87 |
| | 47.83 | 40.41 |
| | 49.02 | 36.7 |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| | 61.82 | 36.7 |
| | 63.02 | 40.41 |
| | 65.39 | 44.87 |
| | 67.72 | 47.24 |
| | 69.67 | 48.16 |
| | 191.22793 | 48.995877 |

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 4 kN/m³

Direction: Vertical

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|-----------|-----------|
| | 37.52808 | 51.115555 |
| | 43.228958 | 50.785865 |
| | 46.937963 | 50.538598 |
| | 48.311668 | 49.494582 |
| | 48.943573 | 49.494582 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.1183

Vert Seismic Load: 0.05915

Ignore seismic load in strength: No

Reinforcements

Reinforcement 1

Type: Pile

Outside Point: (49.008961, 47.91592) m

Inside Point: (49.008209, 31.91592) m

Slip Surface Intersection: (49.008, 29.096) m

Total Length: 16 m

Reinforcement Direction: 89.997 °

Applied Load Option: Variable

F of S Dependent: No

Pile Spacing: 1 m

Shear Capacity: 0 kN

Shear Safety Factor: 1

Shear Load Used: 0 kN

Shear Option: Parallel to Slip

Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 2

Type: Anchor

Outside Point: (48.998521, 44.878932) m

Inside Point: (34.903132, 39.748629) m

Slip Surface Intersection: (22.986, 35.411) m
Total Length: 15 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 3

Type: Anchor
Outside Point: (49.011899, 41.371441) m
Inside Point: (37.265741, 37.096189) m
Slip Surface Intersection: (26.015, 33.001) m
Total Length: 12.5 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 4

Type: Anchor
Outside Point: (49.084155, 38.054223) m
Inside Point: (39.687229, 34.634021) m
Slip Surface Intersection: (29.554, 30.946) m
Total Length: 10 m
Reinforcement Direction: 20 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No

Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 1 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bond

Reinforcement 5

Type: Pile
Outside Point: (61.816741, 48.611299) m
Inside Point: (61.831556, 32.6827) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 15.928606 m
Reinforcement Direction: 90.053 °
Applied Load Option: Variable
F of S Dependent: No
Pile Spacing: 1 m
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Load Used: 0 kN
Shear Option: Parallel to Slip
Resisting Force Used: 0 kN/m

Reinforcement 6

Type: Anchor
Outside Point: (61.751733, 46.982512) m
Inside Point: (79.566041, 41.032463) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 18.781711 m
Reinforcement Direction: 161.53 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m

Governing Component: Bar
Reinforcement 7

Type: Anchor
Outside Point: (61.721867, 45.071247) m
Inside Point: (77.696641, 39.256905) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 17 m
Reinforcement Direction: 160 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 8

Type: Anchor
Outside Point: (61.758658, 41.477662) m
Inside Point: (74.914355, 36.68938) m
Slip Surface Intersection: (0, 0) m
Total Length: 14 m
Reinforcement Direction: 160 °
Applied Load Option: Constant
F of S Dependent: No
Bond Length: 0 m
Bond Diameter: 0.31830989 m
Bond Safety Factor: 1
Bond Skin Friction: 1 kPa
Bond Resistance: 1 kN/m
Anchor Spacing: 1 m
Bar Capacity: 0 kN
Bar Safety Factor: 1
Bar Load: 0 kN
Load Distribution: Conc. in 1 slice
Shear Capacity: 0 kN
Shear Safety Factor: 1
Shear Option: Parallel to Slip
Shear Load: 0 kN
Applied Load: 0 kN
Anchor Load Used: 0 kN
Resisting Force Used: 0 kN/m
Available Bond Length: 0 m
Required Bond Length: 0 m
Governing Component: Bar

Reinforcement 9

Type: Anchor

Outside Point: (61.736763, 37.932216) m
 Inside Point: (73.013075, 33.827974) m
 Slip Surface Intersection: (0, 0) m
 Total Length: 12 m
 Reinforcement Direction: 160 °
 Applied Load Option: Constant
 F of S Dependent: No
 Bond Length: 0 m
 Bond Diameter: 0.31830989 m
 Bond Safety Factor: 1
 Bond Skin Friction: 1 kPa
 Bond Resistance: 1 kN/m
 Anchor Spacing: 1 m
 Bar Capacity: 0 kN
 Bar Safety Factor: 1
 Bar Load: 0 kN
 Load Distribution: Conc. in 1 slice
 Shear Capacity: 0 kN
 Shear Safety Factor: 1
 Shear Option: Parallel to Slip
 Shear Load: 0 kN
 Applied Load: 0 kN
 Anchor Load Used: 0 kN
 Resisting Force Used: 0 kN/m
 Available Bond Length: 0 m
 Required Bond Length: 0 m
 Governing Component: Bar

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|---|------------------------|
| Region 1 | TAM | 28,2,1,8,7,6,5,4 | 16040.495 |
| Region 2 | B2 | 2,9,10,11,12,13,14,15,29,28 | 414.32519 |
| Region 3 | B2 | 6,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,7 | 1315.5478 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|---------|------------|------------|
| Point 1 | -61.072645 | -18.692434 |
| Point 2 | -59.697592 | 45.668863 |
| Point 3 | 19.02 | 46.16 |
| Point 4 | 49.110931 | 36.737811 |
| Point 5 | 61.82 | 36.7 |
| Point 6 | 61.82 | 46.16 |
| Point 7 | 191.34824 | 46.825628 |
| Point 8 | 191.23814 | -17.222662 |
| Point 9 | -59.652682 | 49.751562 |

| | | |
|----------|-----------|-----------|
| Point 10 | 17.4 | 50 |
| Point 11 | 27.22 | 49.89 |
| Point 12 | 37.45 | 49.68 |
| Point 13 | 43.1 | 49.38 |
| Point 14 | 46.8 | 49.24 |
| Point 15 | 47.995143 | 48.132833 |
| Point 16 | 61.82 | 48.16 |
| Point 17 | 61.82 | 48.61 |
| Point 18 | 62.13 | 48.62 |
| Point 19 | 63.03 | 48.62 |
| Point 20 | 64.95 | 49.91 |
| Point 21 | 66.35 | 49.95 |
| Point 22 | 69.83 | 50.88 |
| Point 23 | 79.121945 | 54.00532 |
| Point 24 | 82.501261 | 54.697668 |
| Point 25 | 100.59 | 54.38 |
| Point 26 | 105.1 | 53.9 |
| Point 27 | 191.17813 | 62.921929 |
| Point 28 | 48.992034 | 46.317125 |
| Point 29 | 48.944432 | 47.936225 |
| Point 30 | | |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 7918 | 1.810 | (41.724, 55.947) | 27.822 | (14.5477, 49.9908) | (61.8133, 36.7) |

Slices of Slip Surface: 7918

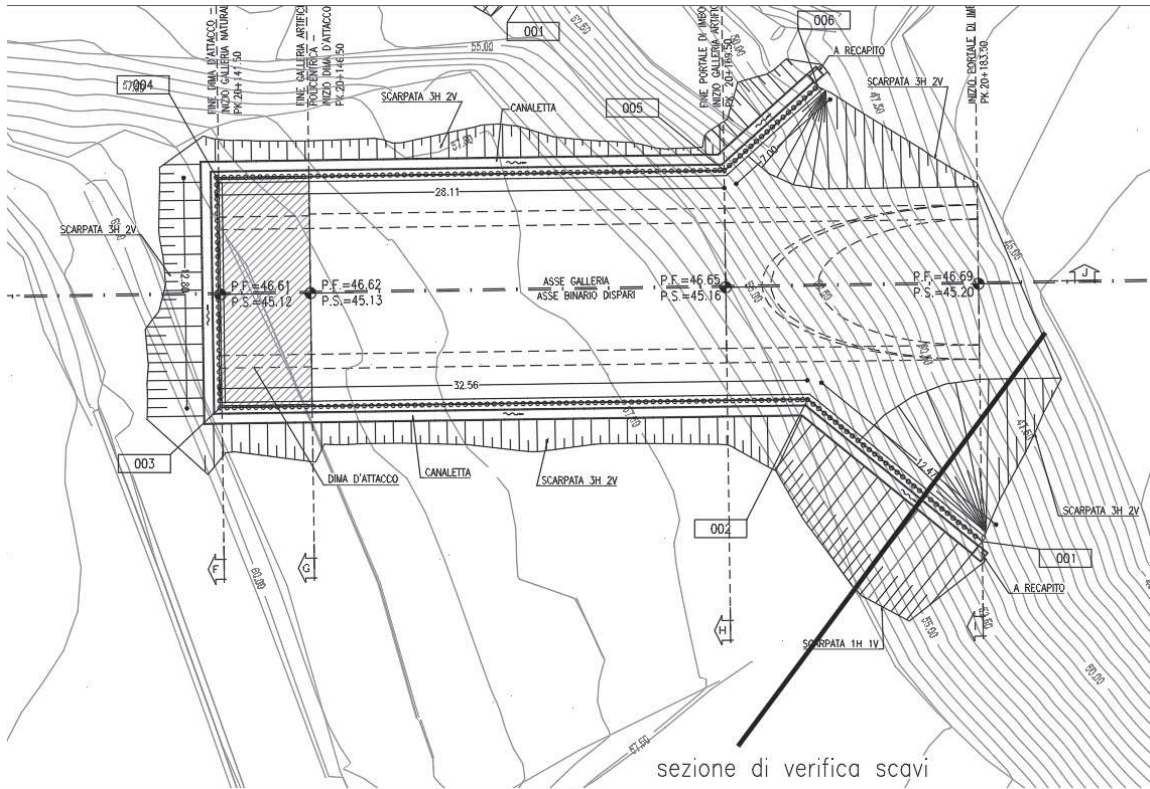
| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|---|--------------|----------|---------|------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 7918 | 14.78115 | 49.0754 | -8.9773724 | 0.9385964 | 0.52585446 | 8 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 2 | 7918 | 15.355595 | 47.13927 | 10.010472 | 29.327069 | 10.822243 | 8 |
| 3 | 7918 | 16.54828 | 44.28062 | 38.044071 | 62.808631 | 11.437589 | 44 |
| 4 | 7918 | 18.218335 | 41.143365 | 68.81194 | 140.79536 | 33.245764 | 44 |
| 5 | 7918 | 19.855 | 38.80034 | 91.788636 | 201.16818 | 50.517279 | 44 |
| 6 | 7918 | 21.491665 | 36.88796 | 110.54603 | 251.9315 | 65.299314 | 44 |
| 7 | 7918 | 23.128335 | 35.282865 | 126.28402 | 295.71034 | 78.250071 | 44 |
| 8 | 7918 | 24.765 | 33.91652 | 139.6856 | 333.99438 | 89.742107 | 44 |
| 9 | 7918 | 26.401665 | 32.74614 | 151.1649 | 367.72803 | 100.02035 | 44 |
| 10 | 7918 | 28.0725 | 31.725235 | 161.17355 | 397.95212 | 109.35692 | 44 |
| 11 | 7918 | 29.7775 | 30.83915 | 169.86405 | 424.99114 | 117.83123 | 44 |
| 12 | 7918 | 31.4825 | 30.095795 | 177.15565 | 448.65 | 125.3905 | 44 |
| 13 | 7918 | 33.1875 | 29.48307 | 183.16413 | 469.21923 | 132.11543 | 44 |
| 14 | 7918 | 34.8925 | 28.992025 | 187.98059 | 486.89383 | 138.05401 | 44 |
| 15 | 7918 | 36.5975 | 28.616065 | 191.66627 | 501.84063 | 143.25498 | 44 |
| 16 | 7918 | 38.35702 | 28.345515 | 194.32149 | 516.61106 | 148.85043 | 44 |
| 17 | 7918 | 40.13202 | 28.185095 | 195.89237 | 528.35499 | 153.54889 | 44 |
| 18 | 7918 | 42.05 | 28.14763 | 192.39633 | 534.72524 | 158.10566 | 44 |
| 19 | 7918 | 43.16448 | 28.163285 | 188.13468 | 537.67921 | 161.43822 | 44 |
| 20 | 7918 | 43.33948 | 28.173055 | 187.39847 | 537.99208 | 161.92274 | 44 |
| 21 | 7918 | 43.85332 | 28.210445 | 181.96134 | 538.83844 | 164.82479 | 44 |
| 22 | 7918 | 44.85832 | 28.30964 | 169.36291 | 540.05225 | 171.20402 | 44 |
| 23 | 7918 | 46.13 | 28.485365 | 148.3197 | 540.94063 | 181.33319 | 44 |
| 24 | 7918 | 46.86898 | 28.60584 | 133.49821 | 540.297 | 187.88128 | 44 |
| 25 | 7918 | 47.38398 | 28.711505 | 122.96192 | 530.6142 | 188.27547 | 44 |
| 26 | 7918 | 47.91257 | 28.82303 | 111.10645 | 520.48237 | 189.07153 | 44 |
| 27 | 7918 | 48.153405 | 28.87946 | 103.19336 | 517.96478 | 191.56346 | 44 |
| 28 | 7918 | 48.62762 | 28.99799 | 87.53071 | 516.13639 | 197.95286 | 44 |
| 29 | 7918 | 49.02725 | 29.10169 | 74.515253 | 363.08601 | 133.27729 | 44 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| 30 | 7918 | 49.904825 | 29.36881 | 71.89546 | 205.21266 | 61.572961 | 44 |
| 31 | 7918 | 51.492615 | 29.91103 | 66.579553 | 194.74416 | 59.19322 | 44 |
| 32 | 7918 | 53.080405 | 30.56407 | 60.174055 | 181.34426 | 55.962834 | 44 |
| 33 | 7918 | 54.6682 | 31.336805 | 52.59658 | 164.70329 | 51.776829 | 44 |
| 34 | 7918 | 56.255995 | 32.241015 | 43.729321 | 144.41844 | 46.503583 | 44 |
| 35 | 7918 | 57.843785 | 33.29255 | 33.417064 | 119.92067 | 39.951956 | 44 |
| 36 | 7918 | 59.431575 | 34.513295 | 21.445059 | 90.379317 | 31.8375 | 44 |
| 37 | 7918 | 61.019365 | 35.93459 | 7.5063951 | 54.520658 | 21.713683 | 44 |

3.3

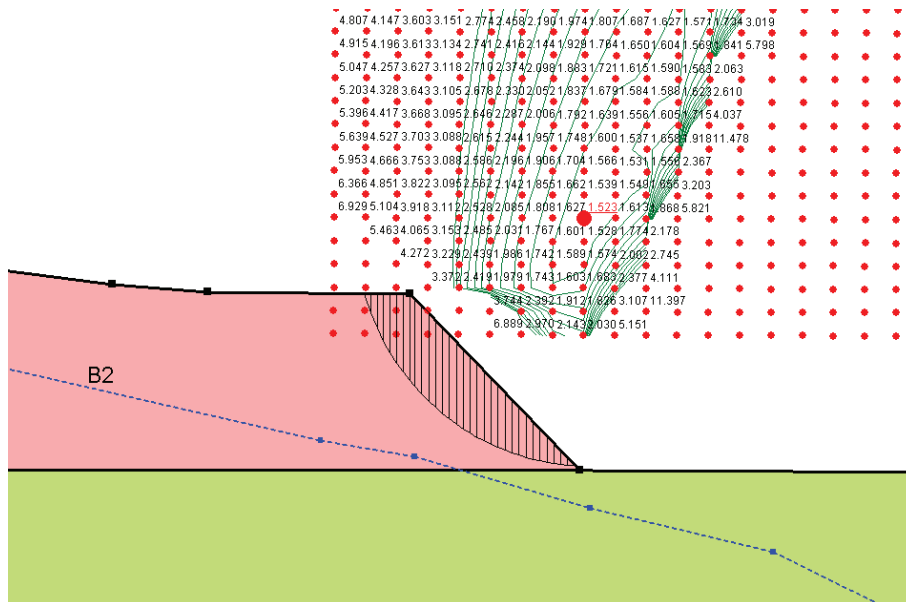
GALLERIA LETOJANNI – IMBOCCO LATO MESSINA – VERIFICA SCAVI



3.3.1 Verifiche di stabilità scavi “Caratteristica”

CARATTERISTICA

FS = 1.523



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 10 kPa

Phi: 30 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Cohesion: 55 kPa

Phi: 30 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (20.310646, 60.324404) m

Lower Left: (20.219492, 44.603145) m

Lower Right: (42.704168, 44.504061) m

Grid Horizontal Increment: 20

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (24.118424, 43.72044) m

Upper Right Coordinate: (29.372848, 43.777678) m

Lower Left Coordinate: (24.164215, 39.828274) m

Lower Right Coordinate: (29.441533, 39.759589) m

Number of Increments: 10

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0.53992594, 47.742822) m
Right Coordinate: (57.121342, 39.877597) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|------------|-----------|
| | -0.9191903 | 45.898221 |
| | 6.6636642 | 43.804694 |
| | 19.735846 | 41.018819 |
| | 23.122488 | 40.457889 |
| | 29.446542 | 38.707599 |
| | 36.030741 | 37.227392 |
| | 60 | 26.08 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0
Vert Seismic Load: 0

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|---------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7 | 176.45984 |
| Region 2 | TAM | 10,8,9,7,1 | 2442.3558 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|---------|------------|-----------|
| Point 1 | -1.0747061 | 40.023224 |
| Point 2 | -0.9402538 | 47.956032 |
| Point 3 | 1.9439448 | 47.540582 |
| Point 4 | 12.251898 | 46.280111 |
| Point 5 | 15.658688 | 46.019107 |
| Point 6 | 22.948778 | 45.961686 |

| | | |
|----------|------------|------------|
| Point 7 | 29.047217 | 40.008777 |
| Point 8 | 60 | 0 |
| Point 9 | 59.837277 | 39.864906 |
| Point 10 | -1.1367853 | -0.0934396 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 1253 | 1.523 | (29.236, 48.494) | 8.33 | (21.2964, 45.9747) | (28.8804, 40.1716) |

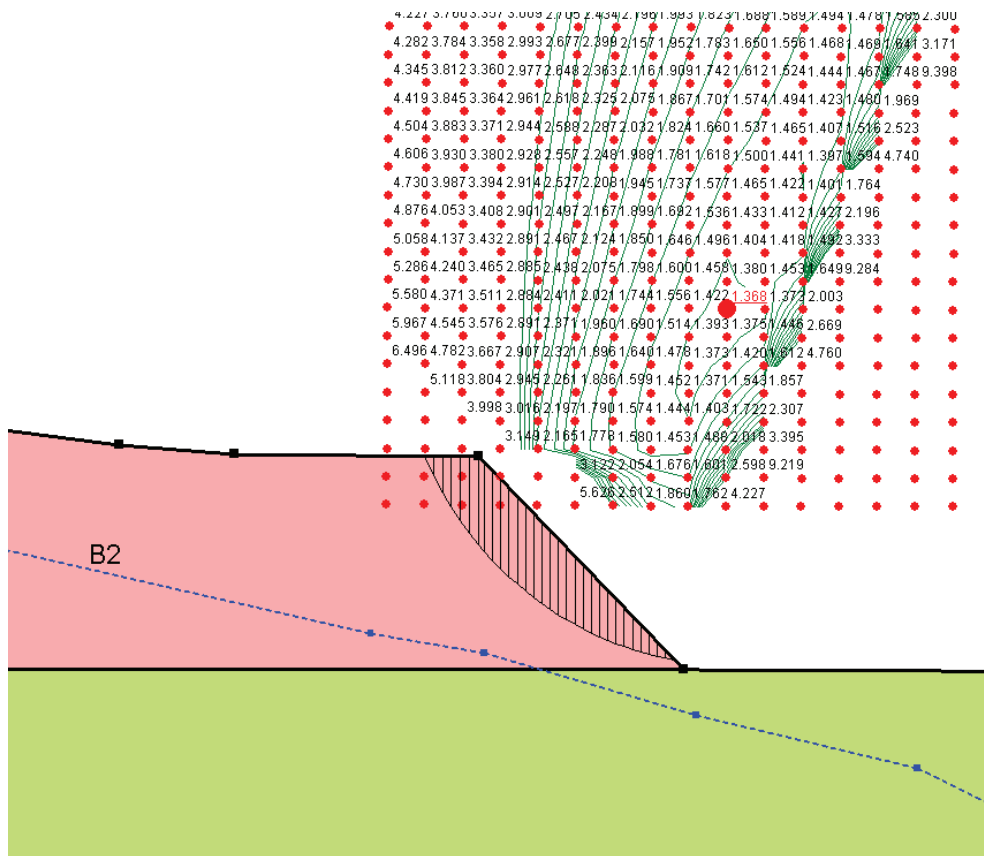
Slices of Slip Surface: 1253

| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|----|--------------|-----------|-----------|----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 1253 | 21.41439 | 45.65006 | - 48.145511 | -5.6673962 | -3.2720727 | 10 |
| 2 | 1253 | 21.65045 | 45.064345 | - 42.785092 | 1.9796634 | 1.1429592 | 10 |
| 3 | 1253 | 21.88651 | 44.58154 | - 38.433074 | 9.0230539 | 5.2094626 | 10 |
| 4 | 1253 | 22.12257 | 44.165815 | - 34.738751 | 15.569575 | 8.9890983 | 10 |
| 5 | 1253 | 22.35863 | 43.798915 | - 31.524291 | 21.696804 | 12.526656 | 10 |
| 6 | 1253 | 22.59469 | 43.46998 | -28.6817 | 27.46267 | 15.85558 | 10 |
| 7 | 1253 | 22.83075 | 43.17189 | - 26.142388 | 32.91114 | 19.001256 | 10 |
| 8 | 1253 | 23.035635 | 42.932985 | - 24.132154 | 36.250503 | 20.929238 | 10 |
| 9 | 1253 | 23.24766 | 42.70661 | -22.39298 | 37.698684 | 21.765345 | 10 |
| 10 | 1253 | 23.498005 | 42.45808 | - 20.635213 | 39.047652 | 22.544172 | 10 |
| 11 | 1253 | 23.74835 | 42.229425 | - 19.072114 | 40.009495 | 23.099492 | 10 |
| 12 | 1253 | 23.998695 | 42.018525 | - 17.683421 | 40.613668 | 23.448312 | 10 |
| 13 | 1253 | 24.249045 | 41.82369 | - 16.452249 | 40.888288 | 23.606864 | 10 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|----|
| 14 | 1253 | 24.49939 | 41.64355 | - 15.365044 | 40.852105 | 23.585974 | 10 |
| 15 | 1253 | 24.749735 | 41.476965 | - 14.410926 | 40.525997 | 23.397695 | 10 |
| 16 | 1253 | 25.00008 | 41.32299 | - 13.580425 | 39.918958 | 23.047221 | 10 |
| 17 | 1253 | 25.250425 | 41.180825 | - 12.865412 | 39.044127 | 22.542137 | 10 |
| 18 | 1253 | 25.50077 | 41.04979 | - 12.260078 | 37.915558 | 21.890558 | 10 |
| 19 | 1253 | 25.751115 | 40.92931 | -11.75789 | 36.537291 | 21.094815 | 10 |
| 20 | 1253 | 26.00146 | 40.818885 | - 11.354518 | 34.918998 | 20.160493 | 10 |
| 21 | 1253 | 26.251805 | 40.71809 | -11.04565 | 33.062739 | 19.088781 | 10 |
| 22 | 1253 | 26.502155 | 40.62655 | - 10.827392 | 30.973677 | 17.882661 | 10 |
| 23 | 1253 | 26.7525 | 40.543945 | - 10.696653 | 28.654677 | 16.543786 | 10 |
| 24 | 1253 | 27.002845 | 40.47 | - 10.651046 | 26.108493 | 15.073745 | 10 |
| 25 | 1253 | 27.25319 | 40.404475 | - 10.687957 | 23.335121 | 13.472538 | 10 |
| 26 | 1253 | 27.503535 | 40.34717 | - 10.805459 | 20.335252 | 11.740563 | 10 |
| 27 | 1253 | 27.75388 | 40.29791 | - 11.002064 | 17.108033 | 9.8773276 | 10 |
| 28 | 1253 | 28.004225 | 40.25655 | - 11.275638 | 13.651889 | 7.8819219 | 10 |
| 29 | 1253 | 28.25457 | 40.222975 | - 11.625831 | 9.9638084 | 5.7526074 | 10 |
| 30 | 1253 | 28.504915 | 40.19709 | -12.05176 | 6.0410002 | 3.4877731 | 10 |
| 31 | 1253 | 28.755265 | 40.17882 | - 12.552046 | 1.8783007 | 1.0844374 | 10 |

3.3.2 Verifiche di stabilità scavi A2+M2+R2 SLU

FS = 1.368



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000

Optimization Convergence Tolerance: 1e-007

Starting Optimization Points: 8

Ending Optimization Points: 16

Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 8 kPa
Phi: 29.26 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 24 kN/m³
Cohesion: 44 kPa
Phi: 24.79 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (20.310646, 60.324404) m
Lower Left: (20.219492, 44.603145) m
Lower Right: (42.704168, 44.504061) m
Grid Horizontal Increment: 20
Grid Vertical Increment: 20
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (24.118424, 43.72044) m
Upper Right Coordinate: (29.372848, 43.777678) m
Lower Left Coordinate: (24.164215, 39.828274) m
Lower Right Coordinate: (29.441533, 39.759589) m
Number of Increments: 10
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0.53992594, 47.742822) m
Right Coordinate: (57.121342, 39.877597) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|------------|-----------|
| | -0.9191903 | 45.898221 |
| | 6.6636642 | 43.804694 |
| | 19.735846 | 41.018819 |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| | 23.122488 | 40.457889 |
| | 29.446542 | 38.707599 |
| | 36.030741 | 37.227392 |
| | 60 | 26.08 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0

Vert Seismic Load: 0

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|---------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7 | 176.45984 |
| Region 2 | TAM | 10,8,9,7,1 | 2442.3558 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|------------|------------|
| Point 1 | -1.0747061 | 40.023224 |
| Point 2 | -0.9402538 | 47.956032 |
| Point 3 | 1.9439448 | 47.540582 |
| Point 4 | 12.251898 | 46.280111 |
| Point 5 | 15.658688 | 46.019107 |
| Point 6 | 22.948778 | 45.961686 |
| Point 7 | 29.047217 | 40.008777 |
| Point 8 | 60 | 0 |
| Point 9 | 59.837277 | 39.864906 |
| Point 10 | -1.1367853 | -0.0934396 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 1726 | 1.368 | (30.369, 50.061) | 9.909 | (21.3425, 45.9743) | (28.7668, 40.2825) |

