

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Dott. Paolo Cucino
ISCRIZIONE ALBO N. 2216
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

08 - GALLERIE

E - GARDENA

Relazione di calcolo - Camerone di montaggio

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	G N 0 2 0 0	0 0 3	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	F.Amadini	20/12/2021	C. lasiello	31/12/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	29/01/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dott. Paolo Cucino ISCRIZIONE ALBO N. 2216 16/03/2023
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	F.Amadini	18/07/2022	C. lasiello	19/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	F.Amadini	13/03/2023	C. lasiello	14/03/2023	D. Buttafoco (Dolomiti)	15/03/2023	

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 2 di 80

SOMMARIO

1. PREMESSA	4
2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	5
3. NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI	7
3.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
3.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	7
3.2.1 Documenti referenziati	7
3.2.2 Documenti correlati	7
3.3 SOFTWARE IMPIEGATI	8
4. METODOLOGIA PROGETTUALE	9
5. FASE CONOSCITIVA	10
5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	10
5.1.1 Indagini geotecniche di riferimento	10
6. FASE DI DIAGNOSI	12
6.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO.....	12
7. FASE DI TERAPIA	14
7.1 METODOLOGIA DI CALCOLO	14
7.2 SEZIONI DI SCAVO E CONSOLIDAMENTO PER IL CAMERONE DI MONTAGGIO TBM	14
7.2.1 Sezione camerone di montaggio TBM	16
7.2.2 Sezione cunicolo di lancio	17
7.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	17
7.4 ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO.....	20
7.4.1 Criteri di verifica	20
7.4.2 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi.....	23
7.4.3 Sezione CM.....	23
7.4.4 Sezione cunicolo di lancio	45
8. FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO	49
8.1 MONITORAGGIO IN CORSO D’OPERA	49
9. CONCLUSIONI	51
10. ALLEGATI	53

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 3 di 80

10.1	CURVE CARATTERISTICHE FASI DI DIAGNOSI	53
10.1.1	Camerone di montaggio – Caso A	53
10.1.2	Camerone di montaggio – Caso B	54
10.1.3	Cunicolo di lancio	54
10.2	CURVE CARATTERISTICHE FASI DI TERAPIA.....	55
10.2.1	Camerone di montaggio – Caso A	55
10.2.2	Camerone di montaggio – Caso B	59
10.2.3	Cunicolo di lancio	61
10.3	OUTPUT PLAXIS 2D.....	65
10.3.1	Output Camerone di montaggio – Caso A.....	65
10.3.2	Output Camerone di montaggio – Caso B.....	72

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0200003</td> <td>C</td> <td>4 di 80</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IB0U	1BEZZ	CL	GN0200003	C	4 di 80													
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio																		

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono lo studio delle problematiche progettuali, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari all'esecuzione del rivestimento di prima fase e definitivo del camerone di montaggio (CM) e rivestimento di prima fase del cunicolo di lancio TBM per la Galleria Gardena.

In particolare, lo scopo del documento è illustrare i risultati della progettazione esecutiva del camerone di montaggio/smontaggio della linea Verona – Fortezza, nella tratta Ponte Gardena – Fortezza (Lotto 1°).

Gli obiettivi della progettazione definitiva per le opere in sotterraneo sono i seguenti:

- Definizione della geometria e delle caratteristiche tecniche delle opere;
- Classificazione delle rocce interessate dalla realizzazione del camerone;
- Individuazione delle problematiche connesse al comportamento delle rocce in fase di scavo in funzione del quadro geologico, idrogeologico e geotecnico;
- Definizione delle modalità realizzative e delle sezioni di scavo;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C 5 di 80

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Il camerone di montaggio (CM) TBM per la Galleria Gardena, è realizzato mediante avanzamento in scavo tradizionale tra le progr. 16+375.52 e 16+424.52. (Binario Dispari, "B.D."), con una lunghezza complessiva di 35m.

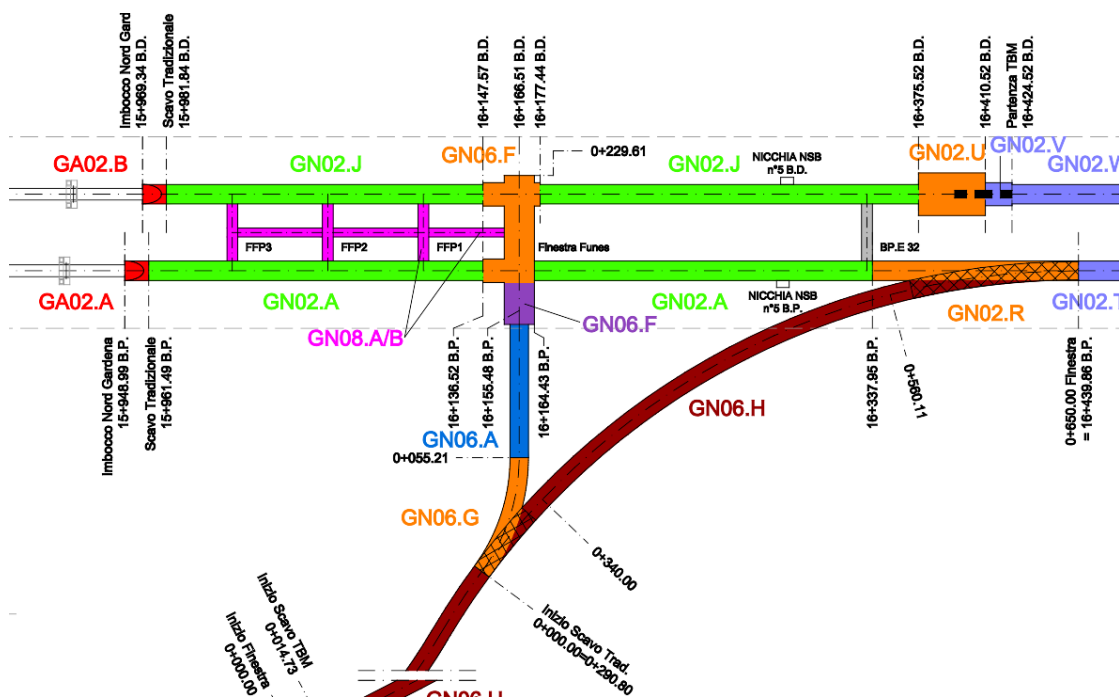


Figura 2-1: Planimetria camerone di montaggio

Secondo il Profilo geo-meccanico progettuale di previsione, l'opera in oggetto si sviluppa:

- Camerone di montaggio (CM): all'interno dei Porfiroidi (p) con copertura di circa 155m, il camerone è situato in una zona di incertezza sulla posizione di una zona di faglia (zona geomeccanica 2*) di ampiezza 5m;
- Cunicolo di lancio: adiacente al camerone di montaggio TBM e all'interno dei Porfiroidi (p) di lunghezza di 14m.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">IBOU</td> <td style="text-align: center;">1BEZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GN0200003</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">6 di 80</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	6 di 80
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	6 di 80													
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio																		

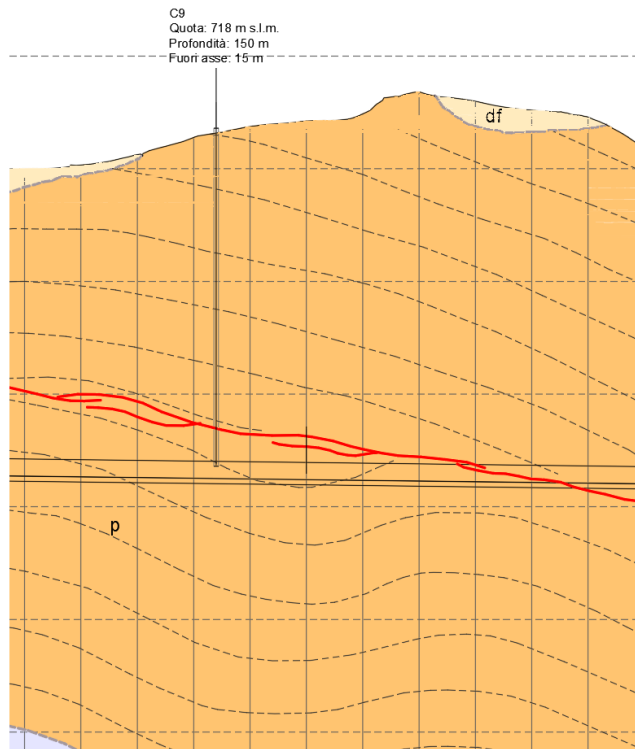


Figura 2-2: Estratto profilo geomeccanico longitudinale Galleria Gardena

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 7 di 80

3. NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI

3.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008".

3.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

3.2.1 Documenti referenziati

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

- [1] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZCLGN0200001A – "Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato"
- [2] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZCLGN0200002A – "Relazione di calcolo - Scavo Tradizionale"
- [3] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZRHGN0200001A – "Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in Scavo Tradizionale"
- [4] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZRHGN0200002A – "Relazione monitoraggio - Scavo Meccanizzato"
- [5] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZRHGN0200003A – "Relazione monitoraggio – Scavo Tradizionale"
- [6] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWZGN0200001A – "Camerone di interconnessione - piante e sezioni"
- [7] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWZGN0200002A – "Camerone di montaggio TBM - piante e sezioni"
- [8] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWBGN0200011A – "Galleria di Lancio TBM – Scavo e consolidamento";
- [9] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWBGN0200009A – "Camerone di montaggio TBM – Scavo e Consolidamento;
- [10] U.O. Gallerie, documento IB0U1BEZZWZGN0200003A – "Camerone di comunicazione - piante e sezioni"

3.2.2 Documenti correlati

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

- [11] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.).
- [12] 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-déc 1985 – Ref. 3047, 75-92.
- [13] C. Viggiani (1999). Fondazioni, Hevelius Edizioni.
- [14] 46, 811 pp. N.R. Morgestern & V.E. Price (1965). The analysis of the stability of generalised slip surfaces. Geotechnique, 15, 79-93.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio		IB0U	1BEZZ	CL	GN0200003	C	8 di 80

[15]Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.)

[16]Bernaud D., Benamar I., Rousset G. (1994). La “nouvelle méthode implicite” pour le calcul des tunnel dans les milieux élastoplastiques et viscoplastiques – Revue Francaise de Géotechnique, N° 68;

[17]Bernaud D., Rousset G. (1992). La « nouvelle méthode implicite » pour l’étude du dimensionnement des tunnels – Revue Francaise de Géotechnique, N° 60;

[18]RFI Rete Ferroviaria Italiana (2016). Manuale di progettazione opera civili – Parte II – Sezione 4 – Gallerie revisione A del 30/12/2016, Codifica RFI DTC SI GA MA IFS 001 A

3.3 SOFTWARE IMPIEGATI

I software utilizzati per la progettazione sono:

- Plaxis 2D versione 21.01.00.479 Bentley Systems.
- GV4 versione s1.07 Sial.tec. Engineering s.r.l

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	9 di 80

4. METODOLOGIA PROGETTUALE

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO – RS (Rif. [11]), è stata articolata nelle seguenti fasi:

1. FASE CONOSCITIVA: acquisizione degli elementi geologici e geotecnici;
2. FASE DI DIAGNOSI: analisi del comportamento dell'ammasso allo scavo;
3. FASE DI TERAPIA: scelta delle modalità realizzative e definizione delle sezioni tipo di scavo ed avanzamento.

Le scelte messe a punto in sede di progettazione definitiva si sono basate su quanto sviluppato nella precedente fase Progettuale (Progetto Definitivo), sull'analisi dei dati e dei requisiti di base e della documentazione relativa agli studi condotti nel corso della 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 interessato dall'opera in sotterraneo. Il quadro geologico, idrogeologico e geotecnico risultante ha permesso di definire in particolare i seguenti aspetti:

- la litologia degli ammassi rocciosi e la loro successione stratigrafica lungo il tracciato delle gallerie;
- la morfologia presente nell'area interessata dai lavori;
- il quadro idrogeologico di riferimento;
- le principali caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi attraversati e il loro comportamento allo scavo.

I risultati dello studio geologico sono stati esaminati ed interpretati allo scopo di individuare le principali problematiche progettuali legate alla realizzazione delle singole opere (Fase di Diagnosi), individuando tra le soluzioni tecniche possibili, le migliori ai fini del rispetto dell'impatto sul territorio e dei requisiti di sicurezza, sia in fase esecutiva che di esercizio (Fase di Terapia).

Sono stati, pertanto, definiti i metodi di scavo e le sezioni tipo di avanzamento più idonee per le varie tratte, individuando, in funzione delle caratteristiche geotecniche e geomorfologiche dei materiali, dei fenomeni deformativi attesi e delle interferenze lungo il tracciato, anche la tipologia di interventi di consolidamento propedeutici allo scavo.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	10 di 80

5. 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 interessato dalle opere in sotterraneo.

5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica.

Nel settore in studio è presente un basamento metamorfico composto dalle litologie prevalentemente filladiche del Gruppo di Bressanone (Fillade Quarzifera di Bressanone Auct.), il quale è associato ad intercalazioni di porfiroidi (unità meta-vulcaniche acide).

La caratterizzazione geotecnica per la progettazione definitiva di opere in sotterraneo è finalizzata all'individuazione delle problematiche geotecniche che la natura e le caratteristiche dei terreni pongono nella definizione delle soluzioni progettuali, all'individuazione delle criticità associate alle condizioni idrauliche del sottosuolo, all'esame delle condizioni di stabilità generale dell'area, prima e dopo la realizzazione delle opere in progetto.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dalle opere all'aperto e in sotterraneo, sono stati utilizzati i dati provenienti dalle diverse campagne di indagini geognostiche pregresse. L'ubicazione dei sondaggi è rappresentata sui profili geotecnici di progetto ai quali si rimanda. Le relative stratigrafie ed i risultati delle prove eseguite sono allegati agli elaborati specialistici.

Dal punto di vista geologico il camerone oggetto di questo report interessa le seguenti formazioni:

Porfiroidi (p)

All'interno delle filladi ricche in quarzo (BSSa) sono presenti lenti e corpi di porfiroidi costituiti da metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide (protoliti probabilmente riolitici, riodacitici), che presentano una struttura massiccia o leggermente foliata (scistosità S1 con strike prevalenti NS). I porfiroidi hanno una composizione mineralogica comprendente microclini, sanidini, ortoclasti, plagioclasti, mica, clorite, epidoto e quarzo. Talvolta il loro aspetto è di tipo granitoide con colorazione variabile dal bianco lattiginoso al rossiccio. Nella dorsale di Tiso e Naves sono altresì presenti lenti di paragneiss, con fabric prealpino costituiti a plagioclasio, quarzo, biotite, ± muscovite (frequente), che formano corpi di discrete dimensioni.

5.1.1 Indagini geotecniche di riferimento

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dalle opere in sotterraneo in oggetto, sono stati utilizzati i dati provenienti dalle diverse campagne di indagini geognostiche pregresse.

Durante la campagna geognostica condotta da Italferr i materiali appena descritti sono stati rinvenuti nelle verticali C7, C8, C9, C22. La medesima formazione si incontra anche in corrispondenza dell'interconnessione di Ponte Gardena, evidenziata principalmente dalle verticali di indagine CBV13 e C27.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0200003</td> <td>C</td> <td>11 di 80</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	11 di 80													

I rilievi di superficie nella tratta in oggetto hanno evidenziato la presenza di alcune lenti di Porfiroidi (p) all'interno delle Filladi ricche in quarzo. Le Porfiroidi sono state rinvenute nelle verticali C8, C9 ed EO31.

Si evidenzia, inoltre, la presenza di una faglia a basso angolo che interseca la galleria Gardena intorno alla progr. 16+500 – 16+600. La tratta di influenza è molto ampia, dovuta alla debole inclinazione della faglia stessa, ma lo spessore reale è solo di circa 5m. Questa faglia è stata attraversata dal sondaggio C9 alla profondità di 126 – 131m. La stessa faglia interseca la Finestra di Funes a circa metà del tracciato.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	12 di 80

6. FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione. La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS, di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di pre-contenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

6.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Secondo l'approccio ADECO-RS la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidità del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo stabile sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensioni sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio		IB0U	1BEZZ	CL	GN0200003	C	13 di 80

residui. La risposta tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile.

Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa ed plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

Per la determinazione delle categorie di comportamento è stato utilizzato principalmente il metodo delle linee caratteristiche.

Tali valutazioni quantitative, unitamente a considerazioni in merito all'affidabilità e rappresentatività dei dati di ingresso, alle condizioni idrauliche al contorno, e alle variabilità attese lungo il tracciato, hanno condotto alla definizione della categoria di comportamento.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 14 di 80

7. FASE DI TERAPIA

Nella fase di terapia, sulla base delle indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi), si individuano le modalità di scavo e gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine.

7.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Per la realizzazione del camerone oggetto di questo report, si è prevista l'adozione dello scavo a piena sezione, mediante esplosivo o martellone o escavatore o fresa puntuale, in funzione delle caratteristiche degli ammassi attraversati e del loro comportamento allo scavo.

Nell'attraversamento di zone fratturate o di depositi incoerenti si adotteranno degli interventi di pre-contenimento al fronte e/o al contorno ed interventi di pre-sostegno

Gli interventi di pre-sostegno sono realizzati con tubi metallici in corrispondenza della calotta. Gli eventuali interventi di pre-contenimento al fronte in ammassi fratturati ed alterati, e in presenza di comportamento spingente, sono realizzati mediante barre auto-perforanti.

Il rivestimento di prima fase è costituito da uno strato di spritz-beton e centine metalliche, talvolta anche bulloni metallici (ad ancoraggio puntuale o continuo) in funzione del grado di separazione strutturale e dei carichi previsti sui rivestimenti.

A tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e di piedritto si porrà in opera l'impermeabilizzazione, costituita da uno strato di geo-tessuto e da una guaina in PVC. Al piede dell'impermeabilizzazione, su ciascun piedritto, si disporrà un tubo micro-fessurato di presidio per eventuale drenaggio delle acque presenti nell'ammasso. Nell'attraversamento di zone molto fratturate e nelle quali il regime idraulico sotterraneo potrebbe essere connesso con sorgenti o corsi d'acqua si prevede la posa in opera dell'impermeabilizzazione sull'intero perimetro della sezione di scavo.

7.2 SEZIONI DI SCAVO E CONSOLIDAMENTO PER IL CAMERONE DI MONTAGGIO TBM

Queste opere presentano ampie sezioni di scavo policentriche, progettate per eseguire il montaggio delle TBM. La sezione della galleria di lancio TBM misura un'area di scavo di circa 100m² (Figura 7-1). La sezione maggiore, progettata per eseguire il montaggio delle TBM, misura un'area di scavo di circa 300 m². Tali dimensioni, indicate da costruttori di TBM per lavori analoghi già realizzati, sono necessarie per l'installazione dell'attrezzatura (carri ponte) di montaggio della TBM e del back-up.

Per le sezioni più ampie si prevede la parzializzazione della sezione di scavo, il rivestimento di prima fase è costituito da uno strato di spritz-beton, centine metalliche e bulloni metallici ad ancoraggio puntuale con successiva iniezione di miscela cementizia. Tali interventi rappresentano azioni di "contenimento" del cavo (Figura 7-2).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOLGIO. 15 di 80

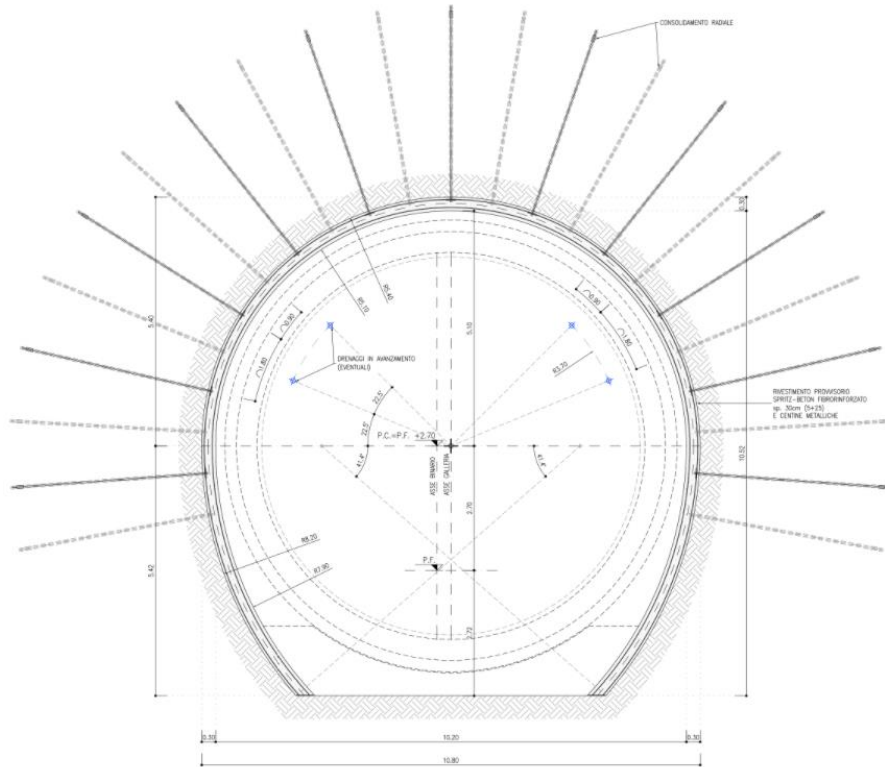


Figura 7-1: Sezione cunicolo di lancio

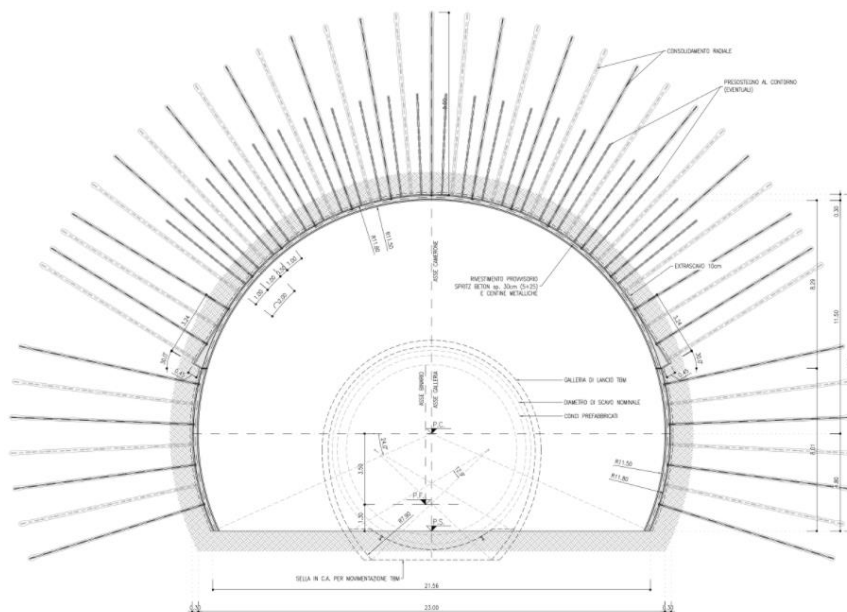


Figura 7-2: Sezione tipo camerone di montaggio TBM

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 16 di 80

Tutte le quantità relative agli interventi sono riportate negli elaborati di scavo, consolidamento e carpenteria, mentre le percentuali di applicazione delle sezioni sono indicate nei profili geotecnici.

7.2.1 Sezione camerone di montaggio TBM

La sezione prevista andrà ad inserirsi all'interno della formazione delle "Porfiroidi". Come indicato nel profilo geotecnico (rif. IB0U1BEZZF6GN0200001), nella zona adiacente al camerone di montaggio è presente una faglia, che intercetta la galleria di linea ad una distanza minima pari a circa 34m dal camerone di montaggio. Nonostante la notevole distanza misurata, data l'importanza e l'estensione dell'opera in esame, la presente relazione è stata sviluppata considerando uno scenario aggiuntivo e cautelativo nel quale il camerone intercetta la faglia.

La sezione prevista ha le seguenti caratteristiche:

Interventi di prima fase:

- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 0.30m di spritz – beton fibrorinforzato, centine HEB 220 di passo longitudinale pari a 1m e n.23+22 bulloni radiali ad ancoraggio puntuale, costituiti da barre Φ 30mm, di lunghezza pari a 8.00m, passo longitudinale pari a 1m e trasversale di 2m. È prevista una variabilità di $\pm 20\%$ riferita al passo trasversale e longitudinale dei bulloni;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza di acqua, L=30m, sovrapposizione minima pari a 10.00m.

Rivestimento definitivo:

- Arco rovescio e murette in calcestruzzo armato con spessore di 1,00m;
- Calotta in calcestruzzo armato con spessore 1,00m

Le macrofasi costruttive sono le seguenti:

- Fase 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuali);
- Fase 2: esecuzione dello scavo per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1m, del settore superiore del camerone;
- Fase 3: posa in opera di uno strato pari a 5cm di spritz – beton fibrorinforzato e messa in opera dei bulloni radiali secondo le geometrie di progetto;
- Fase 4: allontanamento del fronte del settore superiore su tutta la lunghezza del camerone;
- Fase 5: messa in opera delle centine e dello spritz – beton fibrorinforzato secondo le geometrie di progetto;
- Fase 6: esecuzione dello scavo per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1m, del settore inferiore del camerone;
- Fase 7: posa in opera di uno strato pari a 5cm di spritz – beton fibrorinforzato e messa in opera dei bulloni radiali secondo le geometrie di progetto;
- Fase 8: allontanamento del fronte del settore inferiore su tutta la lunghezza del camerone;
- Fase 9: messa in opera delle centine e dello spritz – beton fibrorinforzato secondo le geometrie di progetto;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 17 di 80

- Fase 10: getto delle murette e piedritti
- Fase 11: posa in opera dell'impermeabilizzazione in calotta composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante in PVC;
- Fase 12: posizionamento del cassero e getto del rivestimento definitivo in calotta , eseguito ad una distanza massima dal fronte di scavo non vincolata in funzione delle necessità logistiche connesse al passaggio della TBM.

7.2.2 Sezione cunicolo di lancio

La sezione prevista andrà ad inserirsi all'interno della formazione delle "Porfiroidi". Come indicato nel profilo geotecnico (rif. IB0U1BEZZF6GN0200001), nella zona adiacente al camerone di montaggio è presente una faglia che intercetta la galleria di linea ad una distanza minima pari a circa 20m dal cunicolo di lancio. Data la limitata estensione del cunicolo e la possibilità di ottenere informazioni sulla presenza e posizione della faglia durante lo scavo della galleria del binario pari, scavato precedentemente al binario dispari, si ritiene ragionevole analizzare esclusivamente la condizione prevista dal profilo geotecnico.

La sezione prevista ha le seguenti caratteristiche:

Interventi di prima fase:

- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 0.30m di spritz – beton fibrorinforzato, centine 2IPN180 a passo longitudinale pari a 1m e n.10+11 Swellex radiali, costituiti da barre Pm24, di lunghezza pari a 6.00m, passo longitudinale pari a 1m e trasversale di 2m. È prevista una variabilità di $\pm 20\%$ riferita al passo trasversale e longitudinale dei bulloni;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, in caso di presenza di acqua, L=30m, sovrapposizione minima pari a 12.00m.

Le macrofasi costruttive sono le seguenti:

- Fase 1: esecuzione dei drenaggi in avanzamento (eventuali);
- Fase 2: esecuzione dello scavo per singoli sfondi di lunghezza massima pari a 1m a piena sezione;
- Fase 3: posa in opera di uno strato pari a 5cm di spritz – beton fibrorinforzato e messa in opera dei bulloni radiali secondo le geometrie di progetto;
- Fase 4: messa in opera delle centine e dello spritz – beton fibrorinforzato secondo le geometrie di progetto;

7.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei 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 della Circolare n.617/2009 (Rif. [1] e Rif. [2]).

Con riferimento ai rivestimenti provvisori e definitivi, si sottolinea che la classe di resistenza dei calcestruzzi riportata nelle tabelle che seguono è quella utilizzata ai fini della sola modellazione numerica e delle verifiche strutturali, per i rivestimenti definitivi si rimanda alle indicazioni del Capitolato.

Rivestimento provvisorio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 18 di 80

Calcestruzzo proiettato (fibrorinforzato) per camerone	
Classe di resistenza	C30/37
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{1,5} = 17.40 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 33019 \text{ MPa}$
Classe minima di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine	J2
Curva granulometrica degli aggregati di tipo continuo con diametro massimo di:	10 mm
Classe di consistenza	S5
Dosaggio in fibre	35 kg/m ³
Classe di assorbimento energetica minima	E700

Calcestruzzo proiettato (fibrorinforzato) per cunicolo	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{1,5} = 14.11 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 31447 \text{ MPa}$
Classe minima di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine	J2
Curva granulometrica degli aggregati di tipo continuo con diametro massimo di:	10 mm
Classe di consistenza	S5
Dosaggio in fibre	35 kg/m ³
Classe di assorbimento energetica minima	E700

Acciaio per centine camerone	
Tipo	S355
Tensione caratteristica di rottura	$f_{yk} \geq 470 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{uk} \geq 335 \text{ MPa}$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	19 di 80

Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$
-----------------	----------------------------

Acciaio per centine cunicolo	
Tipo	S275
Tensione caratteristica di rottura	$f_{yk} \geq 410 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{uk} \geq 255 \text{ MPa}$
Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$

Rivestimenti definitivi

Calcestruzzo armato	
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 31447 \text{ MPa}$
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4
Classe di contenuto in cloruri	CL 0.2
Diametro massimo aggregato	32 mm
Copriferro	4,0 cm

Calcestruzzo non armato	
Classe di resistenza di calcolo	C25/30
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,max} = 6,225 \text{ MPa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 31447 \text{ MPa}$

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B450C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	20 di 80

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1,15} = 391,3 \text{ MPa}$
Tensione massima in condizioni di esercizio	$\sigma_{lim} = 0,80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

7.4 ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI TIPO

Le soluzioni progettuali descritte nel capitolo precedente sono state analizzate per verificarne adeguatezza ed efficacia, con riferimento al modello geotecnico illustrato al §5.1 e nel rispetto della normativa vigente (Rif. [1] e Rif. [2]).

7.4.1 Criteri di verifica

Al fine di dimensionare i rivestimenti di prima fase e i rivestimenti definitivi delle sezioni tipologiche di scavo del camerone di montaggio e di comunicazione, sono state condotte analisi numeriche bidimensionali. Le sezioni di analisi sono state scelte in corrispondenza delle massime coperture per ciascuna sezione tipologica prevista e nella condizione geotecnica più critica interessata dall'opera, in modo da ottenere le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali. Pertanto, si ritiene che le condizioni di calcolo analizzate siano rappresentative e valide per ogni condizione di applicazione delle sezioni.

La seguente tabella riassume le principali informazioni delle sezioni tipologiche del camerone considerate nelle analisi numeriche:

Sezione di calcolo	Unità	km. sezione di analisi [km.]	Copertura [m]
CM	p	16+390.00	155
Cunicolo di lancio	p	16+415.00	155

Tabella 7—1: Principali caratteristiche delle sezioni di calcolo di analizzate

I tassi di rilascio da utilizzare nelle analisi numeriche per ciascuna fase di calcolo sono stati ottenuti dalle curve caratteristiche in presenza di sostegni riportate brevemente in seguito. Per gli output completi del programma di calcolo utilizzato per la definizione delle curve caratteristiche – GV – si rimanda invece agli Allegati.

Stabilità del fronte e del cavo

Le analisi di stabilità del fronte e del cavo sono mirate alla valutazione dello sviluppo di possibili meccanismi di collasso, con o senza propagazione verso la superficie, o di deformazioni e spostamenti elevati al contorno ed in superficie. Trattandosi di una verifica per uno Stato Limite Ultimo di tipo GEO, si è utilizzato l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), con R2 = 1.

La verifica della stabilità del fronte è condotta applicando i coefficienti parziali sui parametri di resistenza dell'ammasso e valutando il risultato della verifica in funzione della formulazione del particolare metodo di calcolo adottato (si può fare riferimento, ad esempio, al fattore di stabilità, o alla pressione di equilibrio sul fronte, o al coefficiente di sicurezza globale o a sviluppo di elevate deformazioni/plasticizzazione al fronte).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 21 di 80

Gli eventuali interventi di consolidamento al fronte, realizzati mediante barre auto – perforanti, sono simulati mediante un incremento di coesione equivalente del fronte (Δc), valutato attraverso il calcolo della pressione equivalente al fronte (σ_3) determinata sulla base del valore più basso tra la resistenza a trazione e resistenza a sfilamento dei singoli elementi, secondo le seguenti relazioni:

$$\Delta c = \frac{1}{2} \sqrt{K_p} \sigma_3^{autoperf.}$$

Con:

$$K_p = \frac{1 + \operatorname{sen} \varphi}{1 - \operatorname{sen} \varphi}$$

$$\sigma_3^{autoperf.} = \min(\sigma_{3.A}^{autoperf.}, \sigma_{3.B}^{autoperf.})$$

$$\sigma_{3.A}^{autoperf.} = \frac{\tau_{bk} L_A p_A}{A_i}$$

$$\sigma_{3.B}^{autoperf.} = \frac{f_{tk} A_T}{A_i}$$

Dove:

τ_{bk} = tensione di aderenza all'interfaccia con il terreno;

L_A = lunghezza utile dell'elemento;

p_A = perimetro dell'interfaccia con il terreno;

f_{tk} = resistenza a trazione dell'elemento in acciaio;

A_T = sezione resistente a trazione dell'elemento in acciaio;

A_i = area di influenza del singolo elemento di consolidamento.

Le valutazioni relative all'effetto dei consolidamenti sono condotte a partire dai parametri geotecnici caratteristici e adottando coefficienti parziali unitari sulle resistenze dei materiali. Agli incrementi di coesione equivalente calcolati come sopra descritto può quindi essere applicato lo stesso coefficiente parziale previsto per la coesione dell'ammasso.

Interazione opera – terreno

L'interazione opera – terreno è stata valutata mediante apposite analisi numeriche agli elementi finiti (FEM) utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D (versione 21.01.00.479), sviluppato da Bentley Systems. Tale codice permette di analizzare problemi di meccanica del continuo determinando gli stati tensionali e deformativi in campo bidimensionale e assiale – simmetrico, in equilibrio con le azioni esterne e gravitative applicate e compatibilmente con le leggi costitutive adottate per i materiali, ricorrendo al metodo degli elementi finiti, sia in campo statico sia dinamico.

Nell'ambito delle analisi condotte per le sezioni in esame, sono state adottate leggi costitutive di tipo elastico lineare per gli elementi strutturali e leggi elasto – plastiche con il criterio di resistenza "Mohr – Coulomb" per le zone di terreno naturale.

Il comportamento del sistema opera – terreno è stato analizzato nelle diverse fasi costruttive fino alla configurazione finale in condizioni di esercizio. Le analisi sono mirate alla previsione del comportamento

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	22 di 80

deformativo al contorno dello scavo e dei carichi attesi sui sostegni provvisori e sui rivestimenti definitivi. Le analisi consentono pertanto di verificare:

- Stati Limite Ultimi per il raggiungimento della resistenza del terreno – ammasso roccioso interessato dallo scavo (Stato Limite Ultimo di tipo GEO), con lo sviluppo di fenomeni di instabilità del fronte o di deformazioni e spostamenti elevati al contorno;
- Stati Limite Ultimi relativi al raggiungimento delle resistenze degli elementi strutturali che costituiscono gli interventi di stabilizzazione, del rivestimento di prima fase e del rivestimento definitivo (Stato Limite Ultimo di tipo STR);
- Stato Limite di Esercizio per il rivestimento definitivo.

Per le verifiche allo SLU STR, le analisi di interazione opera – terreno sono state condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, applicando i coefficienti parziali all'effetto delle azioni, adottando l'Approccio 1 – Combinazione 1 con $R1 = 1$. Pertanto, con la combinazione dei carichi fondamentale si è proceduto secondo lo schema seguente:

- Verifiche SLU interventi di stabilizzazione: $\gamma = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M e T;
- Verifiche SLU rivestimento di prima fase: $\gamma = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M e T;
- Verifiche SLU rivestimento definitivo: $\gamma = 1.3$ applicato alle caratteristiche delle sollecitazioni N, M e T.

Per la verifica allo SLE del rivestimento definitivo in calcestruzzo armato, le analisi numeriche sono state condotte con i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici, adottando le pertinenti combinazioni dei carichi per la verifica di fessurazione e delle tensioni di esercizio, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 e Circolare n.617 (Rif. [1] e Rif. [2]).

Nelle analisi di interazione con modelli numerici bidimensionali l'effetto degli eventuali consolidamenti al fronte di scavo (Sezione tipo "CM") è stato cautelativamente trascurato nella definizione della percentuale di rilascio delle forze di scavo in corrispondenza del fronte.

Per le verifiche degli interventi di contenimento radiale con chiodi a aderenza continua o puntuale, con riferimento alla configurazione di equilibrio a breve termine ottenuta dall'analisi di interazione, sono state effettuate le verifiche di resistenza a trazione e sfilamento degli elementi, da inquadrare come verifiche SLU di tipo STR secondo i coefficienti previsti dall'Approccio 1 – Combinazione 1. L'azione di sforzo normale ottenuta dal calcolo, amplificata di 1.3, è confrontata con la resistenza a trazione e sfilamento, valutate con i parametri caratteristici.

Nelle analisi di interazione con modelli numerici bidimensionali, lo scavo della galleria viene simulato mediante deconfinamento tenendo conto della variazione del tasso di confinamento in funzione della distanza della sezione di calcolo dal fronte; in questo modo il problema tridimensionale dello scavo della galleria viene ricondotto ad un problema piano, con la possibilità di valutare le azioni sulle strutture di rivestimento al progredire degli avanzamenti.

Le strutture di *rivestimento provvisorio* della galleria vengono simulate con elementi "plate" elastico-lineari, con proprietà di rigidità ed inerzia definite considerando la sezione acciaio – calcestruzzo omogeneizzata.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	23 di 80

In fase di verifica degli elementi strutturali, le sollecitazioni ottenute dalla modellazione vengono gestite ripartendo lo sforzo normale (N) tra centine e spritz-beton in base alle rigidità assiali relative, mentre il taglio (T) e il momento flettente (M) vengono assegnati interamente alle centine. Le verifiche e la ripartizione degli sforzi viene svolta come descritto in Tabella 7—9 al §7.4.3.3).