Slices of Slip Surface: 1726

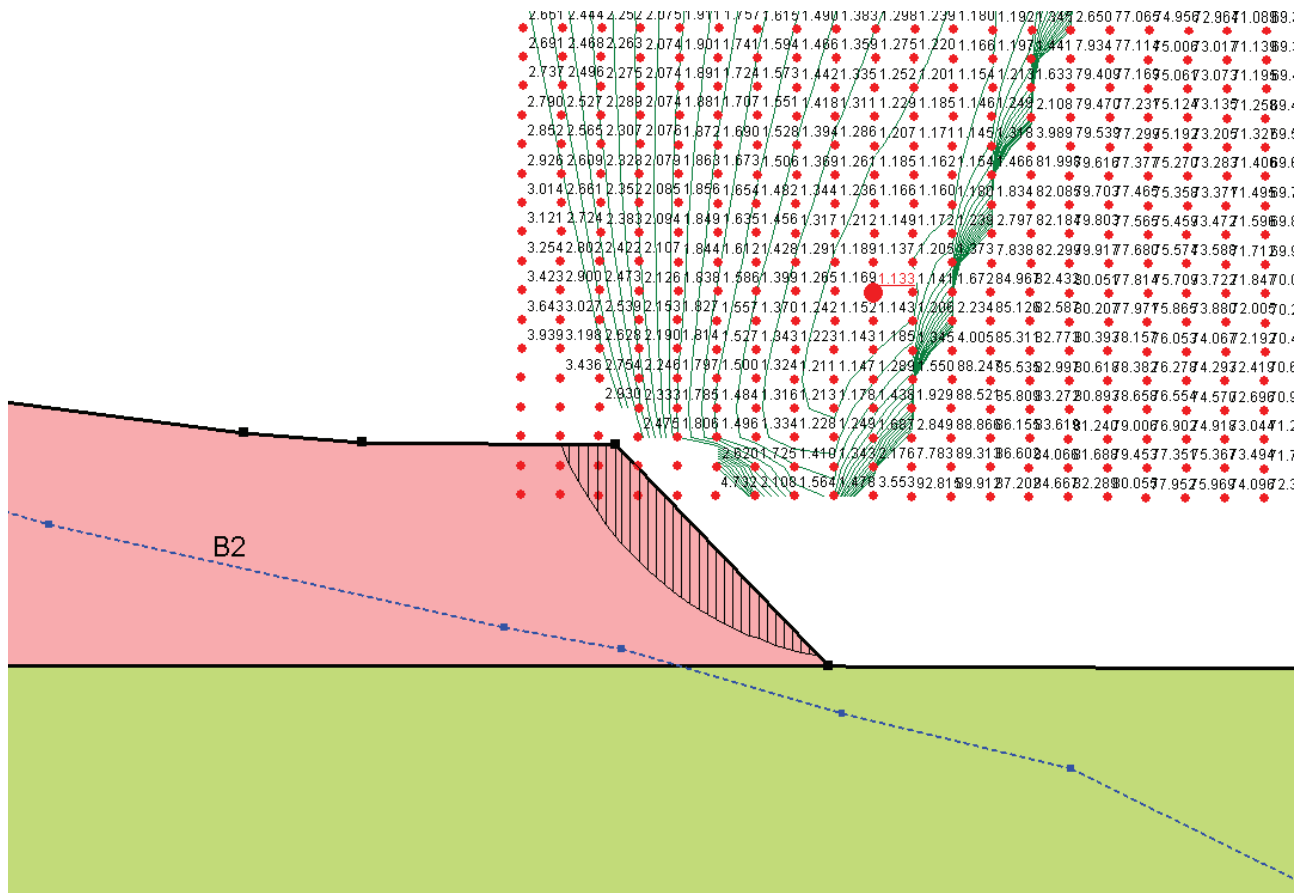
| | Slip Surface | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal Stress (kPa) | Frictional Strength (kPa) | Cohesive Strength (kPa) |
|--|--------------|-------|-------|-----------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
|--|--------------|-------|-------|-----------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|----------------|------------|------------|---|
| 1 | 1726 | 21.47634 | 45.70129 | - 48.747628 | -3.5312763 | -1.9784195 | 8 |
| 2 | 1726 | 21.744055 | 45.19115 | - 44.179108 | 3.0448086 | 1.7058729 | 8 |
| 3 | 1726 | 22.01177 | 44.74366 | - 40.225529 | 9.3261392 | 5.2250273 | 8 |
| 4 | 1726 | 22.27949 | 44.343845 | - 36.740097 | 15.322278 | 8.5844015 | 8 |
| 5 | 1726 | 22.547205 | 43.98218 | - 33.628638 | 21.050446 | 11.793643 | 8 |
| 6 | 1726 | 22.81492 | 43.652145 | - 30.826161 | 26.529782 | 14.863475 | 8 |
| 7 | 1726 | 23.035635 | 43.398745 | - 28.699974 | 29.736585 | 16.660106 | 8 |
| 8 | 1726 | 23.24519 | 43.17616 | - 26.991309 | 30.826013 | 17.270465 | 8 |
| 9 | 1726 | 23.490595 | 42.930815 | - 25.251074 | 31.836207 | 17.836432 | 8 |
| 10 | 1726 | 23.736 | 42.701835 | - 23.671548 | 32.555642 | 18.2395 | 8 |
| 11 | 1726 | 23.981405 | 42.48773 | - 22.237948 | 33.001059 | 18.489048 | 8 |
| 12 | 1726 | 24.226815 | 42.28727 | - 20.938148 | 33.190141 | 18.594983 | 8 |
| 13 | 1726 | 24.47222 | 42.099425 | - 19.761902 | 33.134062 | 18.563564 | 8 |
| 14 | 1726 | 24.717625 | 41.923315 | - 18.700879 | 32.843008 | 18.400499 | 8 |
| 15 | 1726 | 24.96303 | 41.758195 | - 17.747816 | 32.327769 | 18.111833 | 8 |
| 16 | 1726 | 25.208435 | 41.60342 | - 16.895933 | 31.595611 | 17.701637 | 8 |
| 17 | 1726 | 25.45384 | 41.458425 | - 16.140046 | 30.653315 | 17.17371 | 8 |
| 18 | 1726 | 25.699245 | 41.32273 | - 15.475644 | 29.506578 | 16.531243 | 8 |
| 19 | 1726 | 25.944655 | 41.195905 | - 14.897735 | 28.160259 | 15.77696 | 8 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|----------------|------------|------------|---|
| 20 | 1726 | 26.19006 | 41.077575 | - 14.403446 | 26.617834 | 14.912806 | 8 |
| 21 | 1726 | 26.435465 | 40.967405 | - 13.989145 | 24.883137 | 13.940932 | 8 |
| 22 | 1726 | 26.68087 | 40.865105 | - 13.651806 | 22.958876 | 12.862853 | 8 |
| 23 | 1726 | 26.926275 | 40.770415 | - 13.389256 | 20.846921 | 11.679617 | 8 |
| 24 | 1726 | 27.17168 | 40.6831 | - 13.199198 | 18.548609 | 10.391973 | 8 |
| 25 | 1726 | 27.417085 | 40.602955 | - 13.079367 | 16.065158 | 9.0006046 | 8 |
| 26 | 1726 | 27.66249 | 40.5298 | - 13.028029 | 13.396887 | 7.5056892 | 8 |
| 27 | 1726 | 27.907895 | 40.46348 | - 13.043672 | 10.543563 | 5.9070964 | 8 |
| 28 | 1726 | 28.153305 | 40.40385 | - 13.125097 | 7.5044244 | 4.2044003 | 8 |
| 29 | 1726 | 28.39871 | 40.350785 | - 13.270684 | 4.2793972 | 2.3975588 | 8 |
| 30 | 1726 | 28.644115 | 40.304185 | - 13.479623 | 0.86564436 | 0.48498262 | 8 |

3.3.3 Verifiche di stabilità degli scavi A2+M2+R2 SLV

FS = 1.133



Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Method: Bishop, Ordinary and Janbu

Settings

Apply Phreatic Correction: No

PWP Conditions Source: Piezometric Line

Use Staged Rapid Drawdown: No

SlipSurface

Direction of movement: Left to Right

Allow Passive Mode: No

Slip Surface Option: Grid and Radius

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack

Tension Crack Option: (none)

FOS Distribution

FOS Calculation Option: Constant

Advanced

Number of Slices: 30

Optimization Tolerance: 0.01

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Minimum Slice Width: 0.1 m

Optimization Maximum Iterations: 2000
Optimization Convergence Tolerance: 1e-007
Starting Optimization Points: 8
Ending Optimization Points: 16
Complete Passes per Insertion: 1

Materials

B2

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 8 kPa
Phi: 29.26 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

TAM

Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 24 kN/m³
Cohesion: 44 kPa
Phi: 24.79 °
Phi-B: 0 °
Pore Water Pressure
Piezometric Line: 1

Slip Surface Grid

Upper Left: (20.310646, 60.324404) m
Lower Left: (20.219492, 44.603145) m
Lower Right: (42.704168, 44.504061) m
Grid Horizontal Increment: 20
Grid Vertical Increment: 20
Left Projection Angle: 0 °
Right Projection Angle: 0 °

Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (24.118424, 43.72044) m
Upper Right Coordinate: (29.372848, 43.777678) m
Lower Left Coordinate: (24.164215, 39.828274) m
Lower Right Coordinate: (29.441533, 39.759589) m
Number of Increments: 10
Left Projection: No
Left Projection Angle: 135 °
Right Projection: No
Right Projection Angle: 45 °
UsePoints: 0

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0.53992594, 47.742822) m
Right Coordinate: (57.121342, 39.877597) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

| | X (m) | Y (m) |
|--|------------|-----------|
| | -0.9191903 | 45.898221 |
| | 6.6636642 | 43.804694 |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| | 19.735846 | 41.018819 |
| | 23.122488 | 40.457889 |
| | 29.446542 | 38.707599 |
| | 36.030741 | 37.227392 |
| | 60 | 26.08 |

Seismic Loads

Horz Seismic Load: 0.1183
 Vert Seismic Load: 0.05915
 Ignore seismic load in strength: No

Regions

| | Material | Points | Area (m ²) |
|----------|----------|---------------|------------------------|
| Region 1 | B2 | 1,2,3,4,5,6,7 | 176.45984 |
| Region 2 | TAM | 10,8,9,7,1 | 2442.3558 |

Points

| | X (m) | Y (m) |
|----------|------------|------------|
| Point 1 | -1.0747061 | 40.023224 |
| Point 2 | -0.9402538 | 47.956032 |
| Point 3 | 1.9439448 | 47.540582 |
| Point 4 | 12.251898 | 46.280111 |
| Point 5 | 15.658688 | 46.019107 |
| Point 6 | 22.948778 | 45.961686 |
| Point 7 | 29.047217 | 40.008777 |
| Point 8 | 60 | 0 |
| Point 9 | 59.837277 | 39.864906 |
| Point 10 | -1.1367853 | -0.0934396 |

Critical Slip Surfaces

| | Number | FOS | Center (m) | Radius (m) | Entry (m) | Exit (m) |
|---|--------|-------|------------------|------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 1726 | 1.133 | (30.369, 50.061) | 9.909 | (21.3425, 45.9743) | (28.7668, 40.2825) |

Slices of Slip Surface: 1726

| | Slip | X (m) | Y (m) | PWP (kPa) | Base Normal | Frictional | Cohesive Strength |
|--|------|-------|-------|-----------|-------------|------------|-------------------|
|--|------|-------|-------|-----------|-------------|------------|-------------------|

| | Surface | | | | Stress (kPa) | Strength (kPa) | (kPa) |
|----|---------|-----------|-----------|----------------|--------------|----------------|-------|
| 1 | 1726 | 21.47634 | 45.70129 | - 48.747628 | -4.2767625 | -2.3960827 | 8 |
| 2 | 1726 | 21.744055 | 45.19115 | - 44.179108 | 2.1802152 | 1.2214791 | 8 |
| 3 | 1726 | 22.01177 | 44.74366 | - 40.225529 | 8.4110294 | 4.7123314 | 8 |
| 4 | 1726 | 22.27949 | 44.343845 | - 36.740097 | 14.409327 | 8.0729148 | 8 |
| 5 | 1726 | 22.547205 | 43.98218 | - 33.628638 | 20.181309 | 11.306703 | 8 |
| 6 | 1726 | 22.81492 | 43.652145 | - 30.826161 | 25.737199 | 14.419425 | 8 |
| 7 | 1726 | 23.035635 | 43.398745 | - 28.699974 | 29.035576 | 16.267361 | 8 |
| 8 | 1726 | 23.24519 | 43.17616 | - 26.991309 | 30.220027 | 16.930957 | 8 |
| 9 | 1726 | 23.490595 | 42.930815 | - 25.251074 | 31.343531 | 17.560408 | 8 |
| 10 | 1726 | 23.736 | 42.701835 | - 23.671548 | 32.174273 | 18.025836 | 8 |
| 11 | 1726 | 23.981405 | 42.48773 | - 22.237948 | 32.726959 | 18.335482 | 8 |
| 12 | 1726 | 24.226815 | 42.28727 | - 20.938148 | 33.02069 | 18.500046 | 8 |
| 13 | 1726 | 24.47222 | 42.099425 | - 19.761902 | 33.062024 | 18.523204 | 8 |
| 14 | 1726 | 24.717625 | 41.923315 | - 18.700879 | 32.861081 | 18.410625 | 8 |
| 15 | 1726 | 24.96303 | 41.758195 | - 17.747816 | 32.428846 | 18.168462 | 8 |
| 16 | 1726 | 25.208435 | 41.60342 | - 16.895933 | 31.771269 | 17.800051 | 8 |
| 17 | 1726 | 25.45384 | 41.458425 | - 16.140046 | 30.894253 | 17.308697 | 8 |
| 18 | 1726 | 25.699245 | 41.32273 | - 15.475644 | 29.802707 | 16.697152 | 8 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----------|-----------|----------------|------------|------------|---|
| 19 | 1726 | 25.944655 | 41.195905 | - 14.897735 | 28.500791 | 15.967745 | 8 |
| 20 | 1726 | 26.19006 | 41.077575 | - 14.403446 | 26.991729 | 15.122283 | 8 |
| 21 | 1726 | 26.435465 | 40.967405 | - 13.989145 | 25.278072 | 14.162197 | 8 |
| 22 | 1726 | 26.68087 | 40.865105 | - 13.651806 | 23.362035 | 13.088725 | 8 |
| 23 | 1726 | 26.926275 | 40.770415 | - 13.389256 | 21.244679 | 11.902463 | 8 |
| 24 | 1726 | 27.17168 | 40.6831 | - 13.199198 | 18.926577 | 10.603732 | 8 |
| 25 | 1726 | 27.417085 | 40.602955 | - 13.079367 | 16.407848 | 9.1925984 | 8 |
| 26 | 1726 | 27.66249 | 40.5298 | - 13.028029 | 13.68774 | 7.6686415 | 8 |
| 27 | 1726 | 27.907895 | 40.46348 | - 13.043672 | 10.765786 | 6.0315983 | 8 |
| 28 | 1726 | 28.153305 | 40.40385 | - 13.125097 | 7.6402547 | 4.2805001 | 8 |
| 29 | 1726 | 28.39871 | 40.350785 | - 13.270684 | 4.3085495 | 2.4138916 | 8 |
| 30 | 1726 | 28.644115 | 40.304185 | - 13.479623 | 0.76833811 | 0.43046619 | 8 |



RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 2: Taormina (e) – Giampilieri (e)

GALLERIA LETOJANNI- RELAZIONE GEOTECNICA
E DI CALCOLO DELLE OPERE DI IMBOCCO LATO
MESSINA

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | ALLEGATO |
|-------------|-------|----------|--------------|------|----------|
| RS2S | 02 | D 07 RB | GA 07 00 001 | B | 2 |

ALLEGATO 2

| | |
|---------------------------|---|
| TITOLO | Analisi e verifica della galleria artificiale |
| TIPO DI DOCUMENTO: | Documento - Formato A4 |
| CODIFICA: | - |
| PAGINE: | 109 |
| DATA: | Settembre 2017 |
| SORGENTE: | U.O. Gallerie Italferr S.p.A. |
| NOTE: | - |

1 GALLERIA ARTIFICIALE TAORMINA – LATO MESSINA

SEZIONE POLICENTRICA MASSIMA COPERTURA – PK 16+019.00

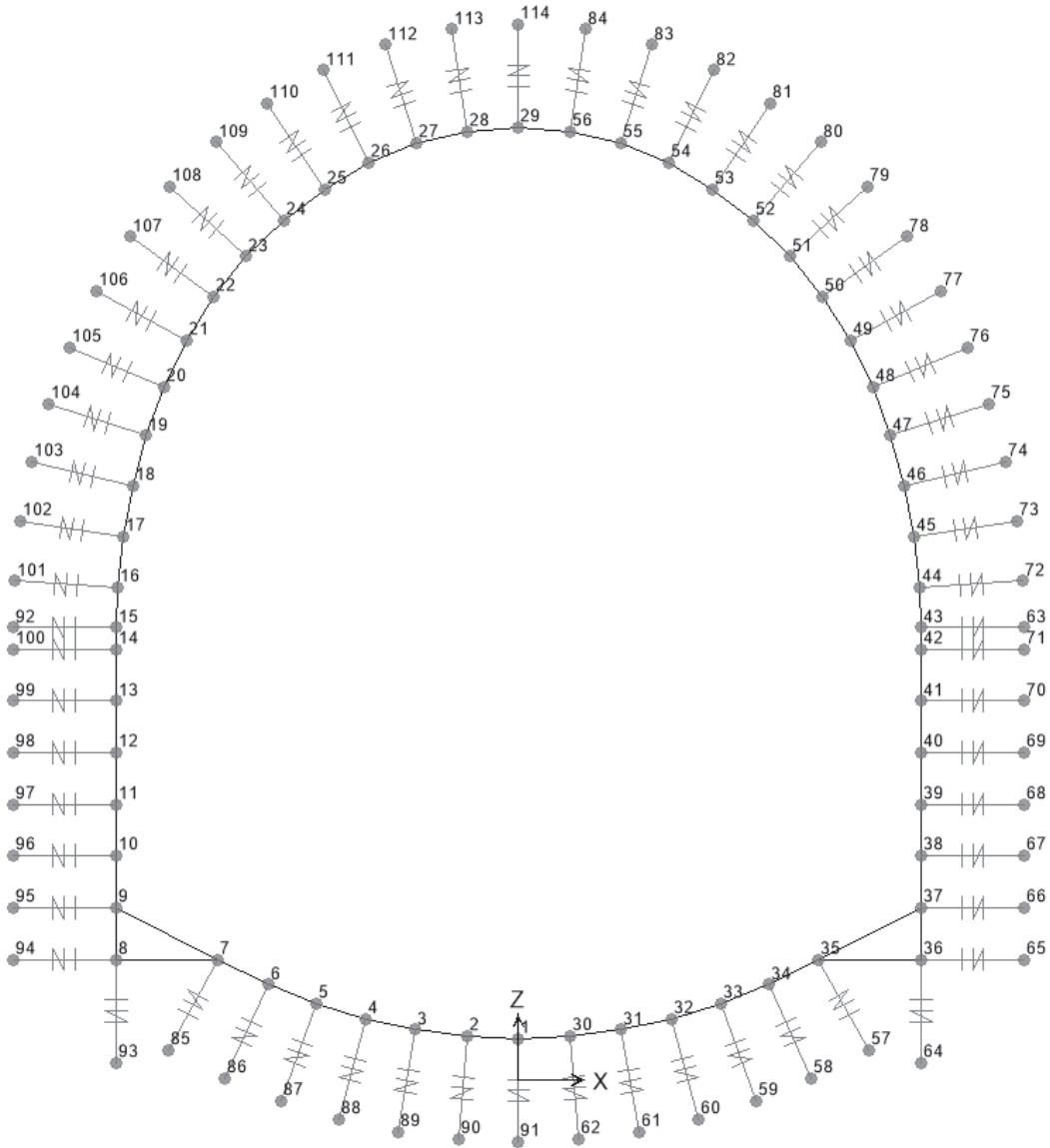


Figura 1 - Modello agli elementi finiti (numerazione nodi).

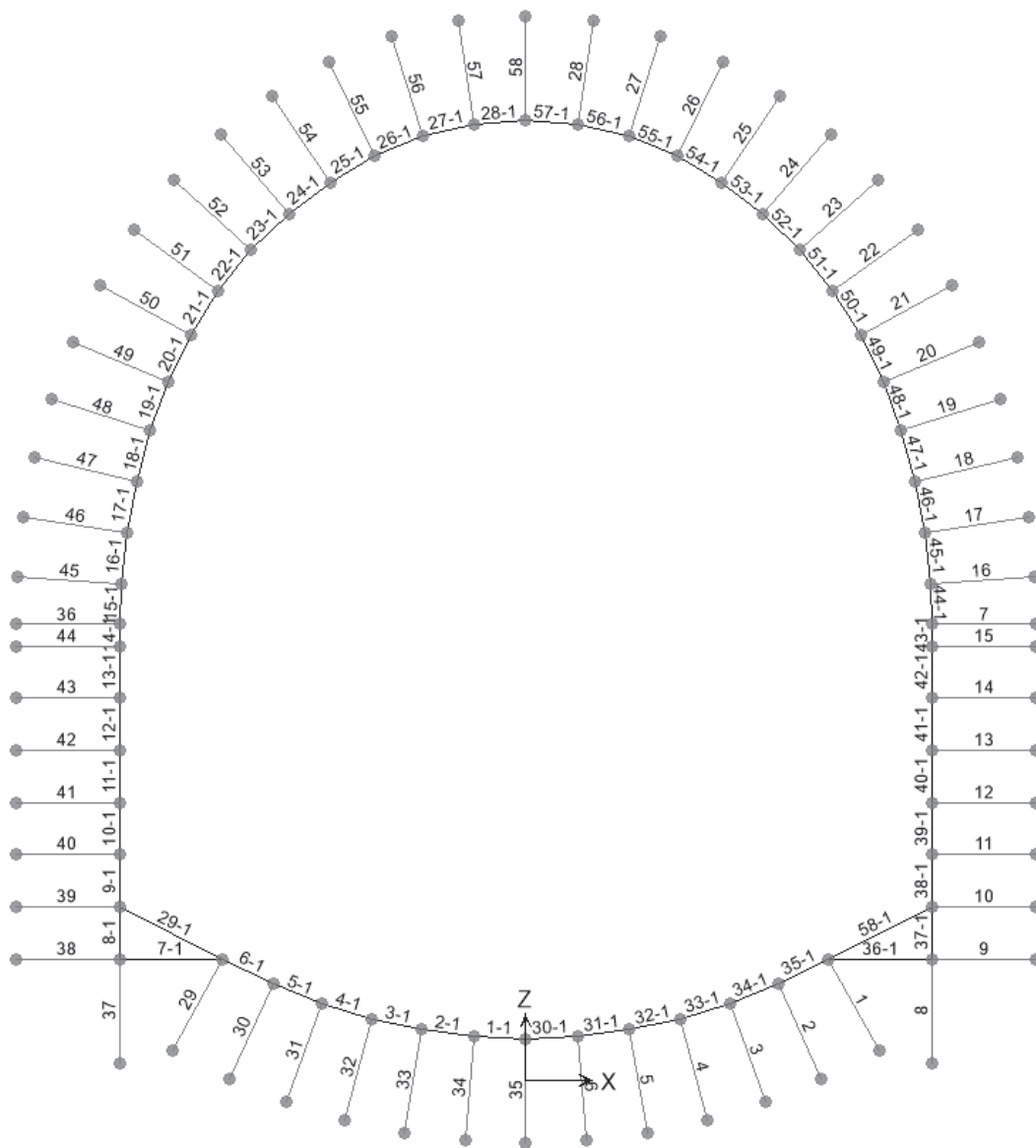


Figura 2 - Modello agli elementi finiti (numerazione FRAME e LINK)

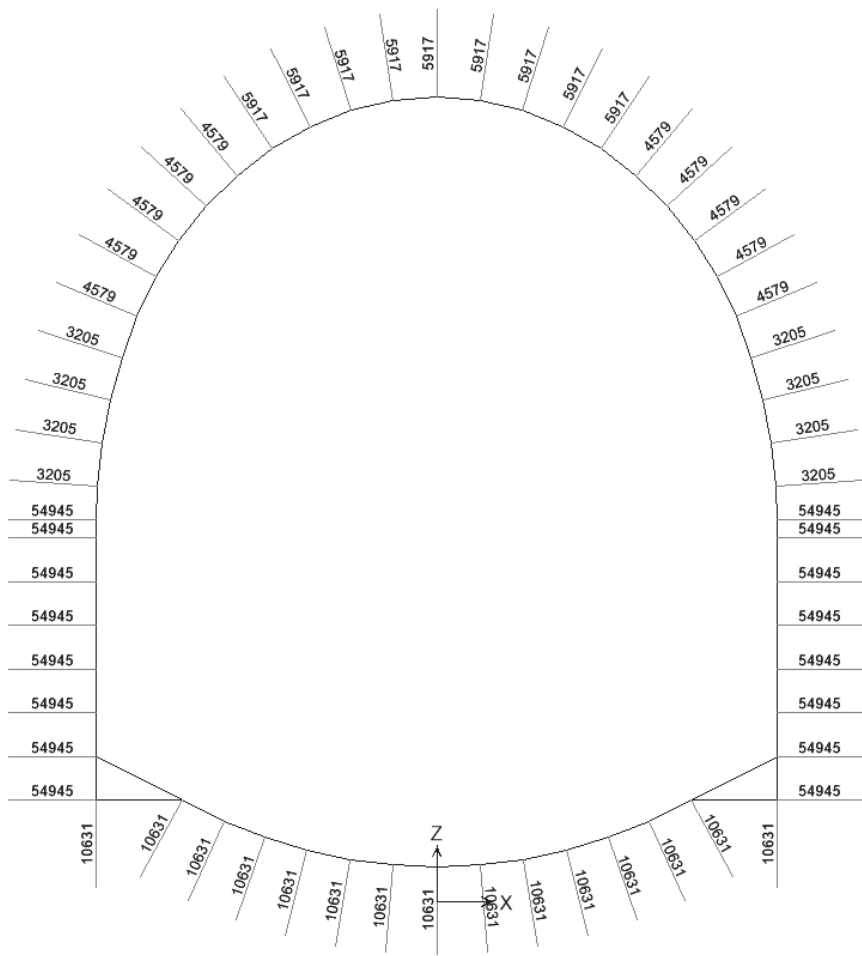


Figura 3 - Link che schematizzano il terreno

2 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE AGLI SLU/SLV/SLE

SOLLECITAZIONI

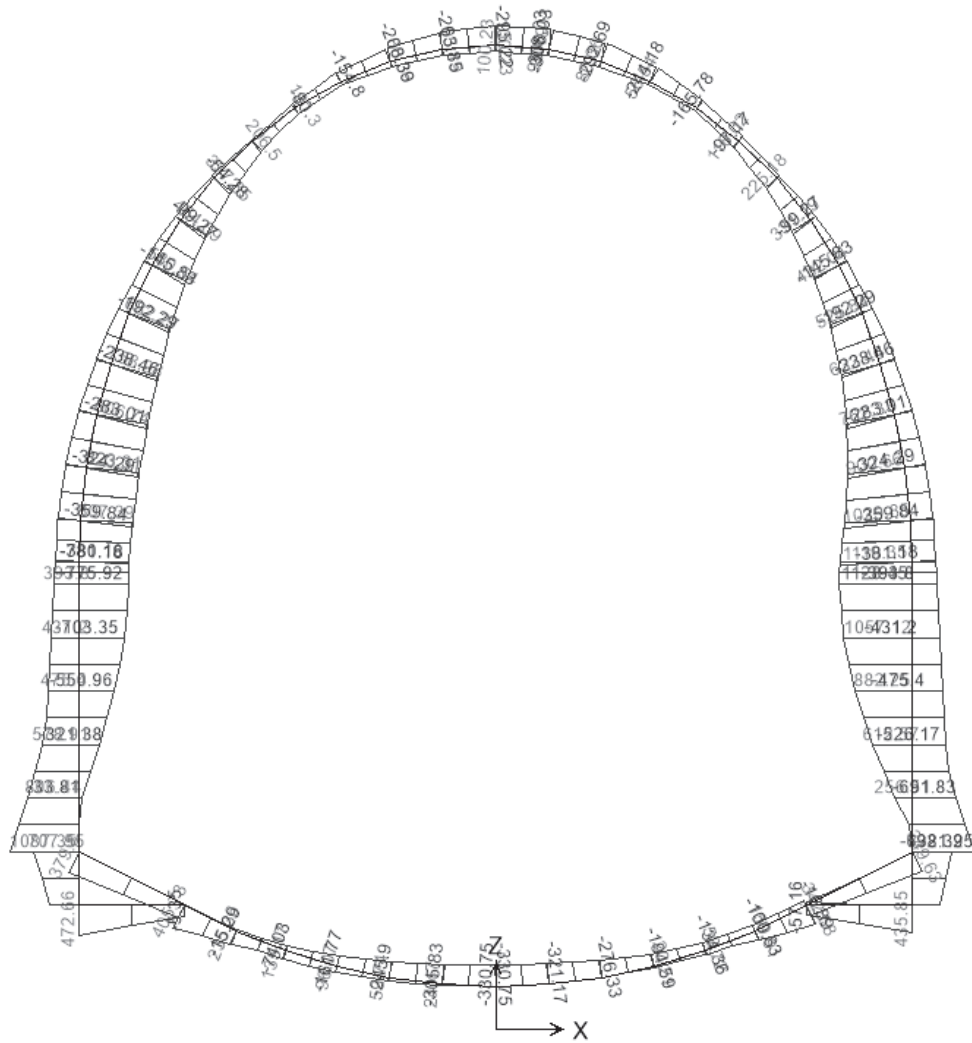


Figura 4 - Momento flettente: SLU-inv

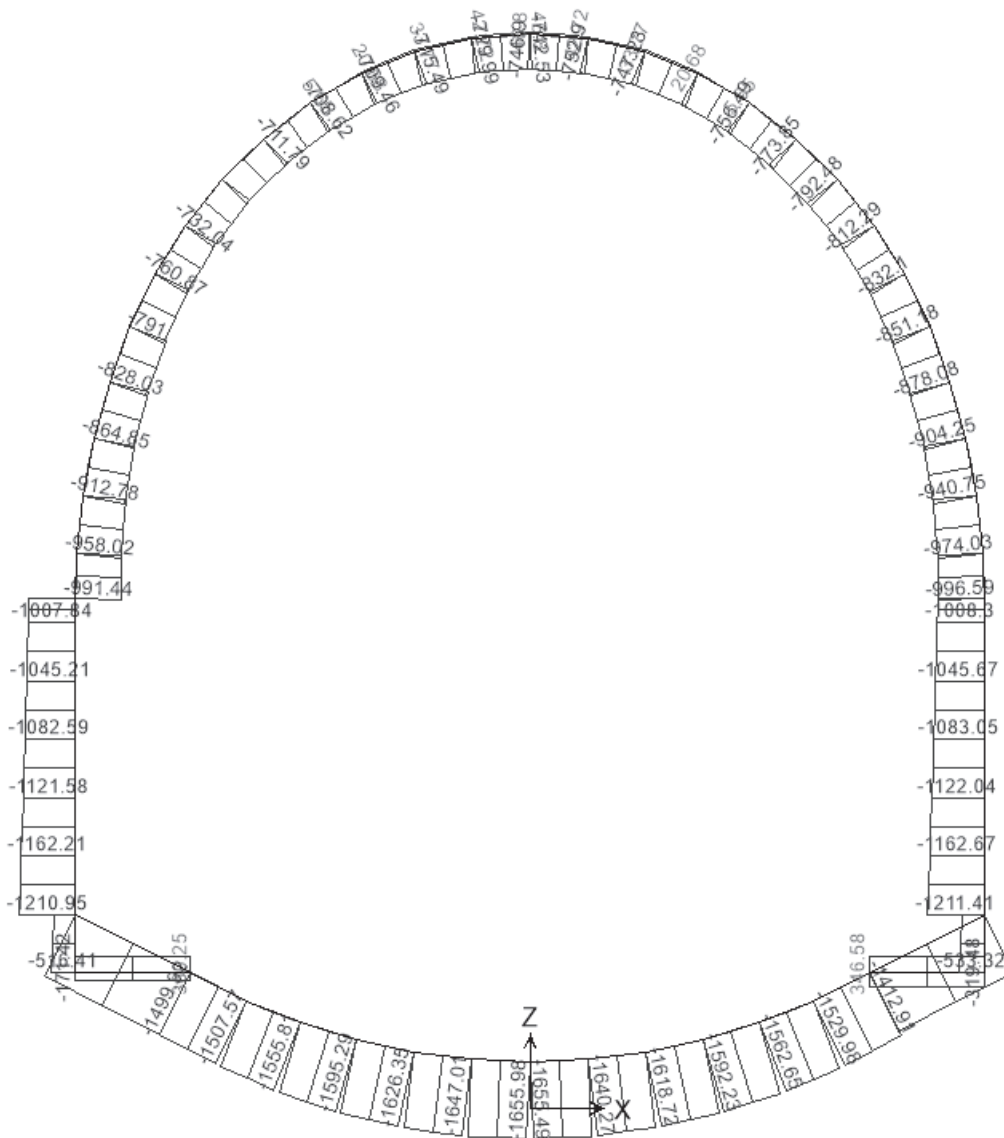


Figura 5 - Sforzo normale: SLU-inv

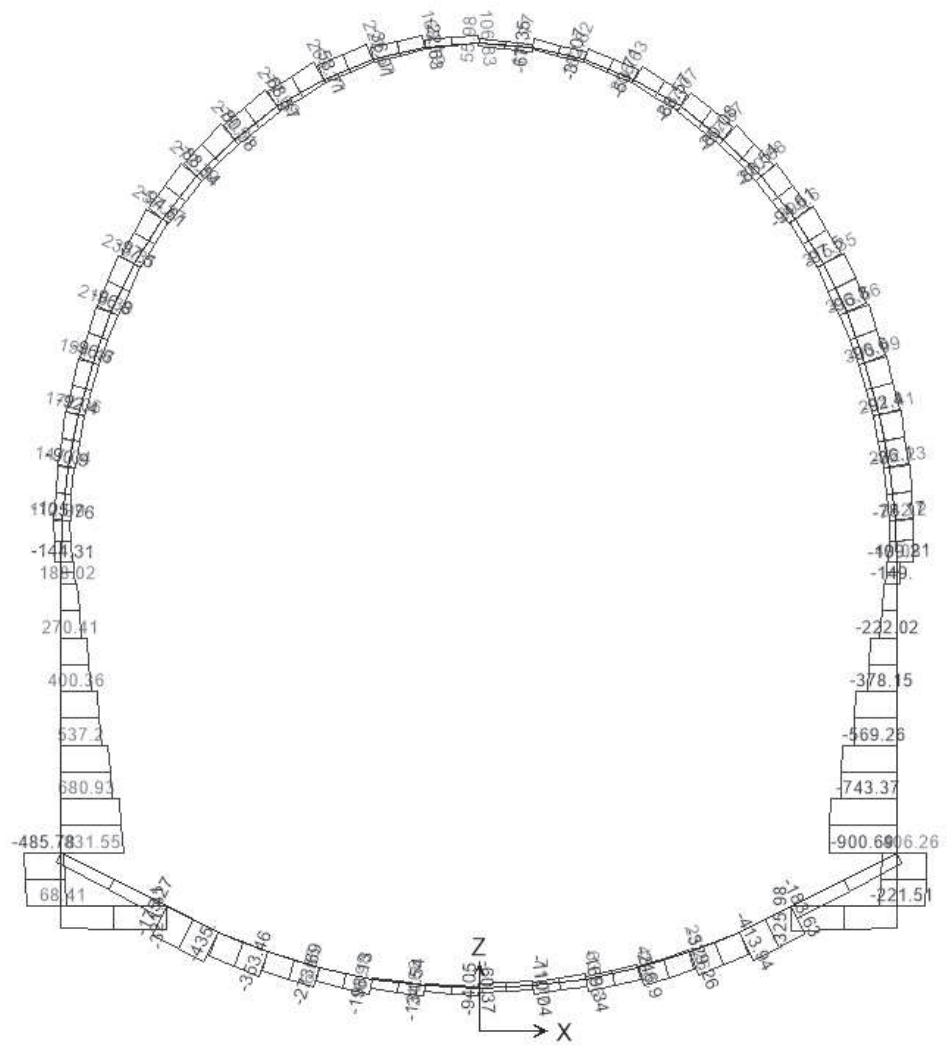


Figura 6 - Taglio: SLU-inv

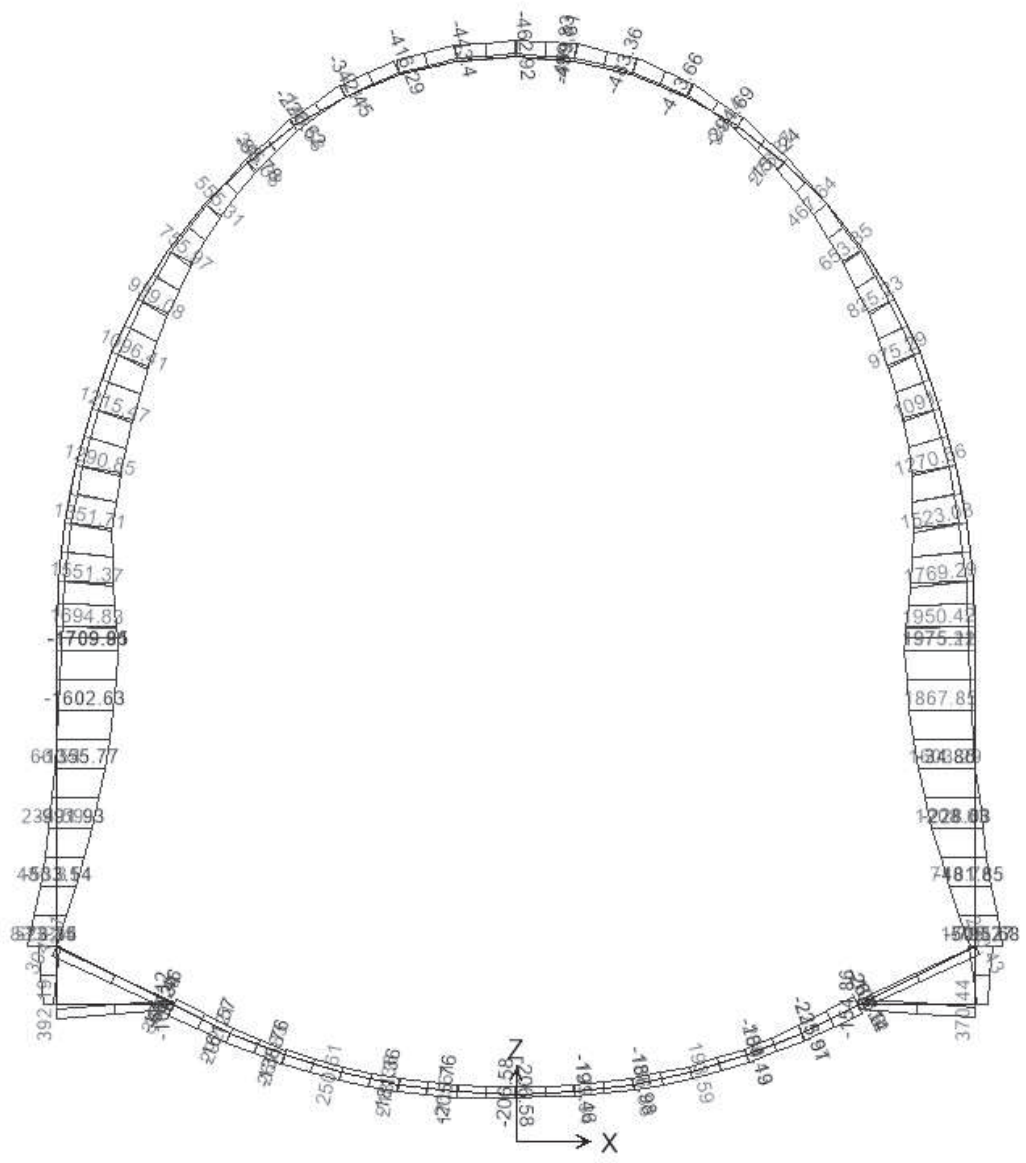


Figura 7 - Momento flettente: SLV-inv

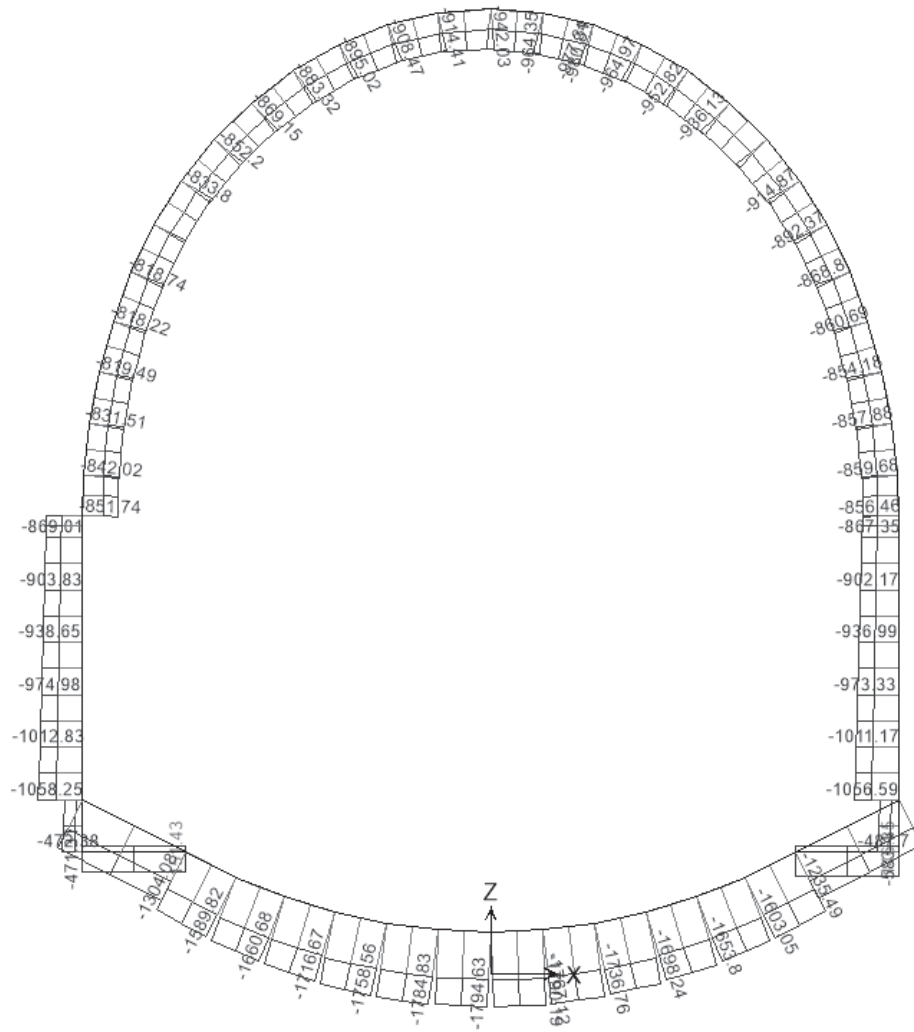


Figura 8 - Sforzo normale: SLV-inv

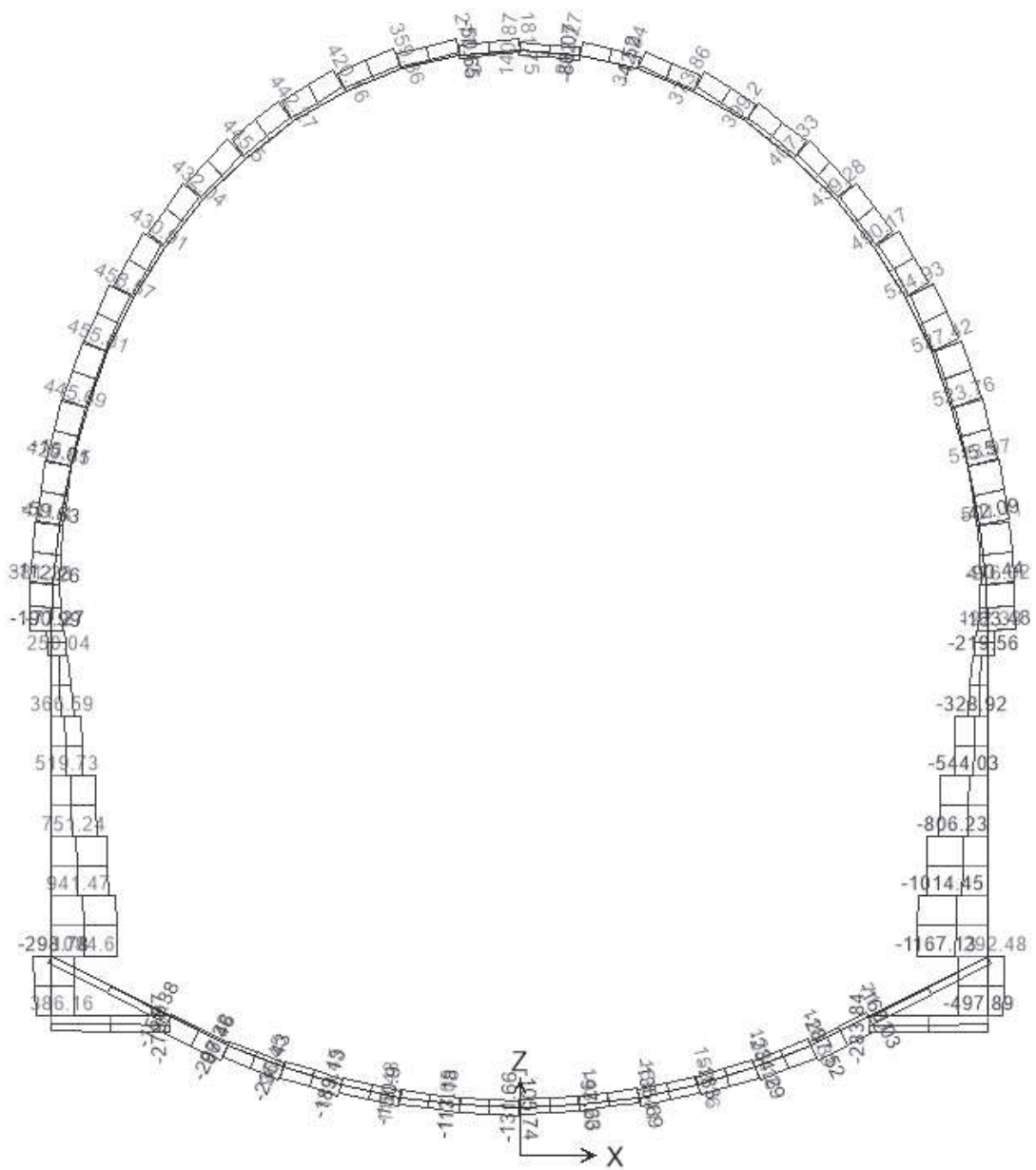


Figura 9 - Taglio: SLV-inv

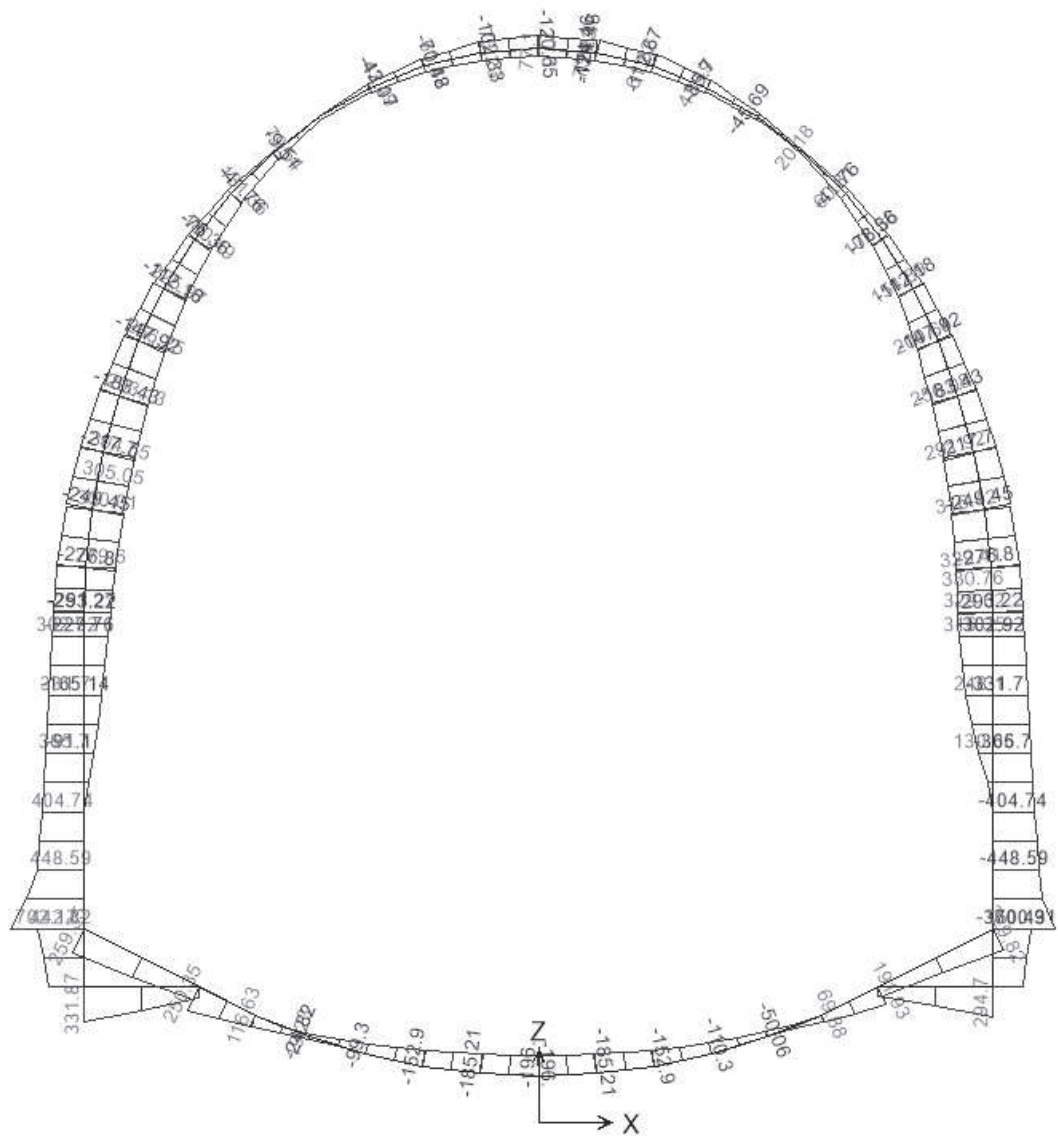


Figura 10 - Momento flettente: SLE-rara

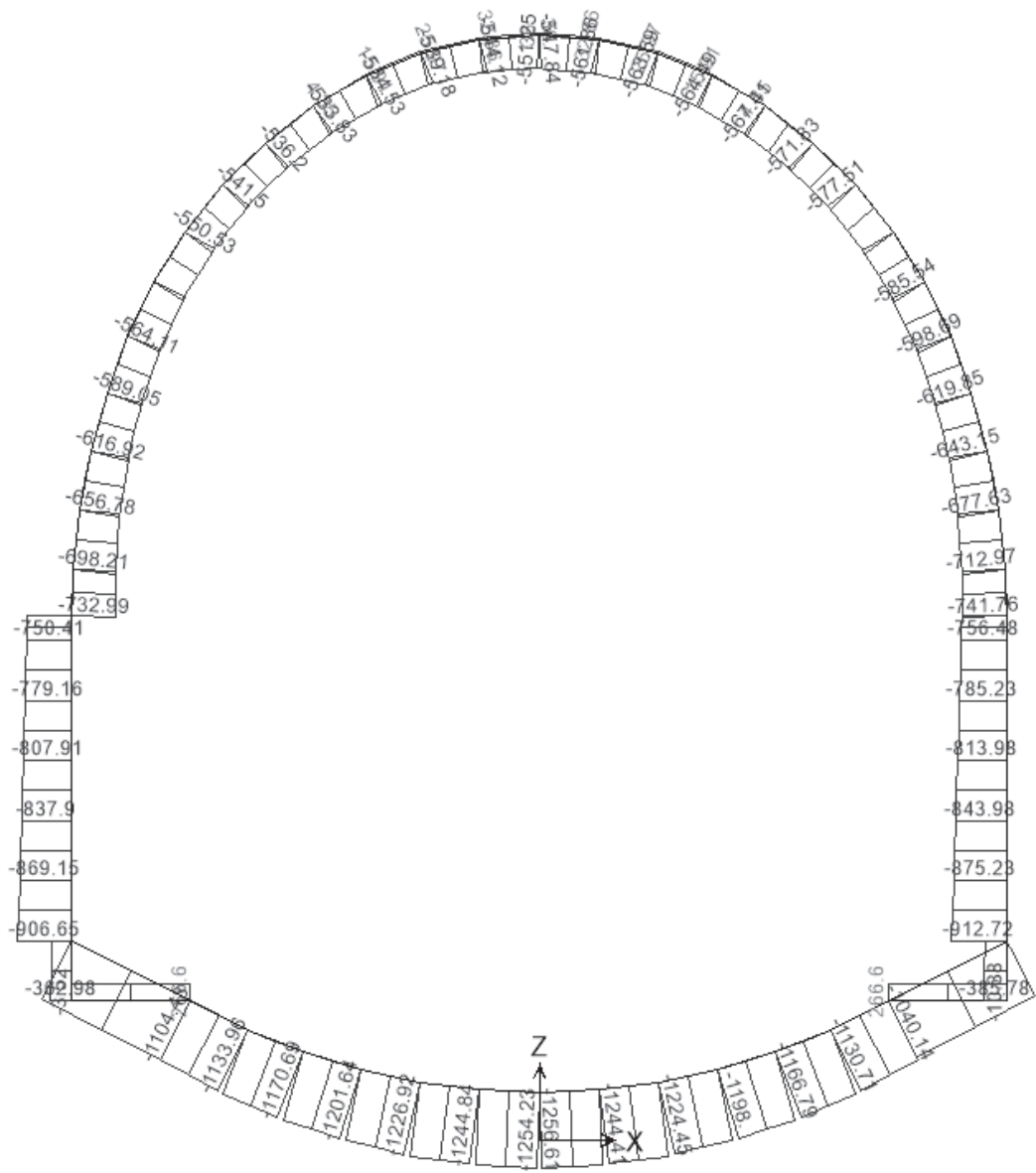


Figura 11 - Sforzo normale: SLE-rara

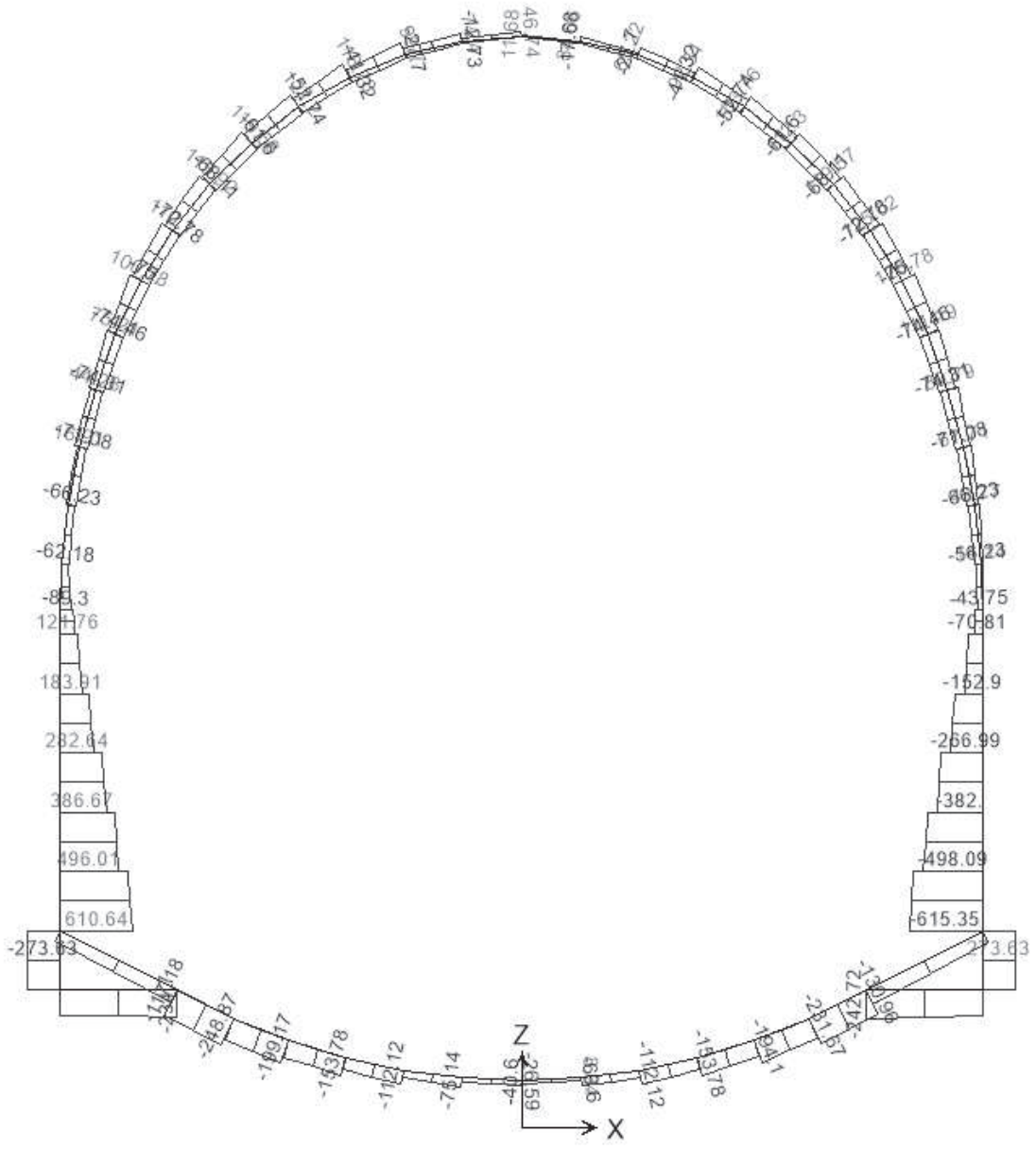


Figura 12 - Taglio: SLE-rara

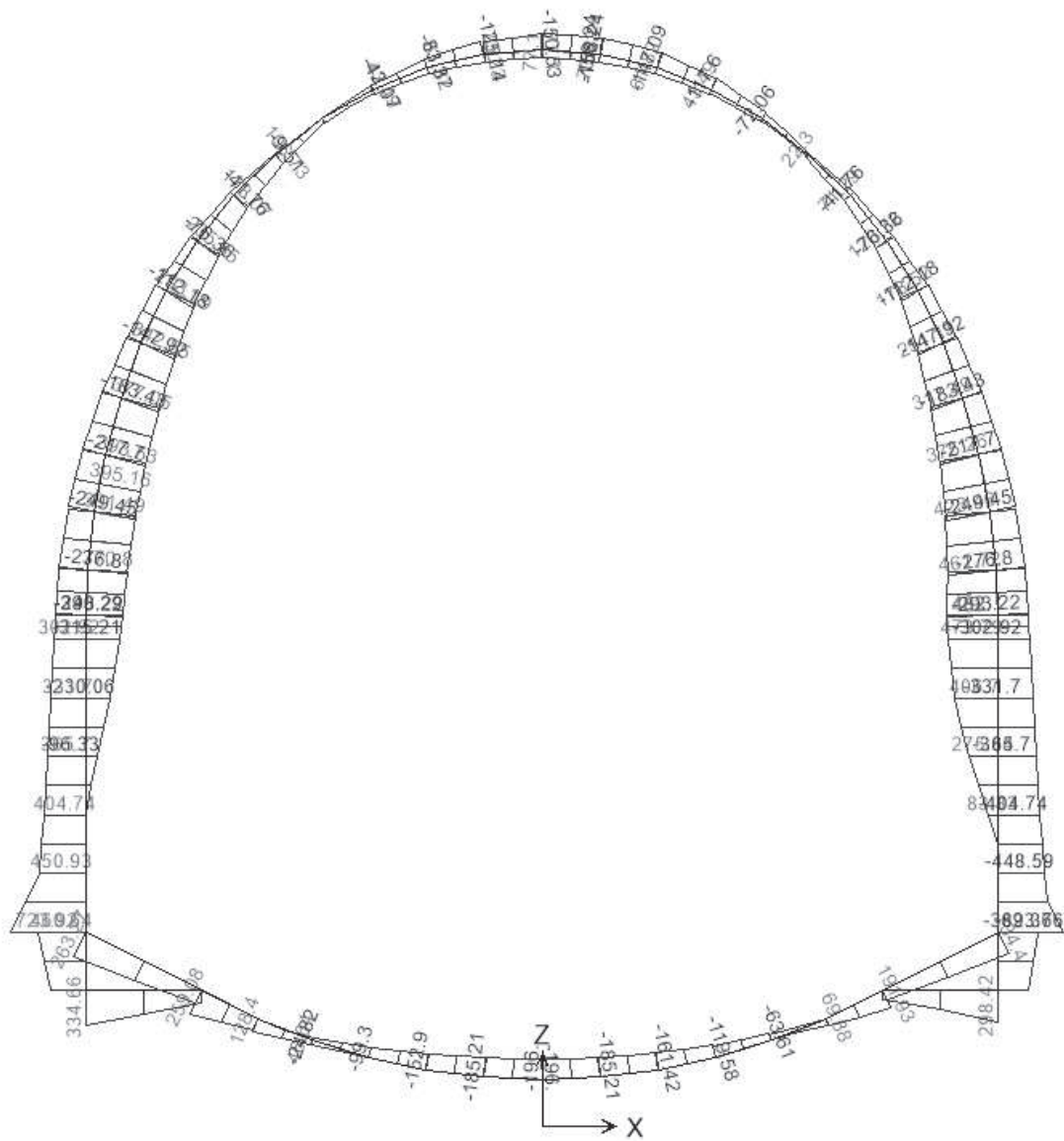


Figura 13 - Momento flettente: SLE-freq-inv

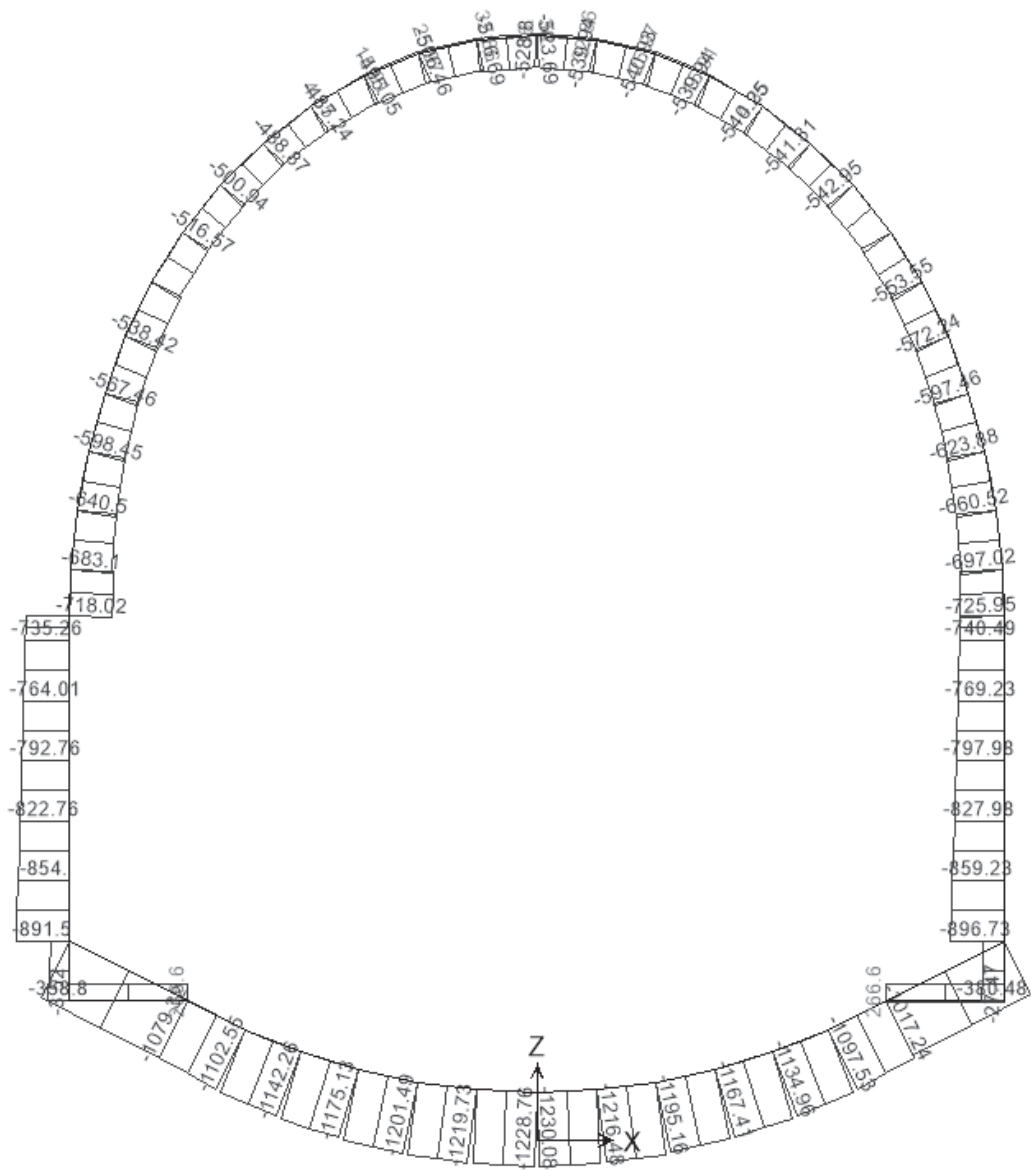


Figura 14 - Sforzo normale: SLE-freq-inv

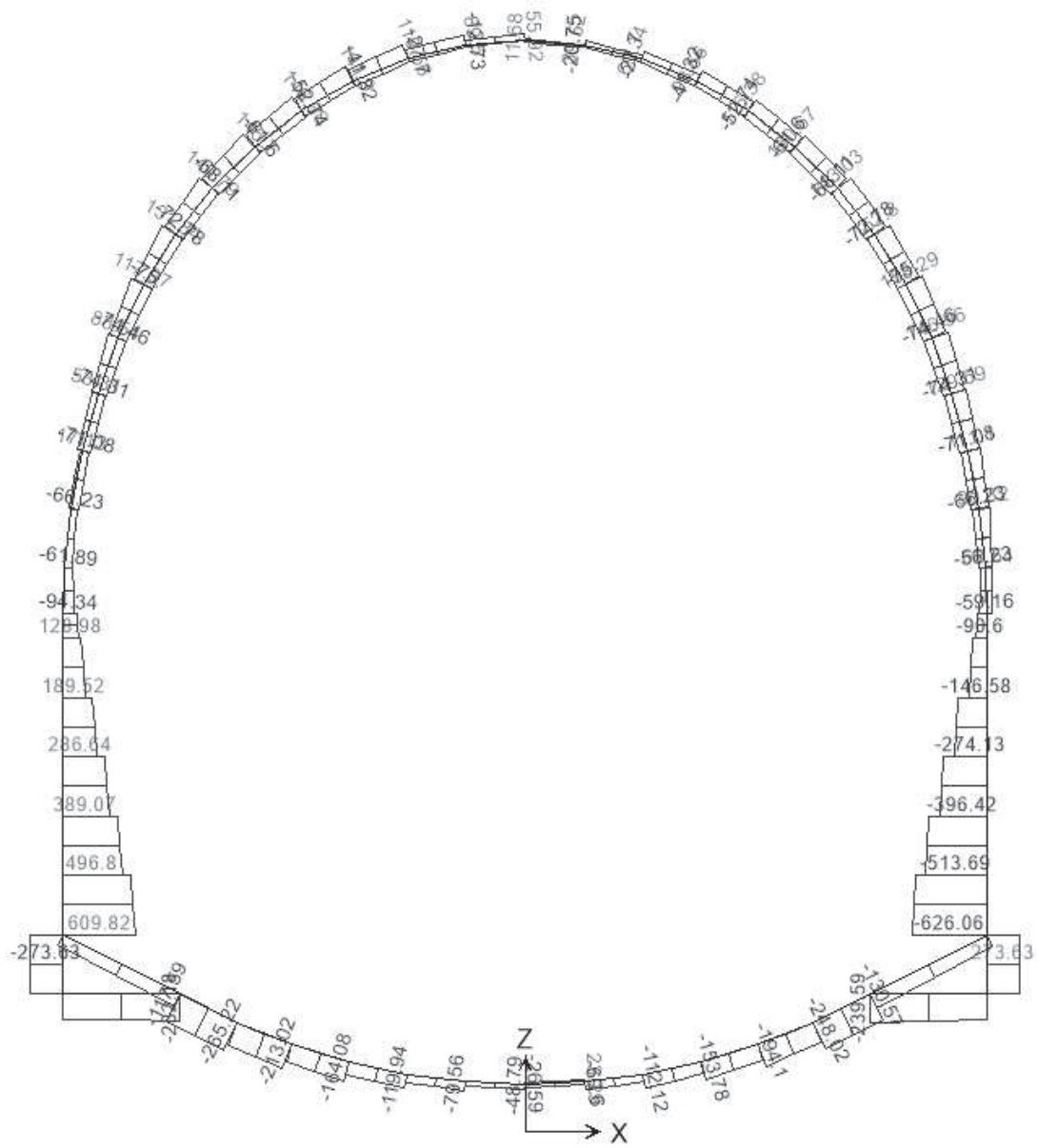