Le strutture di *rivestimento definitivo* della galleria sono simulate con elementi di volume assegnando un legame costitutivo elastico-lineare. Per ottenere le sollecitazioni su quest'ultimi, sono introdotti nel modello degli elementi "plate" in linea d'asse ai rivestimenti definitivi caratterizzati da rigidità molto bassa (modulo elastico degli elementi diviso per un fattore di scala $F=10^{-6}$). A causa della loro bassa rigidità essi si deformano come il rivestimento definitivo senza interferire con il campo di sforzi e deformazioni agente all'interno dell'elemento di volume del rivestimento. Le sollecitazioni in output sono moltiplicate per lo stesso fattore di scala F per ottenere le sollecitazioni di verifica strutturale.

7.4.2 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici utilizzati nelle analisi

Nell'intervallo di valori dei parametri geotecnici sopra definiti, in accordo con le indicazioni del DM 14/01/2008, sono stati individuati i parametri caratteristici appropriati per gli stati limite considerati nella verifica delle opere in sotterraneo.

La seguente tabella riassume i parametri geotecnici adottati per i calcoli di dimensionamento in funzione della sezione tipologica di scavo adottata.

Sezione di calcolo	Unità	H [m]	A_{scavo} [m ²]	R_{eq} [m]	σ_0 [MPa]	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	E_k [MPa]
CM	p	155	399	10.39	4.19	27	900	42	9000
	Faglia 2*						356	32	1000
Cunicolo	p	155	92.97	5.44	4.19	27	900	42	9000

H = copertura rispetto alla calotta della galleria
 σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo
 A_{scavo} = area di scavo
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_{kp} = valore caratteristico della coesione efficace di piccolo dell'ammasso
 φ'_{kp} = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso
 E_k = modulo elastico dell'ammasso

Tabella 7—2: Parametri geotecnici di calcolo

7.4.3 Sezione CM

7.4.3.1. Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo CM eseguita con il metodo delle linee caratteristiche.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 24 di 80	

Sezione di calcolo	R_{eq} [m]	H [m]	A_{scavo} [m ²]	σ_0 [MPa]	p_{w0} [MPa]	p_{wR} [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_{kp} [kPa]	φ'_{kp} [°]	E_k [MPa]
CM	10.30	155	399	4.19	-	-	27	720	36	9000
								285	27	1000

H = copertura rispetto alla calotta della galleria
 σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo
 A_{scavo} = area di scavo
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_{kp} = valore caratteristico della coesione efficace di piccolo dell'ammasso
 φ'_{kp} = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso
 E_k = modulo elastico dell'ammasso

Tabella 7—3: Parametri input curve caratteristiche

Come mostrato in Tabella 7—2 e Tabella 7—3, e vista l'incertezza sull'ubicazione della zona di faglia attraversante il camerone di montaggio TBM, per la sezione CM sono state eseguite due analisi di stabilità del fronte con il metodo delle linee caratteristiche considera:

1. CASO A: la prima analisi considera la sezione interamente nella zona danneggiata (condizione limite più svantaggiosa);
2. CASO B: la seconda analisi considera la sezione interamente nell'unità p.

Sono stati valutati lo spostamento radiale ed il raggio plastico del fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno SLU GEO, è stato utilizzato l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), con $R2 = 1$.

Sezione di calcolo	Unità	u_F [m]	u_F/R_{eq} [%]	R_{PF} [m]	R_{PF}/R_{eq} [MPa]	Categoria Criterio 2.1	Categoria Criterio 2.2
CM – caso A	Faglia 2*	0.0894	0.0086	16.08	1.55	C	C
CM – caso B	p	0.0040	0.0004	11.55	1.11	A	B

Tabella 7—4: Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo CM

Le analisi evidenziano che, con l'applicazione dei coefficienti parziali corrispondenti alla combinazione A2+M2+R2, e quindi con i valori di progetto, l'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da poter ritenere il nucleo – fronte stabile nella condizione in cui lo scavo interessa la formazione di Porfiroidi. Nel caso in cui si consideri la sezione interamente nella zona danneggiata 2*, la stabilità del fronte non risulta soddisfatta. Qual ora sia necessario garantire la stabilità del fronte, si prevede per la superficie di calotta un eventuale intervento di consolidamento al fronte mediante barre auto-perforanti.

Tale consolidamento viene trascurato a favore di sicurezza nella modellazione numerica. Le caratteristiche di questi sono riportate nella tabella seguente.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 25 di 80

SEZIONE TIPO	Interventi al fronte		
area di scavo	A	143	[m ²]
diametro medio galleria	D	13.49	[m]
diametro esterno barre autoperf.	ϕ_{best}	0.051	[m]
spessore barre autoperf.	δ	0.006	[m]
diametro interno barre autoperf.	ϕ_{int}	0.039	[m]
diametro di perforazione barre	ϕ_{perf}	0.11	[m]
area trasversale barre	A_t	0.00085	[m ²]
lunghezza min. di sovr. barre	L	6	[m]
superficie laterale barre	S_L	2.073	[m ²]
numero barre	N_b	52	[-]
resistenza a rottura barra	σ_b	460000	[kPa]
resistenza al taglio barra-terreno	τ_a	120	[kPa]
pressione lim. per rottura barre	$\sigma_{T,1}$	142	[kPa]
pressione lim. per sfilamento barre	$\sigma_{T,2}$	90	[kPa]
	$\sigma_{Tfronte} = \min(\sigma_{T1}; \sigma_{T2})$	90	[kPa]
coesione	c	356	[kPa]
angolo di attrito	ϕ	32	[°]
coefficiente di spinta passiva	K_P	3.25	[-]
incremento di coesione equivalente	Δc	82	[kPa]
	A2M2R2	62.779383	
	$\Delta c + c'$	419	

Tuttavia, considerando l'estensione della faglia di massimo 5m e l'altezza della sezione CM pari a 16.50m, quest'ultima condizione risulta essere inverosimile.

Per tenere conto dell'incertezza della posizione di faglia, per il dimensionamento della sezione tipo, si sono svolte due analisi numeriche (si veda Figura 7-3): la prima considera l'intersezione tra faglia e sezione di scavo del camerone (caso A) e la seconda con la faglia al di sopra della calotta della sezione (caso B).

L'applicazione del consolidamento al fronte verrà adottato in base alle risultanze dello scavo.



Figura 7-3: Stratigrafia delle due analisi considerate.

Dalle analisi delle curve caratteristiche in presenza dei sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della sezione tipo in oggetto. Tali curve sono state calcolate con riferimento ai parametri meccanici dell'ammasso e alla copertura riportati in Tabella 7—2.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	26 di 80

Le figure seguenti illustrano le curve caratteristiche del cavo, del pre – rivestimento e del rivestimento definitivo, nonché la variazione del tasso di rilascio in funzione della distanza dal fronte della galleria per entrambi i modelli considerati.

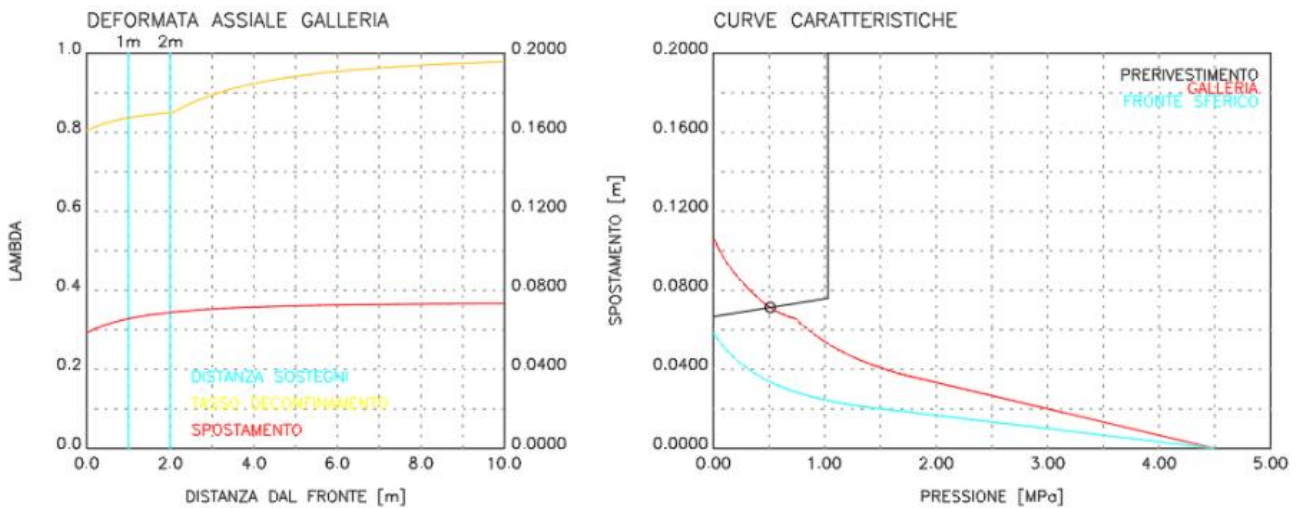


Figura 7-4: Deformata della galleria e curve caratteristiche sezione tipologica CM – caso A

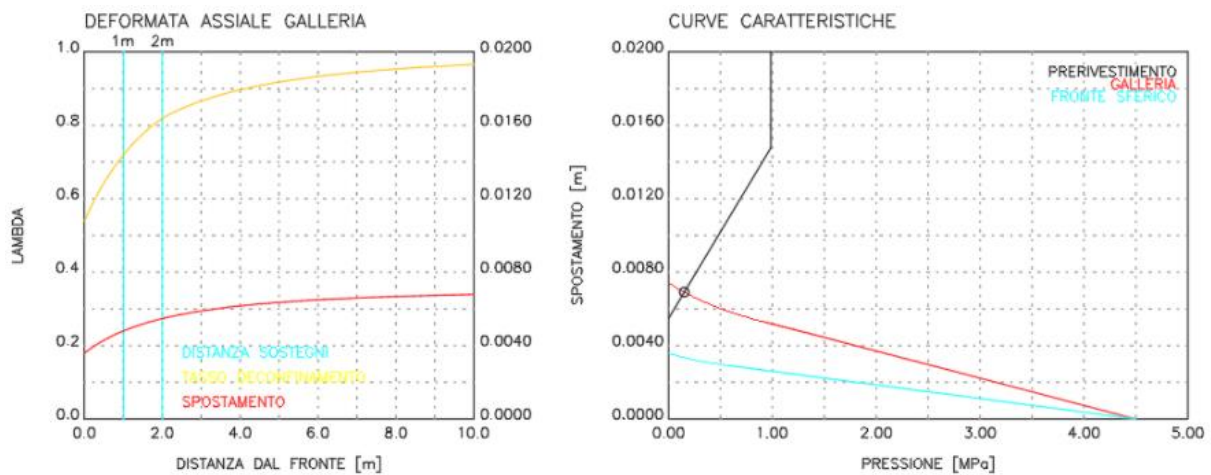


Figura 7-5: Deformata della galleria e curve caratteristiche sezione tipologica CM – caso B

La seguente tabella riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame nelle varie fasi di analisi:

Fasi di analisi	CASO A		CASO B	
	Distanza dal fronte [m]	Tasso di rilascio [-]	Distanza dal fronte [m]	Tasso di rilascio [-]
Pre – convergenza del fronte	0	0.80	0	0.55

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 27 di 80

Sfondo elementare di 2.0m e attivazione del rivestimento di prima fase	2	0.85	2	0.87
Scarico a x_1 dal fronte	40	0.99	40	0.99

Tabella 7—5: Output di calcolo delle curve caratteristiche per la sezione tipo CM

7.4.3.2. Interazione opera – terreno

L'interazione opera – terreno è stata valutata mediante analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D. I bordi del modello sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

I rivestimenti di prima fase e definitivi sono simulati come precedentemente descritto al §7.4.1.

Il modello costitutivo dell'ammasso è di tipo elasto – plastico "Mohr – Coulomb".

I parametri impiegati nella modellazione sono descritti in Tabella 7—6 e Tabella 7—7, rispettivamente per il CASO A e per il CASO B.

Stratigrafia di calcolo		γ	c'	φ	E	k_0
Formazione	Profondità da p.c. [m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	
p	0 – 157	27	900	42	9000	0.90
Faglia 2*	157 – 162	27	356	32	1000	
p	162 – fine modello	27	900	42	9000	

Tabella 7—6: Definizione della stratigrafia di calcolo – CASO A

Stratigrafia di calcolo		γ	c'	φ	E	k_0
Formazione	Profondità da p.c. [m]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	
p	0 – 147.5	27	900	42	9000	0.90
Faglia 2*	147.5 – 155.5	27	356	32	1000	
p	155.5 – fine modello	27	900	42	9000	

Tabella 7—7: Definizione della stratigrafia di calcolo – CASO B

La geometria dei modelli è la seguente:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 28 di 80

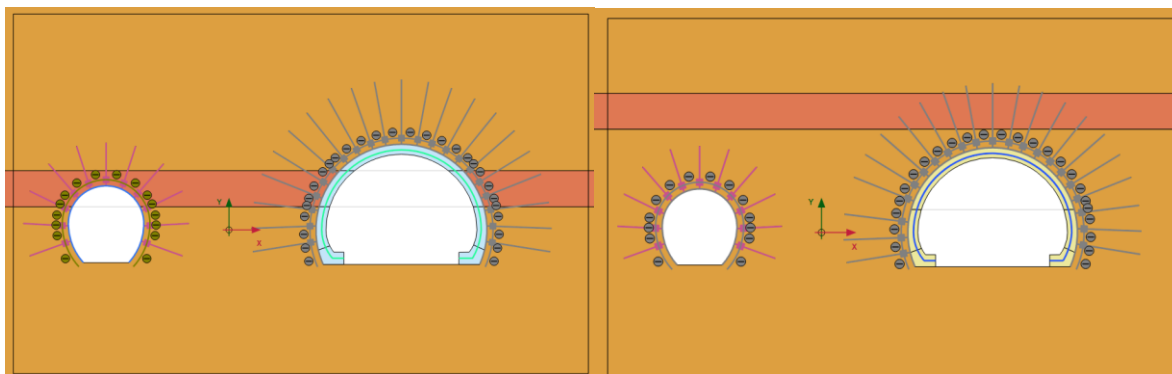


Figura 7-6: Sezione CM Caso A (a sinistra) e Caso B (a destra) – modello di calcolo

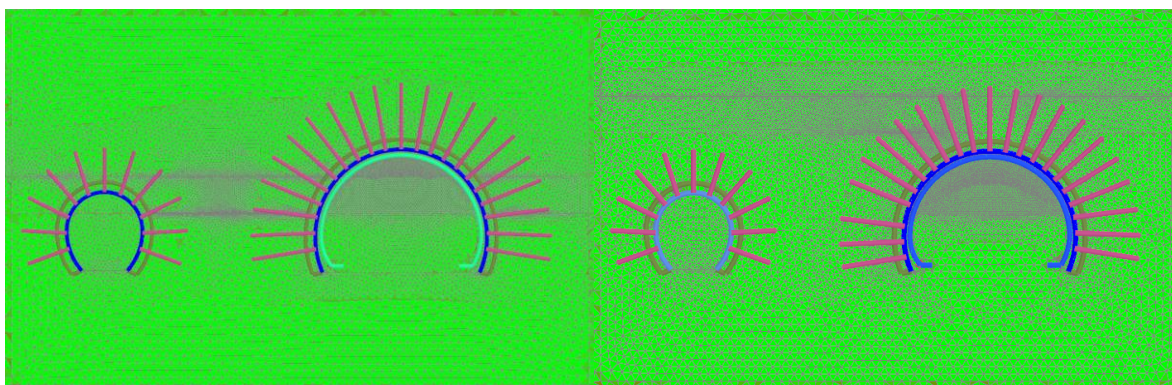


Figura 7-7: Sezione CM Caso A (a sinistra) e Caso B (a destra) – mesh

I tassi di deconfinamento sono stati valutati mediante l'impiego del metodo delle curve caratteristiche, tenendo conto degli elementi di pre-sostegno. L'eventuale consolidamento del fronte è stato cautelativamente considerato ai fini del calcolo. Il dettaglio è riportato negli Allegati.

La fasistica di calcolo adottata nell'analisi di interazione opera-terreno riproduce le principali fasi realizzative ed i differenti interventi costruttivi, schematizzando le principali condizioni di carico degli elementi strutturali. Nella tabella successiva è schematizzata la successione di tali fasi.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

	Descrizione	λ	
		CASO A	CASO B
Fase_1	Fase litostatica	-	-
Fase_2	Scavo binario dispari e pre – convergenza	0.55	0.55
Fase_3	Simulazione sfondo pari a 1m a piena sezione e attivazione chiodi radiali	0.82	0.82
Fase_4	Rilascio totale dello stato tensionale e attivazione del rivestimento di prima fase	1.00	1.00

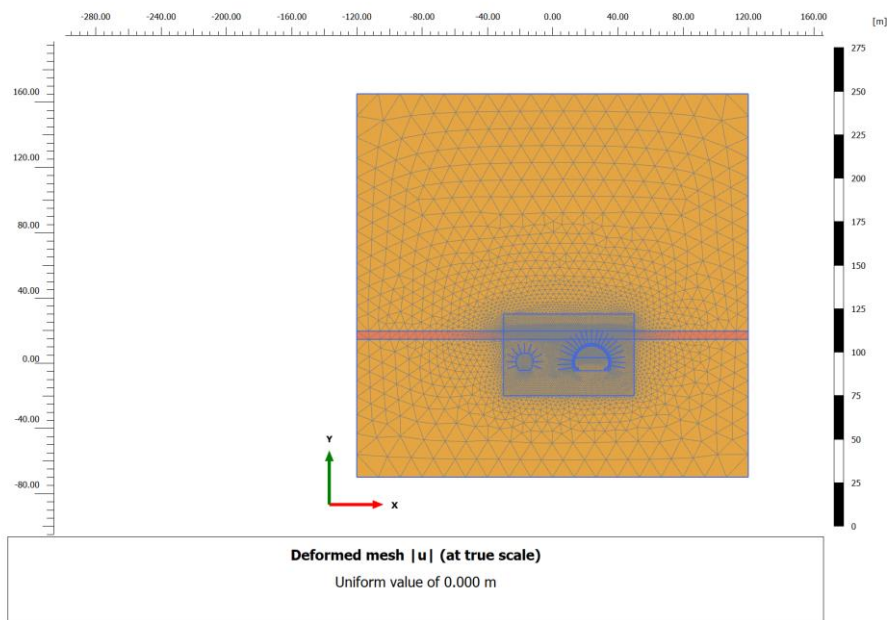
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 29 di 80

Fase_5	Scavo calotta e pre – convergenza con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno dello scavo	0.80	0.55
Fase_6	installazione chiodi radiali e 5 cm di spritzbeton, centina e rilascio tensionale	0.85	0.87
Fase_7	Completamento rivestimento prima fase (30cm) e rilascio completo calotta.	0.80	0.55
Fase_8	Simulazione dello sfondo pari a 3m del ribasso	0.85	0.87
Fase_9	installazione chiodi radiali e 5 cm di spritzbeton, centina e rilascio tensionale strozzo	0.85	0.99
Fase_10	Completamento rivestimento prima fase (30cm) e rilascio completo strozzo.	1.00	1.00
Fase_11	Attivazione del rivestimento definitivo in calotta e piedritti e disattivazione del rivestimento di prima fase	-	-

Tabella 7—8: Descrizione fasi di calcolo

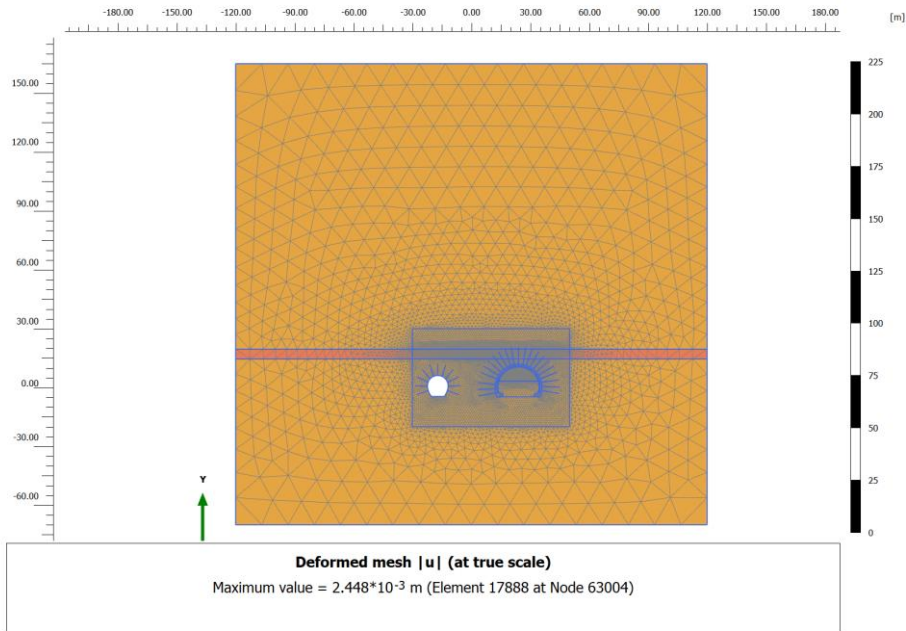
Qui di seguito si riportano le fasi in Plaxis:

Fase 1: Litostatica

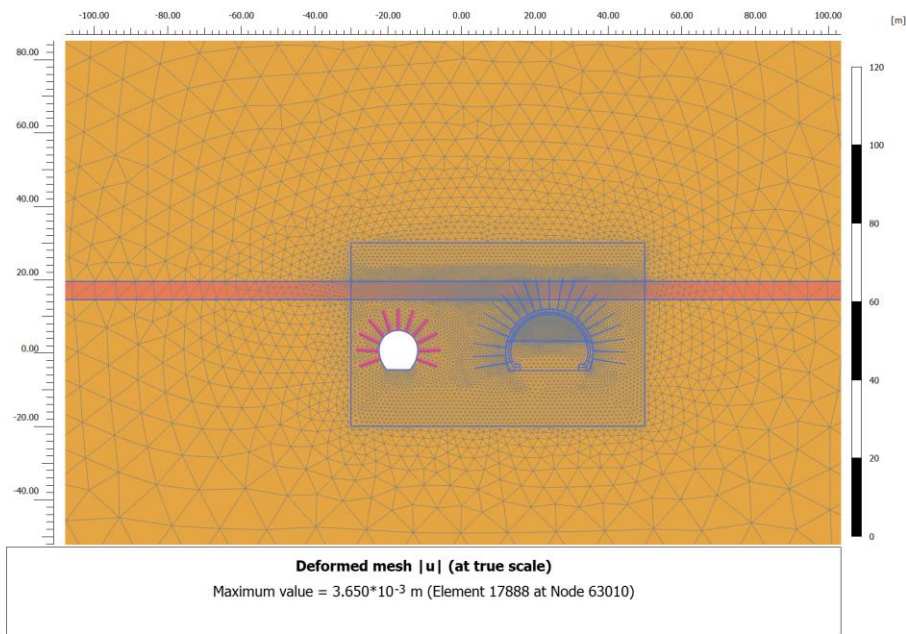


Fase_2 Scavo binario dispari e pre – convergenza

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 30 di 80

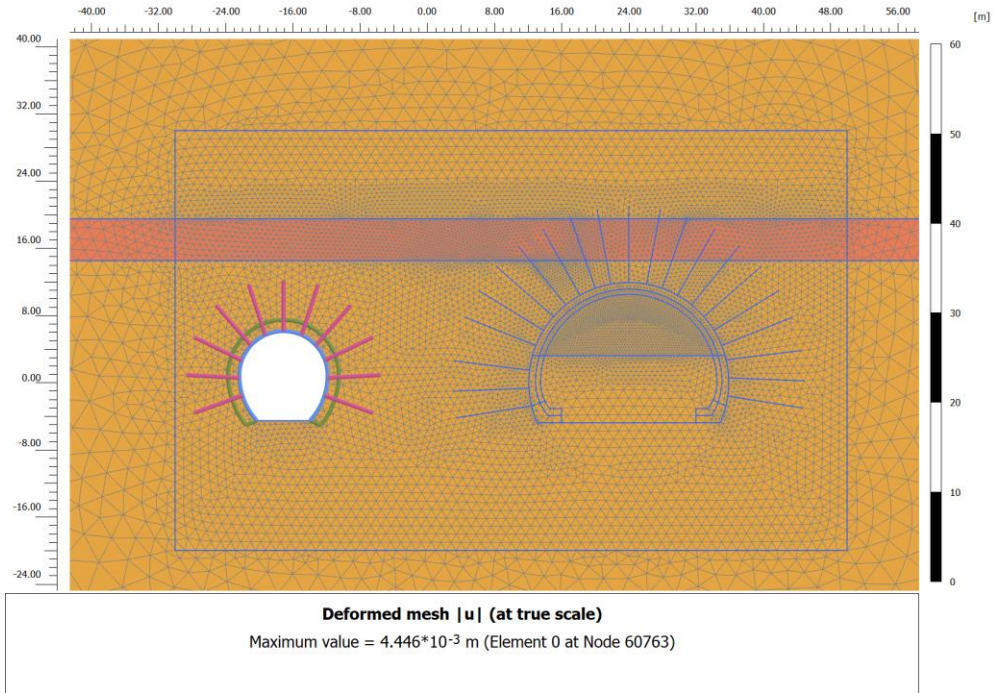


Fase_3 Simulazione sfondo pari a 1m a piena sezione e attivazione chiodi radiali

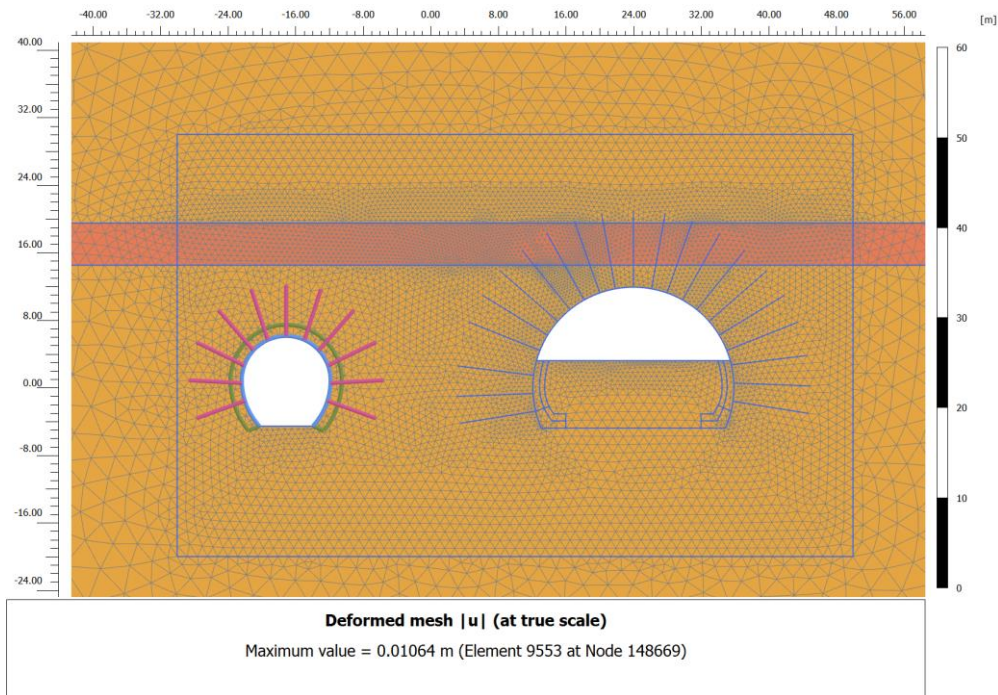


Fase_4 Rilascio totale dello stato tensionale e attivazione del rivestimento di prima fase

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 31 di 80

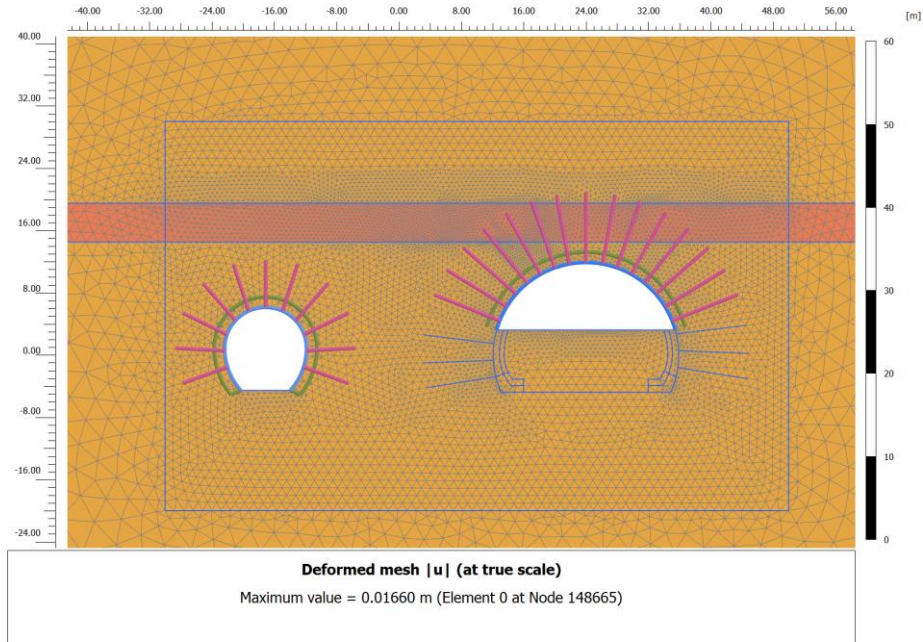


Fase_5 Scavo calotta e pre – convergenza con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno dello scavo

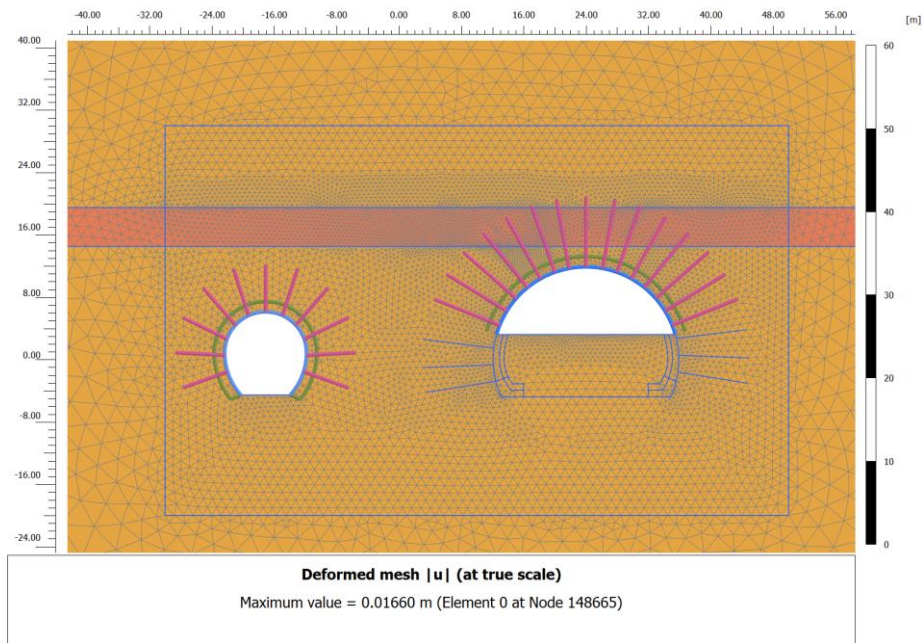


APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 32 di 80

Fase_6 installazione chiodi radiali e 5 cm di spritzbeton, centina e rilascio tensionale

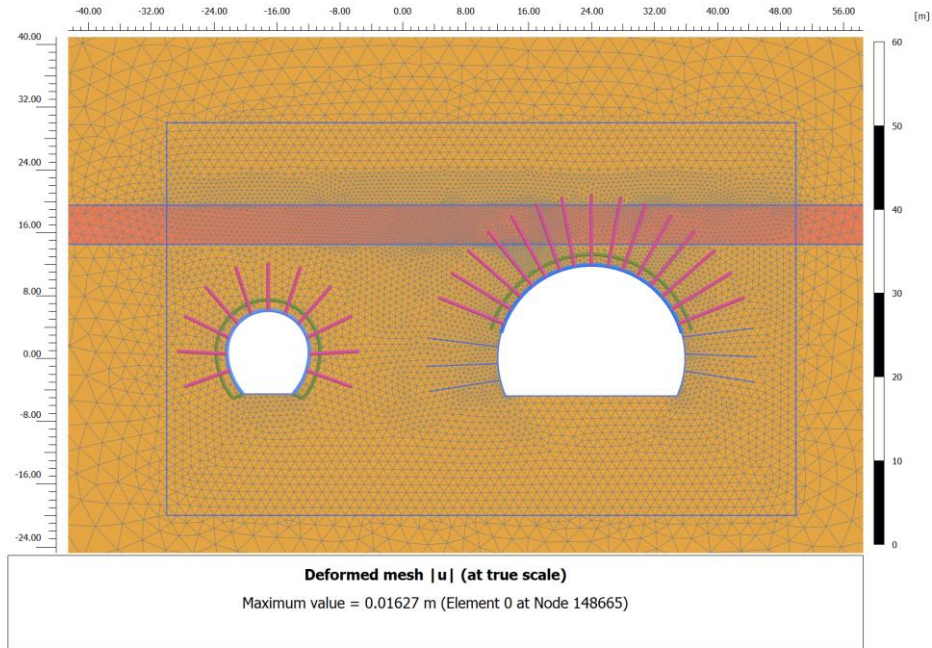


Fase_7 Completamento rivestimento prima fase (30cm) e rilascio completo calotta.

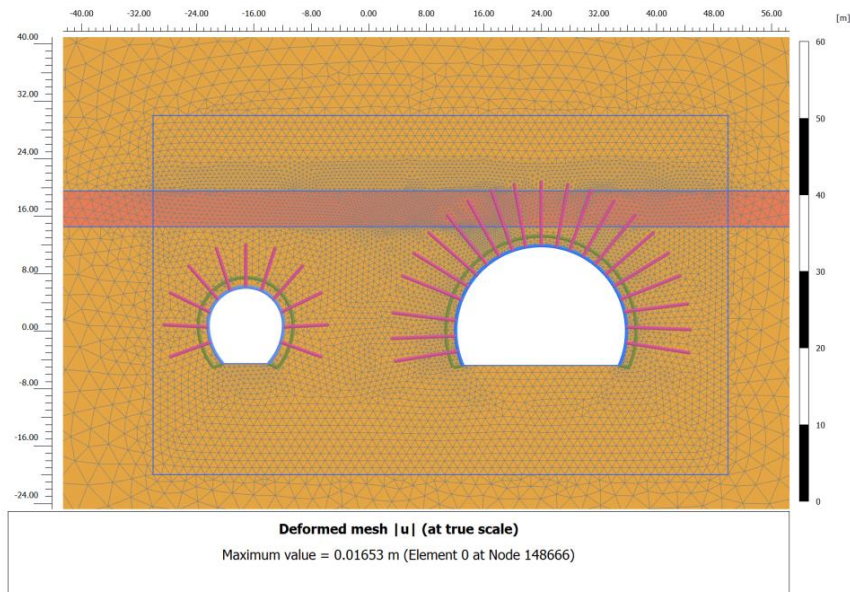


Fase 8: Simulazione dello sfondo pari a 3m del ribasso

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 33 di 80

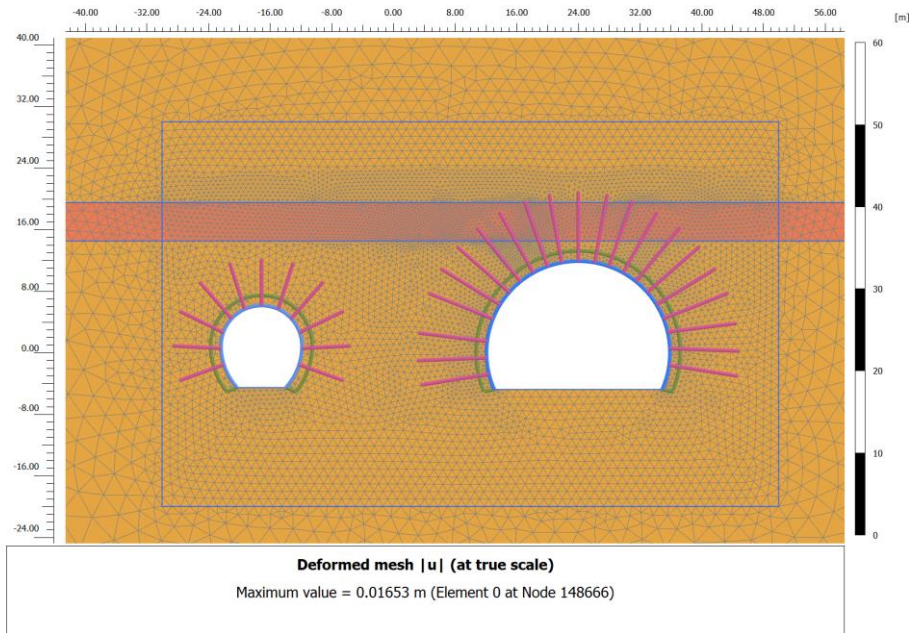


Fase_9 installazione chiodi radiali e 5 cm di spritzbeton, centina e rilascio tensionale strozzo

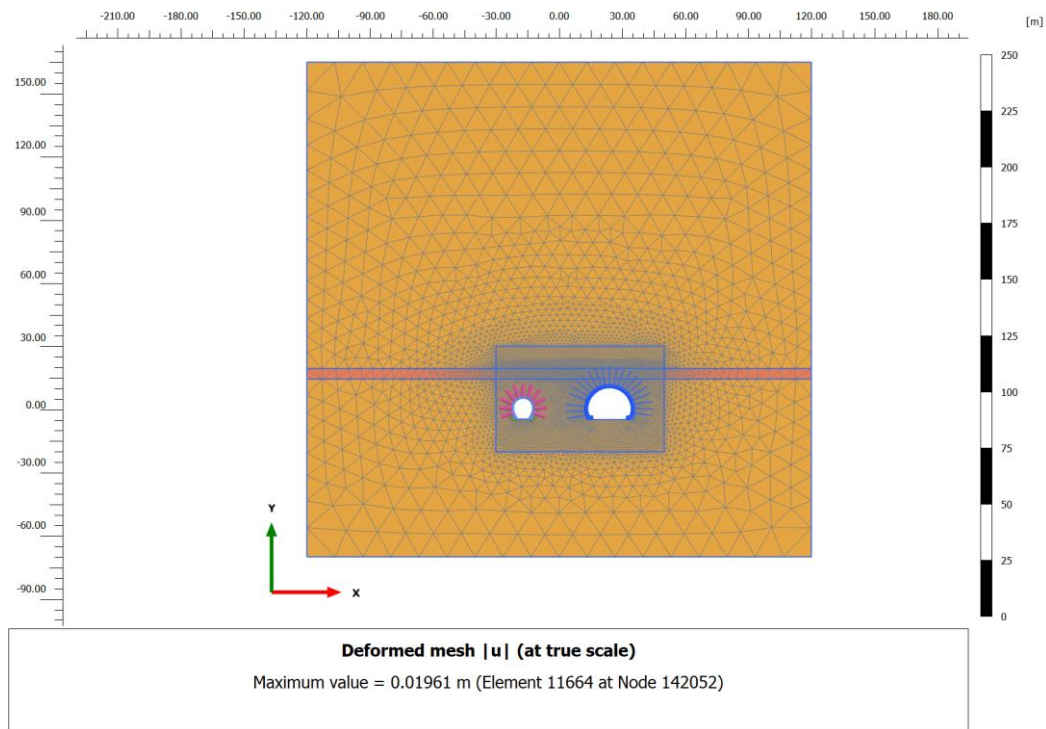


Fase_10 Completamento rivestimento prima fase (30cm) e rilascio completo strozzo.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 34 di 80



Fase_11 Attivazione del rivestimento definitivo in calotta e piedritti e disattivazione del rivestimento di prima fase



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 35 di 80

7.4.3.3. Verifiche di resistenza dei rivestimenti di prima fase

Il rivestimento di prima fase della sezione CM è costituito da n. 1 centina metallica HEB 220 a passo 1.00m e da uno strato di spritz – beton avente spessore di 30 cm. L'analisi numerica è stata condotta con elementi atti a simulare lo spessore equivalente della sezione omogeneizzata spritz – centine, e utilizzando un modulo elastico della sezione omogeneizzata.