Figura 15 - Taglio: SLE-freq-inv

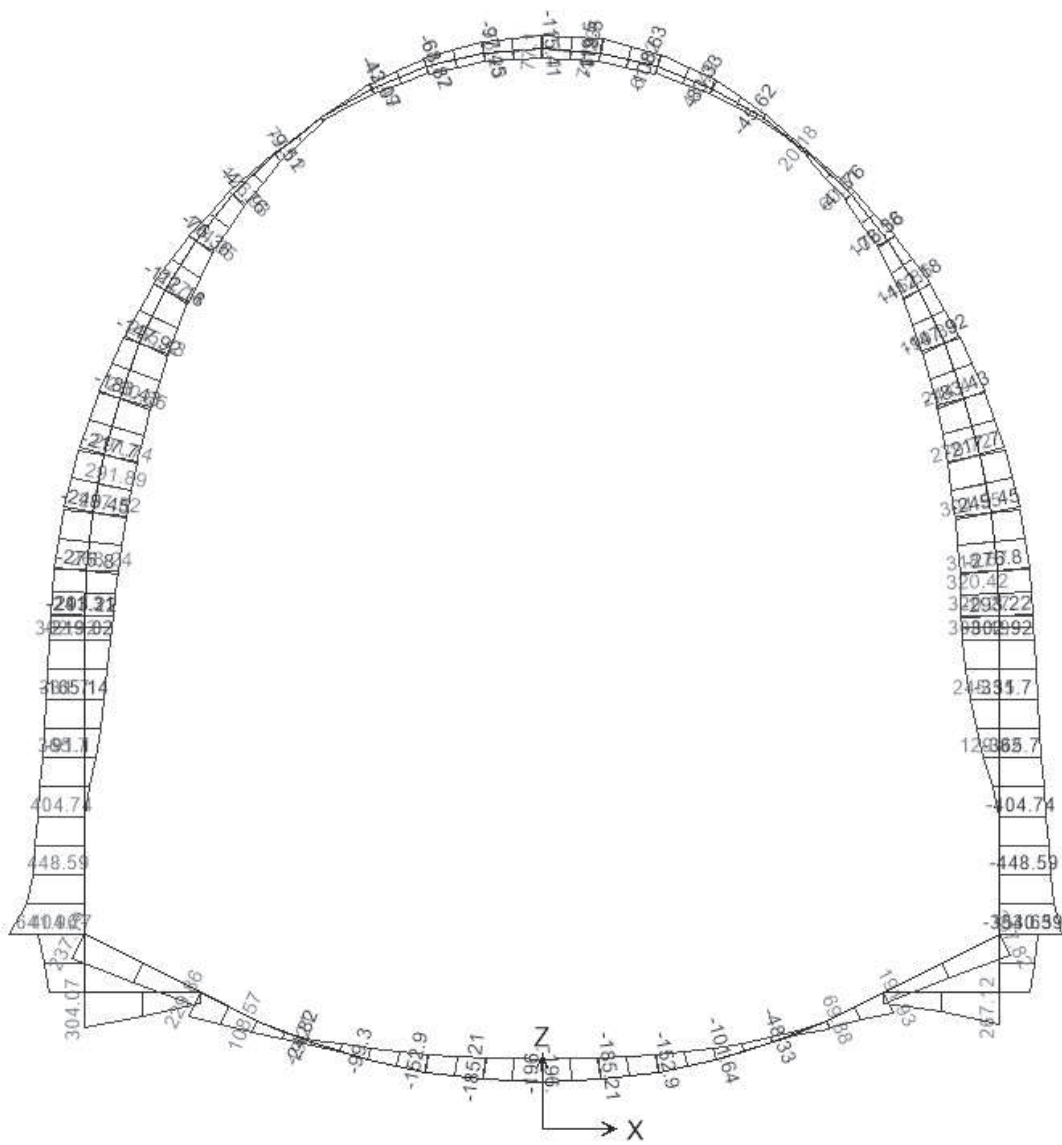


Figura 16 - Momento flettente: SLE-qp

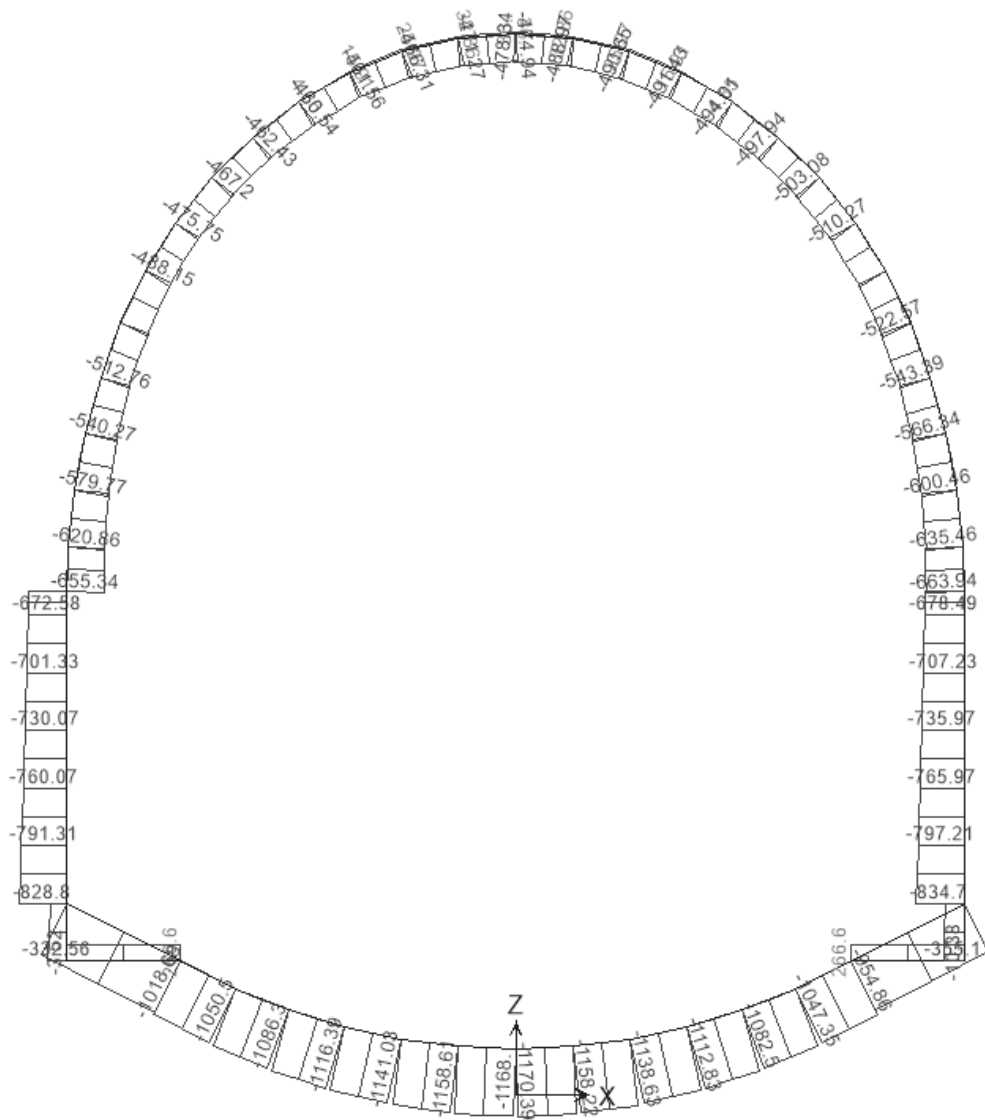


Figura 17 - Sforzo normale: SLE-qp

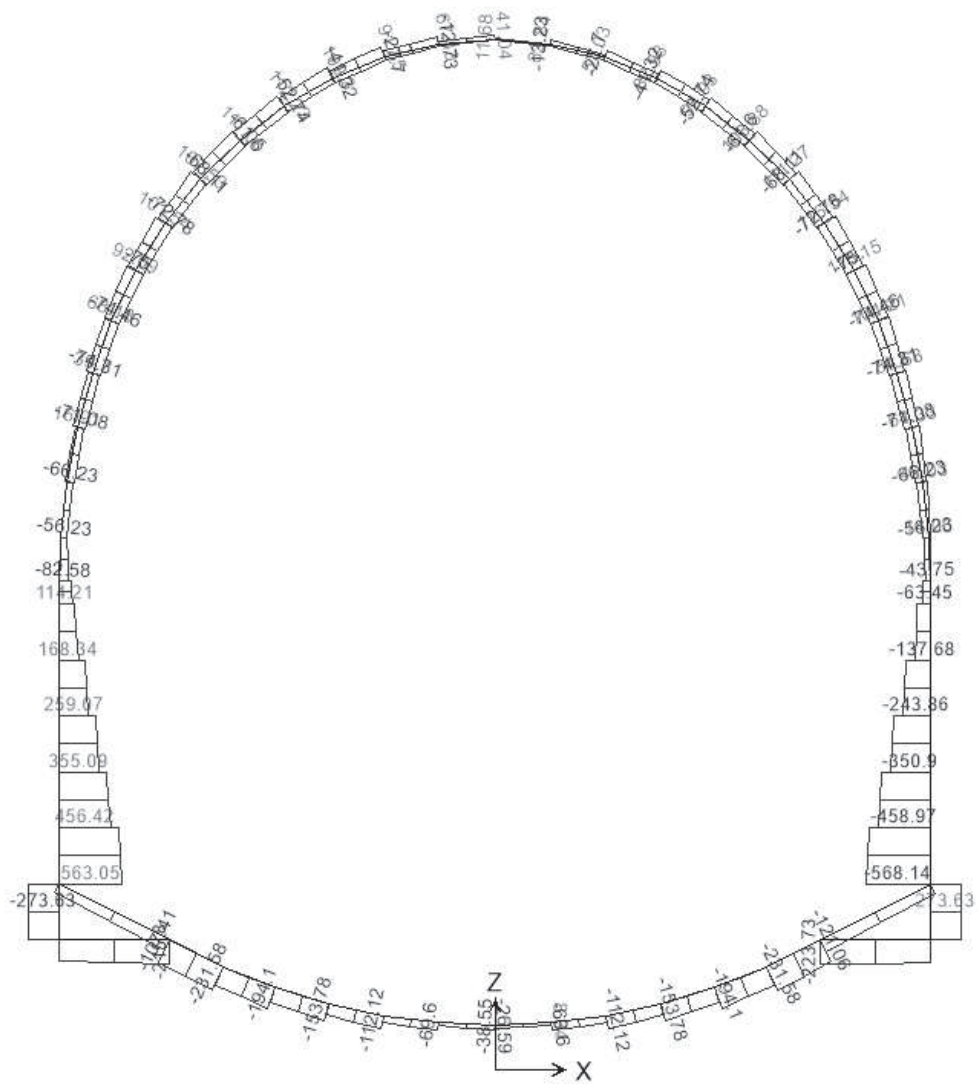


Figura 18 - Taglio: SLE-qp

3 VERIFICHE

Considerando la spiccata asimmetria che caratterizza le sollecitazioni agenti sul manufatto, le verifiche vengono condotte su tutti gli elementi che schematizzano la sezione, suddividendoli in elementi di calotta (sez. 1 e sez. 2), piedritti (sez.3) e fondazione (sez.4). Di seguito si riportano indicativamente le sezioni maggiormente sollecitate.

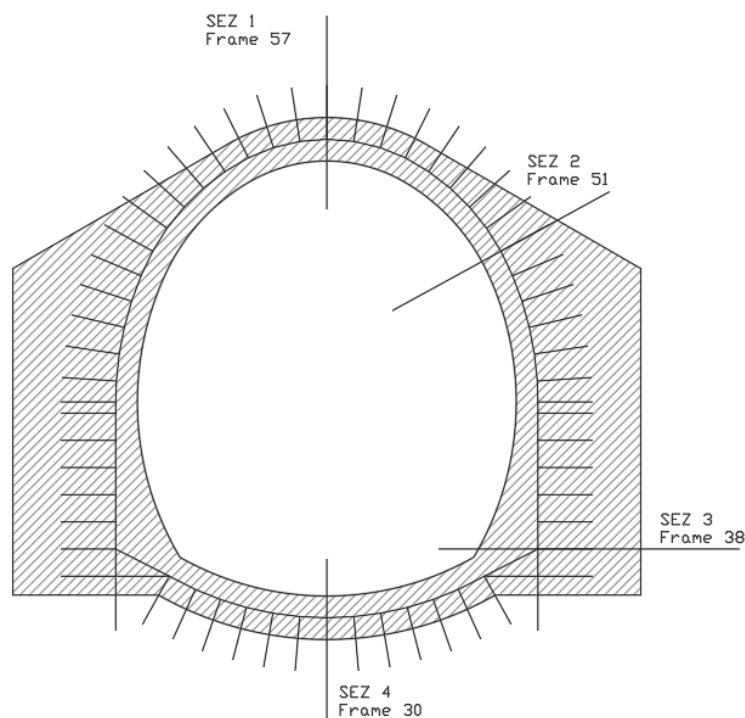


Figura 19 - Sezioni di interesse per le verifiche

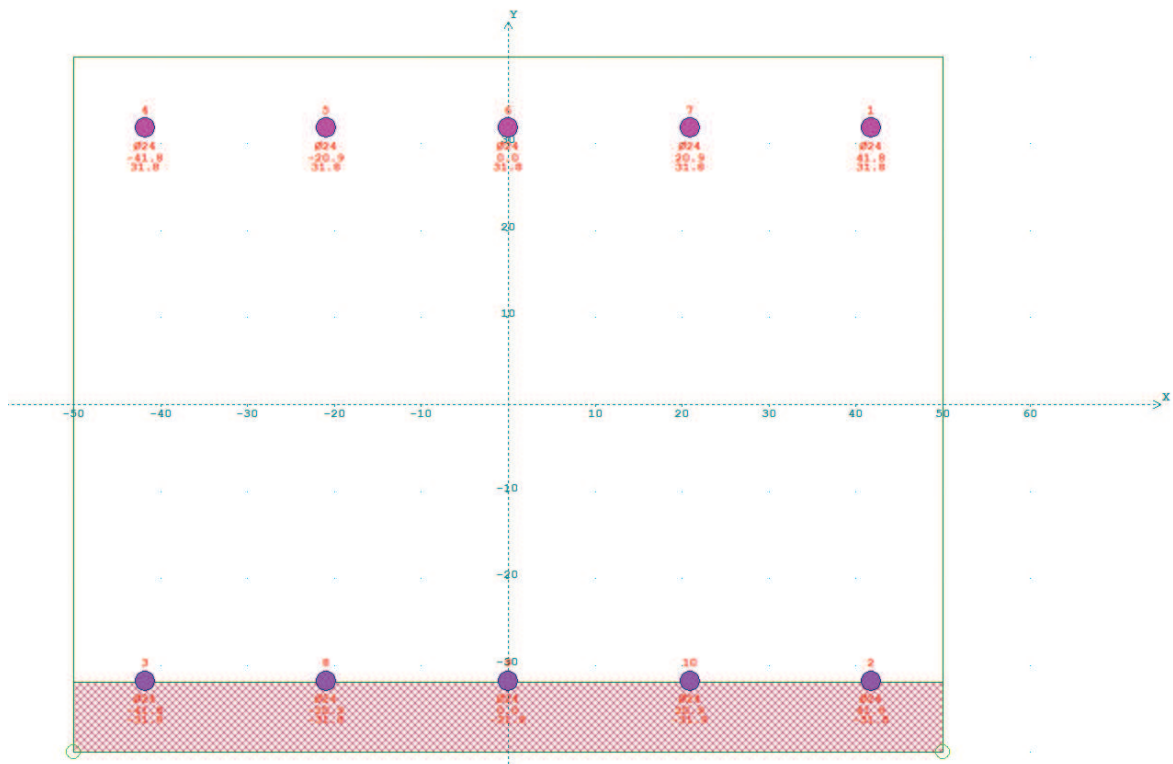
Si riportano nel seguito i tabulati delle sollecitazioni relativi a tutti gli elementi della sezione;

Nel seguito verranno dunque presentate prima le verifiche SLU/SLV a pressoflessione e le verifiche SLE tensionali e a fessurazione; al termine vengono riassunte una di seguito all'altra le verifiche a taglio.

3.1 VERIFICA SEZ.1 – Calotta

La sezione si riferisce alla calotta, dove lo spessore dell'elemento è 80cm. La sezione è stata armata con $5\phi 24/100$ cm su entrambi i lati del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione $\Phi 16/20$ in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm^2 ; $\gamma_c: 1.50$
 $f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{ctf}=3.07$; (in N/mm^2)

Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm^2 ; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s: 1.15$

$f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206010.00$; (in N/mm^2);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=431.64$, $f_{yds}=375.34$ (in N/mm^2)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes) $\cdot 100=20.00$ %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): $B = 100.00$ cm; Base (cm): $H = 80.00$ cm

Rotazione: $rot = 0.00$ gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm^2

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 8000.00$ cm^2 ; Baricentro: $X_{gcls} = -0.00$ cm; $Y_{gcls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 4266666.67$ cm^4 ; $J_y = 6666666.67$ cm^4 ; $J_{xy} = 0.00$ cm^4 ;

Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 6666666.67 \text{ cm}^4$; $J_{eta} = 4266666.67 \text{ cm}^4$;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x : $\theta = -1.57 \text{ rad}$;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

| Combinazioni stati limite ultimi: | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|---------|------|------|--------|------|
| comb | N | Mx | Vx | My | Vy | Mt |
| 1 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 3 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | 2.24 | 0.00 |
| 4 | 261.98 | -116.85 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 5 | 261.98 | -116.85 | 0.00 | 0.00 | 2.24 | 0.00 |
| 6 | 620.38 | -155.35 | 0.00 | 0.00 | -17.20 | 0.00 |
| 7 | 620.38 | -155.35 | 0.00 | 0.00 | -17.20 | 0.00 |
| 8 | 729.95 | -162.77 | 0.00 | 0.00 | -23.87 | 0.00 |
| 9 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 11 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | -2.13 | 0.00 |
| 12 | 184.88 | -63.01 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 13 | 184.88 | -48.21 | 0.00 | 0.00 | -2.13 | 0.00 |
| 14 | 460.36 | -63.01 | 0.00 | 0.00 | -23.75 | 0.00 |
| 15 | 460.36 | 8.73 | 0.00 | 0.00 | -23.75 | 0.00 |
| 16 | 464.47 | -48.21 | 0.00 | 0.00 | -37.54 | 0.00 |
| 17 | -35.23 | 73.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -12.73 | 0.00 |
| 19 | -35.23 | 73.23 | 0.00 | 0.00 | 6.27 | 0.00 |
| 20 | 278.92 | -143.90 | 0.00 | 0.00 | -12.73 | 0.00 |
| 21 | 278.92 | -143.90 | 0.00 | 0.00 | 6.27 | 0.00 |
| 22 | 637.64 | -226.95 | 0.00 | 0.00 | -6.50 | 0.00 |
| 23 | 637.64 | -226.95 | 0.00 | 0.00 | 1.07 | 0.00 |
| 24 | 744.28 | -292.14 | 0.00 | 0.00 | -6.50 | 0.00 |
| 25 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 27 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | -8.05 | 0.00 |
| 28 | 257.58 | -120.94 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 29 | 257.58 | -120.94 | 0.00 | 0.00 | -8.05 | 0.00 |
| 30 | 608.64 | -163.95 | 0.00 | 0.00 | -40.26 | 0.00 |
| 31 | 608.64 | -163.95 | 0.00 | 0.00 | -40.26 | 0.00 |
| 32 | 706.49 | -178.64 | 0.00 | 0.00 | -67.35 | 0.00 |
| 33 | -35.23 | 73.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -12.73 | 0.00 |
| 35 | -35.23 | 73.23 | 0.00 | 0.00 | -4.08 | 0.00 |
| 36 | 274.46 | -147.98 | 0.00 | 0.00 | -12.73 | 0.00 |
| 37 | 274.46 | -147.98 | 0.00 | 0.00 | -4.08 | 0.00 |
| 38 | 625.99 | -235.56 | 0.00 | 0.00 | -29.44 | 0.00 |
| 39 | 625.99 | -235.56 | 0.00 | 0.00 | -29.44 | 0.00 |
| 40 | 721.13 | -308.03 | 0.00 | 0.00 | -41.99 | 0.00 |
| 41 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 43 | -45.80 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | 14.71 | 0.00 |
| 44 | 248.83 | -104.93 | 0.00 | 0.00 | -16.55 | 0.00 |
| 45 | 248.83 | -91.23 | 0.00 | 0.00 | 14.71 | 0.00 |
| 46 | 539.44 | -104.93 | 0.00 | 0.00 | 6.17 | 0.00 |
| 47 | 539.44 | -86.15 | 0.00 | 0.00 | 18.29 | 0.00 |
| 48 | 633.11 | -91.23 | 0.00 | 0.00 | 6.17 | 0.00 |
| 49 | -35.23 | 73.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -12.73 | 0.00 |
| 51 | -35.23 | 73.23 | 0.00 | 0.00 | 19.35 | 0.00 |
| 52 | 265.66 | -131.64 | 0.00 | 0.00 | -12.73 | 0.00 |
| 53 | 265.66 | -131.64 | 0.00 | 0.00 | 19.36 | 0.00 |
| 54 | 555.15 | -161.03 | 0.00 | 0.00 | 18.38 | 0.00 |
| 55 | 555.15 | -161.03 | 0.00 | 0.00 | 45.76 | 0.00 |
| 56 | 645.82 | -213.21 | 0.00 | 0.00 | 18.38 | 0.00 |
| 57 | 477.21 | -119.44 | 0.00 | 0.00 | -13.23 | 0.00 |
| 58 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |

| | | | | | | |
|----|--------|---------|------|------|--------|------|
| 59 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 60 | 964.35 | -499.83 | 0.00 | 0.00 | -79.51 | 0.00 |
| 61 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 62 | 954.93 | -467.72 | 0.00 | 0.00 | -86.07 | 0.00 |
| 63 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 64 | 644.21 | -283.71 | 0.00 | 0.00 | -29.69 | 0.00 |
| 65 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 66 | 616.80 | -175.45 | 0.00 | 0.00 | -44.73 | 0.00 |
| 67 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 68 | 798.53 | -353.90 | 0.00 | 0.00 | -44.23 | 0.00 |
| 69 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 70 | 804.27 | -343.97 | 0.00 | 0.00 | -45.40 | 0.00 |
| 71 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 72 | 574.40 | -205.09 | 0.00 | 0.00 | -21.71 | 0.00 |
| 73 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 74 | 593.67 | -172.13 | 0.00 | 0.00 | -25.64 | 0.00 |
| 75 | 489.75 | -112.69 | 0.00 | 0.00 | 128.79 | 0.00 |
| 76 | 885.08 | -355.67 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 77 | 488.99 | -109.10 | 0.00 | 0.00 | 124.61 | 0.00 |
| 78 | 876.71 | -323.15 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 79 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | 37.44 | 0.00 |
| 80 | 586.35 | -211.10 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 81 | 485.01 | -91.65 | 0.00 | 0.00 | 19.51 | 0.00 |
| 82 | 561.81 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 83 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | 64.29 | 0.00 |
| 84 | 747.79 | -262.48 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 85 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | 62.90 | 0.00 |
| 86 | 754.52 | -253.45 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 87 | 491.84 | -120.50 | 0.00 | 0.00 | 10.55 | 0.00 |
| 88 | 526.22 | -151.64 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 89 | 491.84 | -117.24 | 0.00 | 0.00 | 6.03 | 0.00 |
| 90 | 548.89 | -121.68 | 0.00 | 0.00 | -14.13 | 0.00 |
| 91 | 964.35 | 95.19 | 0.00 | 0.00 | 128.79 | 0.00 |
| 92 | -45.80 | -499.83 | 0.00 | 0.00 | -86.07 | 0.00 |

| Combinazioni rare: | | | |
|--------------------|--------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 477.21 | -119.50 | 0.00 |
| 2 | 550.28 | -124.46 | 0.00 |

| Combinazioni frequenti: | | | |
|-------------------------|--------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 477.21 | -88.75 | 0.00 |
| 2 | 478.89 | -119.50 | 0.00 |
| 3 | 477.21 | -119.50 | 0.00 |
| 4 | 527.67 | -158.24 | 0.00 |
| 5 | 477.21 | -115.72 | 0.00 |
| 6 | 483.90 | -119.57 | 0.00 |

| Combinazioni quasi permanenti: | | | |
|--------------------------------|--------|--------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | -35.23 | 73.23 | 0.00 |
| 2 | 1.42 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | -35.23 | 73.23 | 0.00 |
| 4 | 201.52 | -89.88 | 0.00 |
| 5 | 201.52 | -89.88 | 0.00 |

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 92):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=-0.000000$; $b=-2000.000000$; $c=-63907.943456$

Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=-180.000000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -27.73280 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f = -0.06698 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):
 NS=-45800.00; MxiS=-0.00; MyiS=499830.00; TxiS=86070.00; TyiS=-0.00
 Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna
 Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):
 NR=-45793.38; MxiR= -0.00; MyiR= 624172.98

Mxi0=0.00, Myi0=0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.
 $MR = ((MxiR - Mxi0)^2 + (MyiR - Myi0)^2)^{1/2} = 624172.98$; $MS = ((MxiS - Mxi0)^2 + (MyiS - Myi0)^2)^{1/2} = 499830.00$
 Fattore di sicurezza ad N costante: $MR/MS = 1.2488 > 1$
 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) ($x/d = 0.1121$)
 $\delta = 0.44 + 1.25 \cdot (0.6 + 0.0014/\epsilon_{cu}) \cdot x/d = 0.5801$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA
 Comb. n.ro: 60; NS=964350.00 < Nrd=10800599.50 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA AZIONE MASSIMA DI TRAZIONE
 Comb. n.ro: 1; NS=-45800.00 > Nrt=-2009176.43 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI ($f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= $1.74 < 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$
 Comb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= $-8.16 > -0.80 \cdot f_{yk} = -360.00 \text{ N/mm}^2$
 Comb. q. per. n.ro 4: Tens. cls= $1.31 < 0.45 \cdot f_{ck} = 11.20 \text{ N/mm}^2$
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 4: Tens. min. cls= -0.67 N/mm^2 ; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk} = -2.15 \text{ N/mm}^2$
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0000 \text{ mm} < w_3 = 0.4 \text{ mm} \dots$ VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -0.63 N/mm^2 ; $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctk} = -2.15 \text{ N/mm}^2$
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0000 \text{ mm} < w_2 = 0.3 \text{ mm} \dots$ VERIFICA POSITIVA

| VERTICI SEZIONE: | | | |
|------------------|--------|--------|--------------------------|
| Nv | X (cm) | Y (cm) | $\epsilon_c \times 1000$ |
| 1 | -50.00 | -40.00 | 3.50 |
| 2 | -50.00 | 40.00 | -31.30 |
| 3 | 50.00 | 40.00 | -31.30 |
| 4 | 50.00 | -40.00 | 3.50 |

| BARRE LONGITUDINALI: | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------------|--------------------------|
| Nf | X (cm) | Y (cm) | diametro(mm) | $\epsilon_f \times 1000$ |
| 1 | 41.80 | 31.80 | 24.00 | -27.73 |
| 2 | 41.80 | -31.80 | 24.00 | -0.07 |
| 3 | -41.80 | -31.80 | 24.00 | -0.07 |
| 4 | -41.80 | 31.80 | 24.00 | -27.73 |
| 5 | -20.90 | 31.80 | 24.00 | -27.73 |
| 6 | 0.00 | 31.80 | 24.00 | -27.73 |
| 7 | 20.90 | 31.80 | 24.00 | -27.73 |
| 8 | -20.90 | -31.80 | 24.00 | -0.07 |
| 9 | 0.00 | -31.80 | 24.00 | -0.07 |
| 10 | 20.90 | -31.80 | 24.00 | -0.07 |

| INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE: | | |
|---|--------|--------|
| Ni | X (cm) | Y (cm) |
| 1 | -50.00 | -31.95 |
| 2 | 50.00 | -31.95 |

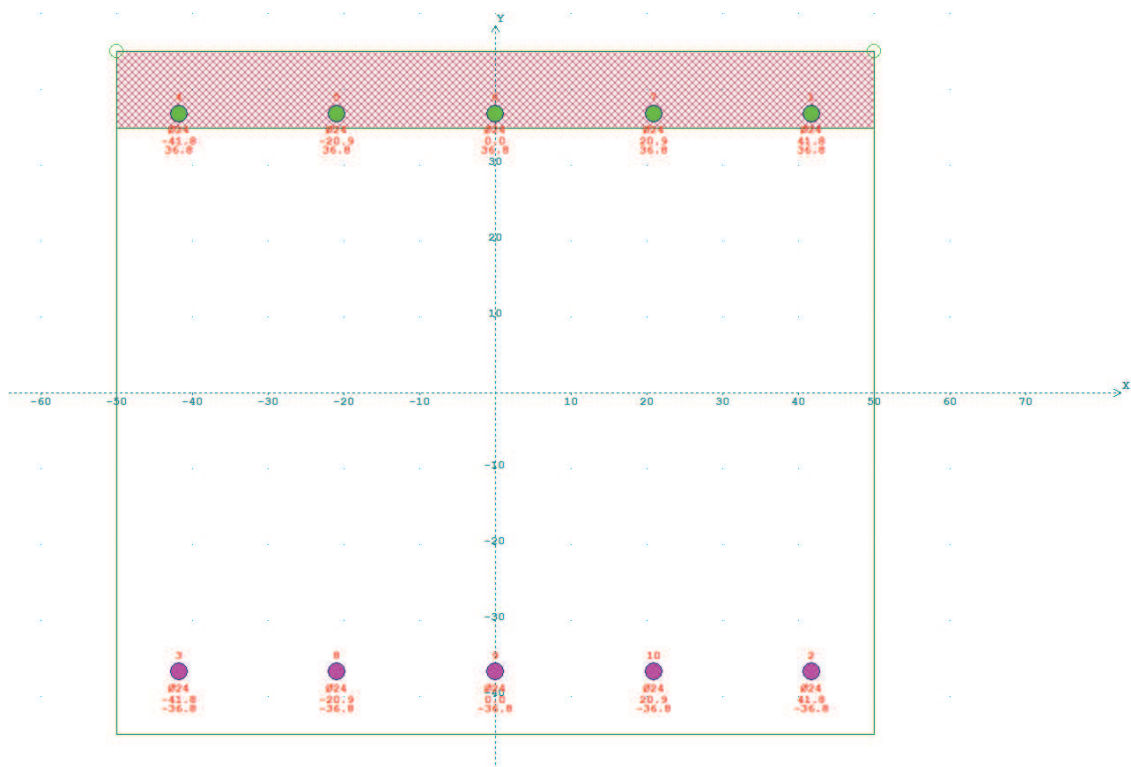
| Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|---------|----|---|
| NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia | | | | | | | | | | | |
| NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti | | | | | | | | | | | |
| sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU | | | | | | | | | | | |
| Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione | | | | | | | | | | | |
| TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>Nrd o il fattore NRd/NS risulta piu' sfavorevole (NRd= 10800.60 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.18 KN); E = l'eccentricità della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle | | | | | | | | | | | |
| V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge | | | | | | | | | | | |
| cb | NSi | MSxi | MSyi | NRi | MRxi | MRyi | Aft | Afc | sic. | TV | V |
| n.ro | (KN) | (KNm) | (KNm) | (KN) | (KNm) | (KNm) | (cm²) | (cm²) | | | |
| 1 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | 0 | |
| 3 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 4 | 261.98 | -0.00 | 116.85 | 261.98 | -0.00 | 719.36 | 22.62 | 22.62 | 6.1563 | N | |
| 5 | 261.98 | -0.00 | 116.85 | 261.98 | -0.00 | 719.36 | 22.62 | 22.62 | 6.1563 | N | |
| 6 | 620.38 | -0.00 | 155.35 | 620.38 | -0.00 | 829.35 | 22.62 | 22.62 | 5.3386 | N | |
| 7 | 620.38 | -0.00 | 155.35 | 620.38 | -0.00 | 829.35 | 22.62 | 22.62 | 5.3386 | N | |
| 8 | 729.95 | -0.00 | 162.77 | 729.94 | -0.00 | 862.68 | 22.62 | 22.62 | 5.3000 | N | |
| 9 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | 0 | |
| 11 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 12 | 184.88 | -0.00 | 63.01 | 184.89 | -0.00 | 695.56 | 22.62 | 22.62 | 11.0389 | N | |
| 13 | 184.88 | -0.00 | 48.21 | 184.89 | -0.00 | 695.56 | 22.62 | 22.62 | 14.4277 | N | |
| 14 | 460.36 | -0.00 | 63.01 | 460.36 | -0.00 | 780.40 | 22.62 | 22.62 | 12.3854 | N | |
| 15 | 460.36 | 0.00 | -8.73 | 460.36 | 0.00 | -780.40 | 22.62 | 22.62 | 23.4612 | C | |
| 16 | 464.47 | -0.00 | 48.21 | 464.47 | -0.00 | 781.67 | 22.62 | 22.62 | 16.2138 | N | |
| 17 | -35.23 | 0.00 | -73.23 | -35.22 | 0.00 | -627.45 | 45.24 | 0.00 | 8.5682 | N | |
| 18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | 0 | |
| 19 | -35.23 | 0.00 | -73.23 | -35.22 | 0.00 | -627.45 | 45.24 | 0.00 | 8.5682 | N | |
| 20 | 278.92 | -0.00 | 143.90 | 278.92 | -0.00 | 724.59 | 22.62 | 22.62 | 5.0354 | N | |
| 21 | 278.92 | -0.00 | 143.90 | 278.92 | -0.00 | 724.59 | 22.62 | 22.62 | 5.0354 | N | |
| 22 | 637.64 | -0.00 | 226.95 | 637.63 | -0.00 | 834.61 | 22.62 | 22.62 | 3.6775 | N | |
| 23 | 637.64 | -0.00 | 226.95 | 637.63 | -0.00 | 834.61 | 22.62 | 22.62 | 3.6775 | N | |
| 24 | 744.28 | -0.00 | 292.14 | 744.27 | -0.00 | 867.02 | 22.62 | 22.62 | 2.9678 | N | |
| 25 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | 0 | |
| 27 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 28 | 257.58 | -0.00 | 120.94 | 257.59 | -0.00 | 718.01 | 22.62 | 22.62 | 5.9369 | N | |
| 29 | 257.58 | -0.00 | 120.94 | 257.59 | -0.00 | 718.01 | 22.62 | 22.62 | 5.9369 | N | |
| 30 | 608.64 | -0.00 | 163.95 | 608.64 | -0.00 | 825.77 | 22.62 | 22.62 | 5.0367 | N | |
| 31 | 608.64 | -0.00 | 163.95 | 608.64 | -0.00 | 825.77 | 22.62 | 22.62 | 5.0367 | N | |
| 32 | 706.49 | -0.00 | 178.64 | 706.50 | -0.00 | 855.57 | 22.62 | 22.62 | 4.7893 | N | |
| 33 | -35.23 | 0.00 | -73.23 | -35.22 | 0.00 | -627.45 | 45.24 | 0.00 | 8.5682 | N | |
| 34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | 0 | |
| 35 | -35.23 | 0.00 | -73.23 | -35.22 | 0.00 | -627.45 | 45.24 | 0.00 | 8.5682 | N | |
| 36 | 274.46 | -0.00 | 147.98 | 274.46 | -0.00 | 723.21 | 22.62 | 22.62 | 4.8872 | N | |
| 37 | 274.46 | -0.00 | 147.98 | 274.46 | -0.00 | 723.21 | 22.62 | 22.62 | 4.8872 | N | |
| 38 | 625.99 | -0.00 | 235.56 | 626.00 | -0.00 | 831.06 | 22.62 | 22.62 | 3.5280 | N | |
| 39 | 625.99 | -0.00 | 235.56 | 626.00 | -0.00 | 831.06 | 22.62 | 22.62 | 3.5280 | N | |
| 40 | 721.13 | -0.00 | 308.03 | 721.12 | -0.00 | 860.00 | 22.62 | 22.62 | 2.7919 | N | |
| 41 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | 0 | |
| 43 | -45.80 | 0.00 | -95.19 | -45.79 | 0.00 | -624.17 | 45.24 | 0.00 | 6.5571 | N | |
| 44 | 248.83 | -0.00 | 104.93 | 248.82 | -0.00 | 715.30 | 22.62 | 22.62 | 6.8169 | N | |
| 45 | 248.83 | -0.00 | 91.23 | 248.82 | -0.00 | 715.30 | 22.62 | 22.62 | 7.8407 | N | |
| 46 | 539.44 | -0.00 | 104.93 | 539.45 | -0.00 | 804.63 | 22.62 | 22.62 | 7.6683 | N | |
| 47 | 539.44 | -0.00 | 86.15 | 539.45 | -0.00 | 804.63 | 22.62 | 22.62 | 9.3399 | N | |
| 48 | 633.11 | -0.00 | 91.23 | 633.12 | -0.00 | 833.23 | 22.62 | 22.62 | 9.1333 | N | |
| 49 | -35.23 | 0.00 | -73.23 | -35.22 | 0.00 | -627.45 | 45.24 | 0.00 | 8.5682 | N | |
| 50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.0000 | 0 | |
| 51 | -35.23 | 0.00 | -73.23 | -35.22 | 0.00 | -627.45 | 45.24 | 0.00 | 8.5682 | N | |
| 52 | 265.66 | -0.00 | 131.64 | 265.66 | -0.00 | 720.50 | 22.62 | 22.62 | 5.4732 | N | |
| 53 | 265.66 | -0.00 | 131.64 | 265.66 | -0.00 | 720.50 | 22.62 | 22.62 | 5.4732 | N | |
| 54 | 555.15 | -0.00 | 161.03 | 555.15 | -0.00 | 809.44 | 22.62 | 22.62 | 5.0266 | N | |
| 55 | 555.15 | -0.00 | 161.03 | 555.15 | -0.00 | 809.44 | 22.62 | 22.62 | 5.0266 | N | |
| 56 | 645.82 | -0.00 | 213.21 | 645.82 | -0.00 | 837.11 | 22.62 | 22.62 | 3.9262 | N | |
| 57 | 477.21 | -0.00 | 119.44 | 477.21 | -0.00 | 785.57 | 22.62 | 22.62 | 6.5771 | N | |
| 58 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|--------|---|--|
| 59 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 60 | 964.35 | -0.00 | 499.83 | 964.35 | -0.00 | 933.31 | 22.62 | 22.62 | 1.8673 | N | |
| 61 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 62 | 954.93 | -0.00 | 467.72 | 954.93 | -0.00 | 930.49 | 22.62 | 22.62 | 1.9894 | N | |
| 63 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 64 | 644.21 | -0.00 | 283.71 | 644.20 | -0.00 | 836.61 | 22.62 | 22.62 | 2.9488 | N | |
| 65 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 66 | 616.80 | -0.00 | 175.45 | 616.80 | -0.00 | 828.26 | 22.62 | 22.62 | 4.7208 | N | |
| 67 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 68 | 798.53 | -0.00 | 353.90 | 798.53 | -0.00 | 883.46 | 22.62 | 22.62 | 2.4963 | N | |
| 69 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 70 | 804.27 | -0.00 | 343.97 | 804.26 | -0.00 | 885.19 | 22.62 | 22.62 | 2.5735 | N | |
| 71 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 72 | 574.40 | -0.00 | 205.09 | 574.41 | -0.00 | 815.33 | 22.62 | 22.62 | 3.9755 | N | |
| 73 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 74 | 593.67 | -0.00 | 172.13 | 593.68 | -0.00 | 821.21 | 22.62 | 22.62 | 4.7709 | N | |
| 75 | 489.75 | -0.00 | 112.69 | 489.76 | -0.00 | 789.41 | 22.62 | 22.62 | 7.0052 | N | |
| 76 | 885.08 | -0.00 | 355.67 | 885.09 | -0.00 | 909.54 | 22.62 | 22.62 | 2.5573 | N | |
| 77 | 488.99 | -0.00 | 109.10 | 489.00 | -0.00 | 789.18 | 22.62 | 22.62 | 7.2336 | N | |
| 78 | 876.71 | -0.00 | 323.15 | 876.70 | -0.00 | 907.02 | 22.62 | 22.62 | 2.8068 | N | |
| 79 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 80 | 586.35 | -0.00 | 211.10 | 586.36 | -0.00 | 818.98 | 22.62 | 22.62 | 3.8796 | N | |
| 81 | 485.01 | -0.00 | 91.65 | 485.00 | -0.00 | 787.96 | 22.62 | 22.62 | 8.5975 | N | |
| 82 | 561.81 | -0.00 | 120.50 | 561.80 | -0.00 | 811.47 | 22.62 | 22.62 | 6.7342 | N | |
| 83 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 84 | 747.79 | -0.00 | 262.48 | 747.78 | -0.00 | 868.08 | 22.62 | 22.62 | 3.3072 | N | |
| 85 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 86 | 754.52 | -0.00 | 253.45 | 754.53 | -0.00 | 870.13 | 22.62 | 22.62 | 3.4331 | N | |
| 87 | 491.84 | -0.00 | 120.50 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.5565 | N | |
| 88 | 526.22 | -0.00 | 151.64 | 526.23 | -0.00 | 800.59 | 22.62 | 22.62 | 5.2795 | N | |
| 89 | 491.84 | -0.00 | 117.24 | 491.84 | -0.00 | 790.05 | 22.62 | 22.62 | 6.7388 | N | |
| 90 | 548.89 | -0.00 | 121.68 | 548.89 | -0.00 | 807.52 | 22.62 | 22.62 | 6.6364 | N | |
| 91 | 964.35 | 0.00 | -95.19 | 964.35 | 0.00 | -933.31 | 22.62 | 22.62 | 9.8047 | N | |
| 92 | -45.80 | -0.00 | 499.83 | -45.79 | -0.00 | 624.17 | 45.24 | 0.00 | 1.2488 | N | |
| Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU | | | | | | | | | | | |

3.2 VERIFICA SEZ.2 – Calotta

La sezione si riferisce alla calotta, dove lo spessore dell'elemento è 90cm. La sezione è stata armata con $5\phi 24/100$ cm su entrambi i lati del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione $\Phi 16/20$ in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm²; $\gamma_c=1.50$

$f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{cfm}=3.07$; (in N/mm²)

Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm²; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s=1.15$

$f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206010.00$; (in N/mm²);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=431.64$, $f_{yds}=375.34$ (in N/mm²)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes)•100=20.00 %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): B = 100.00 cm; Base (cm): H = 90.00 cm

Rotazione: rot = 0.00 gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm²

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 9000.00$ cm²; Baricentro: $X_{gCls} = 0.00$ cm; $Y_{gCls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 6075000.00 \text{ cm}^4$; $J_y = 7500000.00 \text{ cm}^4$; $J_{xy} = 0.00 \text{ cm}^4$;
 Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 7500000.00 \text{ cm}^4$; $J_{eta} = 6075000.00 \text{ cm}^4$;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: $\theta = -1.57 \text{ rad}$;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

| Combinazioni stati limite ultimi: | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|------|------|--------|------|
| comb | N | Mx | Vx | My | Vy | Mt |
| 1 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 42.56 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 3 | 42.56 | 133.36 | 0.00 | 0.00 | 104.08 | 0.00 |
| 4 | 261.53 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 5 | 261.53 | 133.36 | 0.00 | 0.00 | 115.96 | 0.00 |
| 6 | 649.63 | 123.15 | 0.00 | 0.00 | 104.08 | 0.00 |
| 7 | 649.63 | 132.04 | 0.00 | 0.00 | 116.04 | 0.00 |
| 8 | 762.73 | 123.15 | 0.00 | 0.00 | 115.21 | 0.00 |
| 9 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 42.56 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 11 | 42.56 | 75.96 | 0.00 | 0.00 | 53.78 | 0.00 |
| 12 | 206.87 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 13 | 206.87 | 75.96 | 0.00 | 0.00 | 53.78 | 0.00 |
| 14 | 554.63 | 15.99 | 0.00 | 0.00 | 22.31 | 0.00 |
| 15 | 554.63 | 15.99 | 0.00 | 0.00 | 22.31 | 0.00 |
| 16 | 624.65 | -46.51 | 0.00 | 0.00 | -30.25 | 0.00 |
| 17 | -2.62 | 124.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 32.74 | -76.36 | 0.00 | 0.00 | -72.78 | 0.00 |
| 19 | 32.74 | 160.69 | 0.00 | 0.00 | 130.70 | 0.00 |
| 20 | 255.91 | -76.36 | 0.00 | 0.00 | -72.78 | 0.00 |
| 21 | 255.91 | 202.64 | 0.00 | 0.00 | 183.28 | 0.00 |
| 22 | 594.88 | 160.69 | 0.00 | 0.00 | 130.70 | 0.00 |
| 23 | 594.88 | 275.96 | 0.00 | 0.00 | 236.23 | 0.00 |
| 24 | 638.44 | 202.64 | 0.00 | 0.00 | 183.28 | 0.00 |
| 25 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 42.56 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 27 | 42.56 | 104.95 | 0.00 | 0.00 | 102.64 | 0.00 |
| 28 | 261.02 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 29 | 261.02 | 104.95 | 0.00 | 0.00 | 118.92 | 0.00 |
| 30 | 668.30 | 66.19 | 0.00 | 0.00 | 102.64 | 0.00 |
| 31 | 668.30 | 66.19 | 0.00 | 0.00 | 125.48 | 0.00 |
| 32 | 812.29 | 29.60 | 0.00 | 0.00 | 118.92 | 0.00 |
| 33 | -2.62 | 124.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 32.74 | -76.36 | 0.00 | 0.00 | -72.78 | 0.00 |
| 35 | 32.74 | 132.06 | 0.00 | 0.00 | 129.18 | 0.00 |
| 36 | 255.41 | -76.36 | 0.00 | 0.00 | -72.78 | 0.00 |
| 37 | 255.41 | 146.08 | 0.00 | 0.00 | 186.38 | 0.00 |
| 38 | 613.52 | 132.06 | 0.00 | 0.00 | 129.18 | 0.00 |
| 39 | 613.52 | 175.05 | 0.00 | 0.00 | 247.03 | 0.00 |
| 40 | 687.90 | 146.08 | 0.00 | 0.00 | 186.38 | 0.00 |
| 41 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 42 | 42.56 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 43 | 42.56 | 158.78 | 0.00 | 0.00 | 103.06 | 0.00 |
| 44 | 243.44 | -99.27 | 0.00 | 0.00 | -94.61 | 0.00 |
| 45 | 243.44 | 158.78 | 0.00 | 0.00 | 103.06 | 0.00 |
| 46 | 577.13 | 133.51 | 0.00 | 0.00 | 73.07 | 0.00 |
| 47 | 577.13 | 180.71 | 0.00 | 0.00 | 73.62 | 0.00 |
| 48 | 665.65 | 133.51 | 0.00 | 0.00 | 72.96 | 0.00 |
| 49 | -2.62 | 124.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 50 | 32.74 | -76.36 | 0.00 | 0.00 | -72.78 | 0.00 |
| 51 | 32.74 | 187.85 | 0.00 | 0.00 | 130.02 | 0.00 |
| 52 | 237.31 | -76.36 | 0.00 | 0.00 | -72.78 | 0.00 |
| 53 | 237.31 | 216.48 | 0.00 | 0.00 | 140.29 | 0.00 |
| 54 | 520.22 | 187.85 | 0.00 | 0.00 | 130.02 | 0.00 |
| 55 | 520.22 | 331.19 | 0.00 | 0.00 | 195.21 | 0.00 |
| 56 | 538.40 | 216.48 | 0.00 | 0.00 | 140.29 | 0.00 |
| 57 | 499.72 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.27 | 0.00 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|------|------|--------|------|
| 58 | 514.82 | 94.66 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 59 | 514.82 | 259.69 | 0.00 | 0.00 | 419.60 | 0.00 |
| 60 | 888.61 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 61 | 514.82 | 216.47 | 0.00 | 0.00 | 385.70 | 0.00 |
| 62 | 914.87 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 63 | 514.82 | 189.61 | 0.00 | 0.00 | 232.93 | 0.00 |
| 64 | 588.90 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 65 | 514.82 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 127.56 | 0.00 |
| 66 | 674.22 | 69.87 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 67 | 514.82 | 205.69 | 0.00 | 0.00 | 277.97 | 0.00 |
| 68 | 722.86 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 69 | 514.82 | 192.50 | 0.00 | 0.00 | 268.55 | 0.00 |
| 70 | 743.52 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 71 | 514.82 | 147.45 | 0.00 | 0.00 | 159.29 | 0.00 |
| 72 | 545.63 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 73 | 514.82 | 103.49 | 0.00 | 0.00 | 127.97 | 0.00 |
| 74 | 614.61 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 75 | 490.72 | 653.35 | 0.00 | 0.00 | 343.45 | 0.00 |
| 76 | 552.65 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 82.70 | 0.00 |
| 77 | 493.52 | 618.12 | 0.00 | 0.00 | 311.96 | 0.00 |
| 78 | 577.90 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 79.85 | 0.00 |
| 79 | 461.38 | 301.11 | 0.00 | 0.00 | 188.47 | 0.00 |
| 80 | 514.82 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 81 | 507.29 | 174.52 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 82 | 550.75 | 94.51 | 0.00 | 0.00 | 64.04 | 0.00 |
| 83 | 501.10 | 428.75 | 0.00 | 0.00 | 234.65 | 0.00 |
| 84 | 543.91 | 95.91 | 0.00 | 0.00 | 89.10 | 0.00 |
| 85 | 506.70 | 415.51 | 0.00 | 0.00 | 225.81 | 0.00 |

| Combinazioni rare: | | | |
|--------------------|--------|--------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 499.72 | 100.66 | 0.00 |
| 2 | 575.13 | 94.73 | 0.00 |

| Combinazioni frequenti: | | | |
|-------------------------|--------|--------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 499.72 | 94.73 | 0.00 |
| 2 | 536.84 | 60.62 | 0.00 |
| 3 | 499.72 | 108.27 | 0.00 |
| 4 | 539.60 | 94.73 | 0.00 |
| 5 | 483.22 | 120.72 | 0.00 |
| 6 | 499.72 | 94.73 | 0.00 |

| Combinazioni quasi permanenti: | | | |
|--------------------------------|--------|--------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 786.48 | 233.73 | 0.00 |
| 2 | 32.74 | -76.36 | 0.00 |
| 3 | 32.74 | 102.58 | 0.00 |
| 4 | 201.18 | -76.36 | 0.00 |
| 5 | 201.18 | 102.58 | 0.00 |

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 75):
Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=0.000000$; $b=2000.000000$; $c=-70125.541437$
Angolo asse neutro-asse x : $\alpha= 0.00000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -25.31085 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f' = 0.61187 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NS=490720.00; MxiS=0.00; MyiS=-653350.00; TxiS=-343450.00; TyiS=0.00

Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NR=490708.68; MxiR= 0.00; MyiR= -911125.10

Mxi0=-0.00, Myi0=0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.