Le massime sollecitazioni ottenute dalle analisi numeriche sono state ripartite tra le due tipologie di sostegni secondo i seguenti criteri:

- Lo sforzo normale N_{tot} è stato ripartito in funzione del rapporto tra le rigidezze assiali (EA) dei due sostegni;
- Il momento flettente M_{tot} è stato attribuito interamente alle centine;
- Lo sforzo di taglio T_{tot} è stato attribuito interamente alle centine.

Le azioni di calcolo per le verifiche SLU sono state definite a partire dai valori delle caratteristiche della sollecitazione derivanti dall'analisi numerica svolta con $\gamma = 1.00$, moltiplicando queste ultime per il coefficiente amplificativo $\gamma = 1.30$ (Combinazione A1+M1, Rif. [1]).

In ogni sezione di verifica sono state calcolate:

- Per l'acciaio di carpenteria:
le tensioni normali ai lembi delle centine ($\sigma_{max, cen}$; $\sigma_{min, cen}$)
la tensione tangenziale agente sulla sola anima del profilato ($\tau_{max, cen}$)
la tensione ideale massima agente nel profilato ($\sigma_{id, cen}$)
- Per il calcestruzzo proiettato
le tensioni normali ai lembi del calcestruzzo ($\sigma_{max, sb}$; $\sigma_{min, sb}$)

Per ciascuna sezione si è verificata che la tensione in corrispondenza dei lembi maggiormente sollecitati risultino al di sotto del rispettivo limite di resistenza per entrambi i materiali.

In Tabella 7—9 sono sintetizzate le ipotesi assunte alla base del calcolo e le formule utilizzate per la ripartizione delle sollecitazioni e la determinazione delle tensioni nei due materiali. Le verifiche sono state eseguite con riferimento alla fase Fase_10.

Sollecitazioni	Ripartizione		Calcolo	
	Centine	Spritz	Centine	Spritz
Sforzo Normale (N_{tot})	X	X	$N_{cent} = \frac{E_{acc} A_{cen}}{E_{eq} S_{eq}} N_{tot} d$	$N_{sb} = N_{tot} - \frac{N_{cent}}{d}$
Momento flettente (M_{tot})	X		$M_{cent} = M_{tot} d$	
Sforzo di taglio (T_{tot})	X		$T_{cent} = T_{tot} d$	
Tensioni			$\sigma_{max, cen} = \frac{N_{cen}}{A_{cen}} + \frac{M_{cen}}{W_{cen}}$ $\sigma_{min, cen} = \frac{N_{cen}}{A_{cen}} - \frac{M_{cen}}{W_{cen}}$ $\tau_{max, cen} = \frac{T_{cen}}{h a}$	$\sigma_{max, sb} = \frac{N_{sb}}{s}$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 36 di 80

			$\sigma_{id,cen} = \sqrt{(\sigma_{max,cen}^2 + 3\tau_{max,cen}^2)}$	
E_{cls}	modulo elastico del calcestruzzo proiettato			
s	spessore del calcestruzzo proiettato			
E_{acc}	modulo elastico dell'acciaio			
A_{cen}	area delle centine			
d	interasse tra le centine			
a	spessore dell'anima del profilato			
E_{eq}	modulo elastico del rivestimento equivalente costituito da spritz e centine			
s_{eq}	spessore del rivestimento equivalente costituito da spritz e centine			
N_{tot}	sforzo normale agente sul rivestimento equivalente			
N_{cen}	sforzo normale agente sulle centine			
N_{sb}	sforzo normale agente sullo spritz beton			
M_{tot}	momento flettente sul rivestimento equivalente			
M_{cen}	momento flettente agente sulle centine			
T_{tot}	sforzo di taglio sul rivestimento equivalente			
T_{cen}	sforzo di taglio agente sulle centine			
$\sigma_{max,cen}$	tensione massima nelle centine			
$\sigma_{min,cen}$	tensione minima nelle centine			
$\tau_{min,cen}$	tensione tangenziale massima nelle centine			
$\sigma_{id,cen}$	tensione ideale nelle centine			
$\sigma_{max, sb}$	tensione massima nello spritz beton			
$\sigma_{min, sb}$	tensione minima nello spritz beton			

Tabella 7—9: Formule per la ripartizione delle sollecitazioni tra spritz e centine

Nelle zone di attacco tra puntone e piedritti del pre-rivestimento, le sollecitazioni tendono ad aumentare, tale evidenza è condizionata dalla presenza di punti di singolarità nella modellazione dell'intradosso che determinano concentrazione degli sforzi da considerare non realistici. Pertanto, tali zone non saranno prese in considerazione nelle verifiche illustrate in seguito.

Nelle tabelle seguenti vengono sintetizzati i materiali impiegati ed i risultati delle verifiche svolte.

Spritz – beton			Centine			Rivestimento equivalente		
Classe	C30/37		Tipo	S355				
R_{ck}	37	MPa	Profilato	HEB220		s_{eq}	0.3040	m
γ	1.50	-	γ	1.05	-	E_{eq}	38800	MPa
f_{ck}	30.71	MPa	n	1	-			
f_{cd}	17.40	MPa	f_y	355	MPa			
f_{ctm}	2.94	MPa	f_{yd}	338	MPa			
b	100	cm	A_{cent}	91.04	cm ²			
s	30	cm	I_{cent}	8091	cm ⁴			
A_{sb}	3000	cm ²	W_{cent}	735.5	cm ³			
I_{sb}	225000	cm ⁴	h_{cent}	220	mm			
W_{sb}	15000	cm ³	a	9.5	mm			
E_{cls}	32836	MPa	d	1	m			
			E_{cent}	210000	MPa			

Tabella 7—10: Materiali pre-rivestimento

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 37 di 80

CASO A

Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]	T [kN/m]
M _{max}	40.79	-1514.13	16.04
M _{min}	-81.70	-1495.37	-5.08
N _{max}	-6.01	-647.47	3.00
N _{min}	-53.01	-1712.94	-53.11
T _{max}	-47.18	-1587.91	171.64
T _{min}	-54.28	-1547.33	-176.43

Tabella 7—11: Sollecitazioni da calcolo numerico – caso A

Sezione	M _{cent} [kNm]	N _{cent} [kN]	T _{cent} [kN]	σ _{max cen} [MPa]	σ _{min cen} [MPa]	τ _{min cen} [MPa]	σ _{id cen} [MPa]	Verifica
	M _{max}	53.03	-318.94	20.85	-27.82	-42.24	9.98		32.75	OK
M _{min}	-106.21	-314.99	-6.60	-49.04	-20.16	-3.16	49.34	OK
N _{max}	-7.82	-136.38	3.91	-16.04	-13.92	1.87	16.37	OK
N _{min}	-68.91	-360.82	-69.04	-49.00	-30.26	-33.03	75.33	OK
T _{max}	-61.33	-334.48	223.14	-45.08	-28.40	106.76	190.34	OK
T _{min}	-70.56	-325.93	-229.36	-45.39	-26.21	-109.74	195.42	OK

Tabella 7—12: Sollecitazioni e verifica centine– caso A

Sezione	N _{sb} [kN]	σ _{max sb} [MPa]	Verifica
	M _{max}	-1649.43		-5.50	OK
M _{min}	-1628.99	-5.43	OK
N _{max}	-705.32	-2.35	OK
N _{min}	-1866.00	-6.22	OK
T _{max}	-1729.80	-5.77	OK
T _{min}	-1685.59	-5.62	OK

Tabella 7—13: Sollecitazioni e verifica spritz - beton– caso A

CASO B

Sezione	M [kNm/m]	N [kN/m]	T [kN/m]
M _{max}	74.51	-1831.55	-34.85
M _{min}	-39.93	-1708.76	39.04
N _{max}	0.00	-36.13	-33.96
N _{min}	-6.31	-3074.75	51.19
T _{max}	-14.31	-1717.82	200.73
T _{min}	-11.49	-1624.62	-247.51

Tabella 7—14: Sollecitazioni da calcolo numerico – caso B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:							
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	38 di 80

Sezione	M _{cent}	N _{cent}	T _{cent}	σ _{max cen}	σ _{min cen}	τ _{min cen}	σ _{id cen}	Verifica
	[kNm]	[kN]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
M _{max}	96.86	-385.80	-45.31	-29.21	-55.55	-21.68	47.57	OK
M _{min}	-51.91	-359.94	50.75	-46.59	-32.48	24.28	62.77	OK
N _{max}	0.00	-7.61	-44.15	-0.84	-0.84	-21.13	36.60	OK
N _{min}	-8.20	-647.67	66.55	-72.26	-70.03	31.84	90.90	OK
T _{max}	-18.61	-361.85	260.95	-42.28	-37.22	124.86	220.35	OK
T _{min}	-14.94	-342.21	-321.76	-39.62	-35.56	-153.95	269.58	OK

Tabella 7—15: Sollecitazioni e verifica centine– caso B

Sezione	N _{sb}	σ _{max sb}	Verifica
	[kN]	[MPa]	
M _{max}	-1995.21	-6.65	OK
M _{min}	-1861.45	-6.20	OK
N _{max}	-39.36	-0.13	OK
N _{min}	-3349.51	-11.17	OK
T _{max}	-1871.32	-6.24	OK
T _{min}	-1769.79	-5.90	OK

Tabella 7—16: Sollecitazioni e verifica spritz - beton– caso B

Verifiche di resistenza bulloni

La verifica dei bulloni viene eseguita nei confronti della rottura per snervamento e per sfilamento del sistema malta di iniezione – bullone.

Per quanto riguarda il primo caso, occorre valutare che l'azione sollecitante di progetto E_d sia minore rispetto alla resistenza del sistema R_{d,snervamento}. La resistenza del sistema è stata ottenuta moltiplicando la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio per l'area del bullone stesso.

Per quanto riguarda le verifiche nei confronti dello sfilamento è da valutare la resistenza allo sfilamento mediante la seguente relazione:

$$R_{d,sfilamento} = \tau_{lim} \pi D_s L$$

Dove:

D_s = α D_{foro}, con α = 1.1 e D_{foro} = 54mm

τ_{lim} = tensione tangenziale limite = 250 MPa in accordo con Bustamante e Doix

L = lunghezza dei chiodi

Le verifiche vengono riportate nelle tabelle seguenti.

f _{yk}	450	MPa
Φ _{chiodo}	30	mm
A _s	804	mm ²
γ _s	1.15	-
R _d	277	kN
N _{k,max}	45.38	kN/m

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	39 di 80

$N_{ed,max}$	118	kN
FS	2.35	-

Tabella 7—17: Verifiche a snervamento chiodi camerone di montaggio

D_{foro}	64	mm
L	8	m
τ_{lim}	250	MPa
ζ	1.75(*)	-
γ	1.1	kN
R_d	230	kN
$N_{k,max}$	45.38	kN/m
$N_{ed,max}$	118	kN
FS	1.95	-
(*) considerando n.3 verticali di indagine (C9, EO31, C10)		

Tabella 7—18: Verifiche a sfilamento chiodi camerone di montaggio

7.4.3.4. Verifiche di resistenza dei rivestimenti definitivi

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo SLU ed agli stati limite di esercizio SLE.

Le azioni di calcolo per le verifiche SLU sono definite, a partire dai valori delle caratteristiche della sollecitazione derivanti dalle analisi svolte con $\gamma=1$, moltiplicando queste ultime per il coefficiente amplificativo $\gamma_E=1.3$ (Combinazione A1+M1). Le verifiche strutturali sono eseguite secondo il Metodo agli Stati Limite di Esercizio per la verifica a fessurazione e secondo il Metodo agli Stati Limite Ultimi per le verifiche a pressoflessione e taglio.

Di seguito si riportano le verifiche strutturali condotte per ciascun elemento strutturale con riferimento alla Fase_11.

Verifiche strutturali SLU del rivestimento definitivo.

Nelle zone di attacco tra arco rovescio e piedritti, le sollecitazioni tendono ad aumentare; tale evidenza è condizionata dalla presenza di punti singolari nella modellazione dell'intradosso che determinano concentrazioni di sforzi da considerare non realistici. Pertanto, tali zone non saranno prese in considerazione nelle verifiche.

Nelle verifiche seguenti è stato considerato uno spessore pari a 1.00m per la calotta e reni.

Il rivestimento definitivo del camerone di montaggio TBM è previsto armato in calotta disponendo un'armatura principale costituita da $10\Phi 20$ sia in zona tesa sia in zona compressa. In calotta è necessaria armatura a taglio costituita da $\Phi 12/20$, mentre il passo dell'armatura longitudinale di taglio è pari a 20cm.

È stato considerato inoltre, un copriferro pari a $5\text{cm} + \Phi_{\text{staffe}} + \frac{\Phi_{\text{longitudinale}}}{2}$ per le verifiche.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 40 di 80

In allegato sono riportate tutte le sollecitazioni dei rivestimenti.

- Calotta:

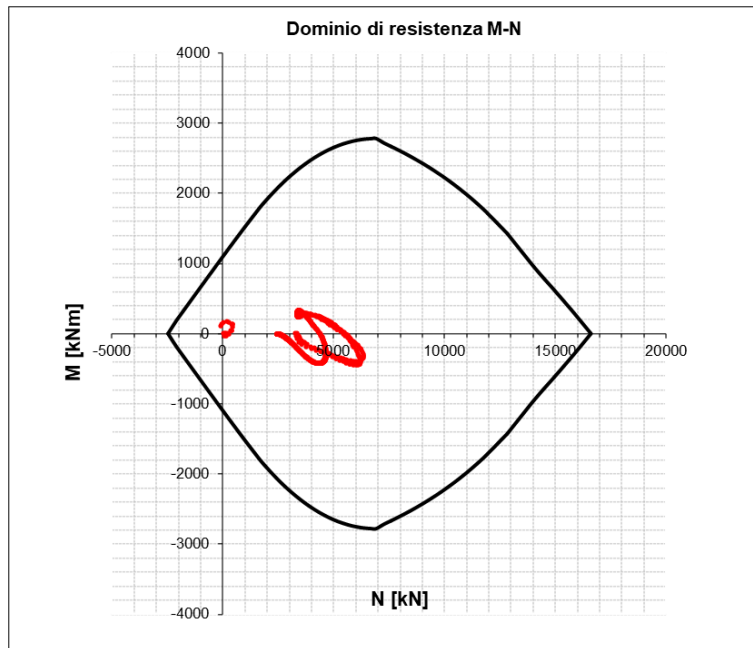


Figura 7-8: Dominio N-M - CASO A

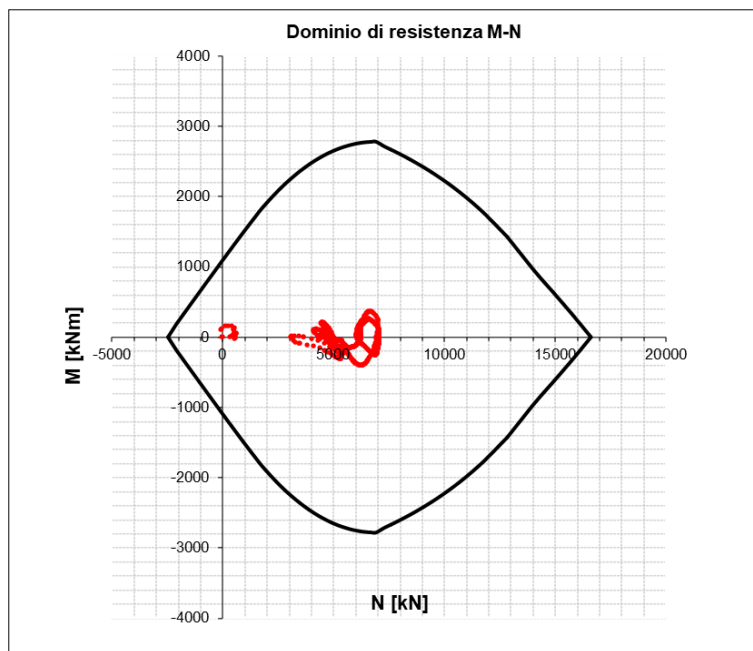


Figura 7-9: Dominio N-M - CASO B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 41 di 80

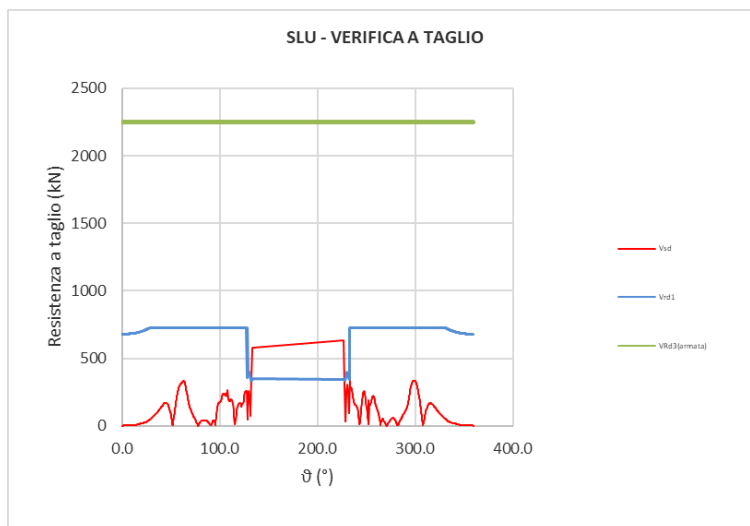


Figura 7-10: Verifica a taglio - CASO A

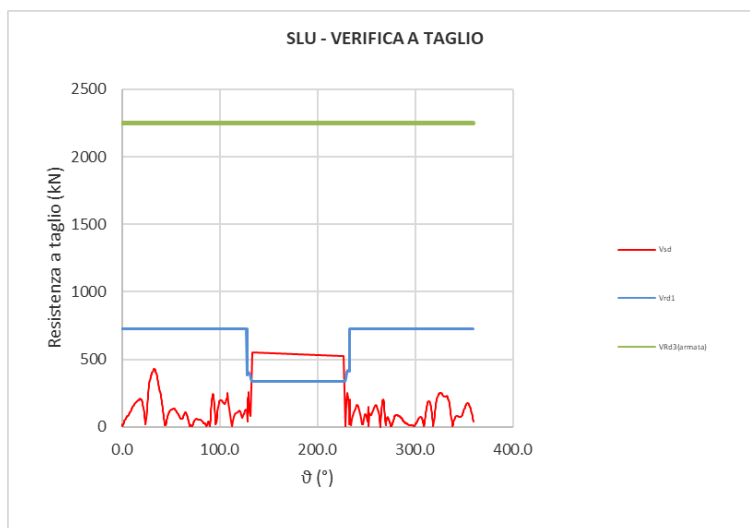


Figura 7-11: Verifica a taglio - CASO B

Verifiche SLE

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

- Calotta

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 42 di 80

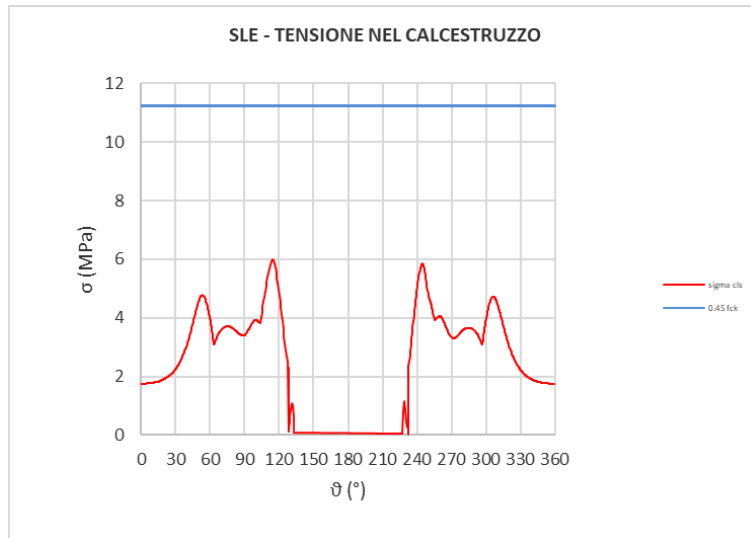


Figura 7-12: Verifica SLE tensione calcestruzzo - CASO A

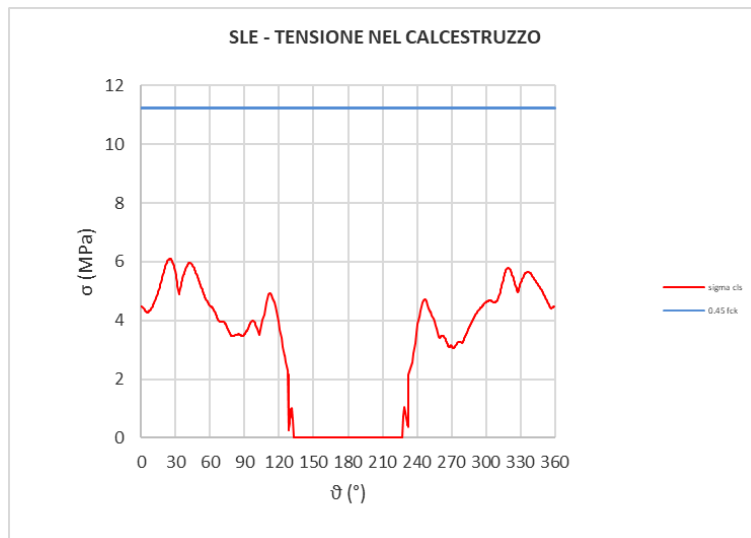


Figura 7-13: Verifica SLE tensione calcestruzzo - CASO B

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 43 di 80
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio						

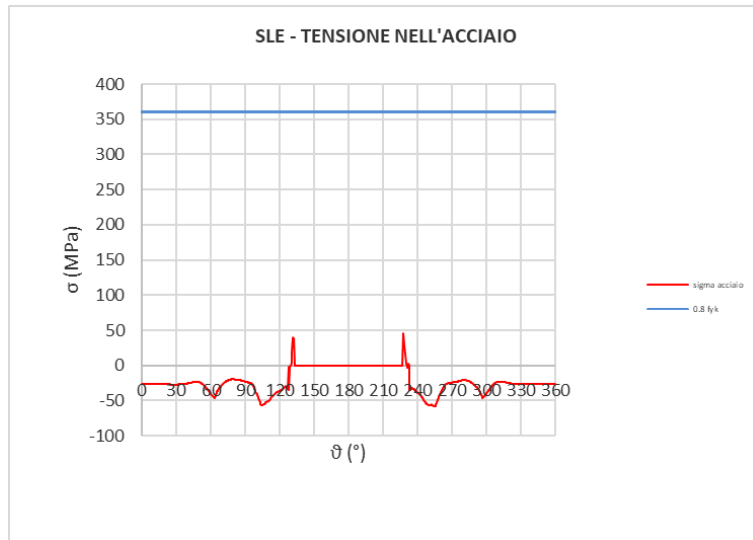


Figura 7-14: Verifica SLE tensione acciaio - CASO A

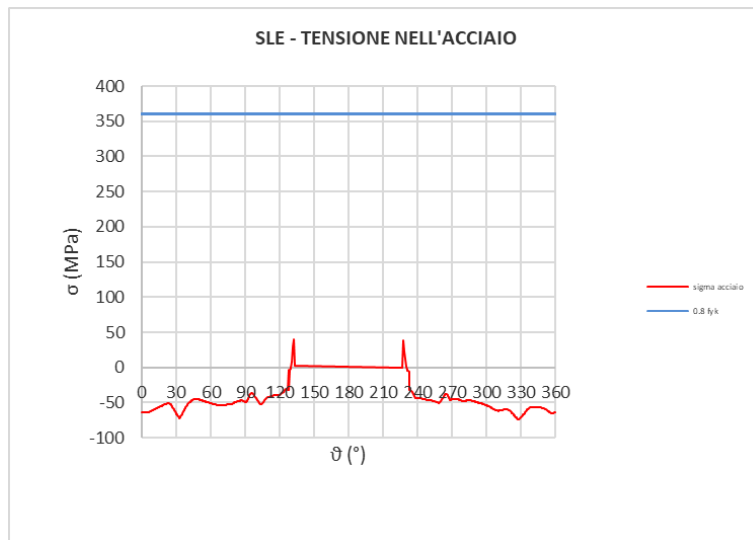


Figura 7-15: Verifica SLE tensione acciaio - CASO B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 44 di 80

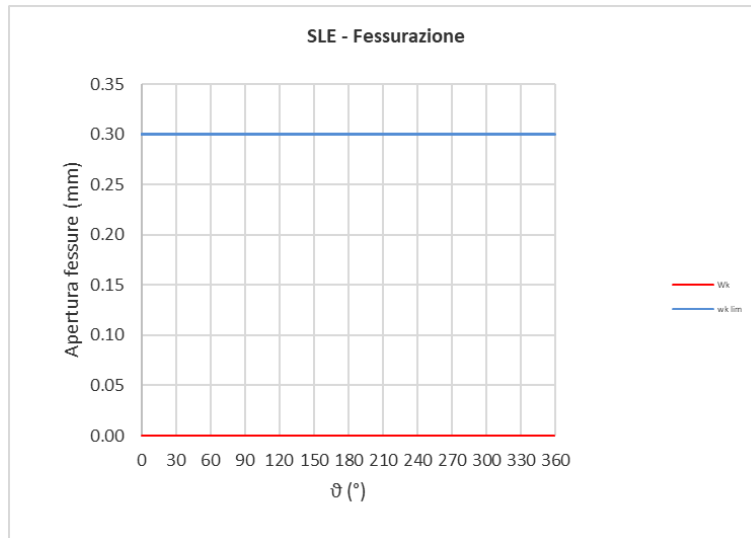


Figura 7-16: Verifica SLE fessurazione - CASO A

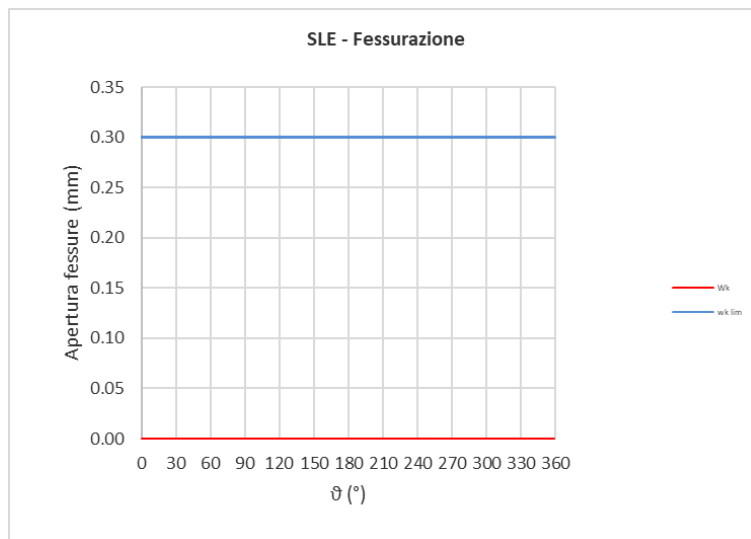


Figura 7-17: Verifica SLE fessurazione – CASO B

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	45 di 80

7.4.4 Sezione cunicolo di lancio

7.4.4.1. Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione tipo del cunicolo di lancio eseguita con il metodo delle linee caratteristiche.

Sezione di calcolo	R_{eq} [m]	H [m]	A_{scavo} [m ²]	σ_0 [MPa]	p_{w0} [MPa]	p_{wR} [MPa]	γ [kN/m ³]	c'_{kp} [kPa]	φ'_{kp} [°]	E_k [MPa]
Cunicolo	5.44	155	92.97	4.19	-	-	27	720	36	9000

H = copertura rispetto alla calotta della galleria
 σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo
 A_{scavo} = area di scavo
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_{kp} = valore caratteristico della coesione efficace di piccolo dell'ammasso
 φ'_{kp} = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso
 E_k = modulo elastico dell'ammasso

Tabella 7—19: Parametri input curve caratteristiche

Sono stati valutati lo spostamento radiale ed il raggio plastico del fronte della curva caratteristica al fronte con cavità sferica. Trattandosi di una verifica per uno SLU GEO, è stato utilizzato l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), con $R2 = 1$.

Sezione di calcolo	Unità	u_F [m]	u_F/R_{eq} [%]	R_{PF} [m]	R_{PF}/R_{eq} [MPa]	Categoria Criterio 2.1	Categoria Criterio 2.2
Cunicolo	p	0.0019	0.0003	5.78	1.06	A	B

Tabella 7—20: Verifica di stabilità del fronte relativa alla sezione tipo cunicolo di lancio

Dalle analisi delle curve caratteristiche in presenza dei sostegni è stato possibile determinare i tassi di rilascio da utilizzare nelle differenti fasi realizzative della sezione tipo in oggetto. Tali curve sono state calcolate con riferimento ai parametri meccanici dell'ammasso e alla copertura riportati in Tabella 7—19.

Le figure seguenti illustrano le curve caratteristiche del cavo, del pre – rivestimento e del rivestimento definitivo, nonché la variazione del tasso di rilascio in funzione della distanza dal fronte della galleria per entrambi i modelli considerati.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 46 di 80

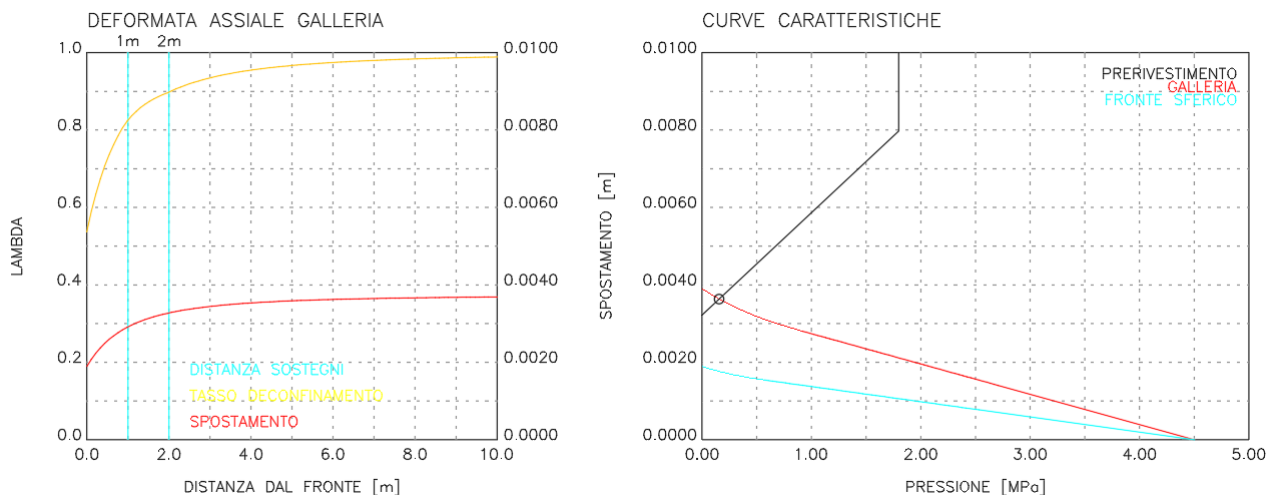


Figura 7-18: Deformata della galleria e curve caratteristiche sezione cunicolo di lancio

La seguente tabella riassume i tassi di rilascio ottenuti dalle curve caratteristiche e adottati nelle analisi numeriche per la sezione tipologica in esame nelle varie fasi di analisi:

Fasi di analisi	Distanza dal fronte [m]	Tasso di rilascio [-]
Pre – convergenza del fronte	0	0.55
Sfondo elementare di 2.0m e attivazione del rivestimento di prima fase	2	0.82
Scarico a x_1 dal fronte	-	1.00

Tabella 7—21: Output di calcolo delle curve caratteristiche per la sezione tipo CM

Le fasi di scavo ed esecuzione del cunicolo di lancio, i rilasci tensionali utilizzati durante la simulazione numerica e la stratigrafia impiegata nel modello sono riportate al paragrafo precedente (§7.4.3.2).

La verifica dei rivestimenti provvisori del cunicolo è riportata al paragrafo seguente.

7.4.4.2. Verifiche di resistenza dei rivestimenti di prima fase

Il rivestimento di prima fase del cunicolo di lancio è costituito da n. 2 centina metallica IPN 180 a passo 1.00m e da uno strato di spritz – beton avente spessore di 30 cm. L'analisi numerica è stata condotta con elementi atti a simulare lo spessore equivalente della sezione omogeneizzata spritz – centine, e utilizzando un modulo elastico della sezione omogeneizzata.

Le massime sollecitazioni ottenute dalle analisi numeriche sono state ripartite tra le centine e il calcestruzzo sprizzato come indicato al paragrafo §7.4.3.3. Le azioni di calcolo per le verifiche SLU sono state definite come specificato nel paragrafo precedentemente citato.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	47 di 80
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio							

Nella tabella seguente sono sintetizzati i valori delle caratteristiche della sollecitazione nelle sezioni di M_{max} , N_{max} e T_{max} con riferimento ai risultati delle analisi numeriche eseguite per le due fasi di analisi precedentemente dichiarate, moltiplicando le sollecitazioni derivanti dalle analisi numeriche per il coefficiente amplificativo $\gamma_G=1.3$.

Spritz – beton		
Classe	C25/30	
R_{ck}	30	MPa
γ	1.50	-
f_{ck}	24.9	MPa
f_{cd}	14.11	MPa
f_{ctm}	2.558	MPa
b	100	cm
s	30	cm
A_{sb}	3000	cm ²
I_{sb}	225000	cm ⁴
W_{sb}	15000	cm ³
E_{cls}	32836	MPa

Centine		
Tipo	S275	
Profilato	IPN180	
γ	1.05	-
n	2	-
f_y	275	MPa
f_{yd}	261.9	MPa
A_{cent}	27.9	cm ²
I_{cent}	1450	cm ⁴
W_{cent}	161	cm ³
h_{cent}	180	mm
a	6.9	mm
d	1	m
E_{cent}	210000	MPa

Rivestimento equivalente		
S_{eq}	0.2955	m
E_{eq}	33765	MPa

Tabella 7—22: Materiali pre-rivestimento

Sezione	M	N	T
	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
M_{max}	49.26	-1124.09	0.28
M_{min}	-39.34	-2905.95	-5.20
N_{max}	0.00	-917.86	-34.37
N_{min}	-1.81	-3059.97	-70.76
T_{max}	20.60	-1331.65	120.72
T_{min}	-14.90	-2297.67	-114.29

Tabella 7—23: Sollecitazioni da calcolo numerico – Cunicolo

Sezione	M_{cent}	N_{cent}	T_{cent}	$\sigma_{max cen}$	$\sigma_{min cen}$	$\tau_{min cen}$	$\sigma_{id cen}$	Verifica
	[kNm]	[kN]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
M_{max}	64.04	-17.16	0.36	-4.81	14.05	-20.20	0.29	OK
M_{min}	-51.14	-44.37	-6.77	-12.44	-21.63	5.72	-5.45	OK
N_{max}	0.00	-14.01	-44.68	-3.93	-2.51	-2.51	-35.98	OK
N_{min}	-2.35	-46.72	-91.99	-13.10	-9.00	-7.74	-74.07	OK
T_{max}	26.78	-20.33	156.93	-5.70	3.52	-10.80	126.35	OK
T_{min}	-19.36	-35.08	-148.57	-9.84	-11.46	-1.11	-119.62	OK

Tabella 7—24: Sollecitazioni e verifica centine– Cunicolo

Sezione	N_{sb}	$\sigma_{max sb}$	Verifica
	[kN]	[MPa]	
M_{max}	-1444.15	-4.81	OK

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 48 di 80

M _{min}	-3733.37	-12.44	OK
N _{max}	-1179.20	-3.93	OK
N _{min}	-3931.25	-13.10	OK
T _{max}	-1710.81	-5.70	OK
T _{min}	-2951.89	-9.84	OK

Tabella 7–25: Sollecitazioni e verifica spritz – beton – galleria di lancio TBM

Verifiche di resistenza bulloni

La verifica dei bulloni viene eseguita nei confronti della rottura per snervamento e per sfilamento del sistema swellex come descritto al paragrafo §7.4.3.3.

Le verifiche sono riportate nelle tabelle seguenti.

$\Phi_{swellex}$	24	mm
A _s	453	mm ²
γ_s	1.15	-
R _d	134	kN
N _{k,max}	32.23	kN/m
N _{ed,max}	83.7	kN
FS	1.6	-

Tabella 7–26: Verifiche a snervamento swellex galleria di lancio TBM

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 49 di 80

8. FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

8.1 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Per il monitoraggio in corso d'opera si rimanda alla Relazione tecnica di monitoraggio dello scavo in tradizionale.