MR= $((MxiR-Mxi0)^2+(MyiR-Myi0)^2)^{1/2}=911125.10$; MS= $((MxiS-Mxi0)^2+(MyiS-Myi0)^2)^{1/2}=653350.00$

Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 1.3945 > 1

VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.1215)

$\delta = 0.44 + 1.25 \cdot (0.6 + 0.0014/\epsilon_{cu}) \cdot x/d = 0.5919$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA

Comb. n.ro: 62; NS=914870.00 < Nrd=11929399.50 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA AZIONE MASSIMA DI TRAZIONE

Comb. n.ro: 1; NS=-3400.00 > Nrt=-2009176.43 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 24.90 N/mm²)

Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 1.20 < 0.60•fck = 14.94 N/mm²

Comb. rara n.ro 1: Tens. acciaio= -0.64 > -0.80•fyk = -360.00 N/mm²

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. cls= 2.59 < 0.45•fck = 11.20 N/mm²

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 5: Tens. min. cls= -0.28 N/mm²; $\sigma_t=fctm/1.2=-2.13$ N/mm², fck=-2.15 N/mm²

wk=1.7•srm• ϵ_{sm} =0.0000 mm < w3=0.4 mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 1: Tens. min. cls= -0.69 N/mm²; $\sigma_t=fctm/1.2=-2.13$ N/mm², fck=-2.15 N/mm²

wk=1.7•srm• ϵ_{sm} =0.0000 mm < w2=0.3 mm VERIFICA POSITIVA

| VERTICI SEZIONE: | | | |
|------------------|--------|--------|--------------------------|
| Nv | X (cm) | Y (cm) | $\epsilon_c \times 1000$ |
| 1 | -50.00 | -45.00 | -28.20 |
| 2 | -50.00 | 45.00 | 3.50 |
| 3 | 50.00 | 45.00 | 3.50 |
| 4 | 50.00 | -45.00 | -28.20 |

| BARRE LONGITUDINALI: | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------------|--------------------------|
| Nf | X (cm) | Y (cm) | diametro(mm) | $\epsilon_f \times 1000$ |
| 1 | 41.80 | 36.80 | 24.00 | 0.61 |
| 2 | 41.80 | -36.80 | 24.00 | -25.31 |
| 3 | -41.80 | -36.80 | 24.00 | -25.31 |
| 4 | -41.80 | 36.80 | 24.00 | 0.61 |
| 5 | -20.90 | 36.80 | 24.00 | 0.61 |
| 6 | 0.00 | 36.80 | 24.00 | 0.61 |
| 7 | 20.90 | 36.80 | 24.00 | 0.61 |
| 8 | -20.90 | -36.80 | 24.00 | -25.31 |
| 9 | 0.00 | -36.80 | 24.00 | -25.31 |
| 10 | 20.90 | -36.80 | 24.00 | -25.31 |

| INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE: | | |
|---|--------|--------|
| Ni | X (cm) | Y (cm) |
| 1 | -50.00 | 35.06 |
| 2 | 50.00 | 35.06 |

| Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni |
|---|
| NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia |
| NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti " " " " |
| sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU |
| Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione |
| TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>Nrd o il fattore NRd/NS risulta piu' |

sfavorevole (NRd= 11929.40 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.18 KN); E = l'eccentricità della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle
V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge

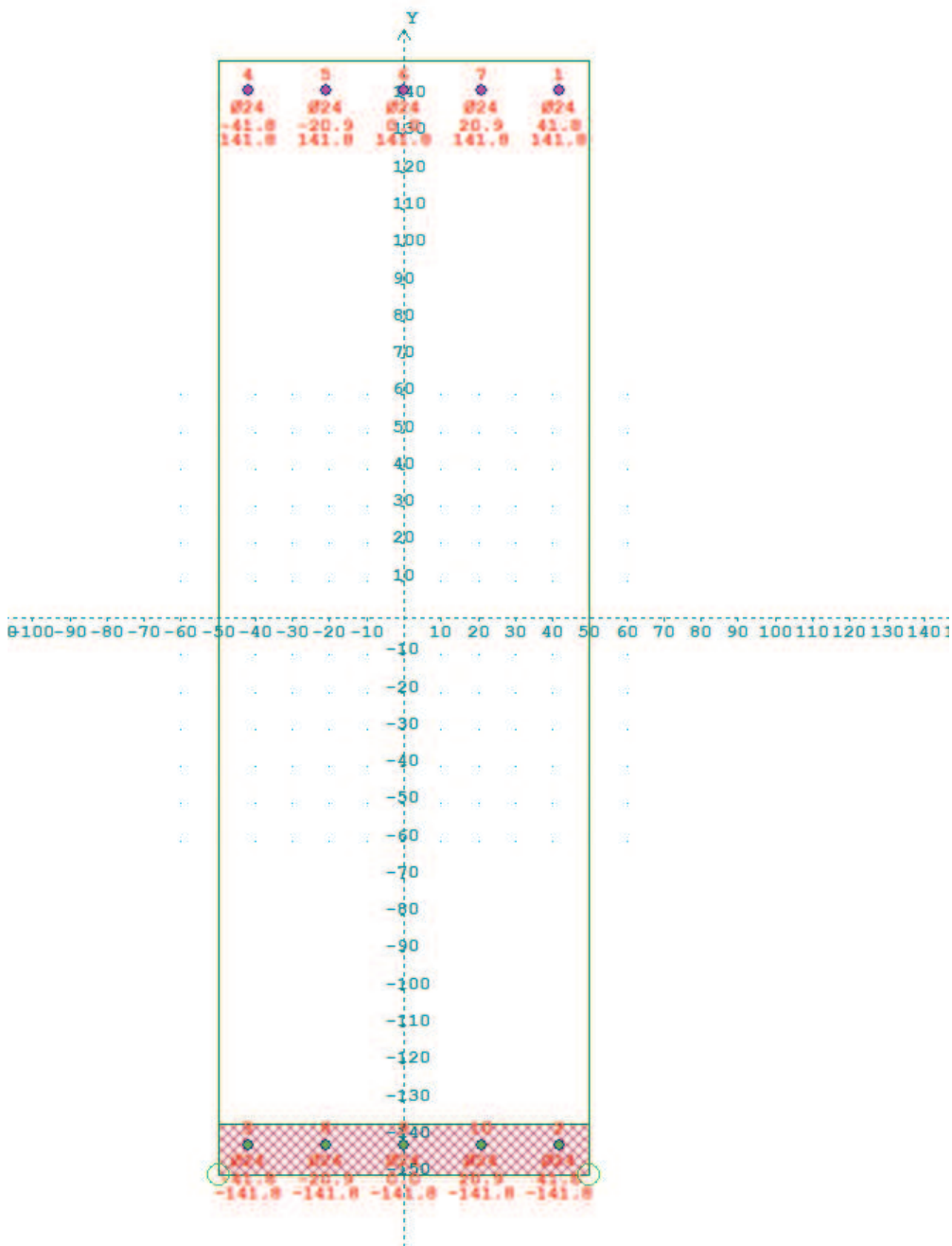
| cb | NSi | MSxi | MSyi | NRi | MRxi | MRyi | Aft | Afc | sic. | TV | V |
|------|--------|-------|---------|--------|-------|----------|-------|-------|---------|----|---|
| n.ro | (KN) | (KNm) | (KNm) | (KN) | (KNm) | (KNm) | (cm²) | (cm²) | | | |
| 1 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.40 | 0.00 | -735.94 | 22.62 | 22.62 | 4.5527 | N | |
| 2 | 42.56 | -0.00 | 99.27 | 42.56 | -0.00 | 752.29 | 22.62 | 22.62 | 7.5782 | N | |
| 3 | 42.56 | 0.00 | -133.36 | 42.56 | 0.00 | -752.29 | 22.62 | 22.62 | 5.6410 | N | |
| 4 | 261.53 | -0.00 | 99.27 | 261.53 | -0.00 | 830.04 | 22.62 | 22.62 | 8.3615 | N | |
| 5 | 261.53 | 0.00 | -133.36 | 261.53 | 0.00 | -830.04 | 22.62 | 22.62 | 6.2241 | N | |
| 6 | 649.63 | 0.00 | -123.15 | 649.62 | 0.00 | -967.07 | 22.62 | 22.62 | 7.8528 | N | |
| 7 | 649.63 | 0.00 | -132.04 | 649.62 | 0.00 | -967.07 | 22.62 | 22.62 | 7.3240 | N | |
| 8 | 762.73 | 0.00 | -123.15 | 762.72 | 0.00 | -1006.69 | 22.62 | 22.62 | 8.1745 | N | |
| 9 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.40 | 0.00 | -735.94 | 22.62 | 22.62 | 4.5527 | N | |
| 10 | 42.56 | -0.00 | 99.27 | 42.56 | -0.00 | 752.29 | 22.62 | 22.62 | 7.5782 | N | |
| 11 | 42.56 | 0.00 | -75.96 | 42.56 | 0.00 | -752.29 | 22.62 | 22.62 | 9.9037 | N | |
| 12 | 206.87 | -0.00 | 99.27 | 206.86 | -0.00 | 810.65 | 22.62 | 22.62 | 8.1661 | N | |
| 13 | 206.87 | 0.00 | -75.96 | 206.86 | 0.00 | -810.65 | 22.62 | 22.62 | 10.6721 | N | |
| 14 | 554.63 | 0.00 | -15.99 | 554.62 | 0.00 | -933.66 | 22.62 | 22.62 | 21.5088 | C | |
| 15 | 554.63 | 0.00 | -15.99 | 554.62 | 0.00 | -933.66 | 22.62 | 22.62 | 21.5088 | C | |
| 16 | 624.65 | -0.00 | 46.51 | 624.66 | -0.00 | 958.30 | 22.62 | 22.62 | 19.0977 | C | |
| 17 | -2.62 | 0.00 | -124.34 | -2.61 | 0.00 | -736.22 | 22.62 | 22.62 | 5.9210 | N | |
| 18 | 32.74 | -0.00 | 76.36 | 32.74 | -0.00 | 748.79 | 22.62 | 22.62 | 9.8061 | N | |
| 19 | 32.74 | 0.00 | -160.69 | 32.74 | 0.00 | -748.79 | 22.62 | 22.62 | 4.6598 | N | |
| 20 | 255.91 | -0.00 | 76.36 | 255.91 | -0.00 | 828.05 | 22.62 | 22.62 | 10.8440 | N | |
| 21 | 255.91 | 0.00 | -202.64 | 255.91 | 0.00 | -828.05 | 22.62 | 22.62 | 4.0863 | N | |
| 22 | 594.88 | 0.00 | -160.69 | 594.87 | 0.00 | -947.82 | 22.62 | 22.62 | 5.8985 | N | |
| 23 | 594.88 | 0.00 | -275.96 | 594.87 | 0.00 | -947.82 | 22.62 | 22.62 | 3.4346 | N | |
| 24 | 638.44 | 0.00 | -202.64 | 638.45 | 0.00 | -963.14 | 22.62 | 22.62 | 4.7530 | N | |
| 25 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.40 | 0.00 | -735.94 | 22.62 | 22.62 | 4.5527 | N | |
| 26 | 42.56 | -0.00 | 99.27 | 42.56 | -0.00 | 752.29 | 22.62 | 22.62 | 7.5782 | N | |
| 27 | 42.56 | 0.00 | -104.95 | 42.56 | 0.00 | -752.29 | 22.62 | 22.62 | 7.1680 | N | |
| 28 | 261.02 | -0.00 | 99.27 | 261.03 | -0.00 | 829.87 | 22.62 | 22.62 | 8.3597 | N | |
| 29 | 261.02 | 0.00 | -104.95 | 261.03 | 0.00 | -829.87 | 22.62 | 22.62 | 7.9073 | N | |
| 30 | 668.30 | 0.00 | -66.19 | 668.29 | 0.00 | -973.62 | 22.62 | 22.62 | 14.7095 | N | |
| 31 | 668.30 | 0.00 | -66.19 | 668.29 | 0.00 | -973.62 | 22.62 | 22.62 | 14.7095 | N | |
| 32 | 812.29 | 0.00 | -29.60 | 812.28 | 0.00 | -1024.00 | 22.62 | 22.62 | 14.6861 | C | |
| 33 | -2.62 | 0.00 | -124.34 | -2.61 | 0.00 | -736.22 | 22.62 | 22.62 | 5.9210 | N | |
| 34 | 32.74 | -0.00 | 76.36 | 32.74 | -0.00 | 748.79 | 22.62 | 22.62 | 9.8061 | N | |
| 35 | 32.74 | 0.00 | -132.06 | 32.74 | 0.00 | -748.79 | 22.62 | 22.62 | 5.6701 | N | |
| 36 | 255.41 | -0.00 | 76.36 | 255.41 | -0.00 | 827.87 | 22.62 | 22.62 | 10.8417 | N | |
| 37 | 255.41 | 0.00 | -146.08 | 255.41 | 0.00 | -827.87 | 22.62 | 22.62 | 5.6673 | N | |
| 38 | 613.52 | 0.00 | -132.06 | 613.51 | 0.00 | -954.38 | 22.62 | 22.62 | 7.2269 | N | |
| 39 | 613.52 | 0.00 | -175.05 | 613.51 | 0.00 | -954.38 | 22.62 | 22.62 | 5.4520 | N | |
| 40 | 687.90 | 0.00 | -146.08 | 687.89 | 0.00 | -980.50 | 22.62 | 22.62 | 6.7121 | N | |
| 41 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.40 | 0.00 | -735.94 | 22.62 | 22.62 | 4.5527 | N | |
| 42 | 42.56 | -0.00 | 99.27 | 42.56 | -0.00 | 752.29 | 22.62 | 22.62 | 7.5782 | N | |
| 43 | 42.56 | 0.00 | -158.78 | 42.56 | 0.00 | -752.29 | 22.62 | 22.62 | 4.7379 | N | |
| 44 | 243.44 | -0.00 | 99.27 | 243.45 | -0.00 | 823.63 | 22.62 | 22.62 | 8.2969 | N | |
| 45 | 243.44 | 0.00 | -158.78 | 243.45 | 0.00 | -823.63 | 22.62 | 22.62 | 5.1872 | N | |
| 46 | 577.13 | 0.00 | -133.51 | 577.13 | 0.00 | -941.59 | 22.62 | 22.62 | 7.0525 | N | |
| 47 | 577.13 | 0.00 | -180.71 | 577.13 | 0.00 | -941.59 | 22.62 | 22.62 | 5.2105 | N | |
| 48 | 665.65 | 0.00 | -133.51 | 665.66 | 0.00 | -972.70 | 22.62 | 22.62 | 7.2856 | N | |
| 49 | -2.62 | 0.00 | -124.34 | -2.61 | 0.00 | -736.22 | 22.62 | 22.62 | 5.9210 | N | |
| 50 | 32.74 | -0.00 | 76.36 | 32.74 | -0.00 | 748.79 | 22.62 | 22.62 | 9.8061 | N | |
| 51 | 32.74 | 0.00 | -187.85 | 32.74 | 0.00 | -748.79 | 22.62 | 22.62 | 3.9861 | N | |
| 52 | 237.31 | -0.00 | 76.36 | 237.31 | -0.00 | 821.45 | 22.62 | 22.62 | 10.7577 | N | |
| 53 | 237.31 | 0.00 | -216.48 | 237.31 | 0.00 | -821.45 | 22.62 | 22.62 | 3.7946 | N | |
| 54 | 520.22 | 0.00 | -187.85 | 520.22 | 0.00 | -921.53 | 22.62 | 22.62 | 4.9057 | N | |
| 55 | 520.22 | 0.00 | -331.19 | 520.22 | 0.00 | -921.53 | 22.62 | 22.62 | 2.7825 | N | |
| 56 | 538.40 | 0.00 | -216.48 | 538.40 | 0.00 | -927.94 | 22.62 | 22.62 | 4.2865 | N | |
| 57 | 499.72 | 0.00 | -95.91 | 499.73 | 0.00 | -914.31 | 22.62 | 22.62 | 9.5330 | N | |
| 58 | 514.82 | 0.00 | -94.66 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 9.7151 | N | |
| 59 | 514.82 | 0.00 | -259.69 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 3.5413 | N | |
| 60 | 888.61 | 0.00 | -95.91 | 888.62 | 0.00 | -1050.58 | 22.62 | 22.62 | 10.9538 | N | |
| 61 | 514.82 | 0.00 | -216.47 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 4.2483 | N | |
| 62 | 914.87 | 0.00 | -95.91 | 914.87 | 0.00 | -1059.70 | 22.62 | 22.62 | 11.0489 | N | |
| 63 | 514.82 | 0.00 | -189.61 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 4.8501 | N | |
| 64 | 588.90 | 0.00 | -95.91 | 588.89 | 0.00 | -945.72 | 22.62 | 22.62 | 9.8605 | N | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------|------|---------|--------|------|---------|-------|-------|---------|---|--|
| 65 | 514.82 | 0.00 | -95.91 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 9.5885 | N | |
| 66 | 674.22 | 0.00 | -69.87 | 674.23 | 0.00 | -975.71 | 22.62 | 22.62 | 13.9646 | N | |
| 67 | 514.82 | 0.00 | -205.69 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 4.4710 | N | |
| 68 | 722.86 | 0.00 | -95.91 | 722.87 | 0.00 | -992.75 | 22.62 | 22.62 | 10.3508 | N | |
| 69 | 514.82 | 0.00 | -192.50 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 4.7773 | N | |
| 70 | 743.52 | 0.00 | -95.91 | 743.51 | 0.00 | -999.97 | 22.62 | 22.62 | 10.4262 | N | |
| 71 | 514.82 | 0.00 | -147.45 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 6.2369 | N | |
| 72 | 545.63 | 0.00 | -95.91 | 545.62 | 0.00 | -930.49 | 22.62 | 22.62 | 9.7017 | N | |
| 73 | 514.82 | 0.00 | -103.49 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 8.8862 | N | |
| 74 | 614.61 | 0.00 | -95.91 | 614.62 | 0.00 | -954.77 | 22.62 | 22.62 | 9.9548 | N | |
| 75 | 490.72 | 0.00 | -653.35 | 490.71 | 0.00 | -911.13 | 22.62 | 22.62 | 1.3945 | N | |
| 76 | 552.65 | 0.00 | -95.91 | 552.65 | 0.00 | -932.97 | 22.62 | 22.62 | 9.7275 | N | |
| 77 | 493.52 | 0.00 | -618.12 | 493.51 | 0.00 | -912.11 | 22.62 | 22.62 | 1.4756 | N | |
| 78 | 577.90 | 0.00 | -95.91 | 577.91 | 0.00 | -941.86 | 22.62 | 22.62 | 9.8203 | N | |
| 79 | 461.38 | 0.00 | -301.11 | 461.37 | 0.00 | -900.77 | 22.62 | 22.62 | 2.9915 | N | |
| 80 | 514.82 | 0.00 | -95.91 | 514.83 | 0.00 | -919.63 | 22.62 | 22.62 | 9.5885 | N | |
| 81 | 507.29 | 0.00 | -174.52 | 507.30 | 0.00 | -916.98 | 22.62 | 22.62 | 5.2543 | N | |
| 82 | 550.75 | 0.00 | -94.51 | 550.74 | 0.00 | -932.29 | 22.62 | 22.62 | 9.8645 | N | |
| 83 | 501.10 | 0.00 | -428.75 | 501.10 | 0.00 | -914.79 | 22.62 | 22.62 | 2.1336 | N | |
| 84 | 543.91 | 0.00 | -95.91 | 543.91 | 0.00 | -929.89 | 22.62 | 22.62 | 9.6954 | N | |
| 85 | 506.70 | 0.00 | -415.51 | 506.71 | 0.00 | -916.77 | 22.62 | 22.62 | 2.2064 | N | |
| Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU | | | | | | | | | | | |

3.3 VERIFICA SEZ.3 – Piedritti

La sezione si riferisce ai piedritti, dove lo spessore dell'elemento è 300cm. La sezione è stata armata con $5\phi 24/100\text{cm}$ all'intradosso e all'estradosso del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione $\Phi 16/20$ in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm^2 ; $\gamma_c: 1.50$
 $f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{cfm}=3.07$; (in N/mm^2)
 Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm^2 ; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s: 1.15$
 $f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206010.00$; (in N/mm^2);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=431.64$, $f_{yds}=375.34$ (in N/mm^2)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes) $\cdot 100=20.00$ %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): B = 100.00 cm; Base (cm): H = 300.00 cm

Rotazione: rot = 0.00 gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm^2

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 30000.00$ cm^2 ; Baricentro: $X_{gCls} = -0.00$ cm; $Y_{gCls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 225000000.00$ cm^4 ; $J_y = 25000000.00$ cm^4 ; $J_{xy} = 0.00$ cm^4 ;

Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 225000000.00$ cm^4 ; $J_{eta} = 25000000.00$ cm^4 ;

Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: $\theta = -0.00$ rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

| Combinazioni stati limite ultimi: | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|------|------|---------|------|
| comb | N | Mx | Vx | My | Vy | Mt |
| 1 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 3 | 497.37 | -421.32 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 4 | 644.60 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -463.30 | 0.00 |
| 5 | 644.60 | -421.32 | 0.00 | 0.00 | -463.30 | 0.00 |
| 6 | 1085.12 | -702.77 | 0.00 | 0.00 | -738.59 | 0.00 |
| 7 | 1085.12 | -702.77 | 0.00 | 0.00 | -738.59 | 0.00 |
| 8 | 1202.13 | -792.38 | 0.00 | 0.00 | -809.36 | 0.00 |
| 9 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 11 | 497.37 | -485.15 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 12 | 610.23 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -376.13 | 0.00 |
| 13 | 610.23 | -485.15 | 0.00 | 0.00 | -376.13 | 0.00 |
| 14 | 1046.54 | -829.59 | 0.00 | 0.00 | -588.37 | 0.00 |
| 15 | 1046.54 | -829.59 | 0.00 | 0.00 | -588.37 | 0.00 |
| 16 | 1162.54 | -981.95 | 0.00 | 0.00 | -592.65 | 0.00 |
| 17 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 382.59 | -496.91 | 0.00 | 0.00 | -96.64 | 0.00 |
| 19 | 382.59 | -259.23 | 0.00 | 0.00 | -96.64 | 0.00 |
| 20 | 530.06 | -496.91 | 0.00 | 0.00 | -445.05 | 0.00 |
| 21 | 530.06 | -259.23 | 0.00 | 0.00 | -445.05 | 0.00 |
| 22 | 873.12 | -411.76 | 0.00 | 0.00 | -719.58 | 0.00 |
| 23 | 872.90 | -344.71 | 0.00 | 0.00 | -719.58 | 0.00 |
| 24 | 873.87 | -411.76 | 0.00 | 0.00 | -789.74 | 0.00 |
| 25 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 27 | 497.37 | -343.35 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 28 | 621.72 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -485.84 | 0.00 |
| 29 | 621.72 | -343.35 | 0.00 | 0.00 | -485.84 | 0.00 |
| 30 | 1074.55 | -589.76 | 0.00 | 0.00 | -787.08 | 0.00 |
| 31 | 1074.55 | -589.76 | 0.00 | 0.00 | -787.08 | 0.00 |
| 32 | 1211.41 | -623.14 | 0.00 | 0.00 | -900.69 | 0.00 |
| 33 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 382.59 | -496.91 | 0.00 | 0.00 | -96.64 | 0.00 |
| 35 | 382.59 | -181.29 | 0.00 | 0.00 | -96.64 | 0.00 |
| 36 | 507.24 | -496.91 | 0.00 | 0.00 | -467.02 | 0.00 |

| | | | | | | |
|----|---------|---------|------|------|----------|------|
| 37 | 507.24 | -181.29 | 0.00 | 0.00 | -467.02 | 0.00 |
| 38 | 862.52 | -299.01 | 0.00 | 0.00 | -768.40 | 0.00 |
| 39 | 862.52 | -177.66 | 0.00 | 0.00 | -768.40 | 0.00 |
| 40 | 883.33 | -299.01 | 0.00 | 0.00 | -880.73 | 0.00 |
| 41 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 42 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 43 | 497.37 | -432.62 | 0.00 | 0.00 | -125.63 | 0.00 |
| 44 | 631.16 | -645.98 | 0.00 | 0.00 | -465.30 | 0.00 |
| 45 | 631.16 | -432.62 | 0.00 | 0.00 | -465.30 | 0.00 |
| 46 | 1055.60 | -819.58 | 0.00 | 0.00 | -659.99 | 0.00 |
| 47 | 1055.60 | -819.58 | 0.00 | 0.00 | -659.99 | 0.00 |
| 48 | 1152.66 | -938.58 | 0.00 | 0.00 | -745.69 | 0.00 |
| 49 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 50 | 382.59 | -496.91 | 0.00 | 0.00 | -96.64 | 0.00 |
| 51 | 382.59 | -271.65 | 0.00 | 0.00 | -96.64 | 0.00 |
| 52 | 516.01 | -496.91 | 0.00 | 0.00 | -448.18 | 0.00 |
| 53 | 516.01 | -271.65 | 0.00 | 0.00 | -448.18 | 0.00 |
| 54 | 841.99 | -529.69 | 0.00 | 0.00 | -643.38 | 0.00 |
| 55 | 821.74 | -494.21 | 0.00 | 0.00 | -643.38 | 0.00 |
| 56 | 841.99 | -529.69 | 0.00 | 0.00 | -730.91 | 0.00 |
| 57 | 834.71 | -540.46 | 0.00 | 0.00 | -568.14 | 0.00 |
| 58 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 59 | 850.36 | 136.52 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 60 | 922.36 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -1153.75 | 0.00 |
| 61 | 850.38 | 9.38 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 62 | 1022.93 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -1167.13 | 0.00 |
| 63 | 712.77 | -121.05 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 64 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -736.07 | 0.00 |
| 65 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 66 | 1056.59 | -582.89 | 0.00 | 0.00 | -773.04 | 0.00 |
| 67 | 850.38 | -183.04 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 68 | 903.15 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -861.25 | 0.00 |
| 69 | 850.38 | -188.04 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 70 | 909.77 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -854.94 | 0.00 |
| 71 | 850.32 | -436.73 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 72 | 856.05 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -671.92 | 0.00 |
| 73 | 850.38 | -451.85 | 0.00 | 0.00 | -577.63 | 0.00 |
| 74 | 878.13 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -652.50 | 0.00 |
| 75 | 688.44 | -351.36 | 0.00 | 0.00 | -547.17 | 0.00 |
| 76 | 850.38 | -594.66 | 0.00 | 0.00 | -941.14 | 0.00 |
| 77 | 791.46 | -490.58 | 0.00 | 0.00 | -548.10 | 0.00 |
| 78 | 850.40 | -610.11 | 0.00 | 0.00 | -949.77 | 0.00 |
| 79 | 640.43 | -335.77 | 0.00 | 0.00 | -542.18 | 0.00 |
| 80 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -624.50 | 0.00 |
| 81 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 0.00 | -552.20 | 0.00 |
| 82 | 988.05 | -795.68 | 0.00 | 0.00 | -650.49 | 0.00 |
| 83 | 789.36 | -493.69 | 0.00 | 0.00 | -573.27 | 0.00 |
| 84 | 850.38 | -580.50 | 0.00 | 0.00 | -768.11 | 0.00 |
| 85 | 796.27 | -496.00 | 0.00 | 0.00 | -571.82 | 0.00 |

| Combinazioni rare: | | | |
|--------------------|--------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 834.71 | -540.59 | 0.00 |
| 2 | 912.72 | -600.31 | 0.00 |

| Combinazioni frequenti: | | | |
|-------------------------|--------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 834.71 | -540.59 | 0.00 |
| 2 | 896.73 | -623.76 | 0.00 |
| 3 | 834.65 | -473.65 | 0.00 |
| 4 | 845.94 | -540.59 | 0.00 |
| 5 | 824.00 | -540.59 | 0.00 |
| 6 | 834.88 | -572.60 | 0.00 |

| Combinazioni quasi permanenti: | | | |
|--------------------------------|--------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 1.43 | 1.18 | 0.00 |
| 2 | 382.59 | -496.91 | 0.00 |

| | | | |
|---|--------|---------|------|
| 3 | 382.59 | -324.09 | 0.00 |
| 4 | 495.85 | -496.91 | 0.00 |
| 5 | 495.85 | -324.09 | 0.00 |

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 16):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=-0.000000$; $b=-2000.000000$; $c=-272600.965816$

Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=-180.000000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.32512 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -67.50000 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f = 1.33483 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NS=1162540.00; MxiS=-981950.00; MyiS=0.00; TxiS=0.00; TyiS=-592650.00

Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NR=1162538.41; MxiR= -4536925.64; MyiR= 0.00

Mxi0=-0.00, Myi0=-0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.