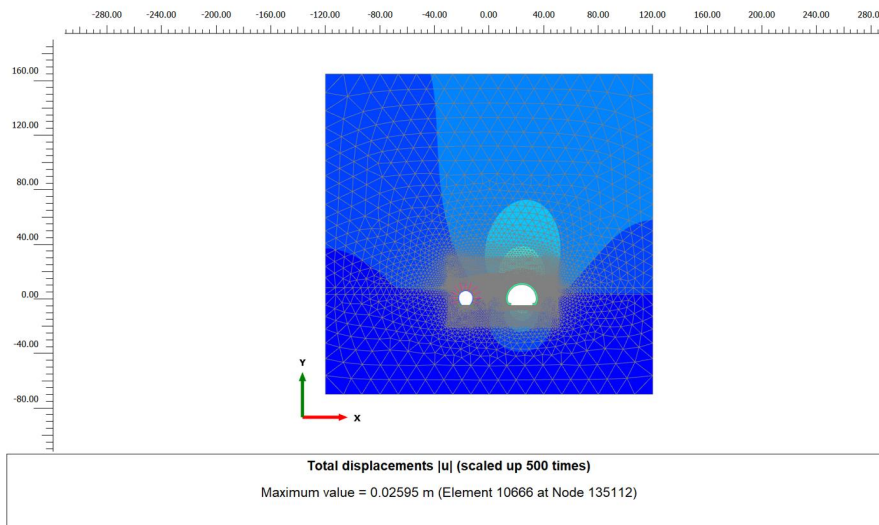


Figura 8-1 Convergenze camerone di montaggio binario dispari caso A

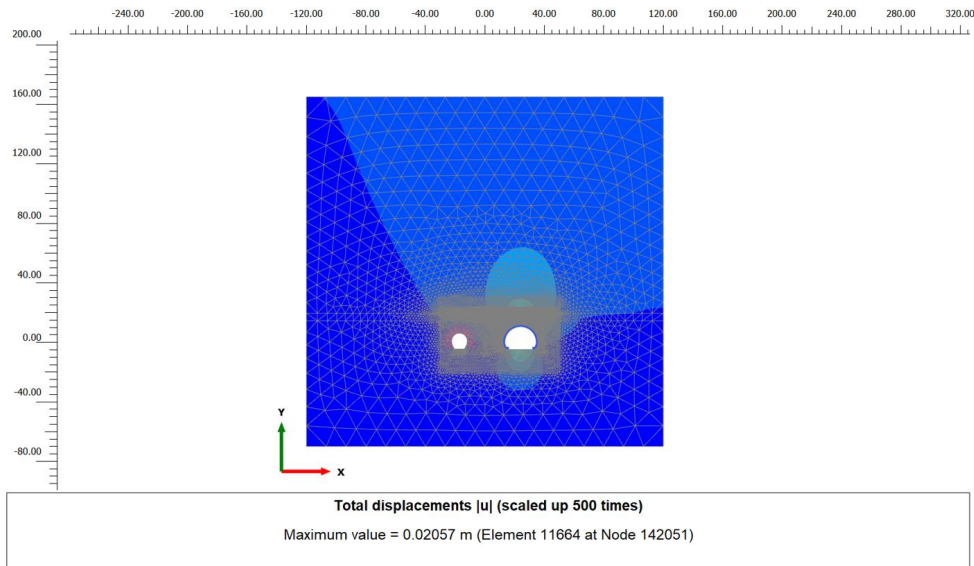


Figura 8-2 Convergenze camerone di montaggio binario dispari caso B

I valori attesi di convergenza diametrale saranno, in fase di avanzamento, confrontati con i valori misurati mediante le stazioni di monitoraggio previste. Al fine di essere confrontata con i valori di previsione, la convergenza diametrale del cavo sarà valutata quale media di tre misurazioni relative alle tre corde che

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 50 di 80	

collegano i due punti sui piedritti e quello in chiave di calotta. Questa scelta si basa su esperienze effettuate in contesti analoghi e nell'intento di rendere il più coerenti possibili i risultati ottenuti con i metodi di calcolo utilizzati e quelli ottenuti dalle misurazioni. I valori di convergenza tra caso A e caso B sono trascurabili e quindi si darà un solo valore atteso, il massimo dei 2.

SEZIONE TIPO	Copertura	Convergenze			Estrusioni		
		Valore atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]	Valore atteso [mm]	Attenzione [mm]	Allarme [mm]
Cunicolo di lancio	Tutte le coperture		30	80		50	60
Camerone di smontaggio	Tutte le coperture	26	40	50		60	120

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 51 di 80

9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse con la realizzazione del camerone di montaggio e del cunicolo di lancio TBM.

Per le situazioni ritenute più critiche e rappresentative sono state condotte le verifiche statiche, mediante analisi alle differenze finite; le valutazioni condotte hanno confermato la validità delle soluzioni progettuali proposte con riferimento allo stato tensionale. Le verifiche statiche condotte hanno evidenziato tensioni nei materiali adottati inferiori ai valori di Normativa.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 52 di 80

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 53 di 80

10. ALLEGATI

10.1 CURVE CARATTERISTICHE FASI DI DIAGNOSI

10.1.1 Camerone di montaggio – Caso A

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Camerone Funes CASO A
Diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 10.30000

PARAMETRI GEOTECNICI

Tensione originaria [MPa]	4.50000
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	10.30000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	10.30000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.28500
Angolo attrito picco [deg]	27.00000
Coesione residua [MPa] .....	.28500
Angolo attrito residuo [MPa]	27.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.270795
Raggio plastico galleria [m]	27.226737
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.089499
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.026944
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.078531
Raggio plastico fronte sferico [m]	16.081239

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.270795
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	27.226737

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 54 di 80	

10.1.2 Camerone di montaggio – Caso B

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Camerone Funes CASO B
Diagnosi

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 10.30000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 4.50000
Modulo di Young [MPa] 9000.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]0.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .0.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 10.30000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 10.30000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]72000
Angolo attrito picco [deg] 36.00000
Coesione residua [MPa]72000
Angolo attrito residuo [MPa] 36.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]009319
Raggio plastico galleria [m] 13.798835
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]004028
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]001988
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]002702
Raggio plastico fronte sferico [m] 11.546830

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spst. radiale galleria fine calcolo [m]009319
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 13.798835

10.1.3 Cunicolo di lancio

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Cunicolo
Diagnosi

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 55 di 80

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 5.44000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 4.50000
Modulo di Young [MPa] 9000.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]0.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .0.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 5.44000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 5.44000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]90000
Angolo attrito picco [deg] 40.00000
Coesione residua [MPa]90000
Angolo attrito residuo [MPa] 40.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]004137
Raggio plastico galleria [m] 6.470687
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]001893
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]001104
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]001200
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.779746

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]004137
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.470687

10.2 CURVE CARATTERISTICHE FASI DI TERAPIA

10.2.1 Camerone di montaggio – Caso A

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Camerone Funes Caso A
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatari: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 56 di 80

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 10.30000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 4.50000
Modulo di Young [MPa] 1000.00000
Coefficiente di Poisson30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]0.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa]0.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. . . .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 10.30000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. . . .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 10.30000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]35600
Angolo attrito picco [deg] 32.00000
Coesione residua [MPa]35600
Angolo attrito residuo [MPa] 32.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

PRERIVESTIMENTO -----

Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 2.00000
Coefficiente riduzione rigidezza 1.00000
Forma del prerivestimento CIRCOLARE APERTO

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----

Modulo di Young [MPa] 210000.00000
Resistenza a trazione [MPa] 790.00000
Tensione tesatura iniziale [MPa]00000
Lunghezza [m] 8.00000
Sezione reagente [m2]00707
Spaziatura circonferenziale [deg] 10.00000
Spaziatura longitudinale [MPa] 1.00000
Coesione interfaccia barra-roccia [MPa]30584
Angolo attrito interfaccia barra-roccia [deg] 24.00000
Perimetro sezione sfilamento [m]09428
Opzione dispositivo di ripartizione 0
[0 dispositivo di ripartizione assente]
Distanza dal fronte attivazione barre [m] 1.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE
Spessore spritz [m]30000
Modulo Young spritz [MPa] 31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz15000
Sezione centina [m2]00910
Altezza sezione centina [m2]22000
Posizione baricentro sezione centina [m]11000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4]0.00735500
Passo centine [m] 1.00000
Modulo Young ferro centine [MPa] 210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa] 30.00000
Resistenza ferro centine [MPa] 338.10000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]106460
Raggio plastico galleria [m] 16.253825
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]058520
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]015479
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m]045116
Raggio plastico fronte sferico [m] 13.695195

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .07896

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	57 di 80

LAMBDA : .88310

Trasformazione Omotetica

U [m] : .12488
LAMBDA : .96960

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .06894
LAMBDA : .84975

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .03674
LAMBDA : .61161

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .05825
LAMBDA : .80189

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DELLE BARRE PASSIVE -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .06964
LAMBDA : .85241

Trasformazione Omotetica

U [m] : .10536
LAMBDA : .94159

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .06577
LAMBDA : .83716

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .03027
LAMBDA : .50436

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .05426
LAMBDA : .77907

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m] .....	.106460
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	16.253825
Pressione fine calcolo (L.T.) [MPa] .....	.000000
Spost. radiale galleria fine calcolo (L.T.) [m] ...	.155573
Raggio plastico galleria fine calcolo (L.T.) [m] ..	19.538307

PRERIVESTIMENTO -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	13.86778
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.51004
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.07134
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.06674
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00460
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.849751

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----

Fattore di sicurezza rottura a trazione	10.82723
Fattore di sicurezza sfilamento .....	.69508
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.06574
Convergenza radiale barre [m] .....	.04072
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.837162

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)

E1 [MPa]	483.10693
E2 [MPa]	99.84671

COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI

Piano dei centri	3.11814
Piedritto	4.31062

COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	58 di 80

Calotta intradosso	1.35546
Calotta estradosso	1.14752
Rene intradosso .....	.71038
Rene estradosso	1.53013
Piedritto intradosso .....	.58818
Piedritto estradosso .....	.47784
CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA	1
(0 estrapolazione 1 interpolazione)	
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa]	14.87999
Tensione centine [MPa]	93.85152
Coefficiente di sicurezza spritz	2.01613
Coefficiente di sicurezza centine	3.60250
Pressione rottura spritz [MPa]	1.02831
Pressione rottura centine [MPa]	1.83742
Rigidezza spritz [MPa]	955.63817
Rigidezza centinatura [MPa]	185.61553
SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)	
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0143534
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0198426
Sollecitazione Normale Calotta [MN/m]	6.67174
Momento Flettente Calotta [MN*m/m]	-.02771
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa]	18.57619
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa]	18.41458
Tensione centine intradosso Calotta [MPa]	123.76220
Tensione centine estradosso Calotta [MPa]	122.97080
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN/m]	5.97214
Momento Flettente Piano Centri [MN*m/m] .....	.10925
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa]	16.21984
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa]	16.85693
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa]	109.44904
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa]	112.56892
Sollecitazione Normale Piedritto [MN/m]	2.84150
Momento Flettente Piedritto [MN*m/m]	-.01471
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa]	7.92046
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa]	7.83471
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa]	52.73934
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	52.31941

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	59 di 80

10.2.2 Camerone di montaggio – Caso B

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Camerone Funes Caso B
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)
2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	10.30000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	4.50000
Modulo di Young [MPa]	9000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	10.30000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	10.30000
RESISTENZA ROCCIA -----	
Coesione picco [MPa] .....	.90000
Angolo attrito picco [deg]	40.00000
Coesione residua [MPa] .....	.90000
Angolo attrito residuo [MPa]	40.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	3.00000
Coefficiente riduzione rigidezza	1.00000
Forma del prerivestimento	CIRCOLARE APERTO
BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----	
Modulo di Young [MPa]	210000.00000
Resistenza a trazione [MPa]	790.00000
Tensione tesatura iniziale [MPa] .....	.00000
Lunghezza [m]	9.00000
Sezione reagente [m2] .....	.00707
Spaziatura circonferenziale [deg]	10.00000
Spaziatura longitudinale [MPa]	1.00000
Coesione interfaccia barra-roccia [MPa] .....	.30584
Angolo attrito interfaccia barra-roccia [deg]	24.00000
Perimetro sezione sfilamento [m] .....	.09428
Opzione dispositivo di ripartizione	0
[0 dispositivo di ripartizione assente]	
Distanza dal fronte attivazione barre [m]	1.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE -----	
Spessore spritz [m] .....	.30000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m2] .....	.00910
Altezza sezione centina [m2] .....	.20000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.10000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4] ..	.00735500
Passo centine [m]	1.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	60 di 80

Modulo Young ferro centine [MPa] 210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa] 30.00000
Resistenza ferro centine [MPa] 338.10000

R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]007427
Raggio plastico galleria [m] 11.913272
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]003585
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]002090
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m]002271
Raggio plastico fronte sferico [m] 10.943269

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00532
LAMBDA : .79771

Trasformazione Ometetica

U [m] : .00754
LAMBDA : .98626

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00601
LAMBDA : .88008

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00539
LAMBDA : .80741

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica

U [m] : .00546
LAMBDA : .81785

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DELLE BARRE PASSIVE -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00432
LAMBDA : .64815

Trasformazione Ometetica

U [m] : .00642
LAMBDA : .91589

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00487
LAMBDA : .73059

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00384
LAMBDA : .57570

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica

U [m] : .00396
LAMBDA : .59451

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]007427
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 11.913272
Pressione fine calcolo (L.T.) [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo (L.T.) [m]007832
Raggio plastico galleria fine calcolo (L.T.) [m] .. 12.251485

PRERIVESTIMENTO -----

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	61 di 80

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	11.61572
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.11921
Spostamento punto di equilibrio [m] .....	.00702
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00594
Convergenza radiale prerivestimento [m] .....	.00108
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.880079

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----	
Fattore di sicurezza rottura a trazione	17.22883
Fattore di sicurezza sfilamento .....	.87583
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.00487
Convergenza radiale barre [m] .....	.00256
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.730586

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)	
E1 [MPa]	5232.34284
E2 [MPa]	3051.94199

COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI	
Piano dei centri	1.04784
Piedritto	1.03785

COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI	
Calotta intradosso .....	.99047
Calotta estradosso .....	.92348
Rene intradosso	1.03831
Rene estradosso .....	.98075
Piedritto intradosso .....	.84449
Piedritto estradosso .....	.85122

CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA 1
(0 estrapolazione 1 interpolazione)

SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa]	3.47794
Tensione centine [MPa]	21.93614
Coefficiente di sicurezza spritz	8.62581
Coefficiente di sicurezza centine	15.41292
Pressione rottura spritz [MPa]	1.02831
Pressione rottura centine [MPa]	1.83742
Rigidezza spritz [MPa]	955.63817
Rigidezza centinatura [MPa]	185.61553

SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)	
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0011274
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0011166
Sollecitazione Normale Calotta [MN/m]	1.19243
Momento Flettente Calotta [MN*m/m]	-.00209
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa]	3.31141
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa]	3.29925
Tensione centine intradosso Calotta [MPa]	22.08622
Tensione centine estradosso Calotta [MPa]	22.03209
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN/m]	1.25791
Momento Flettente Piano Centri [MN*m/m]	-.00179
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa]	3.49200
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa]	3.48156
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa]	23.29600
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa]	23.24950
Sollecitazione Normale Piedritto [MN/m]	1.05646
Momento Flettente Piedritto [MN*m/m] .....	.00021
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa]	2.92749
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa]	2.92872
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa]	19.55224
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	19.55768

10.2.3 Cunicolo di lancio

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver S.5.1 mar.2018

Cunicolo di lancio
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 3
1 -> metodo Panet-Guenot (galleria non sostenuta)

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	62 di 80

- 2 -> metodo trasformazione omotetica (galleria non sostenuta)
3 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da vuoto sferico)
4 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da correlazione Ns)
5 -> Nuovo Metodo Implicito (convergenza al fronte da trasformazione omotetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	5.44000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	4.50000
Modulo di Young [MPa]	9000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.30000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	5.44000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	5.44000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.90000
Angolo attrito picco [deg]	40.00000
Coesione residua [MPa] .....	.90000
Angolo attrito residuo [MPa]	40.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000
PRERIVESTIMENTO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	2.00000
Coefficiente riduzione rigidezza	1.00000
Forma del prerivestimento	CIRCOLARE APERTO
BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----	
Modulo di Young [MPa]	210000.00000
Resistenza a trazione [MPa]	790.00000
Tensione tesatura iniziale [MPa] .....	.00000
Lunghezza [m]	6.00000
Sezione reagente [m2] .....	.00707
Spaziatura circonferenziale [deg]	10.00000
Spaziatura longitudinale [MPa]	1.00000
Coesione interfaccia barra-roccia [MPa] .....	.30584
Angolo attrito interfaccia barra-roccia [deg]	24.00000
Perimetro sezione sfilamento [m] .....	.09428
Opzione dispositivo di ripartizione	0
[0 dispositivo di ripartizione assente]	
Distanza dal fronte attivazione barre [m]	1.00000
SPRITZ-BETON E CENTINE	
Spessore spritz [m] .....	.30000
Modulo Young spritz [MPa]	31447.00000
Coefficiente di Poisson spritz .....	.15000
Sezione centina [m2] .....	.00558
Altezza sezione centina [m2] .....	.18000
Posizione baricentro sezione centina [m] .....	.09000
Momento inerzia baricentrico sezione centina [m4] ..	.00290000
Passo centine [m]	1.00000
Modulo Young ferro centine [MPa]	210000.00000
Resistenza compressione spritz [MPa]	30.00000
Resistenza ferro centine [MPa]	338.10000
R I S U L T A T O A N A L I S I F R O N T E D I S C A V O	
Press. fine calcolo curva galleria [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale galleria [m] .....	.003901
Raggio plastico galleria [m]	6.260207
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.001893
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.001104
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.001200

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 63 di 80

Raggio plastico fronte sferico [m] 5.779746

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DEL PRERIVESTIMENTO -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00292
LAMBDA : .82754

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00380
LAMBDA : .96705

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00327
LAMBDA : .89594

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00297
LAMBDA : .83911

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00301
LAMBDA : .84689

STATO GALLERIA ALLA MESSA IN OPERA DELLE BARRE PASSIVE -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00253
LAMBDA : .71714

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00336
LAMBDA : .91037

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00290
LAMBDA : .82262

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00248
LAMBDA : .70447

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00253
LAMBDA : .71894

R I S U L T A T O A N A L I S I G A L L E R I A

Pressione fine calcolo [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo [m]003901
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.260207
Pressione fine calcolo (L.T.) [MPa]000000
Spost. radiale galleria fine calcolo (L.T.) [m]004137
Raggio plastico galleria fine calcolo (L.T.) [m] .. 6.470687

PRERIVESTIMENTO -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] 6.07360
Pressione punto di equilibrio [MPa]15636
Spostamento punto di equilibrio [m]00363
Spostamento galleria alla messa in opera [m]00322
Convergenza radiale prerivestimento [m]00041
Tasso di deconfinamento alla messa in opera895941

BARRE AD ADERENZA CONTINUA -----
Fattore di sicurezza rottura a trazione 31.81781
Fattore di sicurezza sfilamento89581
Spostamento galleria alla messa in opera [m]00290
Convergenza radiale barre [m]00100
Tasso di deconfinamento alla messa in opera822624

MODULI APPARENTI GALLERIA (PER COEFFICIENTI DI FORMA)

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	IBOU	1BEZZ	CL	GN0200003	C	64 di 80

E1 [MPa]	5333.46763
E2 [MPa]	3157.46120
COEFFICIENTI DI FORMA SPOSTAMENTI ORIZZONTALI	
Piano dei centri	1.10319
Piedritto	1.11763
COEFFICIENTI DI FORMA TENSIONI	
Calotta intradosso .....	.99446
Calotta estradosso .....	.90519
Rene intradosso	1.00164
Rene estradosso .....	.96780
Piedritto intradosso .....	.82091
Piedritto estradosso .....	.84697
CODICE INTERPOLAZIONE COEFFICIENTI DI FORMA	1
(0 estrapolazione 1 interpolazione)	
SPRITZ-BETON E CENTINE (ANELLO CHIUSO)	
Tensione spritz [MPa]	2.61044
Tensione centine [MPa]	15.96500
Coefficiente di sicurezza spritz	11.49230
Coefficiente di sicurezza centine	21.17758
Pressione rottura spritz [MPa]	1.79699
Pressione rottura centine [MPa]	3.31142
Rigidezza spritz [MPa]	1841.38112
Rigidezza centinatura [MPa]	215.40441
SPRITZ-BETON E CENTINE (PRERIVESTIMENTO APERTO)	
Spostamento orizzontale piano centri [m] .....	.0004562
Spostamento orizzontale piedritto [m] .....	.0004622
Sollecitazione Normale Calotta [MN/m] .....	.83085
Momento Flettente Calotta [MN*m/m]	-.00195
Tensione spriz intradosso Calotta [MPa]	2.47759
Tensione spriz estradosso Calotta [MPa]	2.45065
Tensione centine intradosso Calotta [MPa]	16.47313
Tensione centine estradosso Calotta [MPa]	16.36517
Sollecitazione Normale Piano Centri [MN/m] .....	.86138
Momento Flettente Piano Centri [MN*m/m]	-.00074
Tensione spriz intradosso Piano Centri [MPa]	2.55936
Tensione spriz estradosso Piano Centri [MPa]	2.54915
Tensione centine intradosso Piano Centri [MPa]	17.06391
Tensione centine estradosso Piano Centri [MPa]	17.02298
Sollecitazione Normale Piedritto [MN/m] .....	.72949
Momento Flettente Piedritto [MN*m/m] .....	.00057
Tensione spriz intradosso Piedritto [MPa]	2.15886
Tensione spriz estradosso Piedritto [MPa]	2.16672
Tensione centine intradosso Piedritto [MPa]	14.43764
Tensione centine estradosso Piedritto [MPa]	14.46915

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 65 di 80

10.3 OUTPUT PLAXIS 2D

10.3.1 Output Camerone di montaggio – Caso A

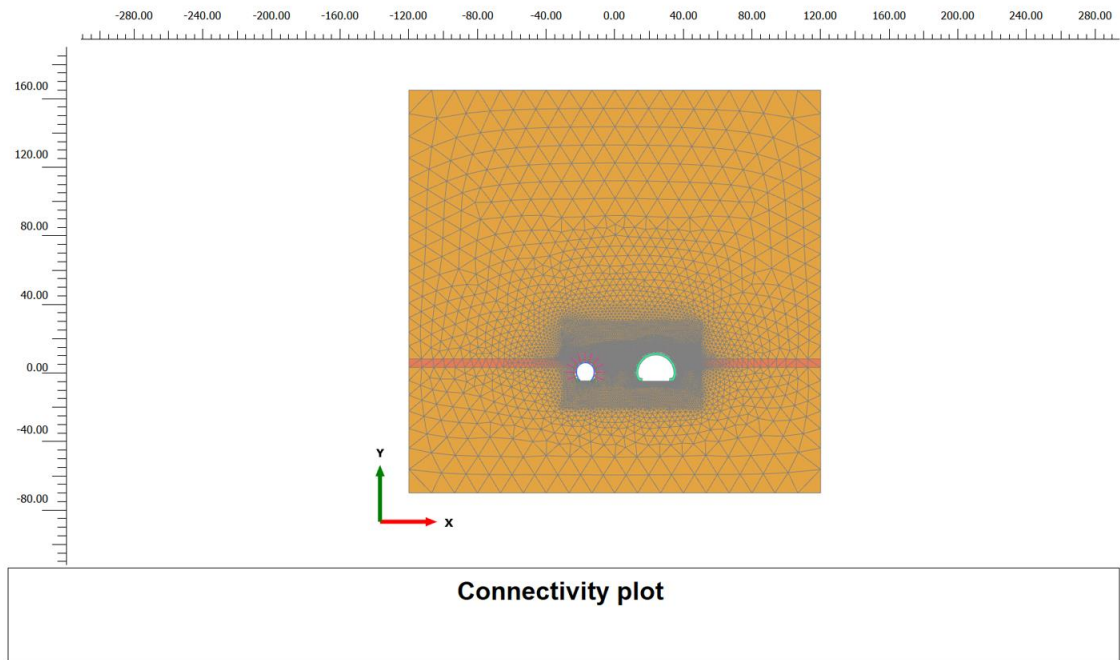
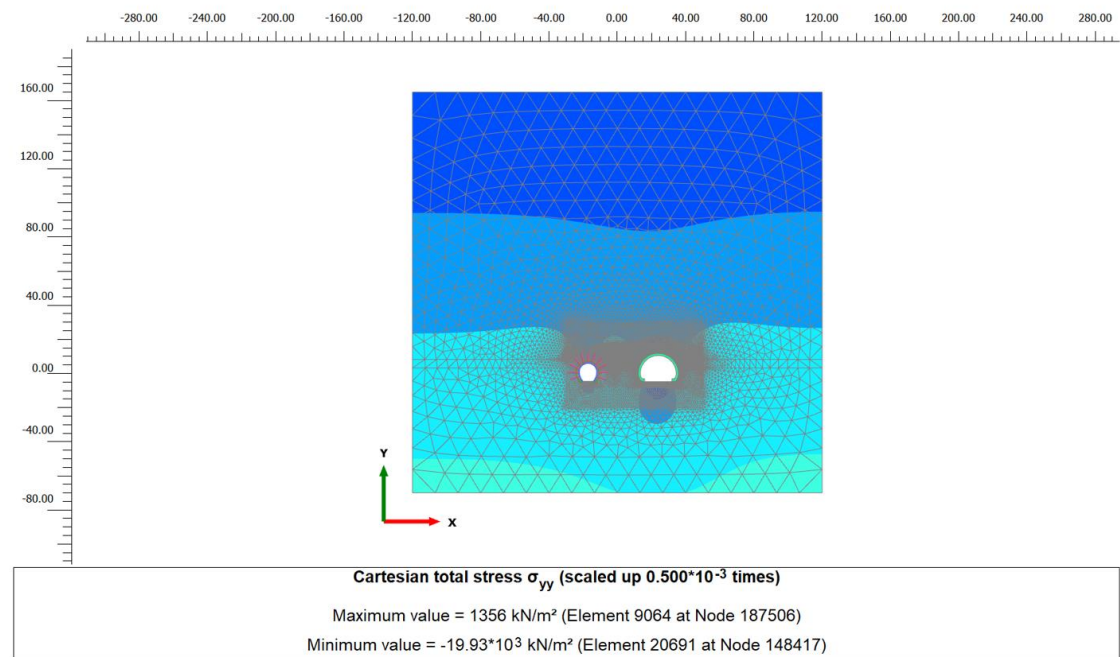


Figura 10-1: Connectivity plot Caso A



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 66 di 80

Figura 10-2: Stress σ_{yy} Fase 13 Caso A

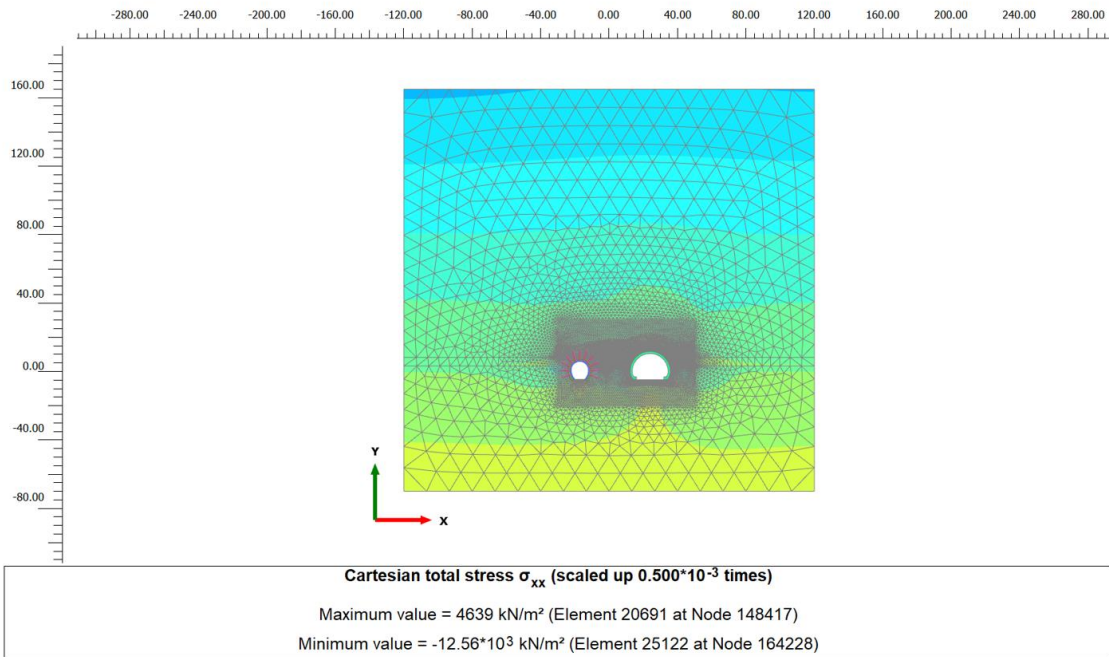


Figura 10-3: Stress σ_{xx} Fase 13 Caso A

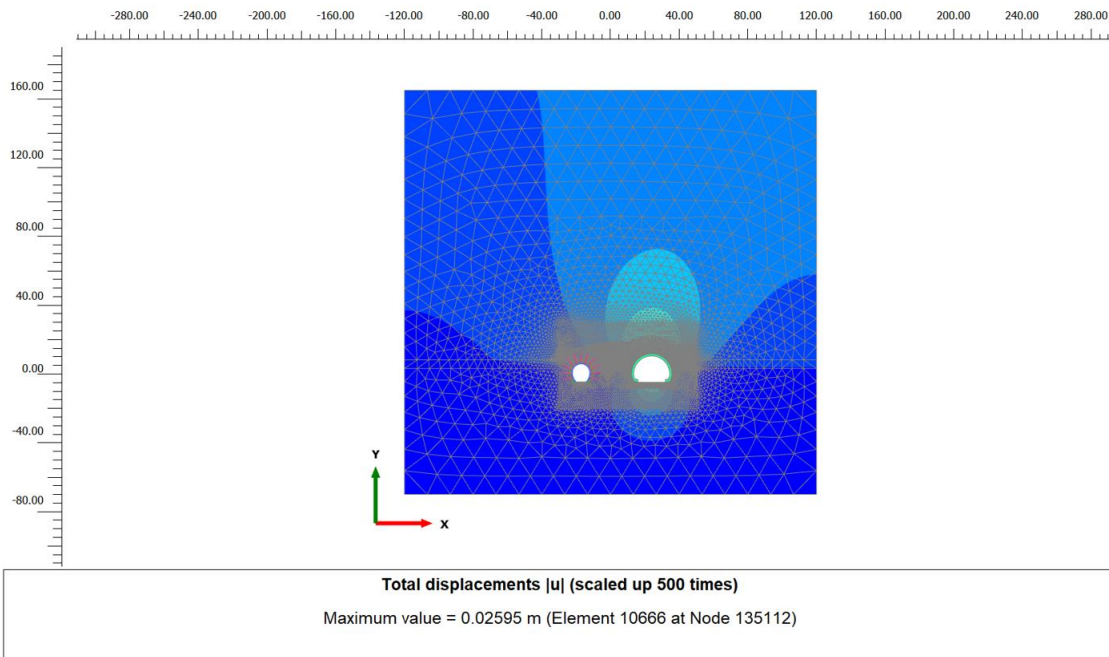


Figura 10-4: Spostamenti $|u|$ Fase 13 Caso A

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 67 di 80

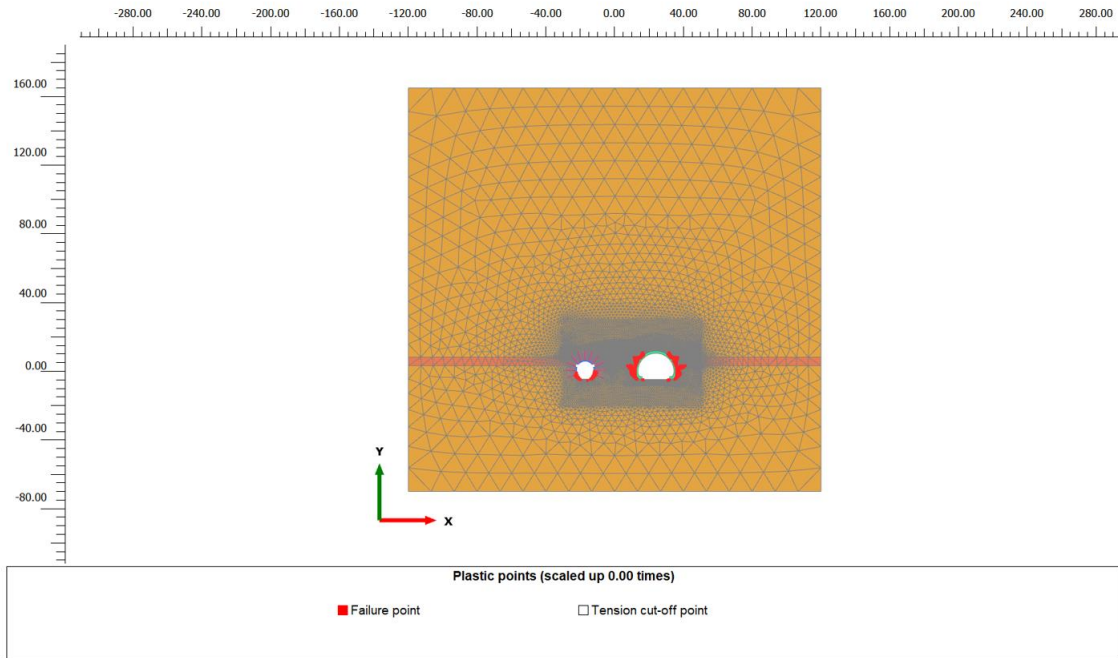


Figura 10-5: Zone di plasticizzazione Fase 13 Caso A

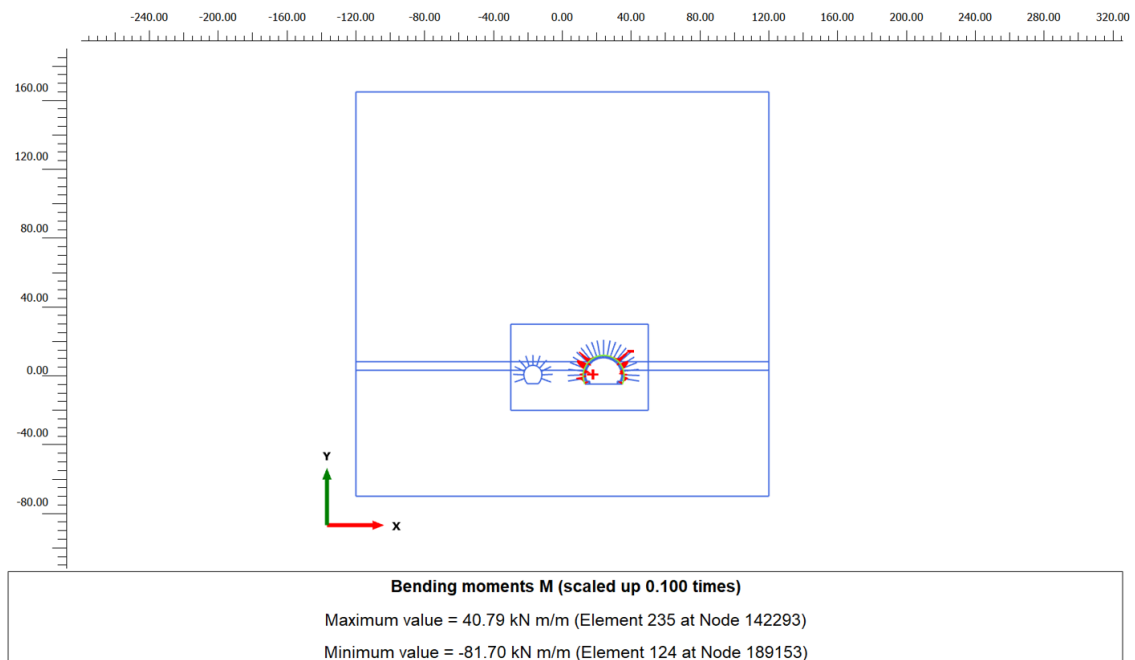


Figura 10-6: Sollecitazione momento flettente sezione CM Fase 10 Caso A

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 68 di 80

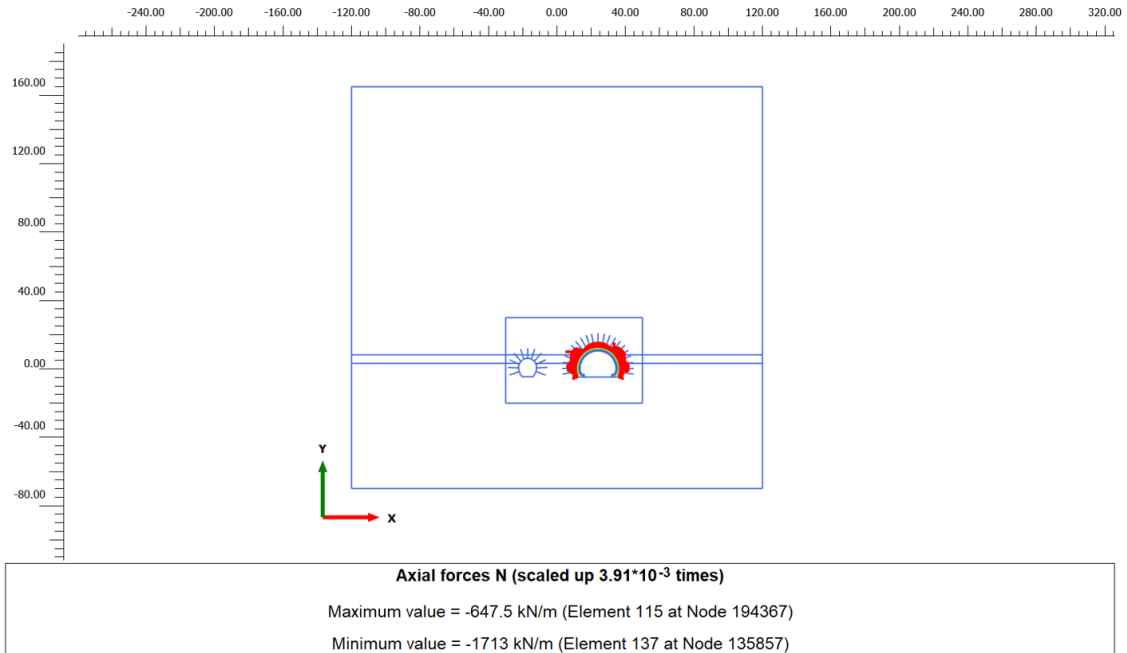


Figura 10-7: Sollecitazione sforzo assiale sezione CM Fase 10 Caso A

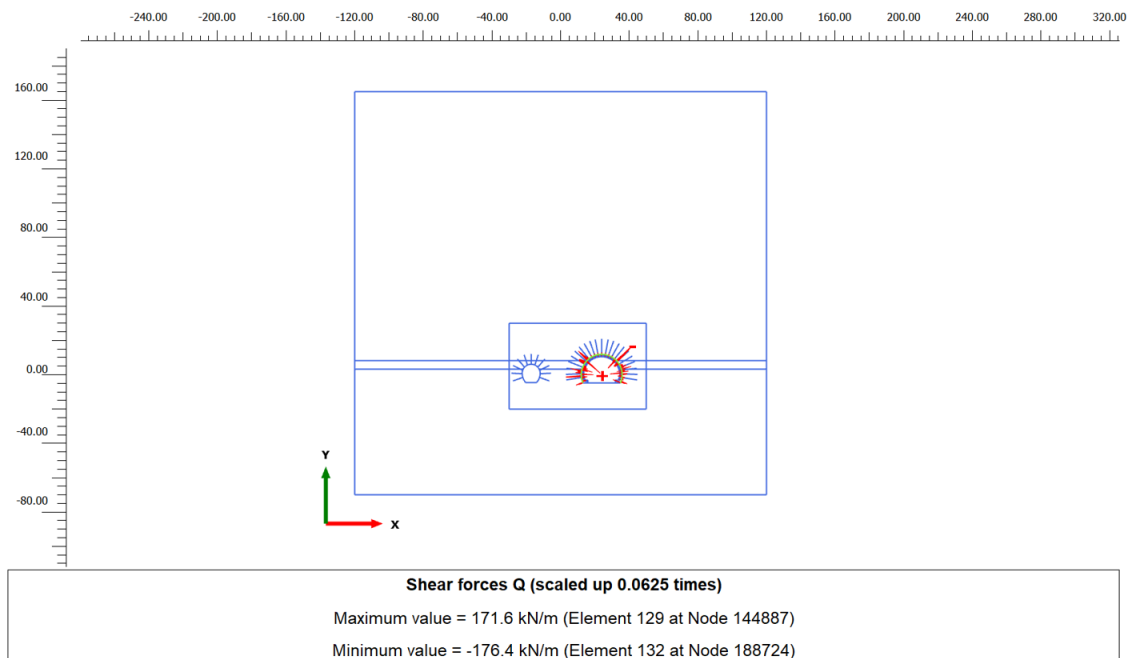


Figura 10-8: Sollecitazione sforzo di taglio sezione CM Fase 10 Caso A

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 69 di 80

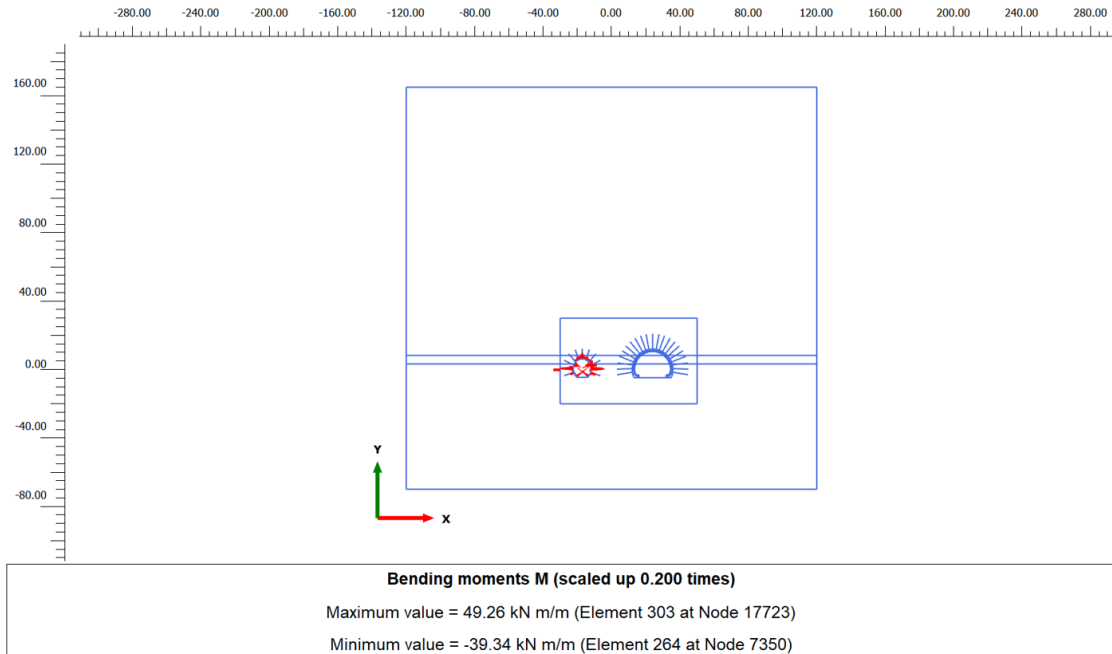


Figura 10-9: Sollecitazione momento flettente cunicolo Fase 10 Caso A

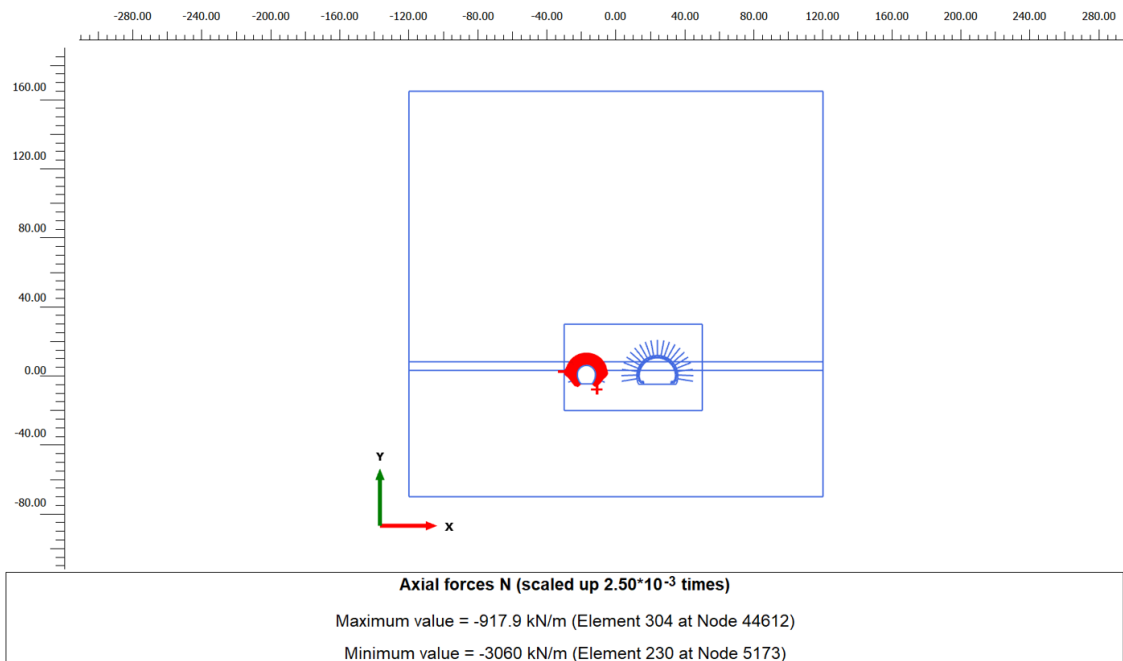


Figura 10-10: Sollecitazione sforzo assiale cunicolo Fase 10 Caso A

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 70 di 80

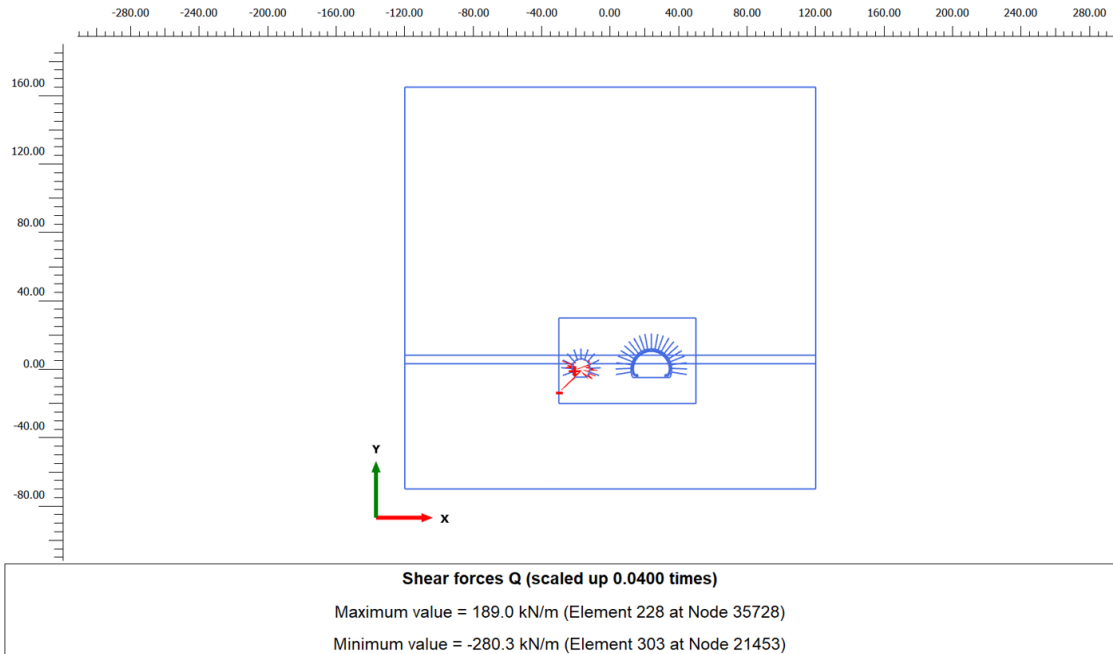


Figura 10-11: Sollecitazione sforzo di taglio cunicolo Fase 10 Caso A

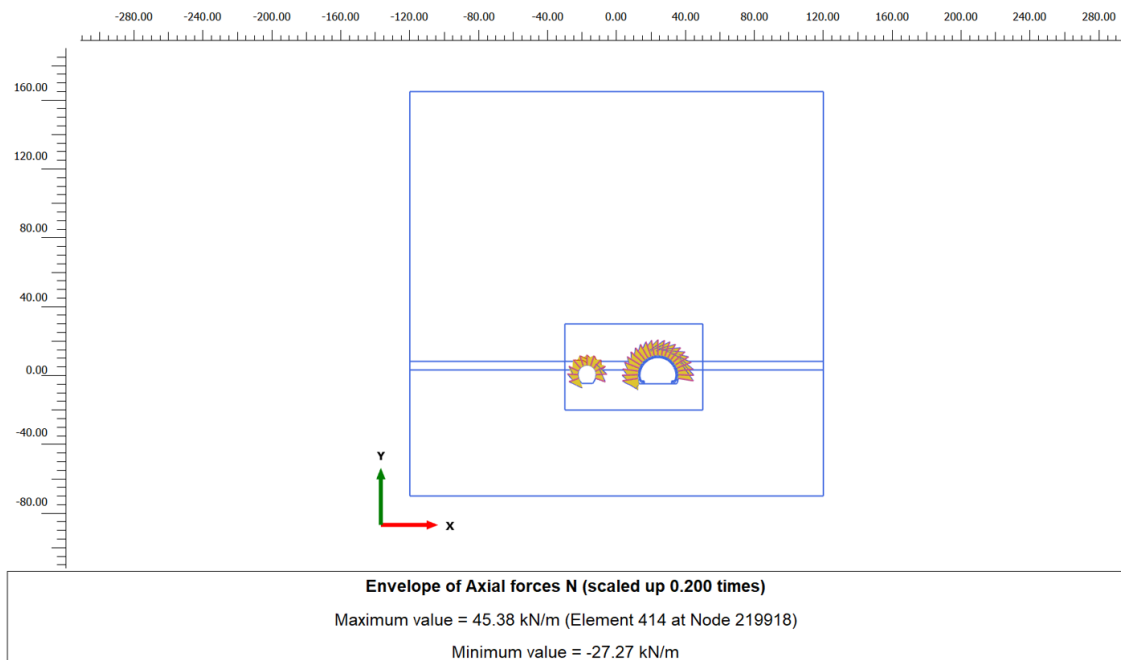
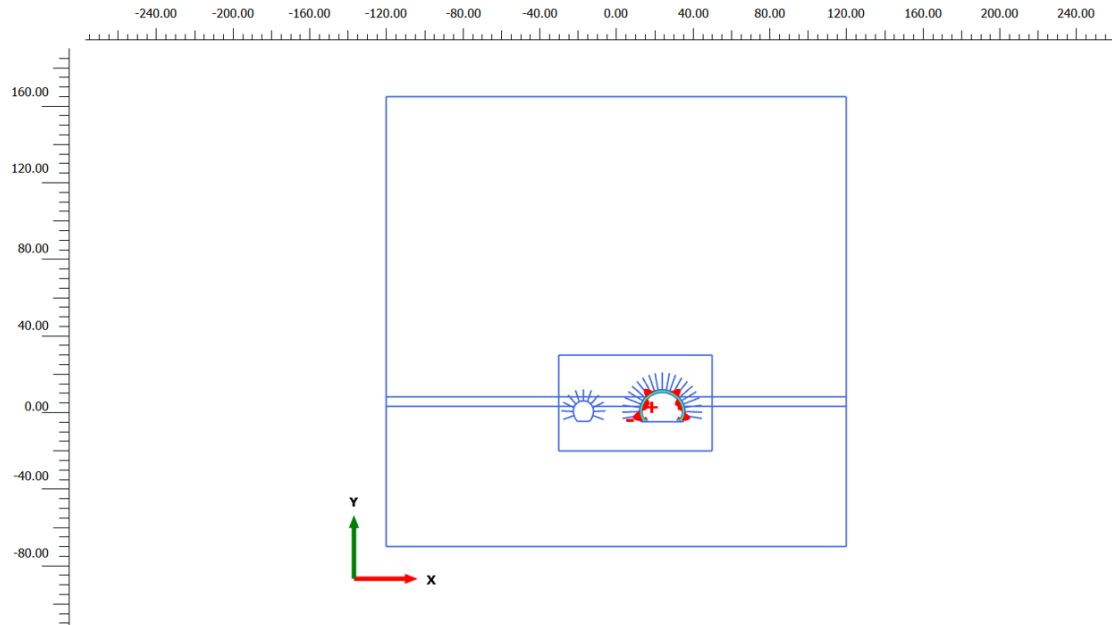


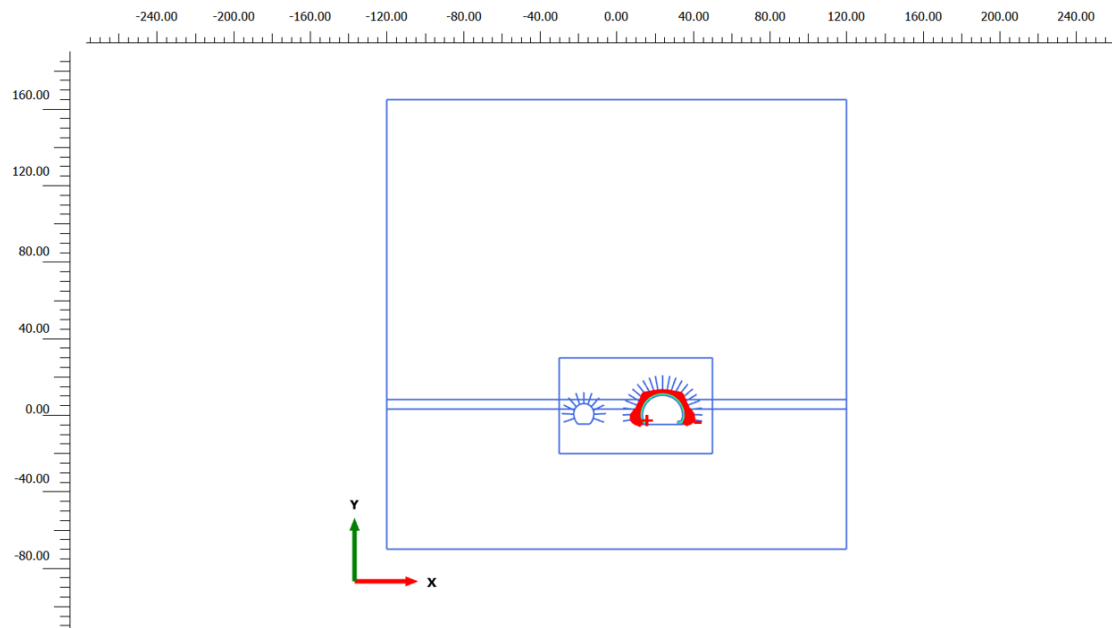
Figura 10-12: Massima sollecitazione di sforzo normale agente sui chiodi

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 71 di 80



Bending moments M (scaled up $12.5 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $0.2555 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 163 at Node 135966)
Minimum value = $-0.3462 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 290 at Node 153128)

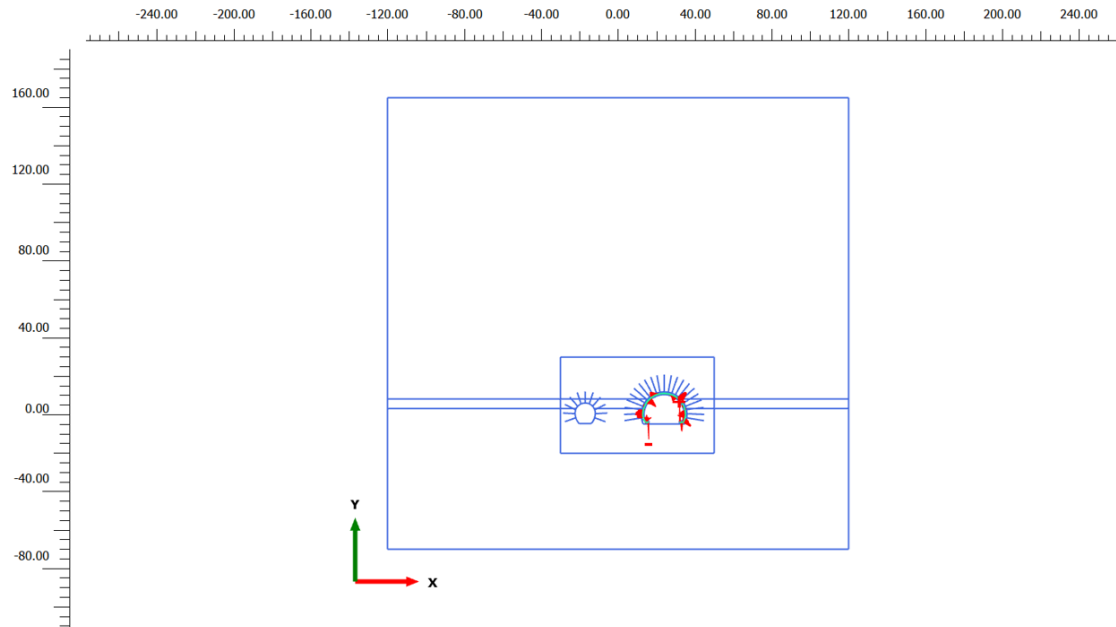
Figura 10-13: Sollecitazione momento flettente Fase 13 Caso A



Axial forces N (scaled up $1.25 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $0.05051 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 332 at Node 161440)
Minimum value = $-4.895 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 284 at Node 178940)

Figura 10-14: Sollecitazione sforzo assiale Fase 13 Caso A

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 72 di 80



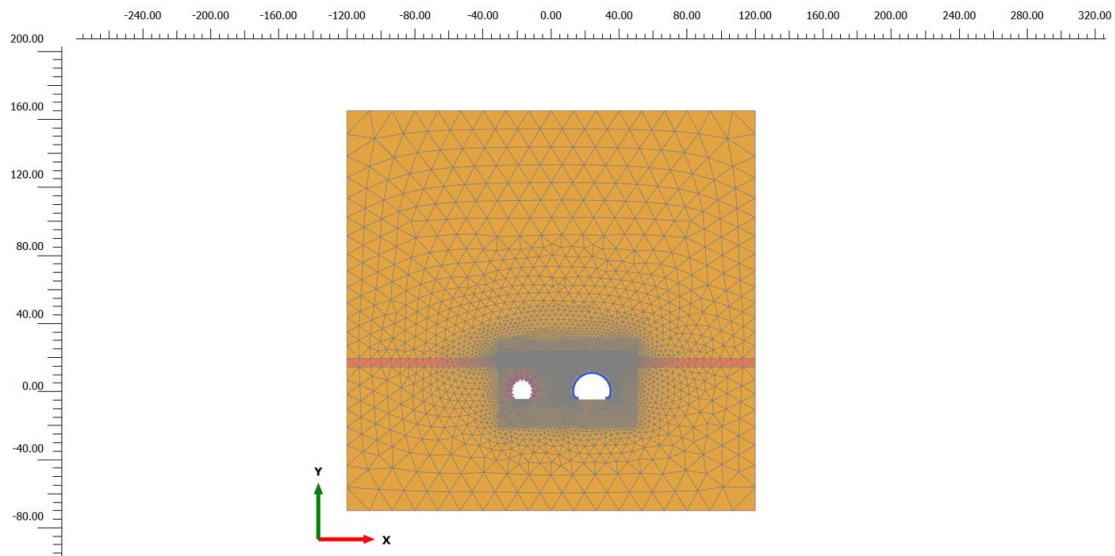
Shear forces Q (scaled up $20.0 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $0.4848 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 333 at Node 177694)

Minimum value = $-0.4442 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 332 at Node 161643)

Figura 10-15: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 13 Caso A

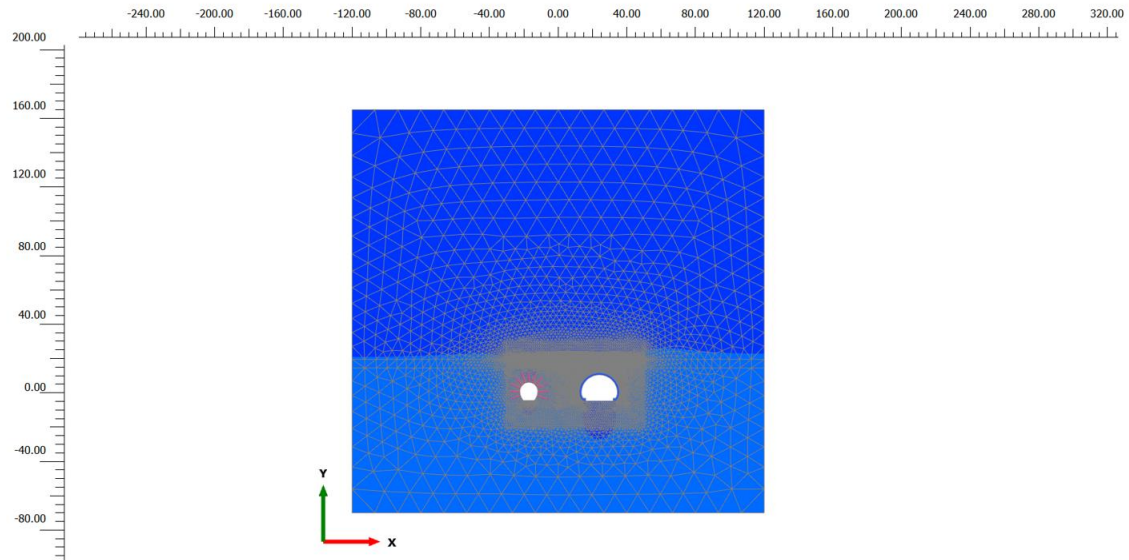
10.3.2 Output Camerone di montaggio – Caso B



Connectivity plot

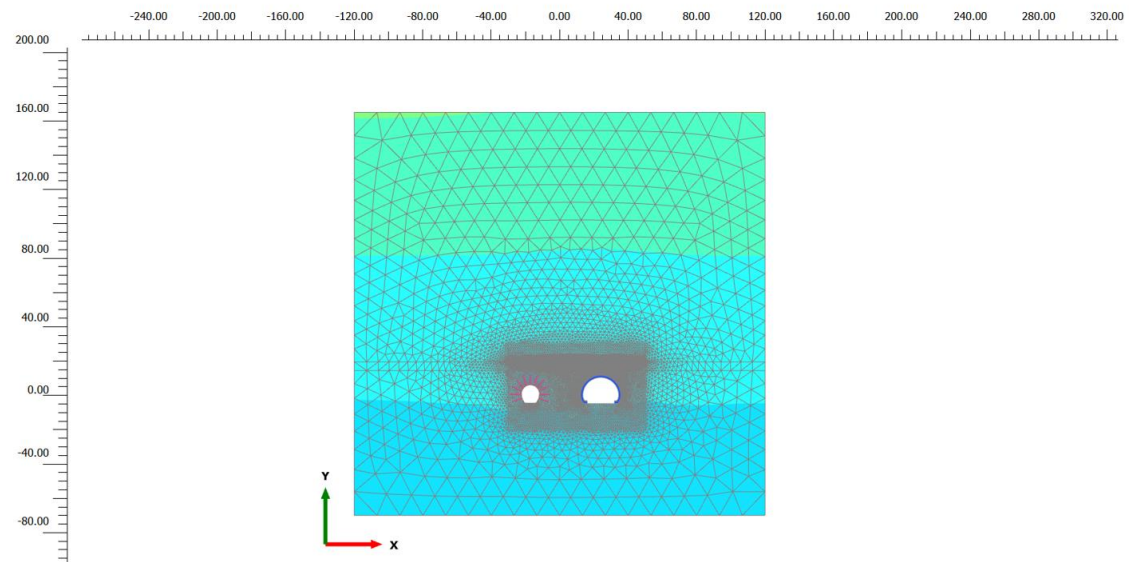
Figura 10-16: Connectivity plot Caso B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 73 di 80



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.200 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2233 kN/m² (Element 21681 at Node 124683)
Minimum value = $-56.88 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 15177 at Node 127875)

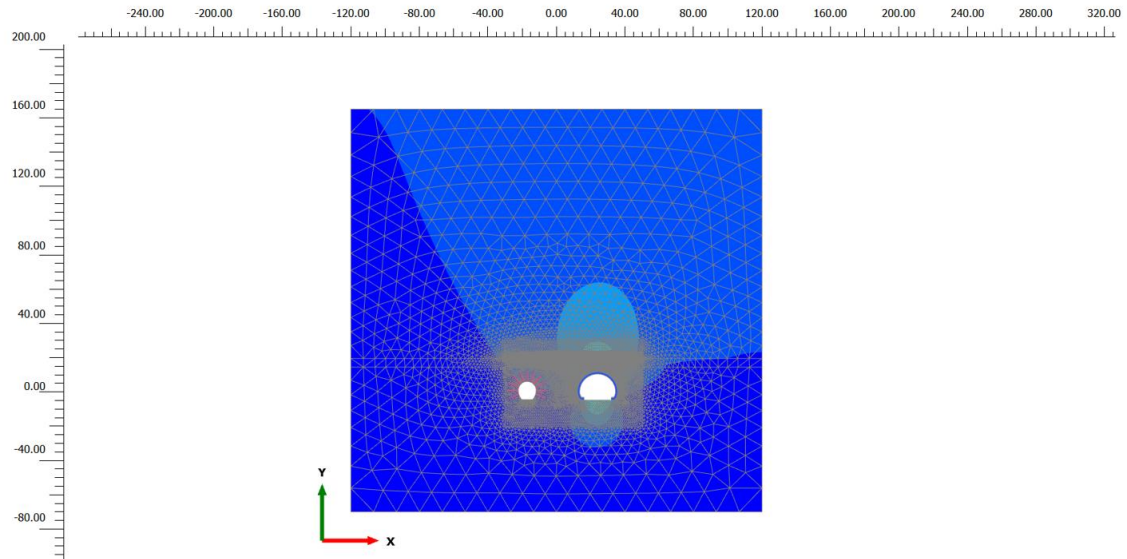
Figura 10-17: Stress σ_{yy} Fase 13 Caso B



Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = $14.39 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 15177 at Node 127875)
Minimum value = $-13.78 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 21080 at Node 127090)

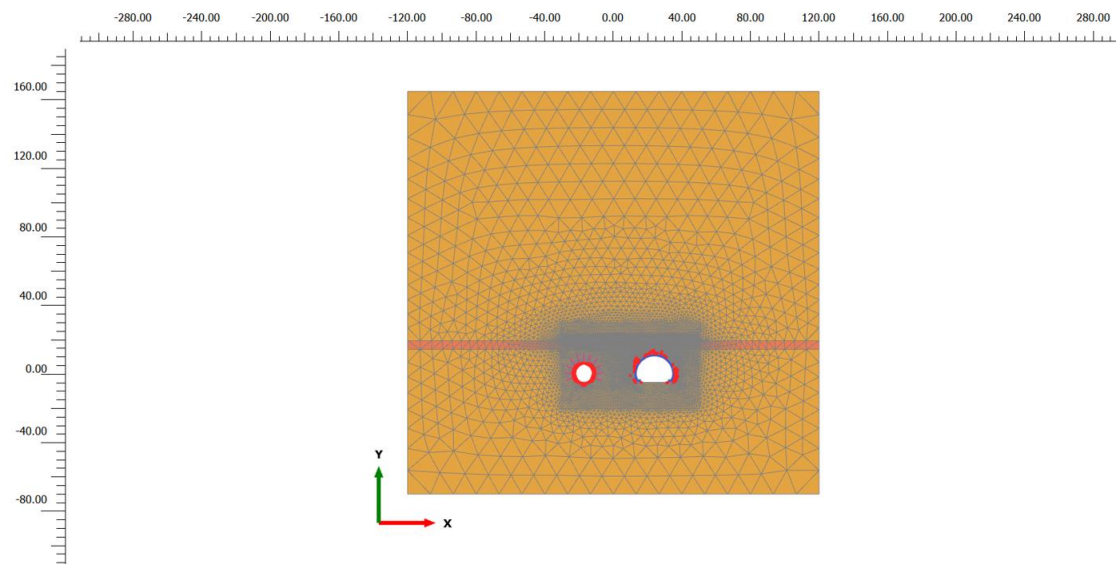
Figura 10-18: Stress σ_{xx} Fase 13 Caso B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 74 di 80



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.02057 m (Element 11664 at Node 142051)

Figura 10-19: Spostamenti |u| Fase 13 Caso B



Plastic points (scaled up 0.00 times)

■ Failure point □ Tension cut-off point

Figura 10-20: Zone di plasticizzazione Fase 13 Caso B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 75 di 80

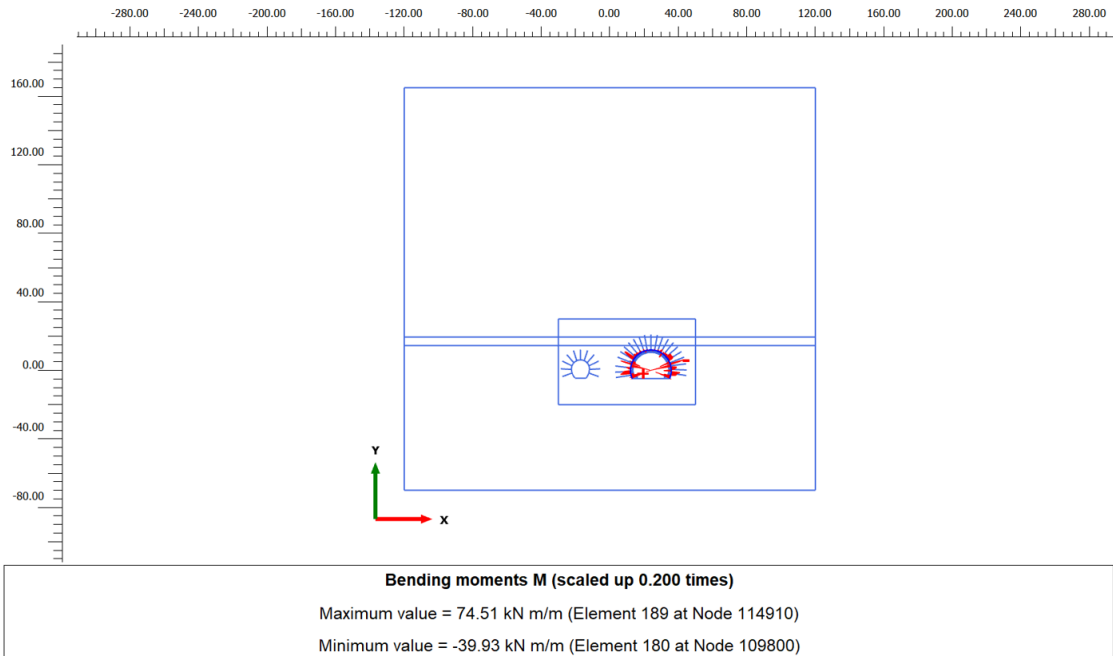


Figura 10-21: Sollecitazione momento flettente sezione CM Fase 10 Caso B

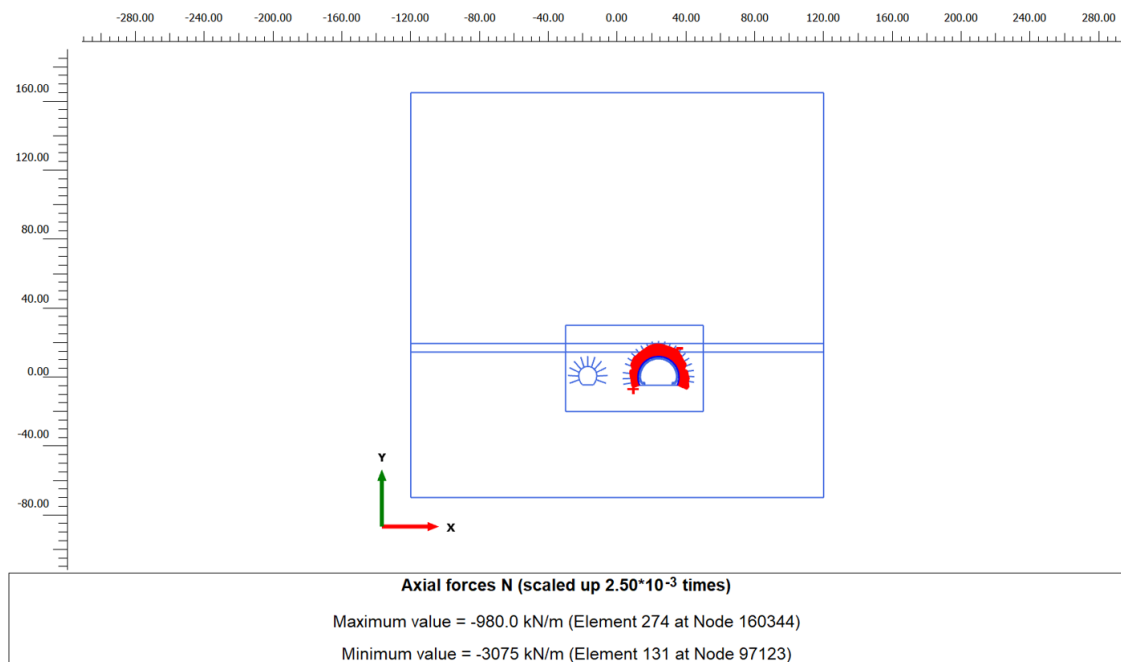


Figura 10-22: Sollecitazione sforzo assiale sezione CM Fase 10 Caso B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 76 di 80

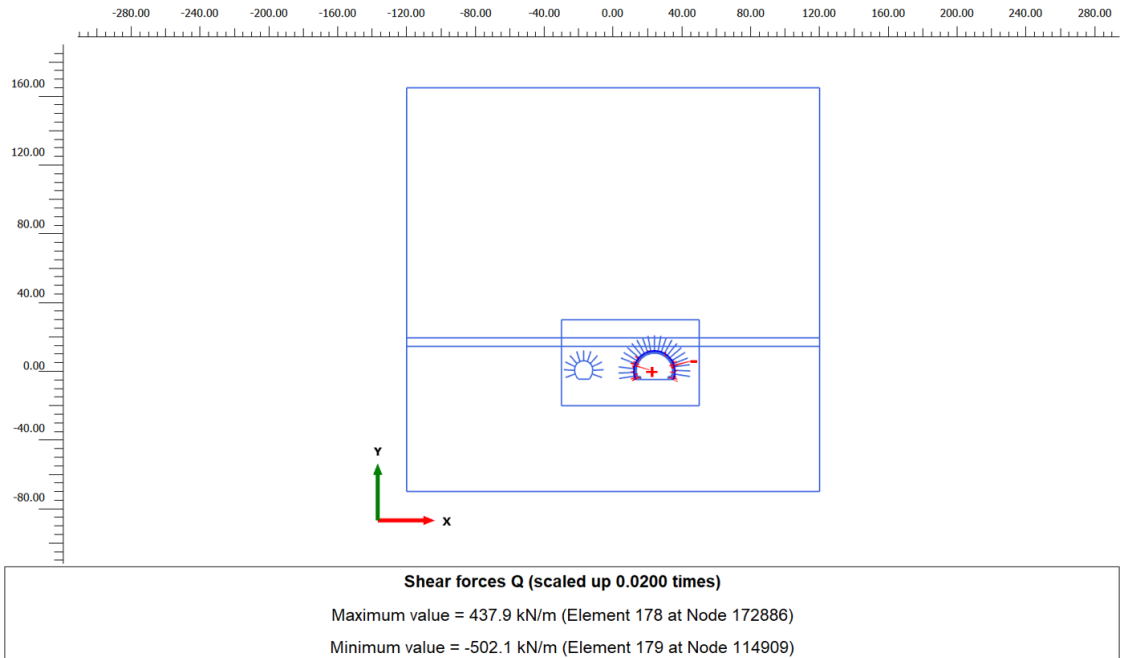


Figura 10-23: Sollecitazione sforzo di taglio sezione CM Fase 10 Caso B

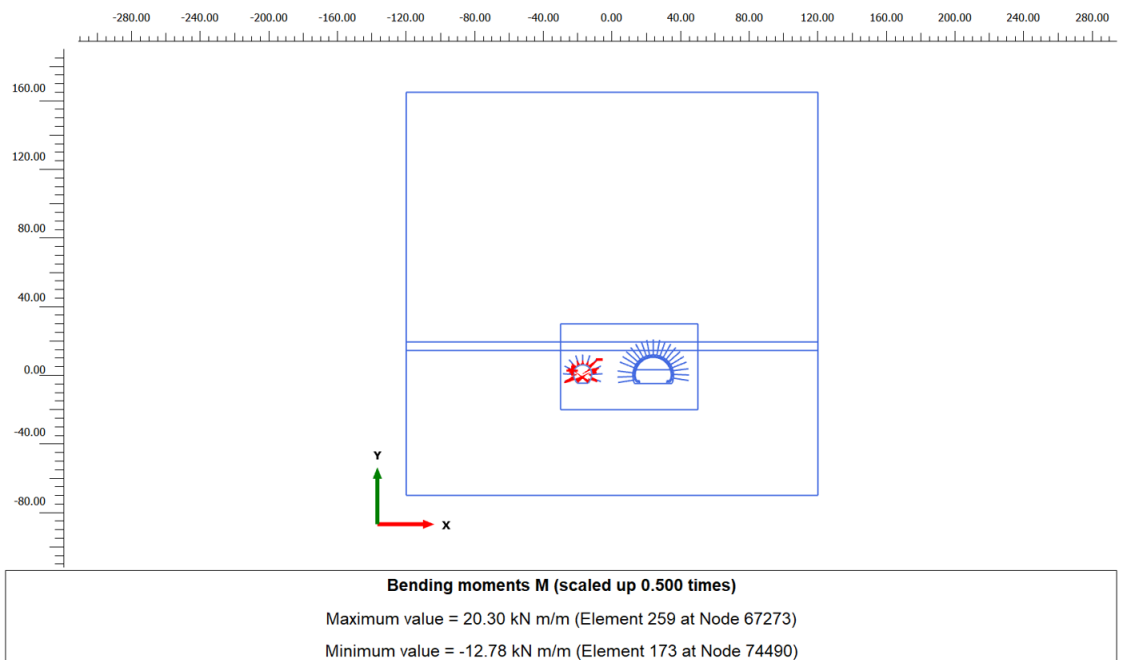
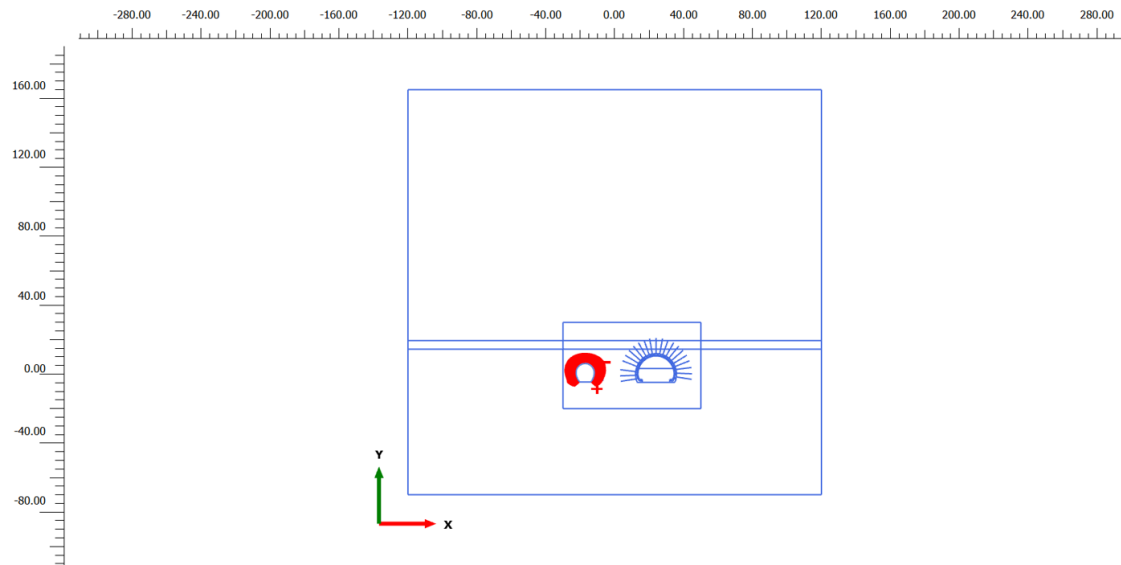