MR= $((MxiR-Mxi0)^2+(MyiR-Myi0)^2)^{1/2}=4536925.64$; MS= $((MxiS-Mxi0)^2+(MyiS-Myi0)^2)^{1/2}=981950.00$

Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 4.6203 > 1

VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) ($x/d=0.0469$)

$\delta = 0.44 + 1.25 \cdot (0.6 + 0.0014/\epsilon_{cu}) \cdot x/d = 0.4987$

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA

Comb. n.ro: 32; NS=1211410.00 < Nrd=35634199.50 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI ($f_{ck} = 24.90$ N/mm²)

Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 0.69 < $0.60 \cdot f_{ck} = 14.94$ N/mm²

Comb. rara n.ro 2: Tens. acciaio= -1.24 > $-0.80 \cdot f_{yk} = -360.00$ N/mm²

Comb. q. per. n.ro 2: Tens. cls= 0.64 < $0.45 \cdot f_{ck} = 11.20$ N/mm²

VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.10 N/mm²; $\sigma_t=f_{ctm}/1.2=-2.13$ N/mm², $f_{ctk}=-2.15$ N/mm²

$w_k=1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm}=0.0000$ mm < $w_3=0.4$ mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.19 N/mm²; $\sigma_t=f_{ctm}/1.2=-2.13$ N/mm², $f_{ctk}=-2.15$ N/mm²

$w_k=1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm}=0.0000$ mm < $w_2=0.3$ mm VERIFICA POSITIVA

| VERTICI SEZIONE: | | | |
|------------------|--------|---------|--------------------------|
| Nv | X (cm) | Y (cm) | $\epsilon_c \times 1000$ |
| 1 | -50.00 | -150.00 | 3.33 |
| 2 | -50.00 | 150.00 | -69.49 |
| 3 | 50.00 | 150.00 | -69.49 |
| 4 | 50.00 | -150.00 | 3.33 |

| BARRE LONGITUDINALI: | | | | |
|----------------------|--------|---------|--------------|--------------------------|
| Nf | X (cm) | Y (cm) | diametro(mm) | $\epsilon_f \times 1000$ |
| 1 | 41.80 | 141.80 | 24.00 | -67.50 |
| 2 | 41.80 | -141.80 | 24.00 | 1.33 |
| 3 | -41.80 | -141.80 | 24.00 | 1.33 |
| 4 | -41.80 | 141.80 | 24.00 | -67.50 |
| 5 | -20.90 | 141.80 | 24.00 | -67.50 |

| | | | | |
|----|--------|---------|-------|--------|
| 6 | 0.00 | 141.80 | 24.00 | -67.50 |
| 7 | 20.90 | 141.80 | 24.00 | -67.50 |
| 8 | -20.90 | -141.80 | 24.00 | 1.33 |
| 9 | 0.00 | -141.80 | 24.00 | 1.33 |
| 10 | 20.90 | -141.80 | 24.00 | 1.33 |

| INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE: | | |
|---|--------|---------|
| Ni | X (cm) | Y (cm) |
| 1 | -50.00 | -136.30 |
| 2 | 50.00 | -136.30 |

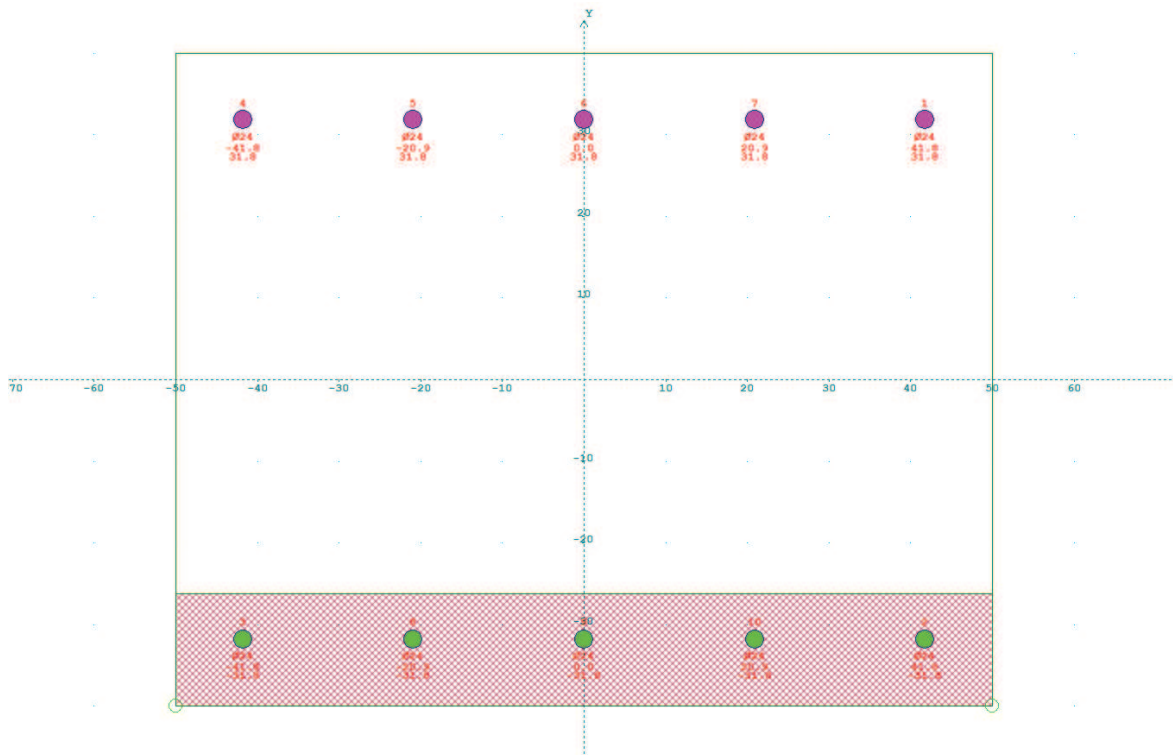
| Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|---------|----|---|
| NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia | | | | | | | | | | | |
| NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti " " " " | | | | | | | | | | | |
| sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU | | | | | | | | | | | |
| Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione | | | | | | | | | | | |
| TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>NRd o il fattore NRd/NS risulta piu' sfavorevole (NRd= 35634.20 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.18 KN); E = l'eccentricita della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle | | | | | | | | | | | |
| V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge | | | | | | | | | | | |
| cb | NSi | MSxi | MSyi | NRi | MRxi | MRyi | Aft | Afc | sic. | TV | V |
| n.ro | (KN) | (KNm) | (KNm) | (KN) | (KNm) | (KNm) | (cm²) | (cm²) | | | |
| 1 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.01 | 2891.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10326 | N | |
| 2 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.5714 | N | |
| 3 | 497.37 | -421.32 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 8.5422 | N | |
| 4 | 644.60 | -645.98 | -0.00 | 644.59 | -3807.41 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.8940 | N | |
| 5 | 644.60 | -421.32 | -0.00 | 644.59 | -3807.41 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 9.0369 | N | |
| 6 | 1085.12 | -702.77 | 0.00 | 1085.11 | -4428.22 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 6.3011 | N | |
| 7 | 1085.12 | -702.77 | 0.00 | 1085.11 | -4428.22 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 6.3011 | N | |
| 8 | 1202.13 | -792.38 | 0.00 | 1202.12 | -4592.43 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.7957 | N | |
| 9 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.01 | 2891.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10326 | N | |
| 10 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.5714 | N | |
| 11 | 497.37 | -485.15 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4183 | N | |
| 12 | 610.23 | -645.98 | 0.00 | 610.23 | -3758.79 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.8187 | N | |
| 13 | 610.23 | -485.15 | 0.00 | 610.23 | -3758.79 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.7477 | N | |
| 14 | 1046.54 | -829.59 | -0.00 | 1046.53 | -4374.06 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.2726 | N | |
| 15 | 1046.54 | -829.59 | -0.00 | 1046.53 | -4374.06 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.2726 | N | |
| 16 | 1162.54 | -981.95 | 0.00 | 1162.54 | -4536.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 4.6203 | N | |
| 17 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.01 | 2891.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 13142 | N | |
| 18 | 382.59 | -496.91 | -0.00 | 382.59 | -3436.16 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 6.9150 | N | |
| 19 | 382.59 | -259.23 | -0.00 | 382.59 | -3436.16 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 13.2552 | N | |
| 20 | 530.06 | -496.91 | -0.00 | 530.06 | -3645.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.3360 | N | |
| 21 | 530.06 | -259.23 | -0.00 | 530.06 | -3645.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 14.0621 | N | |
| 22 | 873.12 | -411.76 | 0.00 | 873.11 | -4129.97 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10.0300 | N | |
| 23 | 872.90 | -344.71 | -0.00 | 872.91 | -4129.68 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 11.9802 | N | |
| 24 | 873.87 | -411.76 | -0.00 | 873.88 | -4131.05 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10.0327 | N | |
| 25 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.01 | 2891.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10326 | N | |
| 26 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.5714 | N | |
| 27 | 497.37 | -343.35 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10.4820 | N | |
| 28 | 621.72 | -645.98 | -0.00 | 621.71 | -3775.04 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.8439 | N | |
| 29 | 621.72 | -343.35 | -0.00 | 621.71 | -3775.04 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10.9947 | N | |
| 30 | 1074.55 | -589.76 | -0.00 | 1074.55 | -4413.39 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4834 | N | |
| 31 | 1074.55 | -589.76 | -0.00 | 1074.55 | -4413.39 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4834 | N | |
| 32 | 1211.41 | -623.14 | -0.00 | 1211.41 | -4605.44 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.3907 | N | |
| 33 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.01 | 2891.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 13142 | N | |
| 34 | 382.59 | -496.91 | -0.00 | 382.59 | -3436.16 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 6.9150 | N | |
| 35 | 382.59 | -181.29 | -0.00 | 382.59 | -3436.16 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 18.9539 | N | |
| 36 | 507.24 | -496.91 | -0.00 | 507.23 | -3612.96 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.2708 | N | |
| 37 | 507.24 | -181.29 | -0.00 | 507.23 | -3612.96 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 19.9292 | N | |
| 38 | 862.52 | -299.01 | -0.00 | 862.51 | -4115.04 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 13.7622 | N | |
| 39 | 862.52 | -177.66 | -0.00 | 862.51 | -4115.04 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 23.1624 | N | |
| 40 | 883.33 | -299.01 | 0.00 | 883.33 | -4144.37 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 13.8603 | N | |
| 41 | 0.00 | 0.28 | 0.00 | 0.01 | 2891.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 10326 | N | |
| 42 | 497.37 | -645.98 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.5714 | N | |
| 43 | 497.37 | -432.62 | 0.00 | 497.38 | -3598.99 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 8.3190 | N | |
| 44 | 631.16 | -645.98 | -0.00 | 631.16 | -3788.41 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.8646 | N | |
| 45 | 631.16 | -432.62 | -0.00 | 631.16 | -3788.41 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 8.7569 | N | |
| 46 | 1055.60 | -819.58 | 0.00 | 1055.60 | -4386.78 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.3525 | N | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|---------|---|--|
| 47 | 1055.60 | -819.58 | 0.00 | 1055.60 | -4386.78 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.3525 | N | |
| 48 | 1152.66 | -938.58 | -0.00 | 1152.67 | -4523.06 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 4.8191 | N | |
| 49 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | 0.01 | 2891.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 13142 | N | |
| 50 | 382.59 | -496.91 | -0.00 | 382.59 | -3436.16 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 6.9150 | N | |
| 51 | 382.59 | -271.65 | -0.00 | 382.59 | -3436.16 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 12.6492 | N | |
| 52 | 516.01 | -496.91 | -0.00 | 516.00 | -3625.39 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.2959 | N | |
| 53 | 516.01 | -271.65 | -0.00 | 516.00 | -3625.39 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 13.3458 | N | |
| 54 | 841.99 | -529.69 | 0.00 | 841.99 | -4086.11 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.7141 | N | |
| 55 | 821.74 | -494.21 | -0.00 | 821.74 | -4057.56 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 8.2102 | N | |
| 56 | 841.99 | -529.69 | 0.00 | 841.99 | -4086.11 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.7141 | N | |
| 57 | 834.71 | -540.46 | -0.00 | 834.71 | -4075.85 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.5414 | N | |
| 58 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4159 | N | |
| 59 | 850.36 | 136.52 | 0.00 | 850.36 | 4097.90 | -0.00 | 22.62 | 22.62 | 30.0169 | N | |
| 60 | 922.36 | -552.59 | 0.00 | 922.36 | -4199.37 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.5994 | N | |
| 61 | 850.38 | 9.38 | 0.00 | 850.37 | 4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 41.9039 | C | |
| 62 | 1022.93 | -552.59 | -0.00 | 1022.92 | -4340.84 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.8555 | N | |
| 63 | 712.77 | -121.05 | -0.00 | 712.77 | -3903.75 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 32.2491 | N | |
| 64 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4159 | N | |
| 65 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4159 | N | |
| 66 | 1056.59 | -582.89 | 0.00 | 1056.59 | -4388.17 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.5283 | N | |
| 67 | 850.38 | -183.04 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 22.3881 | N | |
| 68 | 903.15 | -552.59 | -0.00 | 903.16 | -4172.32 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.5505 | N | |
| 69 | 850.38 | -188.04 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 21.7928 | N | |
| 70 | 909.77 | -552.59 | 0.00 | 909.77 | -4181.64 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.5673 | N | |
| 71 | 850.32 | -436.73 | -0.00 | 850.32 | -4097.85 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 9.3830 | N | |
| 72 | 856.05 | -552.59 | 0.00 | 856.06 | -4105.94 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4304 | N | |
| 73 | 850.38 | -451.85 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 9.0692 | N | |
| 74 | 878.13 | -552.59 | 0.00 | 878.13 | -4137.05 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4867 | N | |
| 75 | 688.44 | -351.36 | -0.00 | 688.44 | -3869.39 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 11.0126 | N | |
| 76 | 850.38 | -594.66 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 6.8912 | N | |
| 77 | 791.46 | -490.58 | -0.00 | 791.46 | -4014.87 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 8.1839 | N | |
| 78 | 850.40 | -610.11 | -0.00 | 850.41 | -4097.97 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 6.7168 | N | |
| 79 | 640.43 | -335.77 | 0.00 | 640.43 | -3801.52 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 11.3218 | N | |
| 80 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4159 | N | |
| 81 | 850.38 | -552.59 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.4159 | N | |
| 82 | 988.05 | -795.68 | -0.00 | 988.06 | -4291.80 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 5.3939 | N | |
| 83 | 789.36 | -493.69 | -0.00 | 789.36 | -4011.91 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 8.1264 | N | |
| 84 | 850.38 | -580.50 | 0.00 | 850.37 | -4097.93 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 7.0593 | N | |
| 85 | 796.27 | -496.00 | -0.00 | 796.27 | -4021.66 | 0.00 | 22.62 | 22.62 | 8.1082 | N | |
| Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU | | | | | | | | | | | |

3.4 VERIFICA SEZ.4 – Fondazione

La sezione si riferisce all'arco rovescio, dove lo spessore dell'elemento è 80cm. La sezione è stata armata con 5 ϕ 24/100cm su entrambi i lati del rivestimento; si è considerato un copriferro pari a 70 mm + 12 mm dello spessore dell'armatura secondaria, per un totale di 82 mm per favorire il posizionamento di ferri di ripartizione Φ 16/20 in senso longitudinale alla galleria. L'armatura a taglio viene verificata in seguito.

Si propone il tabulato di verifica. Si fa riferimento alle 23 combinazioni di Stato Limite Ultimo (7SLU+16SLV) e alle 5 combinazioni di Stato Limite di esercizio (1SLE-C+3SLE-F+1SLE-QP).



MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; $R_{ck}=30.00$; $E_c=31447.16$; N/mm^2 ; $\gamma_c: 1.50$
 $f_{ck}=24.90$; $f_{cd}=14.11$; $f_{ctk}=1.79$; $f_{ctd}=1.19$; $f_{ctm}=2.56$; $f_{cfm}=3.07$; (in N/mm^2)

Grafico tensioni/deformazioni cls: $f_2=14.11$ N/mm^2 ; $\epsilon_{cu2}=0.0035$; $\epsilon_{c2}=0.0020$

Acciaio barre: B450C; $\gamma_s: 1.15$

$f_{yk}=450.00$; $f_{yd}=391.30$; $f_{bd}=2.69$; $E_s=206010.00$; (in N/mm^2);

Grafico tensioni/deformazioni acciaio: $\sigma_u=0.0675$; $k=1.15$

Nelle verifiche delle tensioni SLE trascura sempre la resistenza a trazione del cls: Si

Acciaio staffe: $f_{yks}=431.64$, $f_{yds}=375.34$ (in N/mm^2)

Percent. torsione limite (TorSoll/TorRes)•100=20.00 %

FORMA DELLA SEZIONE: Rettangolare

Base (cm): $B = 100.00$ cm; Base (cm): $H = 80.00$ cm

Rotazione: $rot = 0.00$ gradi

Area totale acciaio : $A_{st} = 45.24$ cm^2

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 8000.00$ cm^2 ; Baricentro: $X_{gCls} = -0.00$ cm; $Y_{gCls} = 0.00$ cm

Momenti d'inerzia: $J_x = 4266666.67$ cm^4 ; $J_y = 6666666.67$ cm^4 ; $J_{xy} = 0.00$ cm^4 ;

Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 6666666.67 \text{ cm}^4$; $J_{eta} = 4266666.67 \text{ cm}^4$;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x : $\theta = -1.57 \text{ rad}$;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).

Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KNm).

| Combinazioni stati limite ultimi: | | | | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|------|------|--------|------|
| comb | N | Mx | Vx | My | Vy | Mt |
| 1 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 307.17 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 3 | 307.17 | -90.69 | 0.00 | 0.00 | -10.66 | 0.00 |
| 4 | 1048.29 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 5 | 1048.29 | -90.69 | 0.00 | 0.00 | -2.09 | 0.00 |
| 6 | 1521.51 | -190.98 | 0.00 | 0.00 | -10.66 | 0.00 |
| 7 | 1521.51 | -190.98 | 0.00 | 0.00 | -2.08 | 0.00 |
| 8 | 1650.78 | -216.69 | 0.00 | 0.00 | -4.71 | 0.00 |
| 9 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 307.17 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 11 | 307.17 | -134.05 | 0.00 | 0.00 | -17.63 | 0.00 |
| 12 | 863.25 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 13 | 863.25 | -134.05 | 0.00 | 0.00 | -17.38 | 0.00 |
| 14 | 1255.93 | -266.92 | 0.00 | 0.00 | -17.65 | 0.00 |
| 15 | 1255.93 | -266.92 | 0.00 | 0.00 | -17.38 | 0.00 |
| 16 | 1290.42 | -330.75 | 0.00 | 0.00 | -25.63 | 0.00 |
| 17 | -2.62 | 124.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 236.28 | -196.00 | 0.00 | 0.00 | -26.59 | 0.00 |
| 19 | 236.28 | -25.75 | 0.00 | 0.00 | -1.42 | 0.00 |
| 20 | 993.34 | -196.00 | 0.00 | 0.00 | -26.59 | 0.00 |
| 21 | 993.34 | -25.75 | 0.00 | 0.00 | 13.60 | 0.00 |
| 22 | 1440.01 | -69.64 | 0.00 | 0.00 | -1.42 | 0.00 |
| 23 | 1440.01 | -28.95 | 0.00 | 0.00 | 18.97 | 0.00 |
| 24 | 1542.55 | -69.64 | 0.00 | 0.00 | 13.60 | 0.00 |
| 25 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 307.17 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 27 | 307.17 | -77.87 | 0.00 | 0.00 | -1.82 | 0.00 |
| 28 | 1047.52 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 29 | 1047.52 | -77.87 | 0.00 | 0.00 | 20.11 | 0.00 |
| 30 | 1522.89 | -175.82 | 0.00 | 0.00 | -1.82 | 0.00 |
| 31 | 1522.89 | -175.82 | 0.00 | 0.00 | 38.77 | 0.00 |
| 32 | 1655.49 | -197.83 | 0.00 | 0.00 | 20.11 | 0.00 |
| 33 | -2.62 | 124.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 236.28 | -196.00 | 0.00 | 0.00 | -26.59 | 0.00 |
| 35 | 236.28 | -12.93 | 0.00 | 0.00 | 7.52 | 0.00 |
| 36 | 992.60 | -196.00 | 0.00 | 0.00 | -26.59 | 0.00 |
| 37 | 992.60 | -12.93 | 0.00 | 0.00 | 35.61 | 0.00 |
| 38 | 1441.34 | -54.50 | 0.00 | 0.00 | 7.52 | 0.00 |
| 39 | 1441.34 | -10.27 | 0.00 | 0.00 | 61.82 | 0.00 |
| 40 | 1547.17 | -54.50 | 0.00 | 0.00 | 35.61 | 0.00 |
| 41 | -3.40 | 161.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 42 | 307.17 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 43 | 307.17 | -80.49 | 0.00 | 0.00 | -23.12 | 0.00 |
| 44 | 1042.62 | -254.81 | 0.00 | 0.00 | -34.57 | 0.00 |
| 45 | 1042.62 | -80.49 | 0.00 | 0.00 | -23.12 | 0.00 |
| 46 | 1420.33 | -218.47 | 0.00 | 0.00 | -35.94 | 0.00 |
| 47 | 1420.33 | -218.47 | 0.00 | 0.00 | -35.94 | 0.00 |
| 48 | 1554.80 | -240.41 | 0.00 | 0.00 | -60.38 | 0.00 |
| 49 | -2.62 | 124.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 50 | 236.28 | -196.00 | 0.00 | 0.00 | -26.59 | 0.00 |
| 51 | 236.28 | -15.56 | 0.00 | 0.00 | -15.23 | 0.00 |
| 52 | 987.76 | -196.00 | 0.00 | 0.00 | -26.59 | 0.00 |
| 53 | 987.76 | -15.56 | 0.00 | 0.00 | -15.23 | 0.00 |
| 54 | 1341.95 | -96.43 | 0.00 | 0.00 | -23.55 | 0.00 |
| 55 | 1341.95 | -51.98 | 0.00 | 0.00 | -23.55 | 0.00 |
| 56 | 1449.80 | -96.43 | 0.00 | 0.00 | -42.20 | 0.00 |
| 57 | 1170.39 | -146.83 | 0.00 | 0.00 | -1.58 | 0.00 |
| 58 | 1187.70 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |

| | | | | | | |
|----|---------|---------|------|------|---------|------|
| 59 | 1187.70 | 112.08 | 0.00 | 0.00 | 133.77 | 0.00 |
| 60 | 1744.69 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 61 | 1187.70 | 56.51 | 0.00 | 0.00 | 128.73 | 0.00 |
| 62 | 1787.54 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 63 | 1187.70 | 17.23 | 0.00 | 0.00 | 53.66 | 0.00 |
| 64 | 1292.82 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 65 | 1187.70 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | 28.75 | 0.00 |
| 66 | 1430.92 | -174.06 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 67 | 1187.70 | -2.87 | 0.00 | 0.00 | 79.39 | 0.00 |
| 68 | 1551.01 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 69 | 1187.70 | -6.75 | 0.00 | 0.00 | 79.67 | 0.00 |
| 70 | 1542.08 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 71 | 1187.70 | -101.67 | 0.00 | 0.00 | 22.27 | 0.00 |
| 72 | 1305.63 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 73 | 1187.70 | -114.06 | 0.00 | 0.00 | 23.29 | 0.00 |
| 74 | 1277.48 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 75 | 1170.03 | 82.19 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 76 | 1676.59 | -154.21 | 0.00 | 0.00 | -98.84 | 0.00 |
| 77 | 1174.29 | 26.32 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 78 | 1719.95 | -160.60 | 0.00 | 0.00 | -105.74 | 0.00 |
| 79 | 1147.41 | -15.99 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 80 | 1215.92 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -29.78 | 0.00 |
| 81 | 1187.70 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 82 | 1355.40 | -206.58 | 0.00 | 0.00 | -48.22 | 0.00 |
| 83 | 1187.70 | -31.54 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |
| 84 | 1489.63 | -150.35 | 0.00 | 0.00 | -63.57 | 0.00 |
| 85 | 1187.70 | -34.34 | 0.00 | 0.00 | -1.95 | 0.00 |

| Combinazioni rare: | | | |
|--------------------|---------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 1170.39 | -146.91 | 0.00 |
| 2 | 1256.61 | -164.04 | 0.00 |

| Combinazioni frequenti: | | | |
|-------------------------|---------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | 1170.39 | -146.91 | 0.00 |
| 2 | 1185.48 | -182.09 | 0.00 |
| 3 | 1170.39 | -122.25 | 0.00 |
| 4 | 1230.08 | -146.91 | 0.00 |
| 5 | 1168.58 | -146.79 | 0.00 |
| 6 | 1170.68 | -148.96 | 0.00 |

| Combinazioni quasi permanenti: | | | |
|--------------------------------|--------|---------|------|
| comb | N | Mx | My |
| 1 | -2.62 | 124.34 | 0.00 |
| 2 | 236.28 | -196.00 | 0.00 |
| 3 | 236.28 | -69.77 | 0.00 |
| 4 | 806.38 | -196.00 | 0.00 |
| 5 | 806.38 | -69.77 | 0.00 |