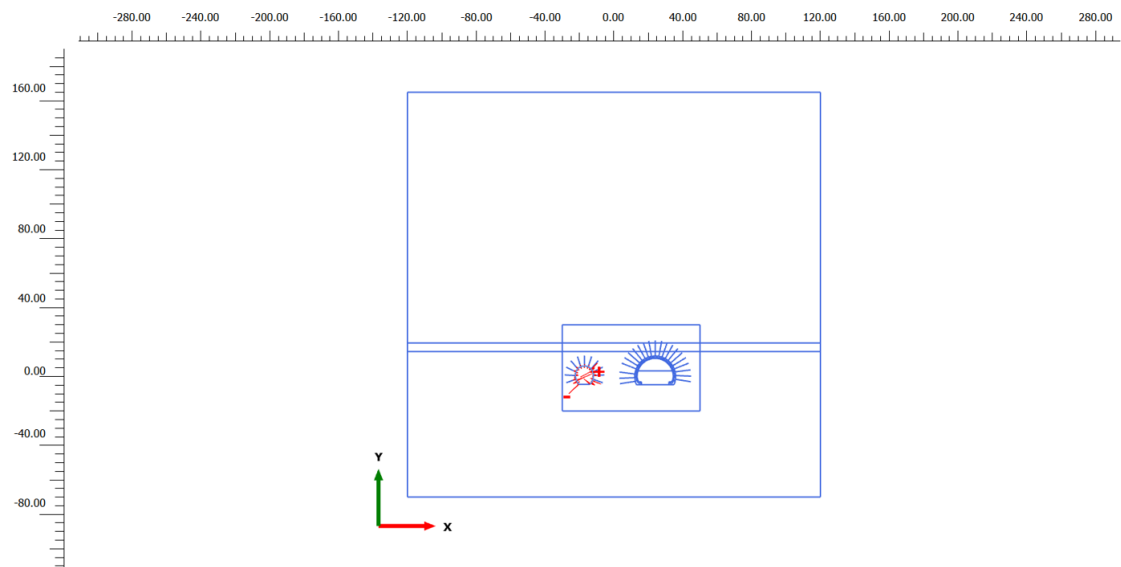
Figura 10-24: Sollecitazione momento flettente cunicolo Fase 10 Caso B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 77 di 80



Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = -734.4 kN/m (Element 258 at Node 64609)
Minimum value = -1497 kN/m (Element 186 at Node 78590)

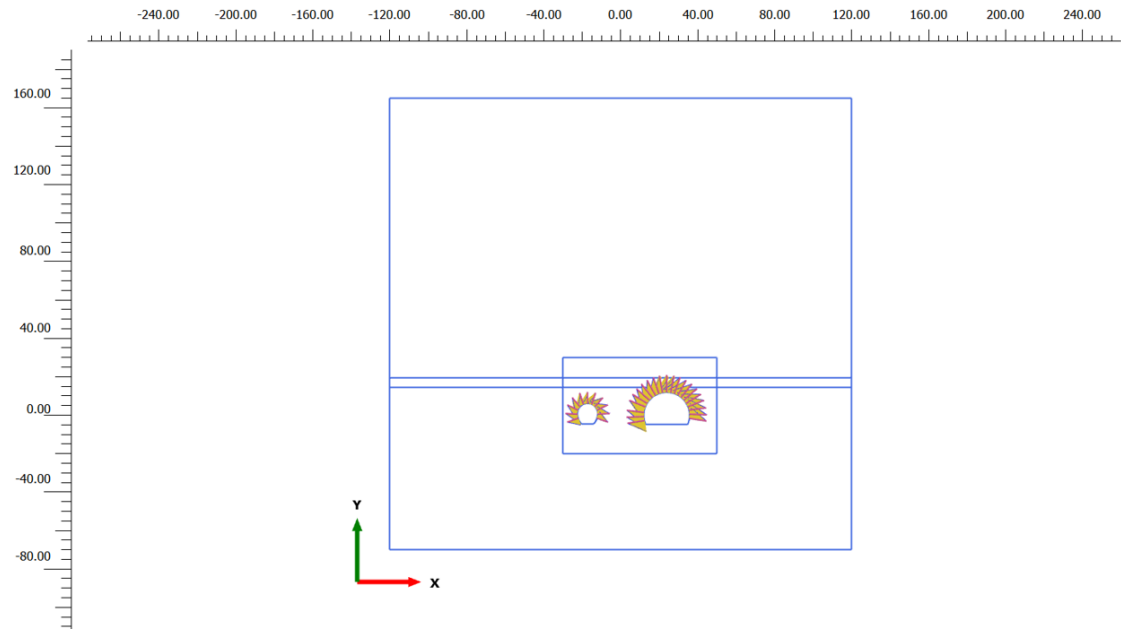
Figura 10-25: Sollecitazione sforzo assiale cunicolo Fase 10 Caso B



Shear forces Q (scaled up 0.0800 times)
Maximum value = 156.5 kN/m (Element 253 at Node 26634)
Minimum value = -101.1 kN/m (Element 257 at Node 31060)

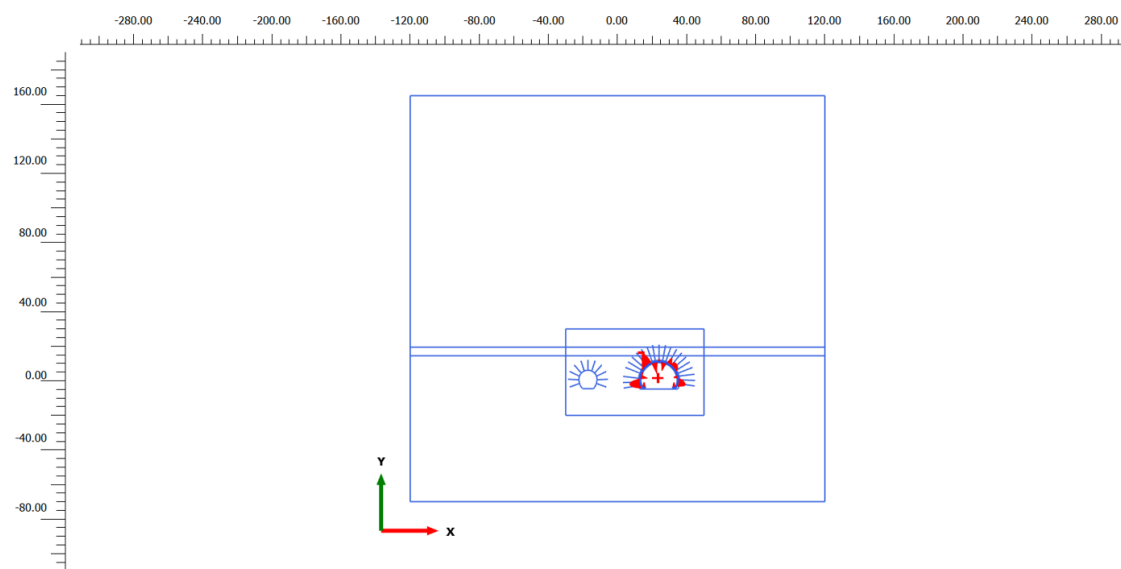
Figura 10-26: Sollecitazione sforzo di taglio cunicolo Fase 10 Caso B

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 78 di 80



Envelope of Axial forces N (scaled up 0.125 times)
Maximum value = 48.81 kN/m (Element 287 at Node 188070)
Minimum value = -7.021 kN/m

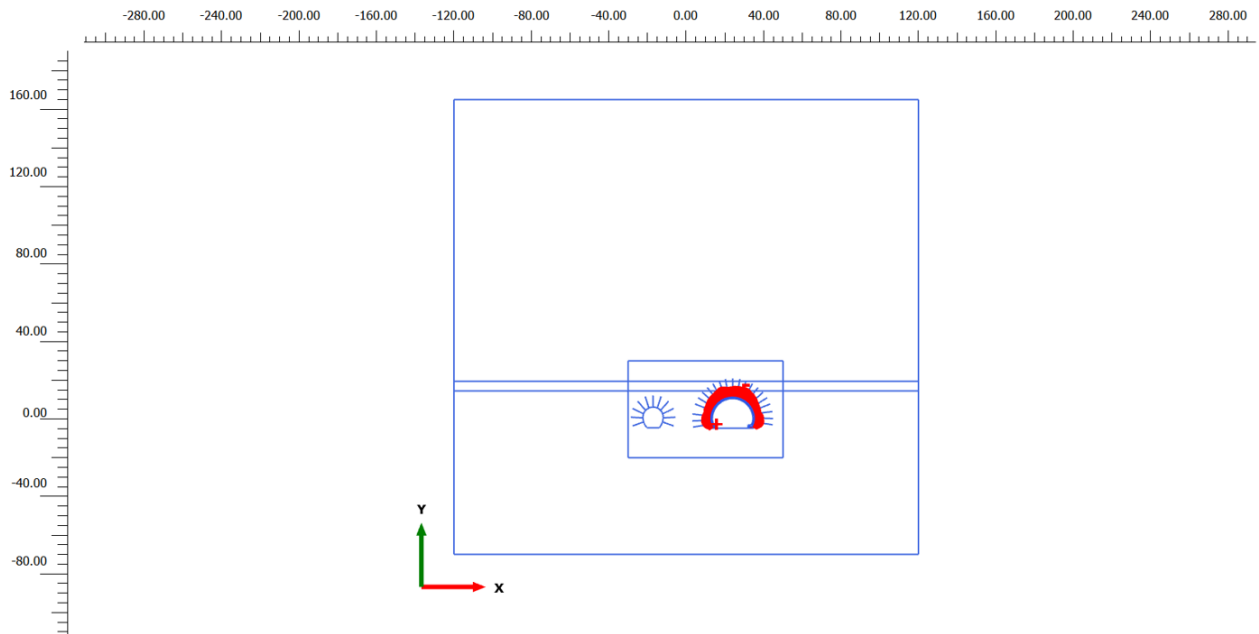
Figura 10-27: Massima sollecitazione di sforzo normale agente sui chiodi



Bending moments M (scaled up 25.0*10³ times)
Maximum value = 0.2803*10⁻³ kN m/m (Element 78 at Node 167802)
Minimum value = -0.2814*10⁻³ kN m/m (Element 87 at Node 179541)

Figura 10-28: Sollecitazione momento flettente Fase 13 Caso B

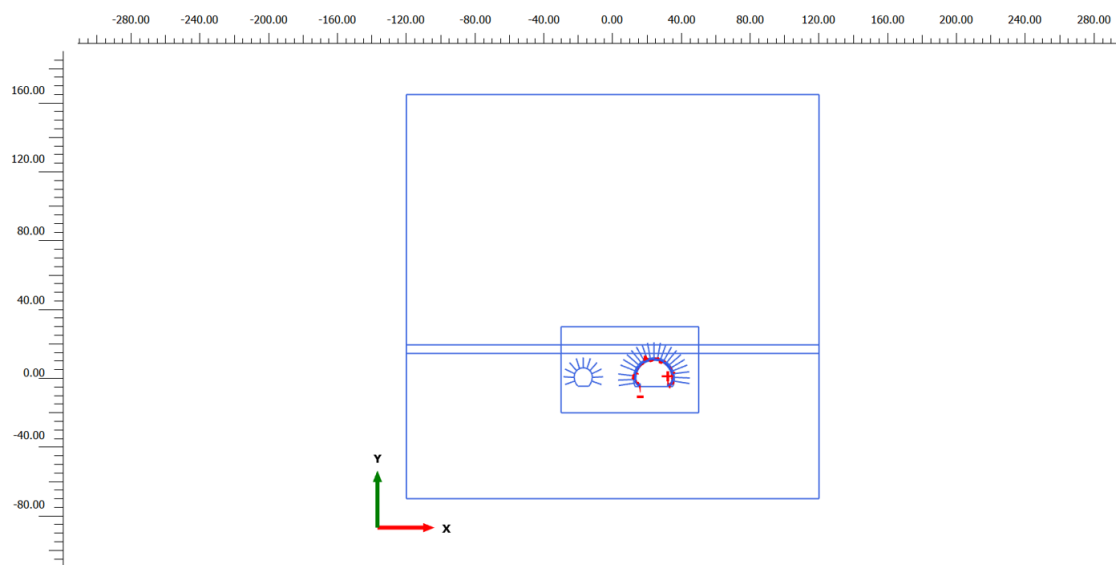
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 79 di 80



Axial forces N (scaled up $1.25 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $0.05438 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 283 at Node 164254)
Minimum value = $-5.233 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 54 at Node 112227)

Figura 10-29: Sollecitazione sforzo assiale Fase 13 Caso B



Shear forces Q (scaled up $10.0 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $0.4078 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 284 at Node 143421)
Minimum value = $-0.4225 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 283 at Node 164260)

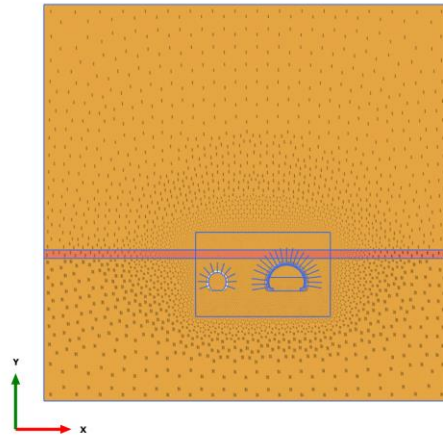
Figura 10-30: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 13 Caso B

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Camerone di montaggio	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0200003	REV. C	FOGLIO. 80 di 80

Allegato Calcolo Plaxis

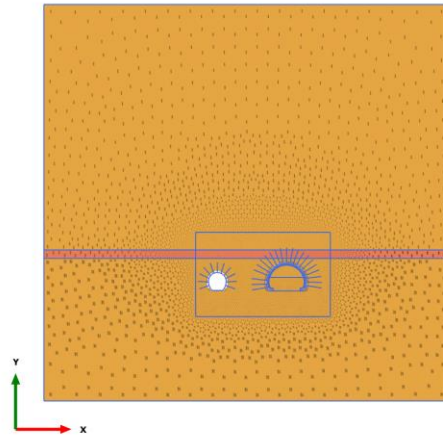
[Click here and press F9 key for TOC](#)

1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Connectivity plot



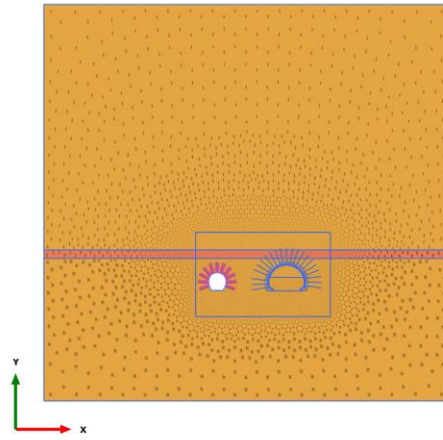
Connectivity plot

1.1.1.2 Calculation results, BD [Phase_7] (7/2), Connectivity plot



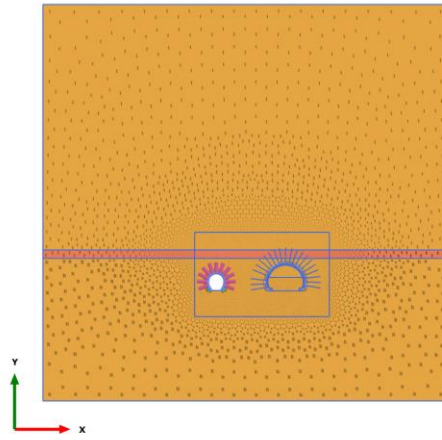
Connectivity plot

1.1.1.3 Calculation results, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Connectivity plot



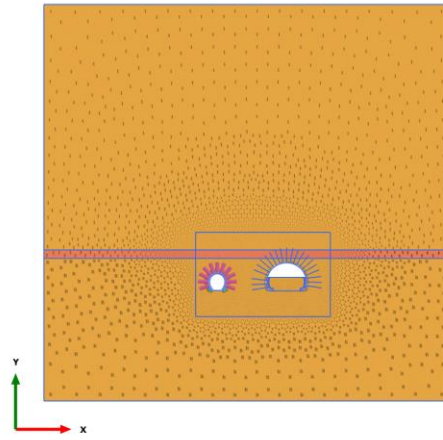
Connectivity plot

1.1.1.4 Calculation results, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Connectivity plot



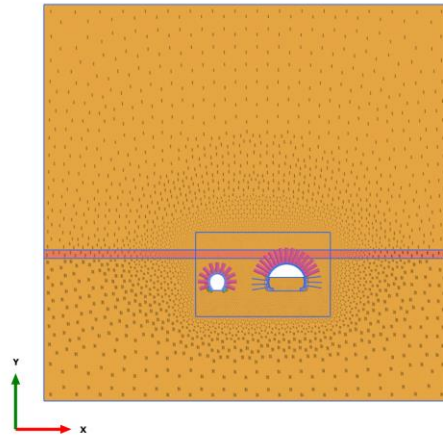
Connectivity plot

1.1.1.5 Calculation results, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Connectivity plot



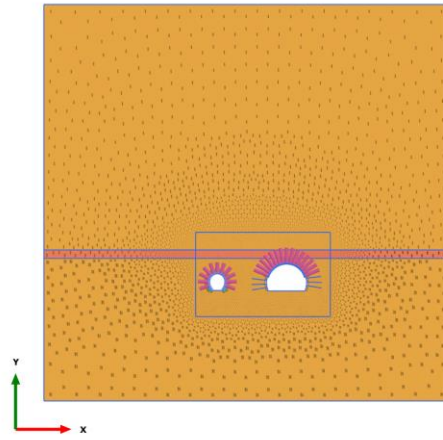
Connectivity plot

1.1.1.6 Calculation results, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Connectivity plot



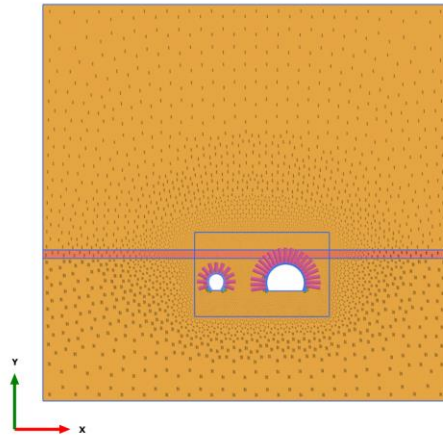
Connectivity plot

1.1.1.7 Calculation results, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Connectivity plot



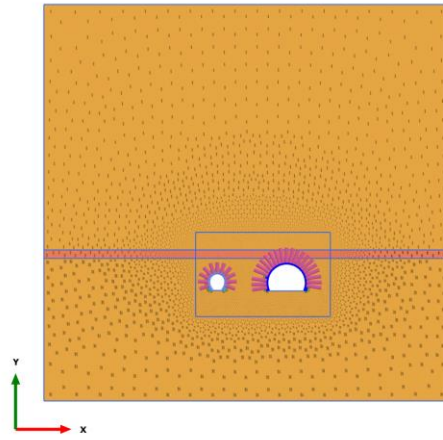
Connectivity plot

1.1.1.8 Calculation results, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Connectivity plot



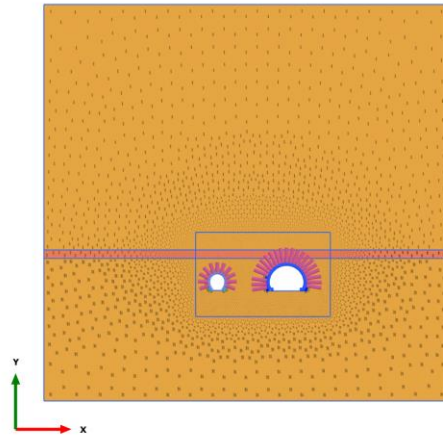
Connectivity plot

1.1.1.9 Calculation results, AR [Phase_8] (8/76), Connectivity plot



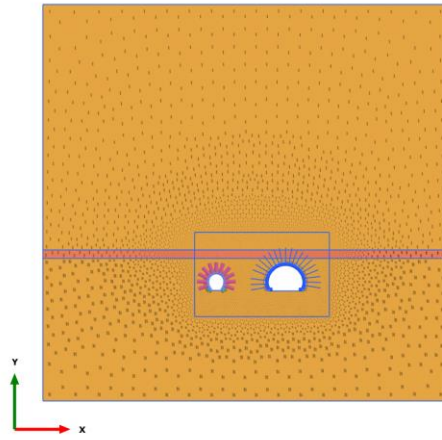
Connectivity plot

1.1.1.10 Calculation results, CAL [Phase_9] (9/79), Connectivity plot



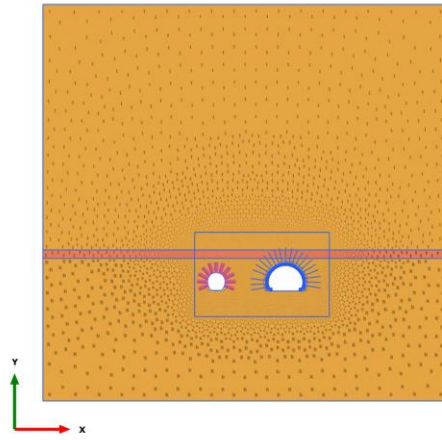
Connectivity plot

1.1.1.11 Calculation results, DEAT [Phase_10] (10/81), Connectivity plot







Connectivity plot

1.1.1.12 Calculation results, LT [Phase_11] (11/83), Connectivity plot




Connectivity plot

1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification number		1	2	3	4
Identification		faglia	p_mass	Faglia_2*	P
Soil model		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained
Colour					
Comments					
γ_{unsat}	kN/m ³	27.00	27.00	27.00	27.00
γ_{sat}	kN/m ³	27.00	27.00	27.00	27.00
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
n_{init}		0.3333	0.3333	0.3333	0.3333
Input method		Direct	Direct	Direct	Direct
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000
E'_{ref}	kN/m ²	1.000E6	5.000E6	1.000E6	9.000E6
ν (nu)		0.2500	0.2500	0.2500	0.2500
G_{ref}	kN/m ²	400.0E3	2.000E6	400.0E3	3.600E6
E_{oed}	kN/m ²	1.200E6	6.000E6	1.200E6	10.80E6
E'_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000
y_{ref}	m	0.000	0.000	0.000	0.000
V_s	m/s	381.2	852.4	381.2	1144
V_p	m/s	660.3	1476	660.3	1981
c'_{ref}	kN/m ²	356.0	521.0	356.0	900.0
ϕ' (phi)	°	32.00	42.00	32.00	42.00
ψ (psi)	°	0.000	0.000	0.000	0.000
c'_{inc}	kN/m ² /m	0.000	0.000	0.000	0.000
y_{ref}	m	0.000	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		True	True	True	True
Tensile strength	kN/m ²	569.0	578.0	569.0	1000
Determination		v-undrained definition	v-undrained definition	v-undrained definition	v-undrained definition
v_u definition method		Direct	Direct	Direct	Direct
$v_{u,equivalent}$ (nu)		0.4950	0.4950	0.4950	0.4950
Skempton B		0.9833	0.9833	0.9833	0.9833
$K_{w,ref/n}$	kN/m ²	39.20E6	196.0E6	39.20E6	352.8E6
Classification type		Standard	Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)		Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μ m	%	10.00	10.00	10.00	10.00
2 μ m - 50 μ m	%	13.00	13.00	13.00	13.00
50 μ m - 2 mm	%	77.00	77.00	77.00	77.00
Use defaults		False	False	False	False
k_x	m/day	0.000	0.000	0.000	0.000
k_y	m/day	0.000	0.000	0.000	0.000
Void ratio dependency		True	True	True	True
c_k		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12
n_{init}		0.3333	0.3333	0.3333	0.3333






Identification number		1	2	3	4
- ψ_{unsat}	m	10.00E3	10.00E3	10.00E3	10.00E3
c_s	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000	0.000
λ_s	kW/m/K	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000
Thermal expansion type		Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic
α_{sv}	1/K	0.000	0.000	0.000	0.000
Phase change		False	False	False	False
D_v	m ² /day	0.000	0.000	0.000	0.000
f_Tv		0.000	0.000	0.000	0.000
Stiffness determination		Derived	Derived	Derived	Derived
Strength determination		Manual	Rigid	Manual	Manual
R_inter		0.6700	1.000	0.6700	0.6700
Consider gap closure		True	True	True	True
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /day/m	0.000	0.000	0.000	0.000
R_thermal	m ² K/kW	0.000	0.000	0.000	0.000
K_0 determination		Manual	Automatic	Manual	Manual
K_0,x		0.9000	0.3309	0.9000	0.9000
K_0,z		0.9000	0.3309	0.9000	0.9000
K_0,x = K_0,z		True	True	True	True

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Linear Elastic


Identification number	5	
Identification	ClS	
Soil model	Linear Elastic	
Drainage type	Drained	
Colour		
Comments		
γ_{unsat}	kN/m ³	25.00
γ_{sat}	kN/m ³	25.00
e_{init}	0.5000	
n_{init}	0.3333	
Input method	Direct	
Rayleigh α	0.000	
Rayleigh β	0.000	
E'_{ref}	kN/m ²	31.45E6
ν (nu)	0.2000	
G_{ref}	kN/m ²	13.10E6
E_{oed}	kN/m ²	34.94E6
E'_{inc}	kN/m ² /m	0.000
γ_{ref}	m	0.000
V_s	m/s	2268
V_p	m/s	3703
Determination	v-undrained definition	
v_u definition method	Direct	
$v_{u,\text{equivalent}}$ (nu)	0.4950	
Skempton B	0.9866	
$K_{w,\text{ref}/n}$	kN/m ²	1.289E9
Classification type	Standard	
Soil class (Standard)	Coarse	
< 2 μm	%	10.00
2 μm - 50 μm	%	13.00

Identification number		5
50 μm - 2 mm	%	77.00
Use defaults		False
k_x	m/day	0.000
k_y	m/day	0.000
Void ratio dependency		True
c_k		1000E12
n_init		0.3333
$-\psi_{\text{unsat}}$	m	10.00E3
c_s	kJ/t/K	0.000
λ_s	kW/m/K	0.000
ρ_s	t/m ³	0.000
Thermal expansion type		Isotropic
α_{sv}	1/K	0.000
Phase change		False
D_v	m ² /day	0.000
f_Tv		0.000
Stiffness determination		Derived
Strength determination		Rigid
R_inter		1.000
Consider gap closure		True
Cross permeability		Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /day/m	0.000
R_thermal	m ² K/kW	0.000
K_0 determination		Automatic
K_0,x		0.5000
K_0,z		0.5000

1.1.2.2 Materials - Plates

Identification number		1	2	3	4	5
Identification		HEB220	50%_HEB220	Riv.def	5cm	2IPN180
Material type		Elastic	Elastic	Elastic	Elastic	Elastic
Colour						
Comments		30cm	30cm			
w	kN/m/m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Input method		Direct	Direct	Direct	Direct	Direct
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Prevent punching		False	False	False	False	False
Isotropic		True	True	False	False	False
EA_1	kN/m	11.80E6	6.920E6	31.45	1.572	11.12E6
EA_2	kN/m	11.80E6	6.920E6	31.45	1.572	11.12E6
E_1	kN/m ²	38.81E6	22.51E6	31.45	31.45	37.61E6
E_2	kN/m ²	38.81E6	22.51E6	31.45	31.45	37.61E6
EI	kN m ² /m	90.88E3	54.51E3	2.621	0.3276E-3	81.00E3
ν (nu)		0.2000	0.2000	0.000	0.000	0.000
d	m	0.3040	0.3075	1.000	0.05000	0.2957
c	kJ/t/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
λ	kW/m/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ρ	t/m ³	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
α	1/K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A_eff,T	m ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

1.1.2.3 Materials - Embedded beams

Identification number		1
Identification		Chiodi
Material type		Elastic
Colour		
Comments		
Y	kN/m ³	78.00
Input method		Direct
Rayleigh α		0.000
Rayleigh β		0.000
L_spacing	m	2.000
Cross section type		Predefined
Predefined cross section type		Solid circular beam
Diameter	m	0.03200
A	m ²	0.8042E-3
I	m ⁴	0.05147E-6
E	kN/m ²	2.100E9
Axial skin resistance		Linear
T_skin, start, max	kN/m	10.00
T_skin, end, max	kN/m	10.00
Lateral resistance		Unlimited
F_max	kN	0.000
Default values		True
Axial stiffness factor		0.1125
Lateral stiffness factor		0.1125
Base stiffness factor		1.125

1.1.3.1 Step info

Iter. [No.]	Global error []	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
-------------	-----------------	------------------	------------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------------------	--------------------

1.1.3.2 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-15}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	128.502	0	0	0	0	0	0	0
2	116.072	0	0	0	0	0	0	0

1.1.3.3 Step info

Iter. [No.]	Global error [10 ⁻⁶]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	613.545	132	0	108	348	348	0	0
2	430.268	127	0	0	348	0	0	0

1.1.3.4 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-3}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	1.172	948	0	184	368	356	0	0
2	1.085	945	0	9	368	0	0	0

1.1.3.5 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-3}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	1.559	619	0	113	208	12	0	0
2	1.267	616	0	14	209	63	0	0
3	1.039	616	0	15	210	71	0	0
4	0.914	613	0	13	211	59	0	0
5	0.814	611	0	14	211	37	0	0
6	0.734	608	0	12	211	21	0	0

1.1.3.6 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-3}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	4.181	1797	0	1013	1598	82	0	0
2	2.322	1814	0	17	1598	162	0	0

1.1.3.7 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-3}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	2.151	1526	0	495	1348	79	0	0
2	1.207	1541	0	27	1347	200	0	0
3	1.027	1531	0	21	1343	185	0	0
4	0.919	1519	0	12	1341	188	0	0
5	0.857	1506	0	10	1340	179	0	0
6	0.807	1492	0	9	1339	169	0	0
7	0.758	1480	0	9	1339	151	0	0
8	0.717	1465	0	8	1338	137	0	0
9	0.682	1451	0	8	1338	112	0	0

1.1.3.8 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-3}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	6.978	2431	0	843	1554	814	2	2
2	6.190	2411	0	62	1552	112	2	2

1.1.3.9 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-3}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	1.058	1586	0	35	1419	9	1	1
2	0.970	1579	0	25	1462	167	1	1
3	0.916	1572	0	25	1477	160	1	1
4	0.876	1540	0	24	1488	160	1	1
5	0.846	1528	0	24	1495	159	1	1
6	0.821	1507	0	24	1494	156	1	1
7	0.802	1492	0	23	1496	154	1	1
8	0.785	1487	0	23	1497	150	1	1

1.1.3.10 Step info

Iter. [No.]	Global error [10 ⁻³]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	19.532	5124	0	1544	1934	1632	3	3
2	12.902	5137	0	8	1927	410	3	0
3	10.951	5097	0	5	1921	375	3	0
4	9.814	5061	0	4	1919	321	3	0
5	9.186	5011	0	3	1915	269	3	0
6	8.722	4976	0	2	1915	204	3	0
7	8.343	4921	0	2	1913	187	3	0

1.1.3.11 Step info

Iter. [No.]	Global error [10^{-3}]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	21.317	6624	0	22	134	0	0	0
2	17.256	6645	0	14	149	0	0	0

1.1.3.12 Step info

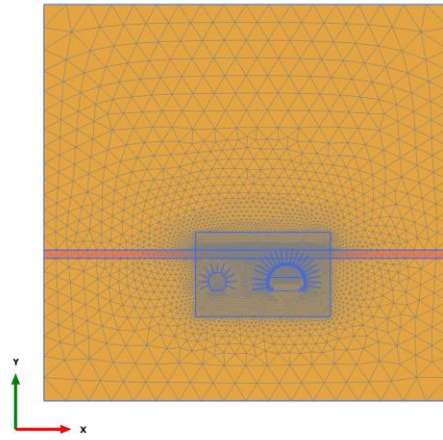
Iter. [No.]	Global error [10 ⁻³]	Plastic [Points]	Plastic cap + [Hard. points]	Inacc. [Pl. pts.]	Plastic [Intf. pts.]	Inacc. [Intf. pts.]	Apex & [Tension]	Inacc. [Apx. pts.]
1	45.996	5520	0	841	335	24	1	1
2	34.506	5457	0	0	343	290	1	0
3	31.083	5371	0	0	347	276	1	0
4	28.355	5293	0	0	350	266	1	0
5	26.626	5222	0	0	350	252	1	0
6	25.255	5137	0	0	351	228	1	0
7	24.058	5080	0	0	352	198	1	0
8	23.114	5027	0	0	352	165	1	0
9	22.284	4972	0	0	352	132	1	0
10	21.636	4934	0	0	352	101	1	0
11	21.027	4894	0	0	352	72	1	0
12	20.486	4855	0	0	352	61	1	0
13	19.956	4805	0	0	352	52	2	0
14	19.442	4773	0	0	352	51	2	0
15	18.939	4752	0	0	352	45	2	0
16	18.551	4726	0	0	352	40	2	0
17	18.231	4673	0	0	352	28	2	0

1.1.4.1 Plate

1.1.4.2 Interface

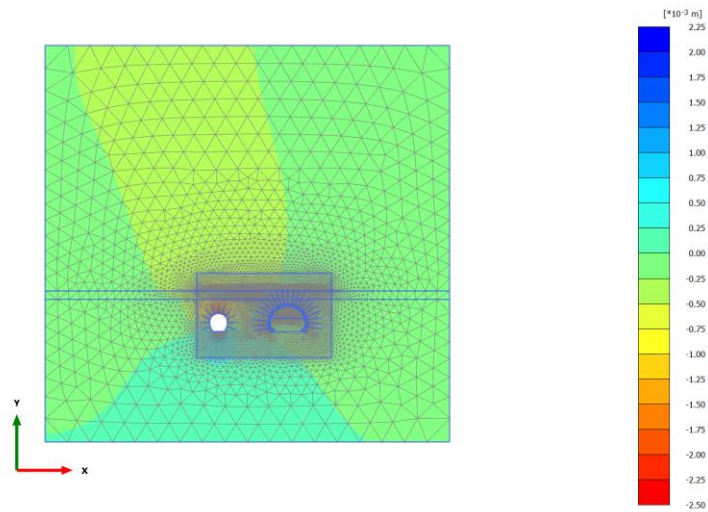
1.1.4.3 Embedded beam row

2.1.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_y



Total displacements u_y (at true scale)
Uniform value of 0.000 m

2.1.1.1.2 Calculation results, BD [Phase_7] (7/2), Total displacements u_y

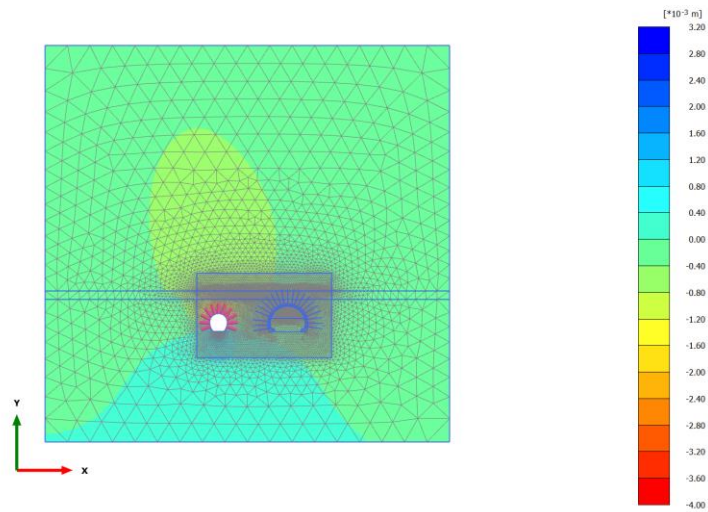


Total displacements u_y (scaled up $2.00 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $2.013 \cdot 10^{-3}$ m (Element 21308 at Node 46011)