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 2):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=-0.000000$; $b=-2000.000000$; $c=-61548.757992$

Angolo asse neutro-asse x : $\alpha = -180.00000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls : $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio : $\epsilon_f = -23.73936 / 1000$

Deformazione minima acciaio : $\epsilon_f' = 0.38910 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NS=307170.00; MxiS=-0.00; MyiS=254810.00; TxiS=34570.00; TyiS=-0.00

Ecc. aggiuntiva minima considerata: nessuna

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N•m):

NR=307161.86; MxiR= -0.00; MyiR= 733292.51

Mxi0=-0.00, Myi0=-0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.
 MR=((MxiR-Mxi0)²+(MyiR-Myi0)²)^{1/2}=733292.51; MS=((MxiS-Mxi0)²+(MyiS-Myi0)²)^{1/2}=254810.00
 Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 2.8778 > 1
 VERIFICA POSITIVA

VALORI DI δ (p 4.1.1.1 NTC2008) (x/d= 0.1285)
 δ = 0.44 + 1.25*(0.6 + 0.0014/εcu)*x/d = 0.6006

VERIFICA AZIONE ASSIALE MASSIMA
 Comb. n.ro: 62; NS=1787540.00 < Nrd=10800599.50 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICA AZIONE MASSIMA DI TRAZIONE
 Comb. n.ro: 1; NS=-3400.00 > Nrt=-2009176.43 N VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE S.L.E.: TENSIONI (fck = 24.90 N/mm²)
 Comb. rara n.ro 2: Tens. cls= 2.77 < 0.60*fck = 14.94 N/mm²
 Comb. rara n.ro 2: Tens. acciaio= 5.92 > -0.80*fyk = -360.00 N/mm²
 Comb. q. per. n.ro 2: Tens. cls= 2.92 < 0.45*fck = 11.20 N/mm²
 VERIFICHE POSITIVE

VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE
 Comb. freq. n.ro 2: Tens. min. cls= -0.10 N/mm²; σt=fctm/1.2=-2.13 N/mm², fck=-2.15 N/mm²
 wk=1.7*srm*εsm=0.0000 mm < w3=0.4 mm VERIFICA POSITIVA

Comb. q. per. n.ro 2: Tens. min. cls= -1.31 N/mm²; σt=fctm/1.2=-2.13 N/mm², fck=-2.15 N/mm²
 wk=1.7*srm*εsm=0.0000 mm < w2=0.3 mm VERIFICA POSITIVA

| VERTICI SEZIONE: | | | |
|------------------|--------|--------|----------|
| Nv | X (cm) | Y (cm) | εc x1000 |
| 1 | -50.00 | -40.00 | 3.50 |
| 2 | -50.00 | 40.00 | -26.85 |
| 3 | 50.00 | 40.00 | -26.85 |
| 4 | 50.00 | -40.00 | 3.50 |

| BARRE LONGITUDINALI: | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------------|----------|
| Nf | X (cm) | Y (cm) | diametro(mm) | εf x1000 |
| 1 | 41.80 | 31.80 | 24.00 | -23.74 |
| 2 | 41.80 | -31.80 | 24.00 | 0.39 |
| 3 | -41.80 | -31.80 | 24.00 | 0.39 |
| 4 | -41.80 | 31.80 | 24.00 | -23.74 |
| 5 | -20.90 | 31.80 | 24.00 | -23.74 |
| 6 | 0.00 | 31.80 | 24.00 | -23.74 |
| 7 | 20.90 | 31.80 | 24.00 | -23.74 |
| 8 | -20.90 | -31.80 | 24.00 | 0.39 |
| 9 | 0.00 | -31.80 | 24.00 | 0.39 |
| 10 | 20.90 | -31.80 | 24.00 | 0.39 |

| INTERSEZIONI TRA ASSE NEUTRO E PROFILO DELLA SEZIONE: | | |
|---|--------|--------|
| Ni | X (cm) | Y (cm) |
| 1 | -50.00 | -30.77 |
| 2 | 50.00 | -30.77 |

| Fattore di sicurezza SLU per sforzo normale e flessione per tutte le combinazioni |
|--|
| NSi, MSxi, MSyi: azioni sollecitanti rispetto agli assi principali di inerzia |
| NRi, MRxi, MRyi: azioni resistenti " " " " |
| sic.: fattore Resistenza/Sicurezza a pressoflessione (o per la compressione assiale) SLU |
| Aft, Afc: armatura in zona tesa e compressa a pressoflessione |
| TV: tipo verifica N = pressofles. ad N costante; M = pressofles. ad M/N costante; C = NS>Nrd o il fattore NRd/NS risulta piu' sfavorevole (NRd= 10800.60 KN); T = NS<Nrt o il fattore NRt/NS risulta piu' sfavorevole (NRt= -2009.18 KN); E = l'eccentricità |

| della sollecitazione è inferiore al minimo imposto dalla normativa; ? = Sezione non verificabile; 0 = Azioni nulle | | | | | | | | | | | |
|---|---------|-------|---------|---------|-------|---------|--------------------|--------------------|---------|----|---|
| V : verifiche - con un asterisco viene indicata la sezione non verificata, con un N se la combinazione non converge | | | | | | | | | | | |
| cb | NSi | MSxi | MSyi | NRi | MRxi | MRyi | Aft | Afc | sic. | TV | V |
| n.ro | (KN) | (KNm) | (KNm) | (KN) | (KNm) | (KNm) | (cm ²) | (cm ²) | | | |
| 1 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.39 | 0.00 | -637.30 | 45.24 | 0.00 | 3.9425 | N | |
| 2 | 307.17 | -0.00 | 254.81 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 2.8778 | N | |
| 3 | 307.17 | -0.00 | 90.69 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 8.0857 | N | |
| 4 | 1048.29 | -0.00 | 254.81 | 1048.28 | -0.00 | 958.34 | 22.62 | 22.62 | 3.7610 | N | |
| 5 | 1048.29 | -0.00 | 90.69 | 1048.28 | -0.00 | 958.34 | 22.62 | 22.62 | 10.3031 | C | |
| 6 | 1521.51 | -0.00 | 190.98 | 1521.50 | -0.00 | 1096.04 | 22.62 | 22.62 | 5.7390 | N | |
| 7 | 1521.51 | -0.00 | 190.98 | 1521.50 | -0.00 | 1096.04 | 22.62 | 22.62 | 5.7390 | N | |
| 8 | 1650.78 | -0.00 | 216.69 | 1650.77 | -0.00 | 1132.43 | 22.62 | 22.62 | 5.2260 | N | |
| 9 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.39 | 0.00 | -637.30 | 45.24 | 0.00 | 3.9425 | N | |
| 10 | 307.17 | -0.00 | 254.81 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 2.8778 | N | |
| 11 | 307.17 | -0.00 | 134.05 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 5.4703 | N | |
| 12 | 863.25 | -0.00 | 254.81 | 863.24 | -0.00 | 902.96 | 22.62 | 22.62 | 3.5437 | N | |
| 13 | 863.25 | -0.00 | 134.05 | 863.24 | -0.00 | 902.96 | 22.62 | 22.62 | 6.7360 | N | |
| 14 | 1255.93 | -0.00 | 266.92 | 1255.93 | -0.00 | 1019.54 | 22.62 | 22.62 | 3.8196 | N | |
| 15 | 1255.93 | -0.00 | 266.92 | 1255.93 | -0.00 | 1019.54 | 22.62 | 22.62 | 3.8196 | N | |
| 16 | 1290.42 | -0.00 | 330.75 | 1290.42 | -0.00 | 1029.60 | 22.62 | 22.62 | 3.1129 | N | |
| 17 | -2.62 | 0.00 | -124.34 | -2.62 | 0.00 | -637.54 | 45.24 | 0.00 | 5.1274 | N | |
| 18 | 236.28 | -0.00 | 196.00 | 236.27 | -0.00 | 711.43 | 22.62 | 22.62 | 3.6297 | N | |
| 19 | 236.28 | -0.00 | 25.75 | 236.27 | -0.00 | 711.43 | 22.62 | 22.62 | 27.6283 | N | |
| 20 | 993.34 | -0.00 | 196.00 | 993.35 | -0.00 | 941.98 | 22.62 | 22.62 | 4.8060 | N | |
| 21 | 993.34 | -0.00 | 25.75 | 993.35 | -0.00 | 941.98 | 22.62 | 22.62 | 10.8730 | C | |
| 22 | 1440.01 | -0.00 | 69.64 | 1440.02 | -0.00 | 1072.80 | 22.62 | 22.62 | 7.5004 | C | |
| 23 | 1440.01 | -0.00 | 28.95 | 1440.02 | -0.00 | 1072.80 | 22.62 | 22.62 | 7.5004 | C | |
| 24 | 1542.55 | -0.00 | 69.64 | 1542.55 | -0.00 | 1102.00 | 22.62 | 22.62 | 7.0018 | C | |
| 25 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.39 | 0.00 | -637.30 | 45.24 | 0.00 | 3.9425 | N | |
| 26 | 307.17 | -0.00 | 254.81 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 2.8778 | N | |
| 27 | 307.17 | -0.00 | 77.87 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 9.4169 | N | |
| 28 | 1047.52 | -0.00 | 254.81 | 1047.52 | -0.00 | 958.12 | 22.62 | 22.62 | 3.7601 | N | |
| 29 | 1047.52 | -0.00 | 77.87 | 1047.52 | -0.00 | 958.12 | 22.62 | 22.62 | 10.3106 | C | |
| 30 | 1522.89 | -0.00 | 175.82 | 1522.88 | -0.00 | 1096.43 | 22.62 | 22.62 | 6.2361 | N | |
| 31 | 1522.89 | -0.00 | 175.82 | 1522.88 | -0.00 | 1096.43 | 22.62 | 22.62 | 6.2361 | N | |
| 32 | 1655.49 | -0.00 | 197.83 | 1655.49 | -0.00 | 1133.75 | 22.62 | 22.62 | 5.7309 | N | |
| 33 | -2.62 | 0.00 | -124.34 | -2.62 | 0.00 | -637.54 | 45.24 | 0.00 | 5.1274 | N | |
| 34 | 236.28 | -0.00 | 196.00 | 236.27 | -0.00 | 711.43 | 22.62 | 22.62 | 3.6297 | N | |
| 35 | 236.28 | -0.00 | 12.93 | 236.27 | -0.00 | 711.43 | 22.62 | 22.62 | 45.7110 | C | |
| 36 | 992.60 | -0.00 | 196.00 | 992.61 | -0.00 | 941.76 | 22.62 | 22.62 | 4.8049 | N | |
| 37 | 992.60 | -0.00 | 12.93 | 992.61 | -0.00 | 941.76 | 22.62 | 22.62 | 10.8811 | C | |
| 38 | 1441.34 | -0.00 | 54.50 | 1441.33 | -0.00 | 1073.17 | 22.62 | 22.62 | 7.4934 | C | |
| 39 | 1441.34 | -0.00 | 10.27 | 1441.33 | -0.00 | 1073.17 | 22.62 | 22.62 | 7.4934 | C | |
| 40 | 1547.17 | -0.00 | 54.50 | 1547.17 | -0.00 | 1103.30 | 22.62 | 22.62 | 6.9809 | C | |
| 41 | -3.40 | 0.00 | -161.65 | -3.39 | 0.00 | -637.30 | 45.24 | 0.00 | 3.9425 | N | |
| 42 | 307.17 | -0.00 | 254.81 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 2.8778 | N | |
| 43 | 307.17 | -0.00 | 80.49 | 307.16 | -0.00 | 733.29 | 22.62 | 22.62 | 9.1104 | N | |
| 44 | 1042.62 | -0.00 | 254.81 | 1042.62 | -0.00 | 956.66 | 22.62 | 22.62 | 3.7544 | N | |
| 45 | 1042.62 | -0.00 | 80.49 | 1042.62 | -0.00 | 956.66 | 22.62 | 22.62 | 10.3591 | C | |
| 46 | 1420.33 | -0.00 | 218.47 | 1420.32 | -0.00 | 1067.16 | 22.62 | 22.62 | 4.8847 | N | |
| 47 | 1420.33 | -0.00 | 218.47 | 1420.32 | -0.00 | 1067.16 | 22.62 | 22.62 | 4.8847 | N | |
| 48 | 1554.80 | -0.00 | 240.41 | 1554.81 | -0.00 | 1105.47 | 22.62 | 22.62 | 4.5983 | N | |
| 49 | -2.62 | 0.00 | -124.34 | -2.62 | 0.00 | -637.54 | 45.24 | 0.00 | 5.1274 | N | |
| 50 | 236.28 | -0.00 | 196.00 | 236.27 | -0.00 | 711.43 | 22.62 | 22.62 | 3.6297 | N | |
| 51 | 236.28 | -0.00 | 15.56 | 236.27 | -0.00 | 711.43 | 22.62 | 22.62 | 45.7110 | C | |
| 52 | 987.76 | -0.00 | 196.00 | 987.76 | -0.00 | 940.31 | 22.62 | 22.62 | 4.7975 | N | |
| 53 | 987.76 | -0.00 | 15.56 | 987.76 | -0.00 | 940.31 | 22.62 | 22.62 | 10.9344 | C | |
| 54 | 1341.95 | -0.00 | 96.43 | 1341.95 | -0.00 | 1044.55 | 22.62 | 22.62 | 8.0484 | C | |
| 55 | 1341.95 | -0.00 | 51.98 | 1341.95 | -0.00 | 1044.55 | 22.62 | 22.62 | 8.0484 | C | |
| 56 | 1449.80 | -0.00 | 96.43 | 1449.80 | -0.00 | 1075.60 | 22.62 | 22.62 | 7.4497 | C | |
| 57 | 1170.39 | -0.00 | 146.83 | 1170.40 | -0.00 | 994.46 | 22.62 | 22.62 | 6.7729 | N | |
| 58 | 1187.70 | -0.00 | 150.35 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 6.6482 | N | |
| 59 | 1187.70 | 0.00 | -112.08 | 1187.70 | 0.00 | -999.55 | 22.62 | 22.62 | 8.9182 | N | |
| 60 | 1744.69 | -0.00 | 150.35 | 1744.69 | -0.00 | 1158.49 | 22.62 | 22.62 | 6.1906 | C | |
| 61 | 1187.70 | 0.00 | -56.51 | 1187.70 | 0.00 | -999.55 | 22.62 | 22.62 | 9.0937 | C | |
| 62 | 1787.54 | -0.00 | 150.35 | 1787.53 | -0.00 | 1170.25 | 22.62 | 22.62 | 6.0422 | C | |
| 63 | 1187.70 | 0.00 | -17.23 | 1187.70 | 0.00 | -999.55 | 22.62 | 22.62 | 9.0937 | C | |
| 64 | 1292.82 | -0.00 | 150.35 | 1292.82 | -0.00 | 1030.30 | 22.62 | 22.62 | 6.8527 | N | |
| 65 | 1187.70 | -0.00 | 150.35 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 6.6482 | N | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---------|-------|--------|---------|-------|---------|-------|-------|--------|---|--|
| 66 | 1430.92 | -0.00 | 174.06 | 1430.92 | -0.00 | 1070.20 | 22.62 | 22.62 | 6.1484 | N | |
| 67 | 1187.70 | -0.00 | 2.87 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 9.0937 | C | |
| 68 | 1551.01 | -0.00 | 150.35 | 1551.02 | -0.00 | 1104.39 | 22.62 | 22.62 | 6.9636 | C | |
| 69 | 1187.70 | -0.00 | 6.75 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 9.0937 | C | |
| 70 | 1542.08 | -0.00 | 150.35 | 1542.08 | -0.00 | 1101.86 | 22.62 | 22.62 | 7.0039 | C | |
| 71 | 1187.70 | -0.00 | 101.67 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 9.0937 | C | |
| 72 | 1305.63 | -0.00 | 150.35 | 1305.62 | -0.00 | 1034.03 | 22.62 | 22.62 | 6.8775 | N | |
| 73 | 1187.70 | -0.00 | 114.06 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 8.7634 | N | |
| 74 | 1277.48 | -0.00 | 150.35 | 1277.48 | -0.00 | 1025.82 | 22.62 | 22.62 | 6.8229 | N | |
| 75 | 1170.03 | 0.00 | -82.19 | 1170.02 | 0.00 | -994.35 | 22.62 | 22.62 | 9.2310 | C | |
| 76 | 1676.59 | -0.00 | 154.21 | 1676.59 | -0.00 | 1139.65 | 22.62 | 22.62 | 6.4420 | C | |
| 77 | 1174.29 | 0.00 | -26.32 | 1174.29 | 0.00 | -995.61 | 22.62 | 22.62 | 9.1976 | C | |
| 78 | 1719.95 | -0.00 | 160.60 | 1719.96 | -0.00 | 1151.65 | 22.62 | 22.62 | 6.2796 | C | |
| 79 | 1147.41 | -0.00 | 15.99 | 1147.41 | -0.00 | 987.70 | 22.62 | 22.62 | 9.4130 | C | |
| 80 | 1215.92 | -0.00 | 150.35 | 1215.91 | -0.00 | 1007.85 | 22.62 | 22.62 | 6.7034 | N | |
| 81 | 1187.70 | -0.00 | 150.35 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 6.6482 | N | |
| 82 | 1355.40 | -0.00 | 206.58 | 1355.39 | -0.00 | 1048.44 | 22.62 | 22.62 | 5.0752 | N | |
| 83 | 1187.70 | -0.00 | 31.54 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 9.0937 | C | |
| 84 | 1489.63 | -0.00 | 150.35 | 1489.63 | -0.00 | 1086.99 | 22.62 | 22.62 | 7.2297 | N | |
| 85 | 1187.70 | -0.00 | 34.34 | 1187.70 | -0.00 | 999.55 | 22.62 | 22.62 | 9.0937 | C | |
| Tutte le combinazioni sono verificate a sforzo normale e flessione SLU | | | | | | | | | | | |

3.5 VERIFICHE A TAGLIO

Si riportano di seguito le verifiche a taglio; si prevede di predisporre spilli $9\Phi 14/\text{mq}$ nei piedritti, in calotta e nell'arco rovescio. Si propongono di seguito le verifiche.

3.5.1 Verifica SEZ 1

La sezione si riferisce alla calotta dove lo spessore delle membrature è pari a 80cm. Si prevede l'utilizzo di 9spilli $\Phi 14/\text{m}$:

| VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO | | | | |
|--|--|------------------------|---------------|-------------------|
| <u>Calcolo del taglio resistente</u> | | | | |
| classe cls | | Rck | 30.00 | N/mm ² |
| resist. caratteristica cilindrica | | fck | 24.90 | N/mm ² |
| coeff riduttivo per carichi lunga durata | | α_{cc} | 0.85 | |
| coeff. parziale | | γ_c | 1.50 | |
| resist. di calcolo a compressione | | fcd | 14.11 | N/mm ² |
| resist. media trazione cls (trazione semplice) | | fctm | 2.56 | N/mm ² |
| resist. media trazione cls (flessione) | | fctm | 3.07 | N/mm ² |
| resist. caratteristica a trazione cls (flessione) | | fctk | 2.15 | N/mm ² |
| resist.caratt. snerv.acciaio | | fyk | 450 | N/mm ² |
| coeff. parziale | | γ_s | 1.15 | |
| resistenza di progetto | | fyd | 391.30 | N/mm ² |
| altezza membratura resistente a V | | D | 0.80 | m |
| altezza utile sezione | | d | 0.72 | m |
| larghezza membratura resist. a V | | bw | 1.00 | m |
| diametro staffe 1 | | Ds (1) | 14 | mm |
| n bracci staffe 1 | | nb (1) | 3 | |
| interasse staffe 1 | | s (1) | 33 | cm |
| diametro staffe 2 | | Ds (2) | 0 | mm |
| n bracci staffe 2 | | nb (2) | 0 | |
| interasse staffe 2 | | s (2) | 0 | cm |
| area staffe 1 | | Asw (1) | 462 | |
| area staffe 2 | | Asw (2) | 0 | mm ² |
| inclinazione staffe rispetto asse | | α | 90 | ° |
| inclinazione bielle compresse cls | | θ | 22 | ° |
| coefficiente maggiorativo per compressione | | $\alpha_{c,c}$ | 1 | |
| Resistenza taglio acciaio | | V_{rsd} | 876 | kN |
| Resistenza taglio cls | | V_{rcd} | 1583 | kN |
| Resistenza a taglio | | V_{rd} | 876 | kN |
| TAGLIO AGENTE | | V_{sdu} | 128.79 | kN |
| | | | ok | |
| | | | F.S. = | 6.80 |

$V_{rd} > V_{sd}$ – VERIFICATO

3.5.2 Verifica SEZ 2

La sezione si riferisce alla calotta dove lo spessore delle membrature è pari a 90cm. Si prevede l'utilizzo di 9spilli Φ 14/m:

| VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO | | | | | |
|---|--|------------------------|---------------|-------------------|--|
| <u>Calcolo del taglio resistente</u> | | | | | |
| classe cls | | Rck | 30.00 | N/mm ² | |
| resist. caratteristica cilindrica | | fck | 24.90 | N/mm ² | |
| coeff riduttivo per carichi lunga durata | | α_{cc} | 0.85 | | |
| coeff. parziale | | γ_c | 1.50 | | |
| resist. di calcolo a compressione | | fcd | 14.11 | N/mm ² | |
| resist. media trazione cls (trazione semplice) | | fctm | 2.56 | N/mm ² | |
| resist. media trazione cls (flessione) | | fcfm | 3.07 | N/mm ² | |
| resist. caratteristica a trazione cls (flessione) | | fcfk | 2.15 | N/mm ² | |
| resist.caratt. snerv.acciaio | | fyk | 450 | N/mm ² | |
| coeff. parziale | | γ_s | 1.15 | | |
| resistenza di progetto | | fyd | 391.30 | N/mm ² | |
| altezza membratura resistente a V | | D | 0.90 | m | |
| altezza utile sezione | | d | 0.82 | m | |
| larghezza membratura resist. a V | | bw | 1.00 | m | |
| diametro staffe 1 | | Ds (1) | 14 | mm | |
| n bracci staffe 1 | | nb (1) | 3 | | |
| interasse staffe 1 | | s (1) | 33 | cm | |
| diametro staffe 2 | | Ds (2) | 0 | mm | |
| n bracci staffe 2 | | nb (2) | 0 | | |
| interasse staffe 2 | | s (2) | 0 | cm | |
| area staffe 1 | | Asw (1) | 462 | | |
| area staffe 2 | | Asw (2) | 0 | mm ² | |
| inclinazione staffe rispetto asse | | α | 90 | ° | |
| inclinazione bielle compresse cls | | θ | 22 | ° | |
| coefficiente maggiorativo per compressione | | α_c | 1 | | |
| Resistenza taglio acciaio | | V_{rsd} | 998 | kN | |
| Resistenza taglio cls | | V_{rzd} | 1804 | kN | |
| Resistenza a taglio | | V_{rd} | 998 | kN | |
| TAGLIO AGENTE | | V_{sdu} | 419.6 | kN | |
| | | | ok | | |
| | | | F.S. = | 2.38 | |

$V_{rd} > V_{sd}$ – VERIFICATO

3.5.3 Verifica SEZ 3

La sezione si riferisce ai piedritti dove lo spessore delle membrature è pari a 300cm. Si prevede l'utilizzo di 9spilli Φ 14/m:

| VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO | | | | | |
|---|--|------------------------|---------------|-------------------|--|
| <u>Calcolo del taglio resistente</u> | | | | | |
| classe cls | | Rck | 30.00 | N/mm ² | |
| resist. caratteristica cilindrica | | fck | 24.90 | N/mm ² | |
| coeff riduttivo per carichi lunga durata | | α_{cc} | 0.85 | | |
| coeff. parziale | | γ_c | 1.50 | | |
| resist. di calcolo a compressione | | fcd | 14.11 | N/mm ² | |
| resist. media trazione cls (trazione semplice) | | fctm | 2.56 | N/mm ² | |
| resist. media trazione cls (flessione) | | fcfm | 3.07 | N/mm ² | |
| resist. caratteristica a trazione cls (flessione) | | fcfk | 2.15 | N/mm ² | |
| resist.caratt. snerv.acciaio | | fyk | 450 | N/mm ² | |
| coeff. parziale | | γ_s | 1.15 | | |
| resistenza di progetto | | fyd | 391.30 | N/mm ² | |
| altezza membratura resistente a V | | D | 3.00 | m | |
| altezza utile sezione | | d | 2.92 | m | |
| larghezza membratura resist. a V | | bw | 1.00 | m | |
| diametro staffe 1 | | Ds (1) | 14 | mm | |
| n bracci staffe 1 | | nb (1) | 3 | | |
| interasse staffe 1 | | s (1) | 33 | cm | |
| diametro staffe 2 | | Ds (2) | 0 | mm | |
| n bracci staffe 2 | | nb (2) | 0 | | |
| interasse staffe 2 | | s (2) | 0 | cm | |
| area staffe 1 | | Asw (1) | 462 | | |
| area staffe 2 | | Asw (2) | 0 | mm ² | |
| inclinazione staffe rispetto asse | | α | 90 | ° | |
| inclinazione bielle compresse cls | | θ | 22 | ° | |
| coefficiente maggiorativo per compressione | | $\alpha_{c,c}$ | 1 | | |
| Resistenza taglio acciaio | | V_{rsd} | 3559 | kN | |
| Resistenza taglio cls | | V_{rzd} | 6435 | kN | |
| Resistenza a taglio | | V_{rd} | 3559 | kN | |
| TAGLIO AGENTE | | V_{sdu} | 1167.13 | kN | |
| | | | ok | | |
| | | | F.S. = | 3.05 | |

V_{rd} > V_{sdu} – VERIFICATO

3.5.4 Verifica SEZ 4

La sezione di verifica dell'arco rovescio ha uno spessore di 80 cm e Si prevede l'utilizzo di 9spilli Φ 14/m²:

| VERIFICA SLU A TAGLIO PER ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO | | | | | |
|---|--|----------------|--|---------------|-------------------|
| <u>Calcolo del taglio resistente</u> | | | | | |
| classe cls | | Rck | | 30.00 | N/mm ² |
| resist. caratteristica cilindrica | | fck | | 24.90 | N/mm ² |
| coeff riduttivo per carichi lunga durata | | α_{cc} | | 0.85 | |
| coeff. parziale | | γ_c | | 1.50 | |
| resist. di calcolo a compressione | | fcd | | 14.11 | N/mm ² |
| resist. media trazione cls (trazione semplice) | | fctm | | 2.56 | N/mm ² |
| resist. media trazione cls (flessione) | | fcfm | | 3.07 | N/mm ² |
| resist. caratteristica a trazione cls (flessione) | | fcfk | | 2.15 | N/mm ² |
| resist.caratt. snerv.acciaio | | fyk | | 450 | N/mm ² |
| coeff. parziale | | γ_s | | 1.15 | |
| resistenza di progetto | | fyd | | 391.30 | N/mm ² |
| altezza membratura resistente a V | | D | | 0.80 | m |
| altezza utile sezione | | d | | 0.71 | m |
| larghezza membratura resist. a V | | bw | | 1.00 | m |
| diametro staffe 1 | | Ds (1) | | 14 | mm |
| n bracci staffe 1 | | nb (1) | | 3 | |
| interasse staffe 1 | | s (1) | | 33 | cm |
| diametro staffe 2 | | Ds (2) | | 0 | mm |
| n bracci staffe 2 | | nb (2) | | 0 | |
| interasse staffe 2 | | s (2) | | 0 | cm |
| area staffe 1 | | Asw (1) | | 462 | |
| area staffe 2 | | Asw (2) | | 0 | mm ² |
| inclinazione staffe rispetto asse | | α | | 90 | ° |
| inclinazione bielle compresse cls | | θ | | 22 | ° |
| coefficiente maggiorativo per compressione | | $\alpha_{c,c}$ | | 1 | |
| Resistenza taglio acciaio | | Vrsd | | 869 | kN |
| Resistenza taglio cls | | Vrcd | | 1570 | kN |
| | | | | | |
| Resistenza a taglio | | Vrd | | 869 | kN |
| TAGLIO AGENTE | | Vsdu | | 133.77 | kN |
| | | | | ok | |
| | | | | F.S. = | 6.49 |

Vrd > Vsdu – VERIFICATO