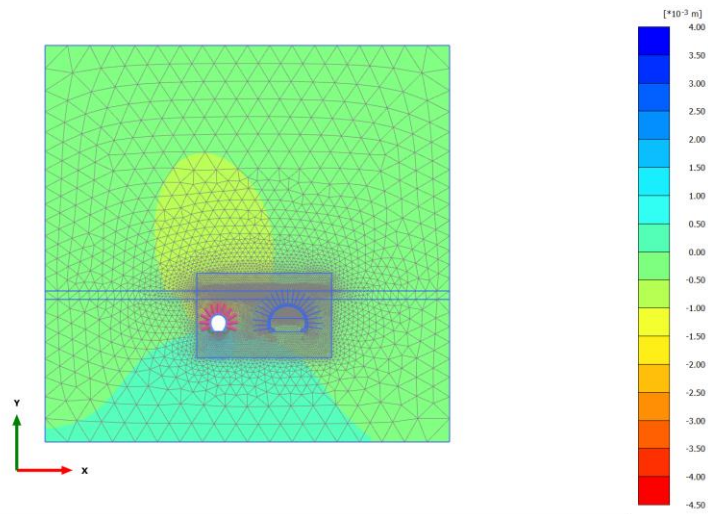
Minimum value = $-2.448 \cdot 10^{-3}$ m (Element 17888 at Node 63004)

2.1.1.1.3 Calculation results, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Total displacements u_y



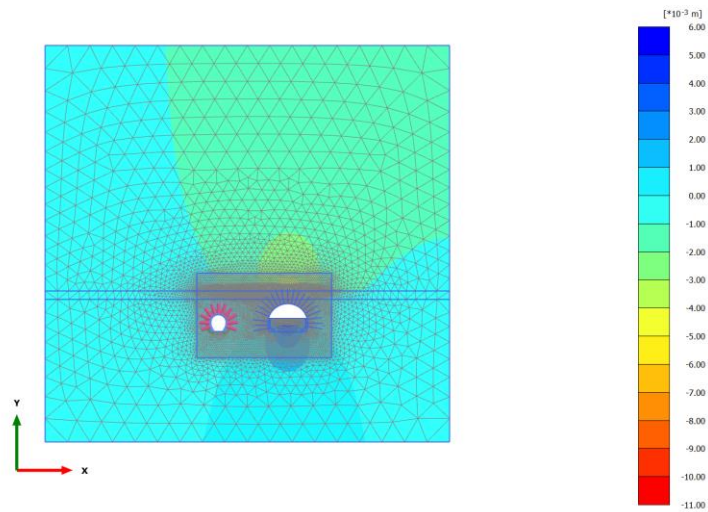
Total displacements u_y (scaled up $2.00 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $3.010 \cdot 10^{-3}$ m (Element 21308 at Node 46011)
Minimum value = $-3.648 \cdot 10^{-3}$ m (Element 17889 at Node 62978)

2.1.1.1.4 Calculation results, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Total displacements u_y



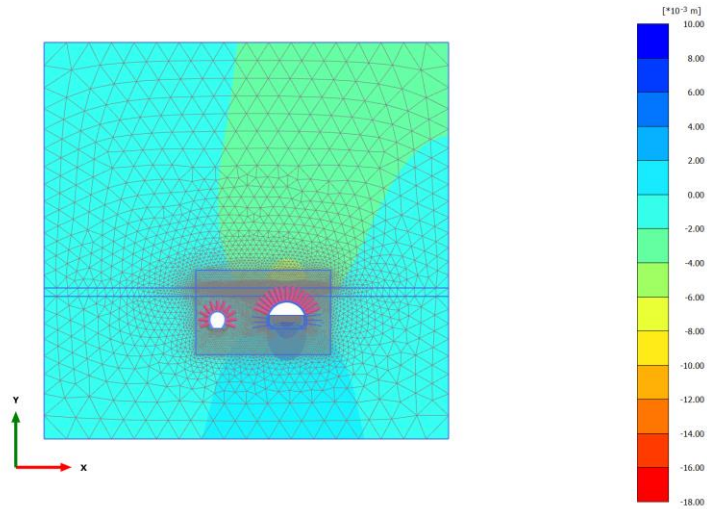
Total displacements u_y (scaled up $1.00 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $3.899 \cdot 10^{-3}$ m (Element 21307 at Node 45779)
Minimum value = $-4.392 \cdot 10^{-3}$ m (Element 17889 at Node 62978)

2.1.1.1.5 Calculation results, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Total displacements u_y



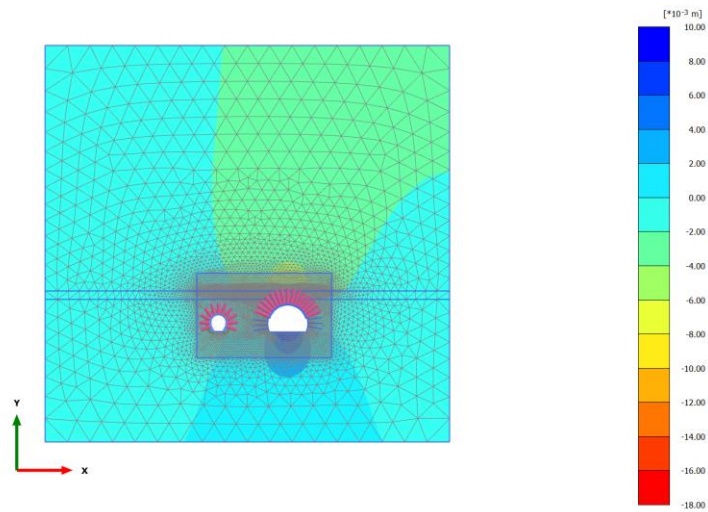
Total displacements u_y (scaled up 500 times)
Maximum value = $5.146 \cdot 10^{-3}$ m (Element 15138 at Node 159661)
Minimum value = -0.01064 m (Element 9553 at Node 148669)

2.1.1.1.6 Calculation results, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Total displacements u_y



Total displacements u_y (scaled up 500 times)
Maximum value = 8.195×10^{-3} m (Element 15138 at Node 159661)
Minimum value = -0.01650 m (Element 9553 at Node 148669)

2.1.1.1.7 Calculation results, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Total displacements u_y

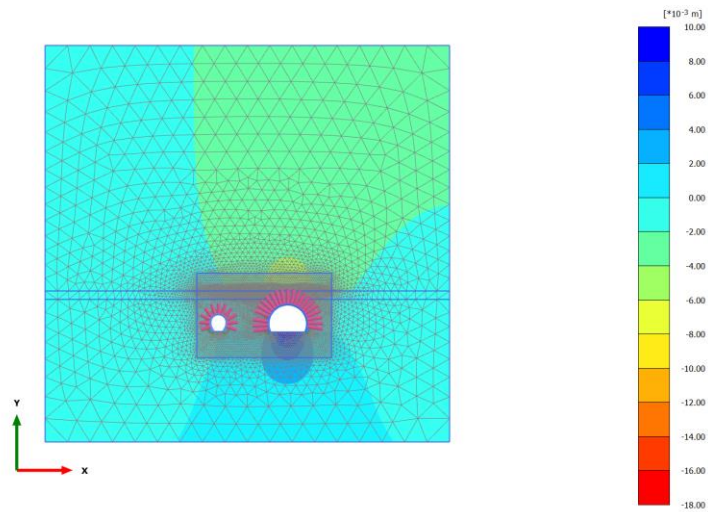


Total displacements u_y (scaled up 500 times)

Maximum value = 8.114*10⁻³ m (Element 15237 at Node 159123)

Minimum value = -0.01617 m (Element 9553 at Node 148669)

2.1.1.1.8 Calculation results, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Total displacements u_y

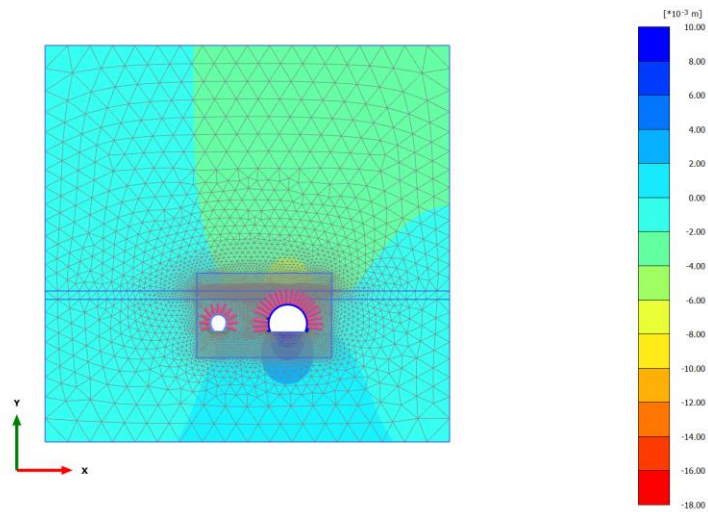


Total displacements u_y (scaled up 500 times)

Maximum value = $9.778 \cdot 10^{-3}$ m (Element 15237 at Node 159124)

Minimum value = -0.01644 m (Element 9553 at Node 148669)

2.1.1.1.9 Calculation results, AR [Phase_8] (8/76), Total displacements u_y

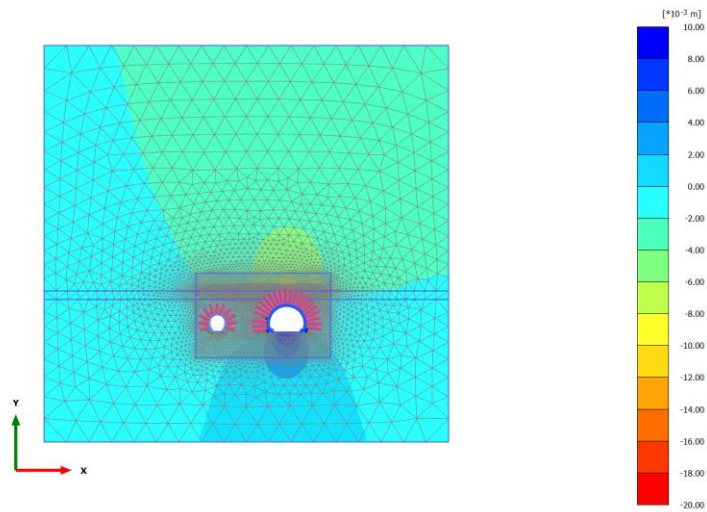


Total displacements u_y (scaled up 500 times)

Maximum value = 9.780*10⁻³ m (Element 15237 at Node 159124)

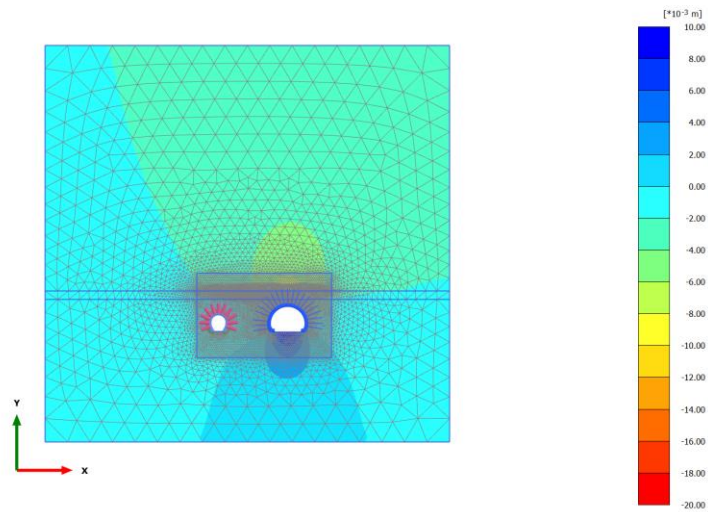
Minimum value = -0.01644 m (Element 9553 at Node 148669)

2.1.1.1.10 Calculation results, CAL [Phase_9] (9/79), Total displacements u_y



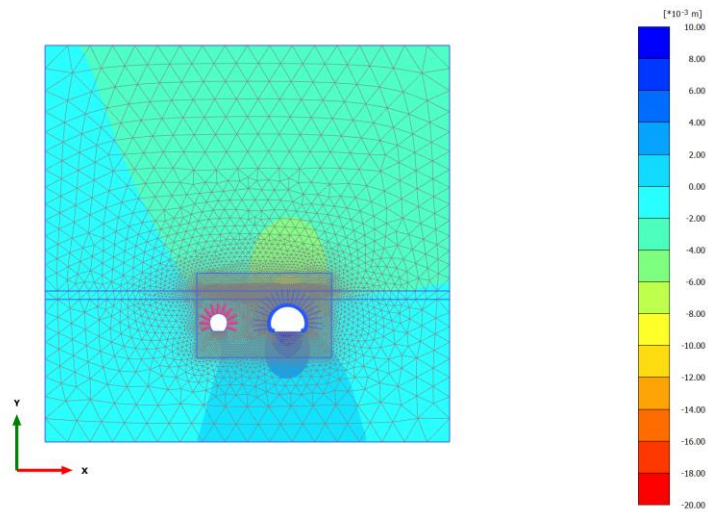
Total displacements u_y (scaled up 500 times)
Maximum value = 9.514 $\times 10^{-3}$ m (Element 15237 at Node 159124)
Minimum value = -0.01901 m (Element 11664 at Node 142052)

2.1.1.1.11 Calculation results, DEAT [Phase_10] (10/81), Total displacements u_y



Total displacements u_y (scaled up 500 times)
Maximum value = 9.537×10^{-3} m (Element 15237 at Node 159124)
Minimum value = -0.01961 m (Element 11664 at Node 142052)

2.1.1.1.12 Calculation results, LT [Phase_11] (11/83), Total displacements u_y

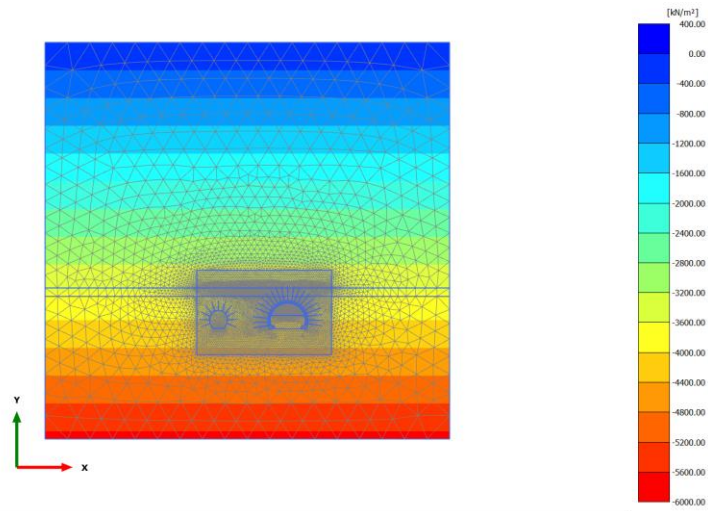


Total displacements u_y (scaled up 500 times)

Maximum value = 9.518×10^{-3} m (Element 15237 at Node 159124)

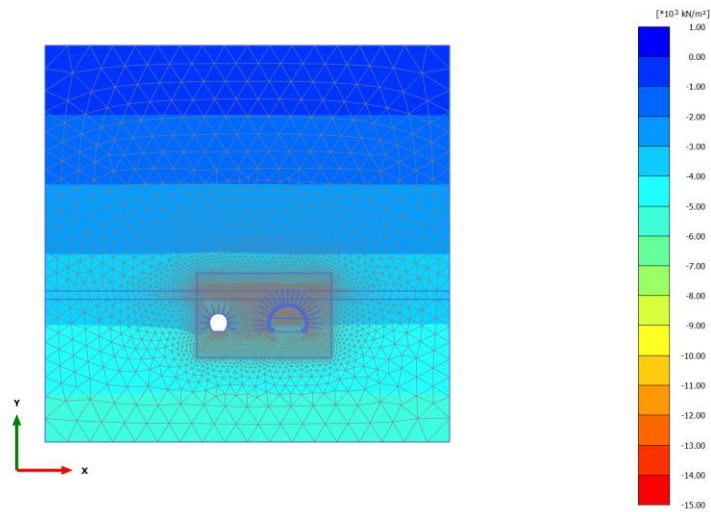
Minimum value = -0.01996 m (Element 11664 at Node 142052)

2.2.1.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Cartesian total stress σ_{xx}



Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.01291 kN/m² (Element 2 at Node 36)
Minimum value = -5711 kN/m² (Element 21819 at Node 61276)

2.2.1.1.2 Calculation results, BD [Phase_7] (7/2), Cartesian total stress σ_{xx}

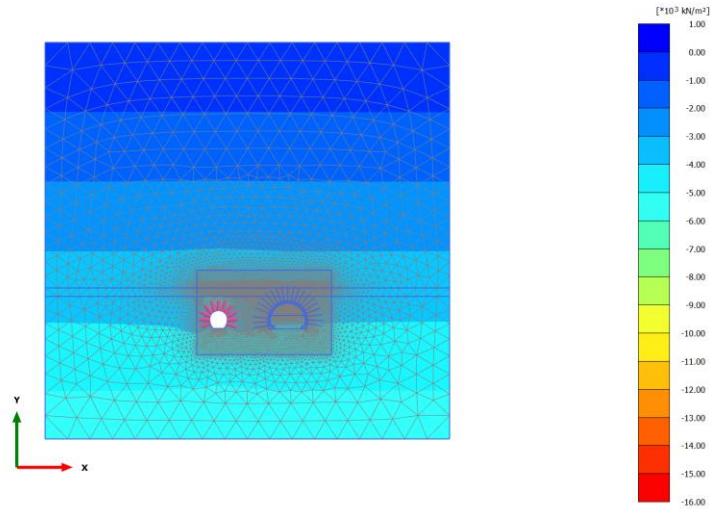


Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 5.573 kN/m² (Element 1 at Node 1162)

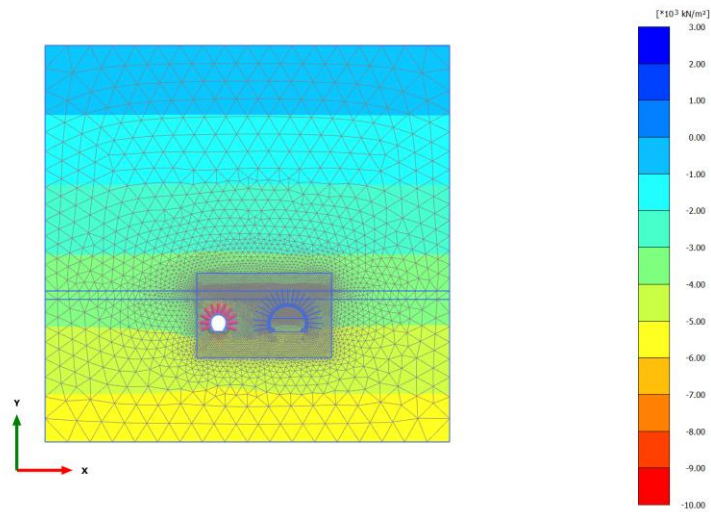
Minimum value = $-14.18 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 21229 at Node 64609)

2.2.1.1.3 Calculation results, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Cartesian total stress σ_{xx}



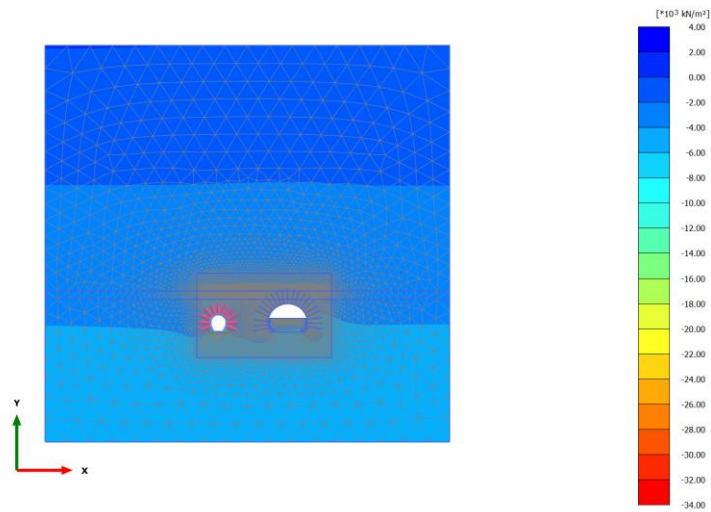
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 8.321 kN/m² (Element 1 at Node 1162)
Minimum value = $-15.60 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 20423 at Node 31060)

2.2.1.1.4 Calculation results, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Cartesian total stress σ_{xx}



Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2249 kN/m² (Element 21806 at Node 64615)
Minimum value = -9045 kN/m² (Element 20423 at Node 31063)

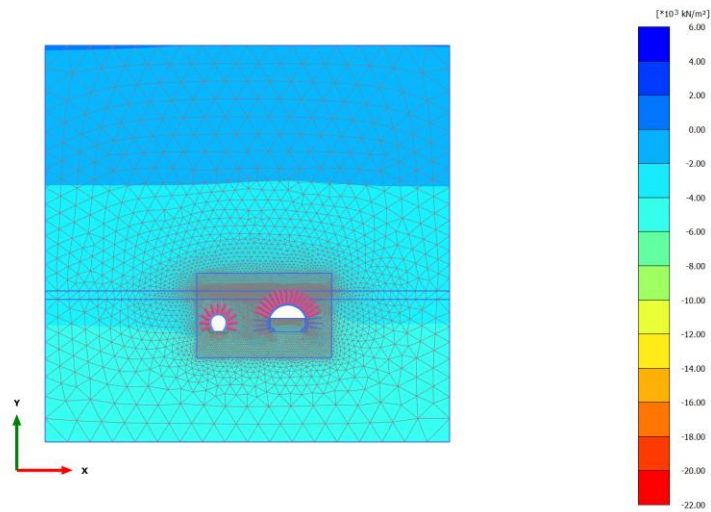
2.2.1.1.5 Calculation results, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Cartesian total stress σ_{xx}



Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.200 \cdot 10^{-3}$ times)

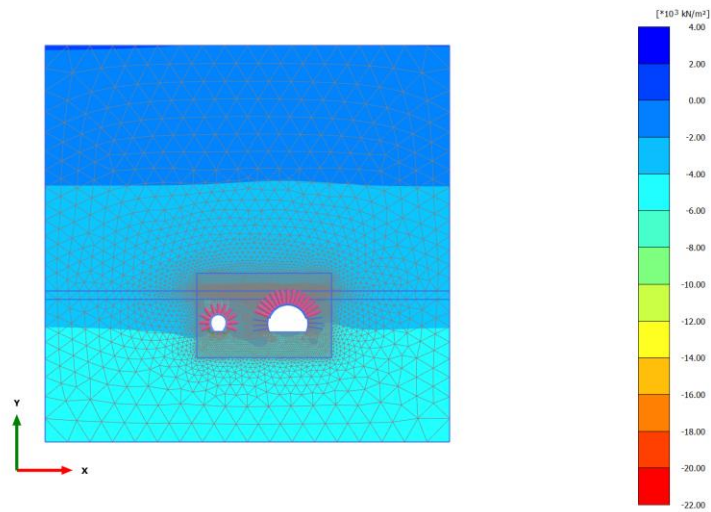
Maximum value = 2329 kN/m² (Element 21806 at Node 64615)
 Minimum value = $-32.96 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 11303 at Node 114909)

2.2.1.1.6 Calculation results, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Cartesian total stress σ_{xx}



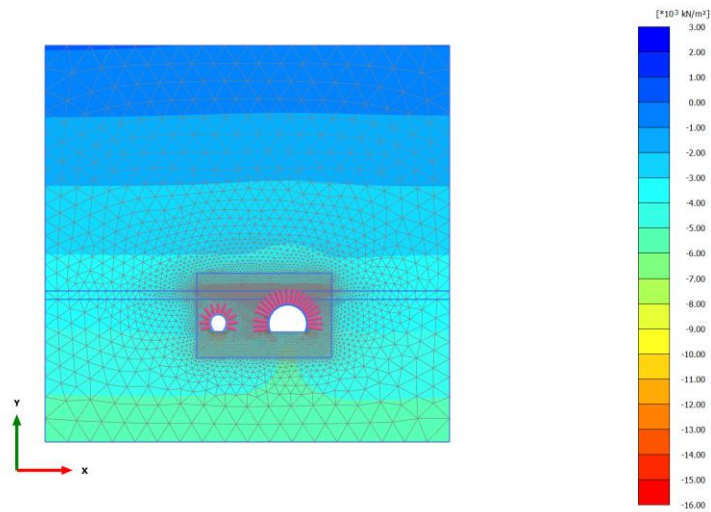
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 4537 kN/m^2 (Element 11303 at Node 114904)
Minimum value = $-20.53 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ (Element 11303 at Node 114909)

2.2.1.1.7 Calculation results, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Cartesian total stress σ_{xx}



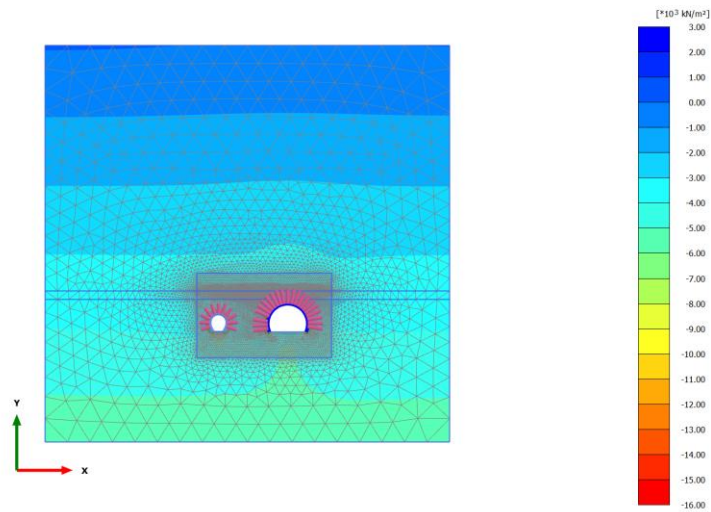
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2210 kN/m² (Element 21806 at Node 64615)
Minimum value = -21.84 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 21080 at Node 127875)

2.2.1.1.8 Calculation results, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Cartesian total stress σ_{xx}



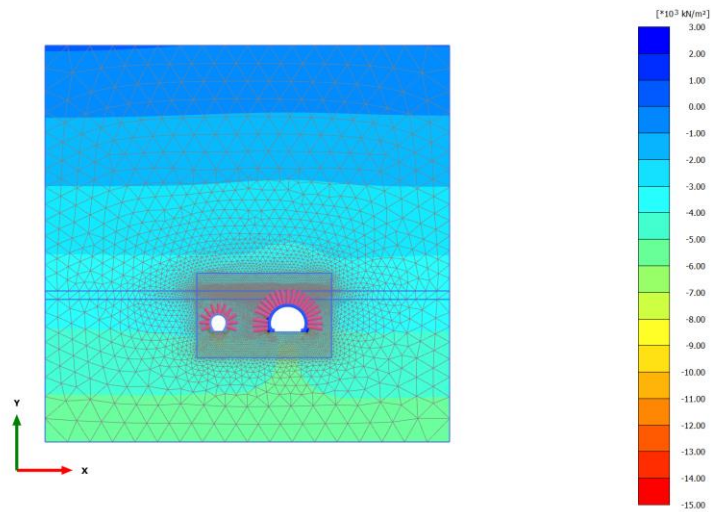
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2901 kN/m² (Element 21681 at Node 124684)
Minimum value = $-15.33 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 21080 at Node 127879)

2.2.1.1.9 Calculation results, AR [Phase_8] (8/76), Cartesian total stress σ_{xx}



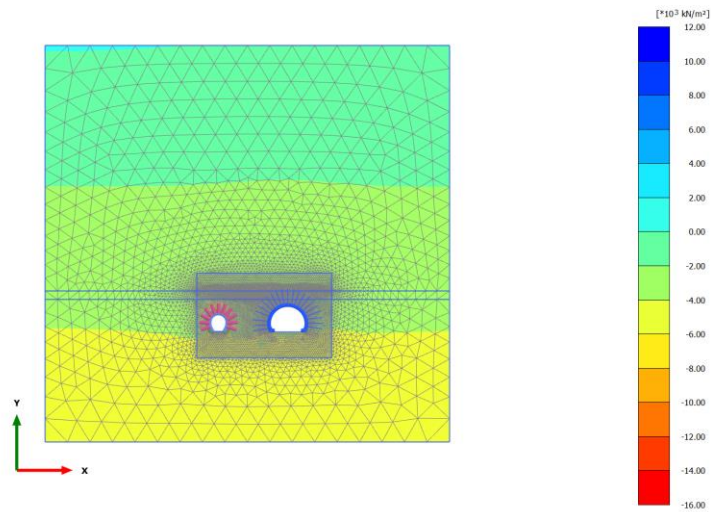
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
 Maximum value = 2897 kN/m² (Element 21681 at Node 124684)
 Minimum value = $-15.30 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 21080 at Node 127879)

2.2.1.1.10 Calculation results, CAL [Phase_9] (9/79), Cartesian total stress σ_{xx}



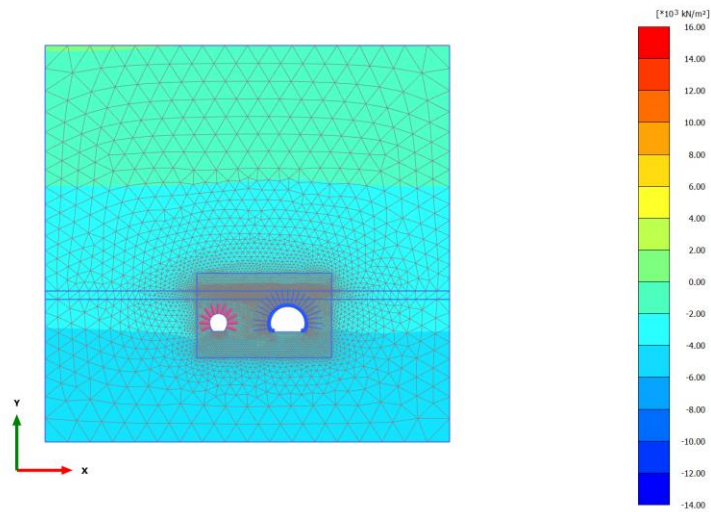
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2751 kN/m² (Element 21681 at Node 124684)
Minimum value = -14.91*10³ kN/m² (Element 21080 at Node 127879)

2.2.1.1.11 Calculation results, DEAT [Phase_10] (10/81), Cartesian total stress σ_{xx}



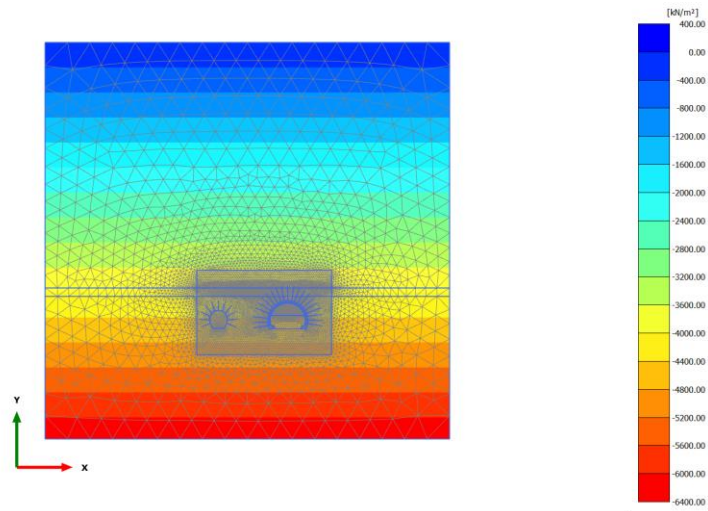
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = $11.85 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 15177 at Node 127875)
Minimum value = $-14.14 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 21080 at Node 127090)

2.2.1.1.12 Calculation results, LT [Phase_11] (11/83), Cartesian total stress σ_{xx}



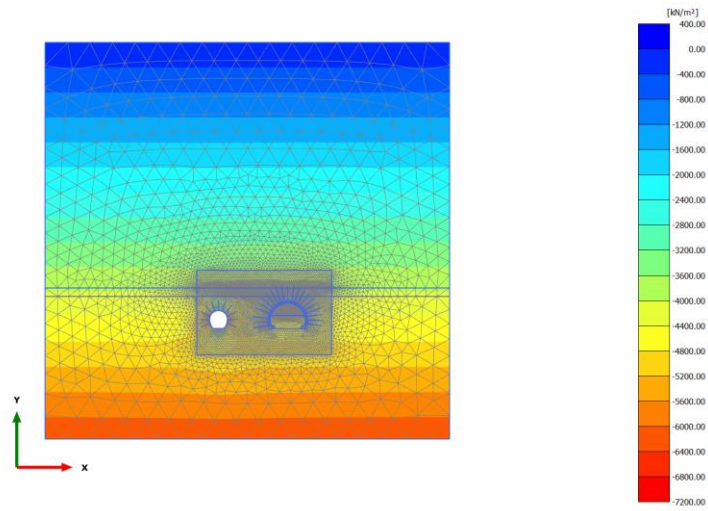
Cartesian total stress σ_{xx} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = $14.55 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ (Element 15177 at Node 127875)
Minimum value = $-13.80 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$ (Element 21080 at Node 127090)

2.2.1.2.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Cartesian total stress σ_{yy}



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.01435 kN/m² (Element 2 at Node 36)
Minimum value = -6345 kN/m² (Element 21819 at Node 61276)

2.2.1.2.2 Calculation results, BD [Phase_7] (7/2), Cartesian total stress σ_{yy}

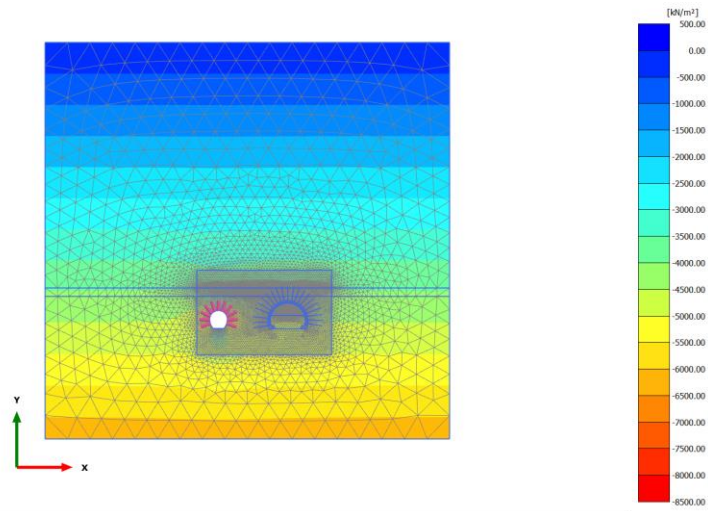


Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 0.02004 kN/m² (Element 2 at Node 36)

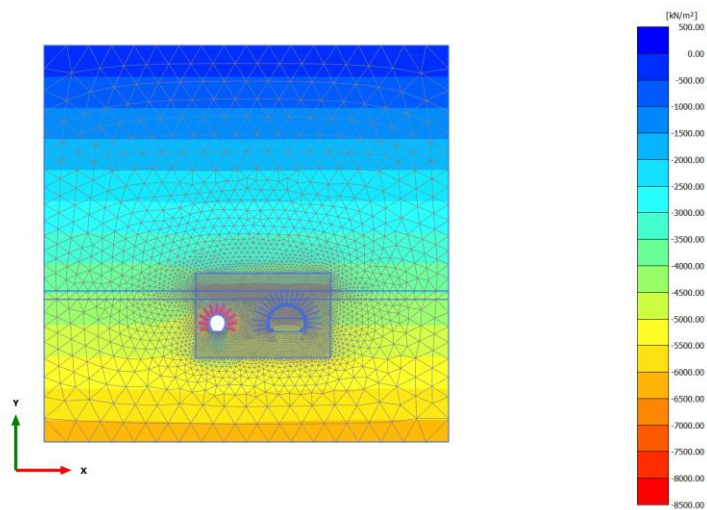
Minimum value = -7109 kN/m² (Element 19362 at Node 28842)

2.2.1.2.3 Calculation results, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Cartesian total stress σ_{yy}



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0.02285 kN/m² (Element 2 at Node 36)
Minimum value = -8117 kN/m² (Element 19362 at Node 27368)

2.2.1.2.4 Calculation results, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Cartesian total stress σ_{yy}

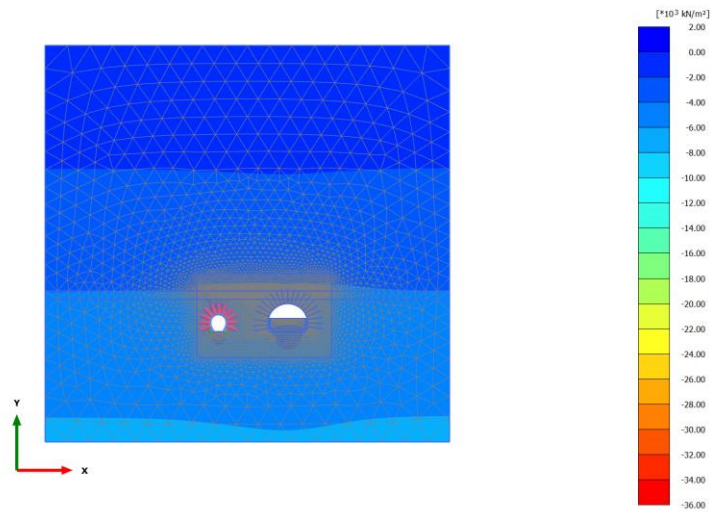


Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 400.4 kN/m² (Element 19954 at Node 44680)

Minimum value = -8185 kN/m² (Element 19173 at Node 85558)

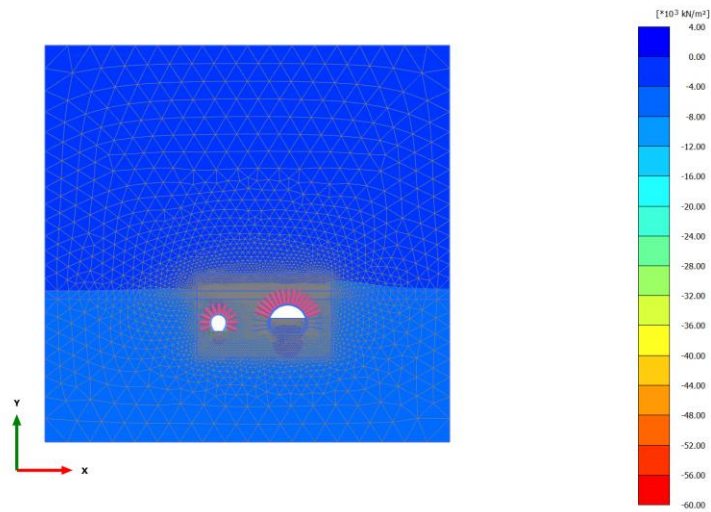
2.2.1.2.5 Calculation results, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Cartesian total stress σ_{yy}



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.200 \cdot 10^{-3}$ times)

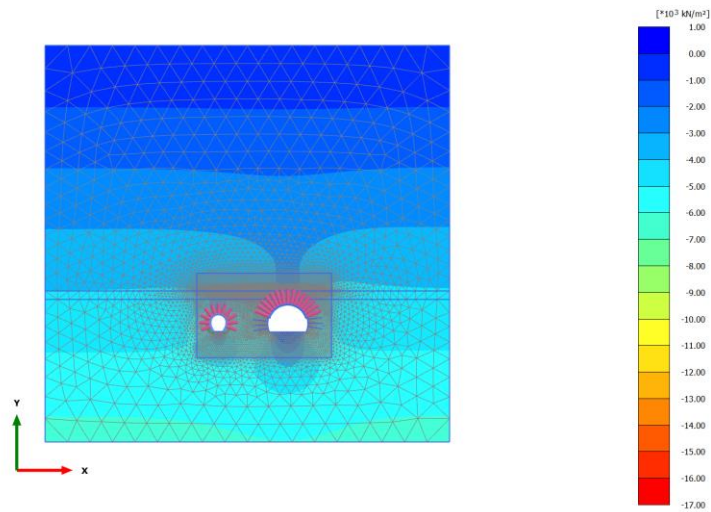
Maximum value = 385.7 kN/m² (Element 19954 at Node 44680)
Minimum value = -35.19 * 10³ kN/m² (Element 21710 at Node 114913)

2.2.1.2.6 Calculation results, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Cartesian total stress σ_{yy}



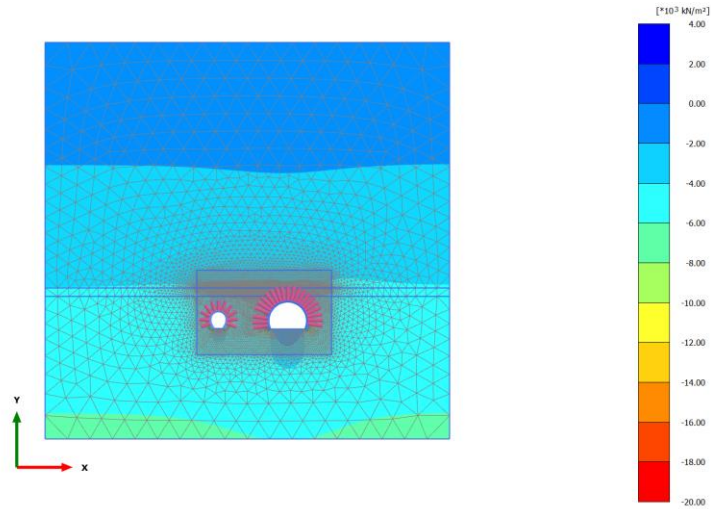
Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.200 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2260 kN/m² (Element 11303 at Node 114904)
Minimum value = -56.59 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 11303 at Node 114909)

2.2.1.2.7 Calculation results, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Cartesian total stress σ_{yy}



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 875.7 kN/m² (Element 21806 at Node 64615)
Minimum value = -16.89 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 21720 at Node 114917)

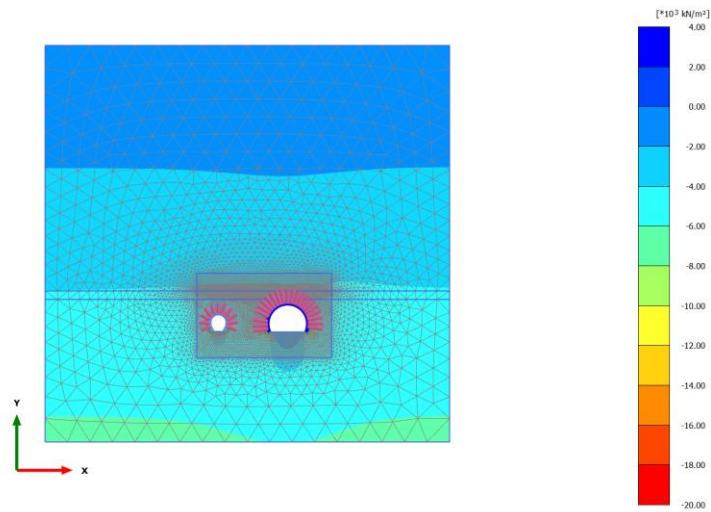
2.2.1.2.8 Calculation results, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Cartesian total stress σ_{yy}



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)

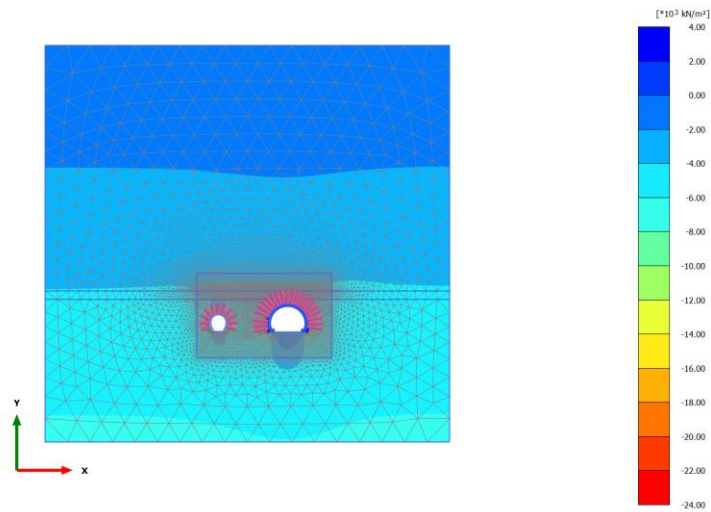
Maximum value = 2606 kN/m² (Element 21681 at Node 124684)
Minimum value = -19.15*10³ kN/m² (Element 21080 at Node 127879)

2.2.1.2.9 Calculation results, AR [Phase_8] (8/76), Cartesian total stress σ_{yy}



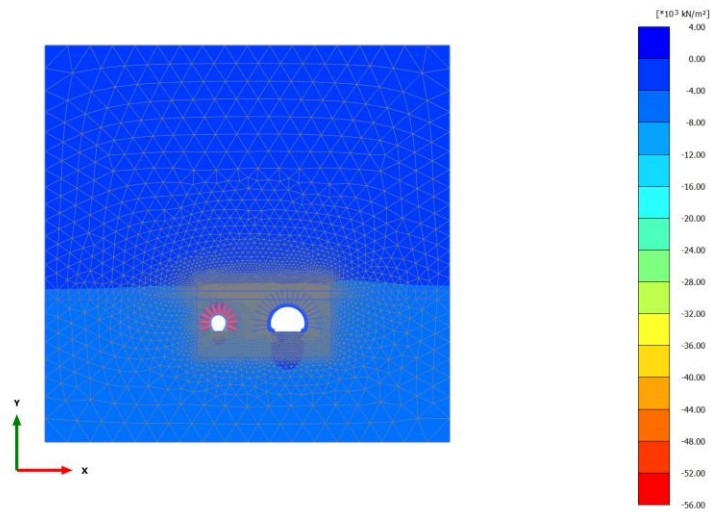
Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2520 kN/m² (Element 21681 at Node 124684)
Minimum value = -19.11 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 21080 at Node 127879)

2.2.1.2.10 Calculation results, CAL [Phase_9] (9/79), Cartesian total stress σ_{yy}



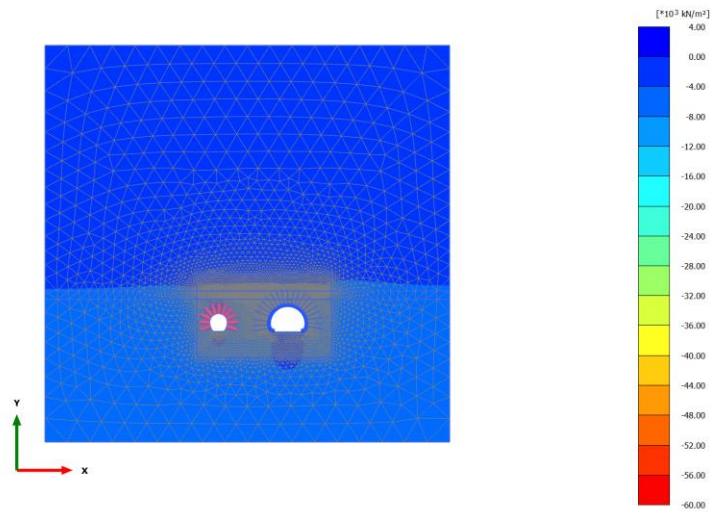
Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
 Maximum value = 2948 kN/m² (Element 21681 at Node 124683)
 Minimum value = $-22.48 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 21080 at Node 127879)

2.2.1.2.11 Calculation results, DEAT [Phase_10] (10/81), Cartesian total stress σ_{yy}



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.200 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 1601 kN/m² (Element 21681 at Node 124683)
Minimum value = -54.29 $\cdot 10^3$ kN/m² (Element 15177 at Node 127875)

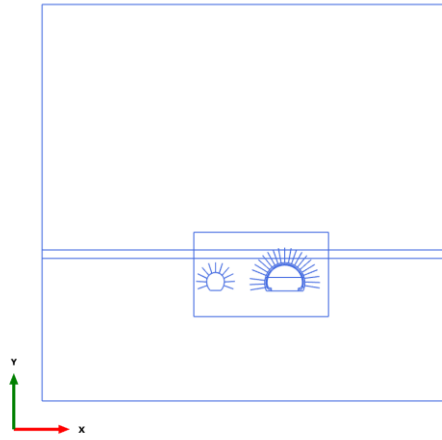
2.2.1.2.12 Calculation results, LT [Phase_11] (11/83), Cartesian total stress σ_{yy}



Cartesian total stress σ_{yy} (scaled up $0.200 \cdot 10^{-3}$ times)

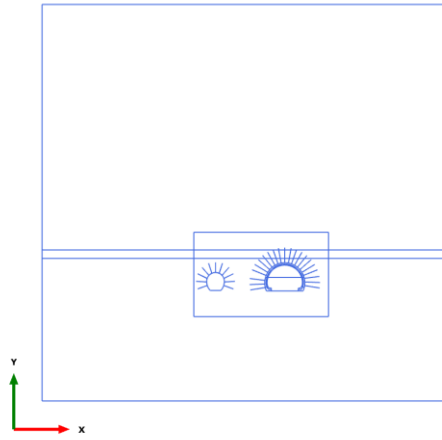
Maximum value = 2040 kN/m² (Element 21681 at Node 124683)
 Minimum value = $-56.62 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 15177 at Node 127875)

3.1.1.1.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q



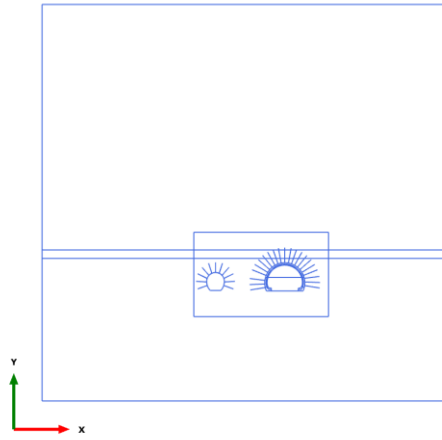
Shear forces Q (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.1.2 Calculation results, Plate, BD [Phase_7] (7/2), Shear forces Q



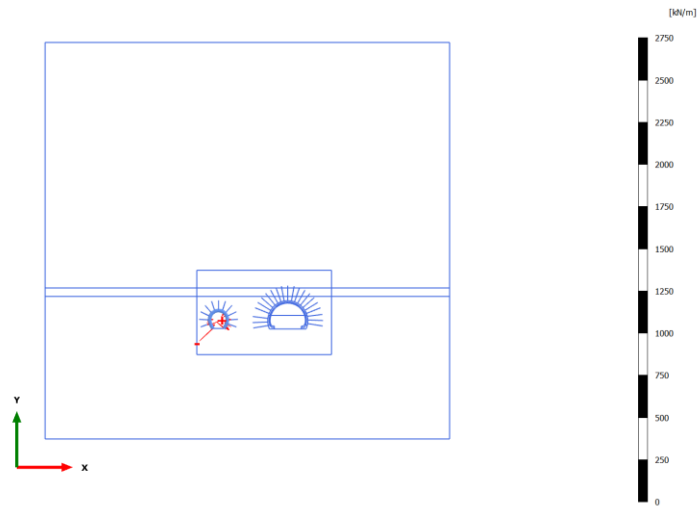
Shear forces Q (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Shear forces Q



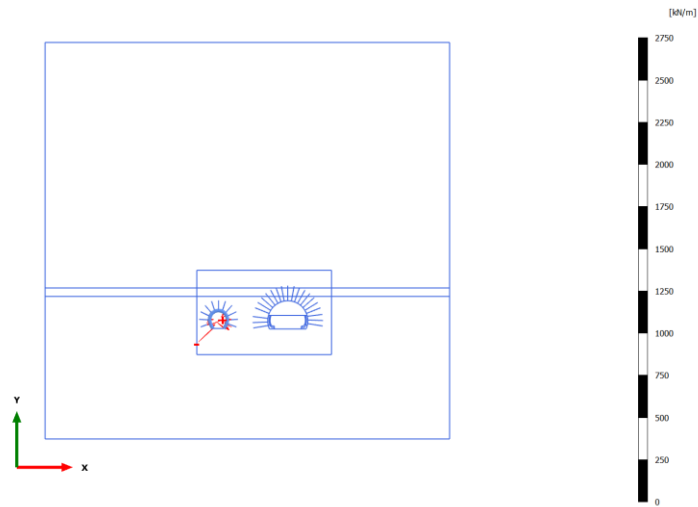
Shear forces Q (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Shear forces Q



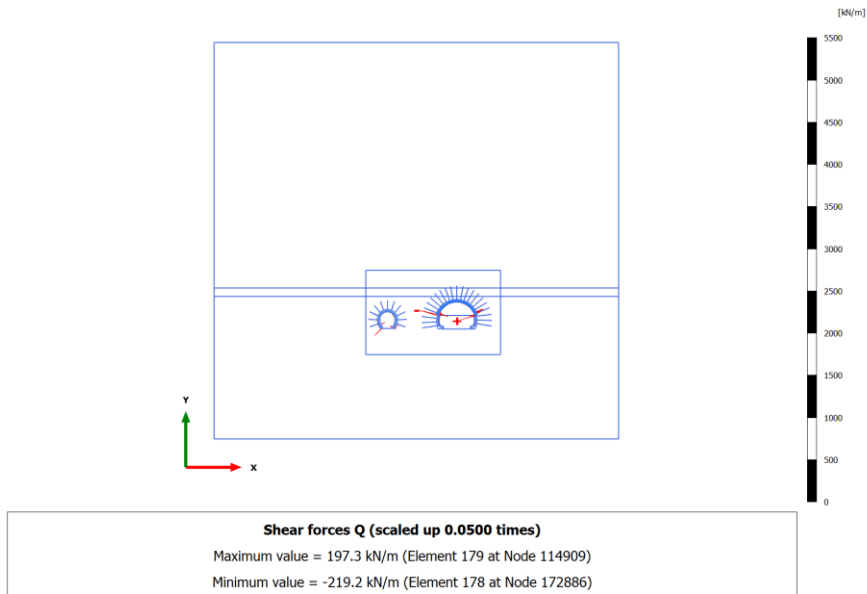
Shear forces Q (scaled up 0.100 times)
Maximum value = 55.23 kN/m (Element 252 at Node 26634)
Minimum value = -111.0 kN/m (Element 257 at Node 31060)

3.1.1.1.5 Calculation results, Plate, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Shear forces Q

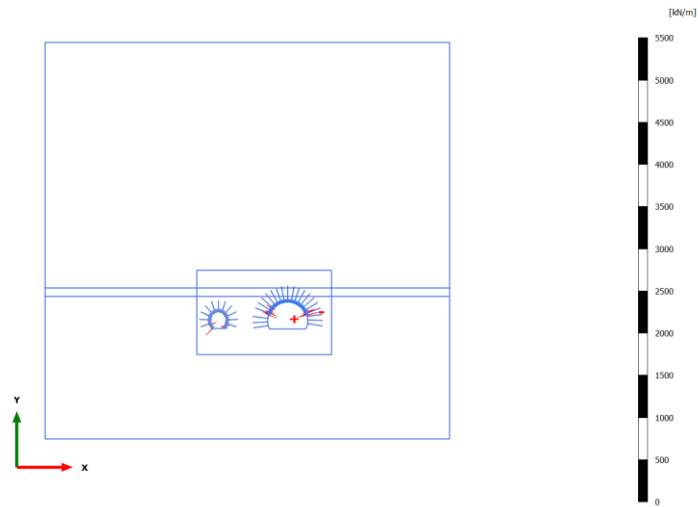


Shear forces Q (scaled up 0.100 times)
Maximum value = 59.71 kN/m (Element 252 at Node 26634)
Minimum value = -117.8 kN/m (Element 257 at Node 31060)

3.1.1.1.6 Calculation results, Plate, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Shear forces Q



3.1.1.1.7 Calculation results, Plate, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Shear forces Q

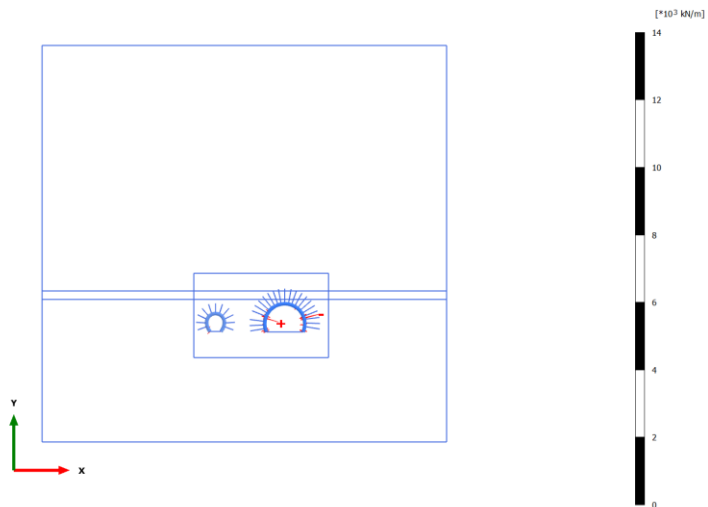


Shear forces Q (scaled up 0.0500 times)

Maximum value = 120.7 kN/m (Element 181 at Node 109799)

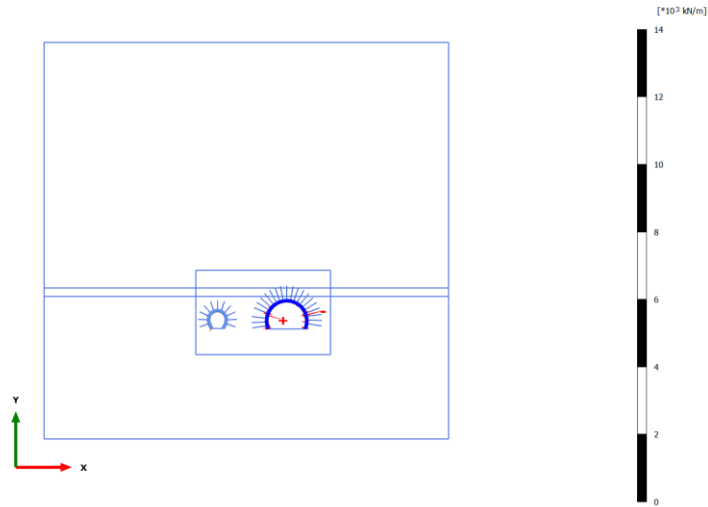
Minimum value = -144.5 kN/m (Element 179 at Node 114909)

3.1.1.1.8 Calculation results, Plate, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Shear forces Q



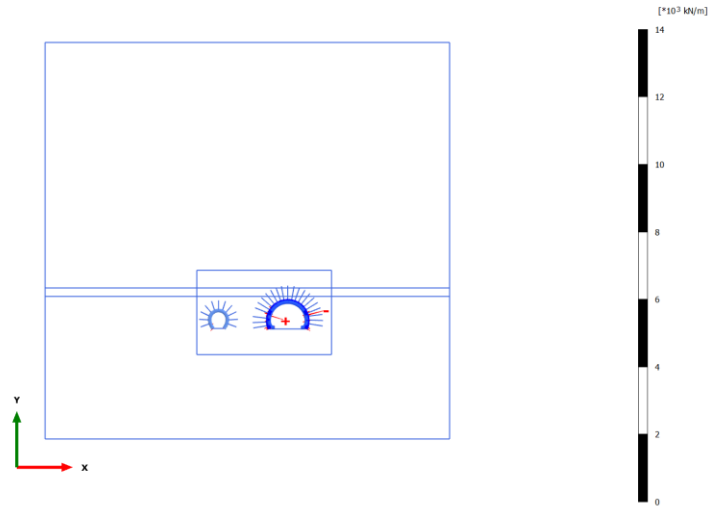
Shear forces Q (scaled up 0.0200 times)
Maximum value = 405.0 kN/m (Element 178 at Node 172886)
Minimum value = -446.5 kN/m (Element 179 at Node 114909)

3.1.1.1.9 Calculation results, Plate, AR [Phase_8] (8/76), Shear forces Q



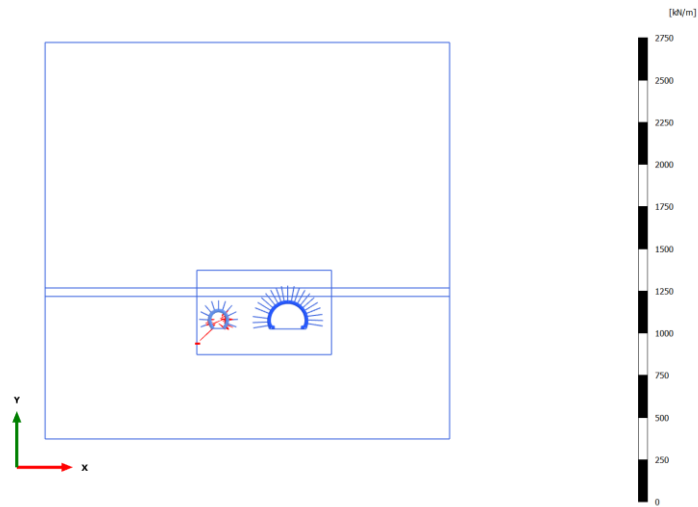
Shear forces Q (scaled up 0.0200 times)
Maximum value = 404.2 kN/m (Element 178 at Node 172886)
Minimum value = -446.8 kN/m (Element 179 at Node 114909)

3.1.1.1.10 Calculation results, Plate, CAL [Phase_9] (9/79), Shear forces Q



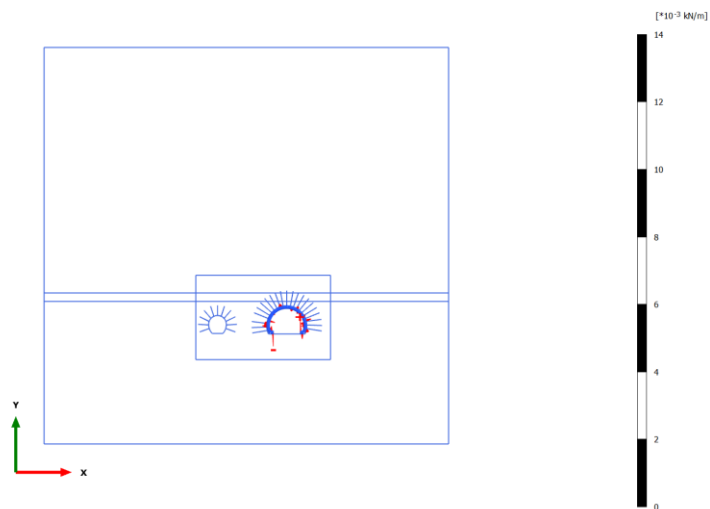
Shear forces Q (scaled up 0.0200 times)
Maximum value = 452.9 kN/m (Element 178 at Node 172886)
Minimum value = -506.1 kN/m (Element 179 at Node 114909)

3.1.1.1.11 Calculation results, Plate, DEAT [Phase_10] (10/81), Shear forces Q



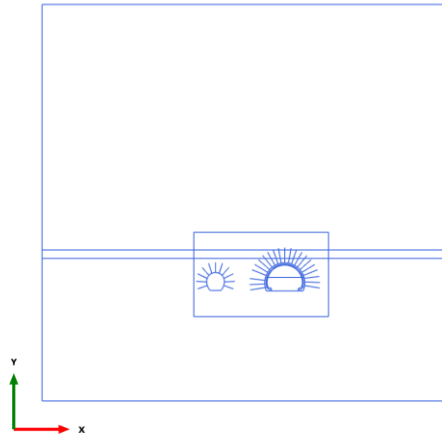
Shear forces Q (scaled up 0.100 times)
Maximum value = 80.76 kN/m (Element 252 at Node 26634)
Minimum value = -108.3 kN/m (Element 257 at Node 31060)

3.1.1.1.12 Calculation results, Plate, LT [Phase_11] (11/83), Shear forces Q



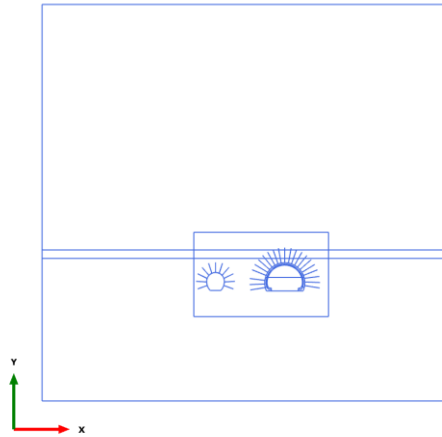
Shear forces Q (scaled up $20.0 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $0.4037 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 284 at Node 143421)
Minimum value = $-0.4121 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 283 at Node 164260)

3.1.1.2.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



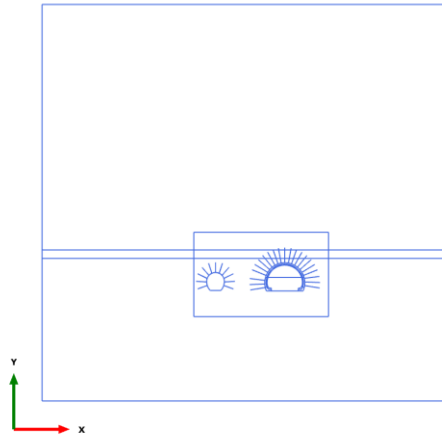
Bending moments M (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.2.2 Calculation results, Plate, BD [Phase_7] (7/2), Bending moments M



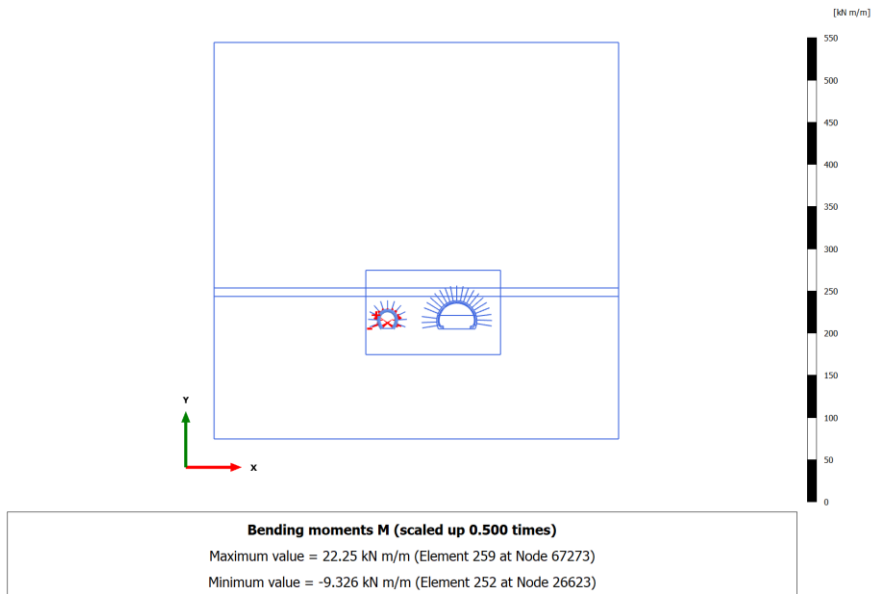
Bending moments M (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.2.3 Calculation results, Plate, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Bending moments M

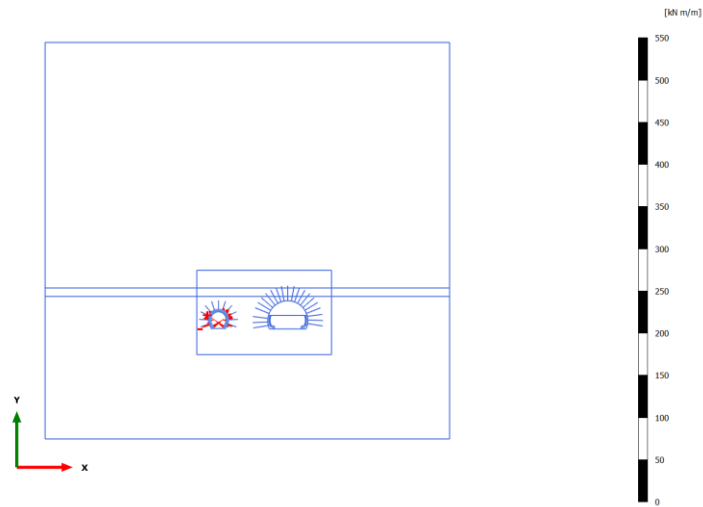


Bending moments M (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.2.4 Calculation results, Plate, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Bending moments M

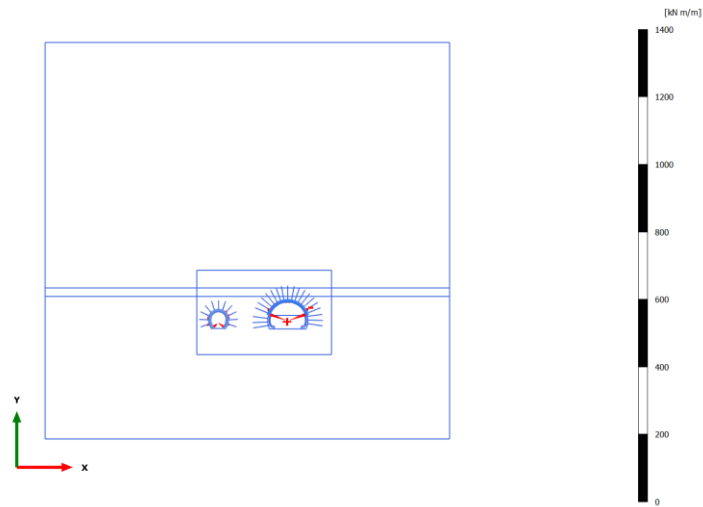


3.1.1.2.5 Calculation results, Plate, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Bending moments M



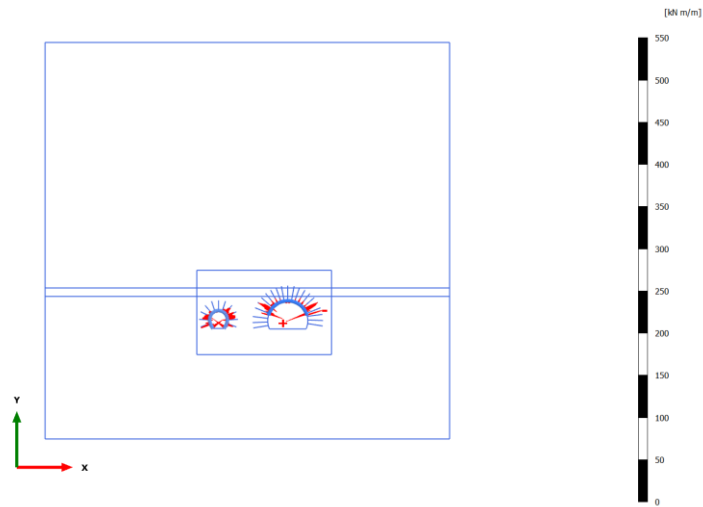
Bending moments M (scaled up 0.500 times)
Maximum value = 22.28 kN m/m (Element 259 at Node 67273)
Minimum value = -9.991 kN m/m (Element 252 at Node 26623)

3.1.1.2.6 Calculation results, Plate, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.200 times)
Maximum value = 52.89 kN m/m (Element 181 at Node 107094)
Minimum value = -11.75 kN m/m (Element 149 at Node 90857)

3.1.1.2.7 Calculation results, Plate, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Bending moments M

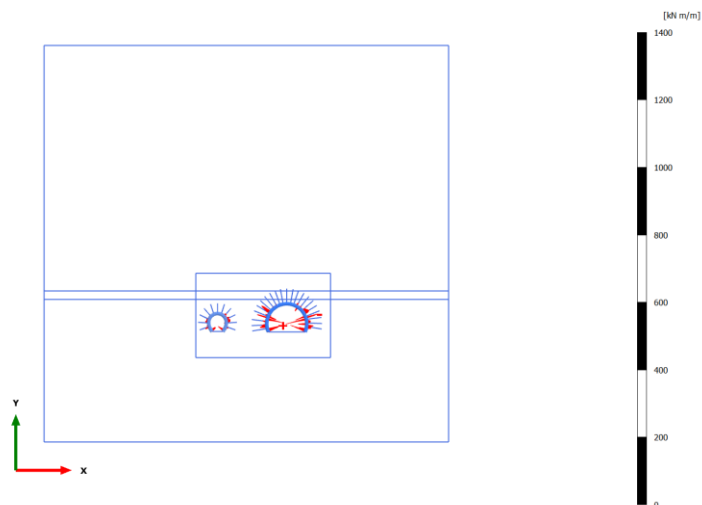


Bending moments M (scaled up 0.500 times)

Maximum value = 26.18 kN m/m (Element 165 at Node 105099)

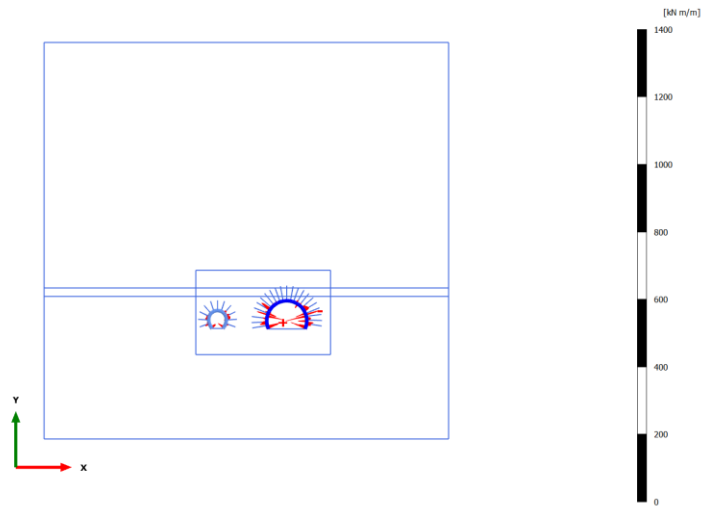
Minimum value = -18.26 kN m/m (Element 179 at Node 113080)

3.1.1.2.8 Calculation results, Plate, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Bending moments M



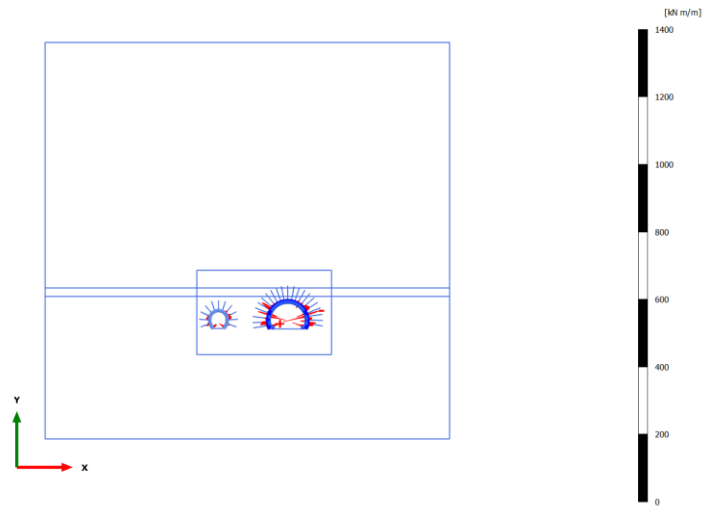
Bending moments M (scaled up 0.200 times)
Maximum value = 62.97 kN m/m (Element 189 at Node 114910)
Minimum value = -34.44 kN m/m (Element 180 at Node 113077)

3.1.1.2.9 Calculation results, Plate, AR [Phase_8] (8/76), Bending moments M



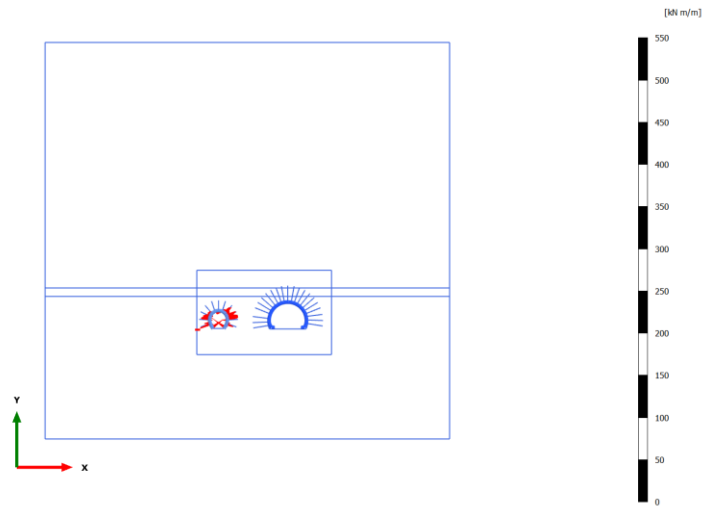
Bending moments M (scaled up 0.200 times)
Maximum value = 62.84 kN m/m (Element 189 at Node 114910)
Minimum value = -35.65 kN m/m (Element 179 at Node 113077)

3.1.1.2.10 Calculation results, Plate, CAL [Phase_9] (9/79), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0.200 times)
Maximum value = 74.22 kN m/m (Element 189 at Node 114910)
Minimum value = -37.33 kN m/m (Element 180 at Node 109800)

3.1.1.2.11 Calculation results, Plate, DEAT [Phase_10] (10/81), Bending moments M

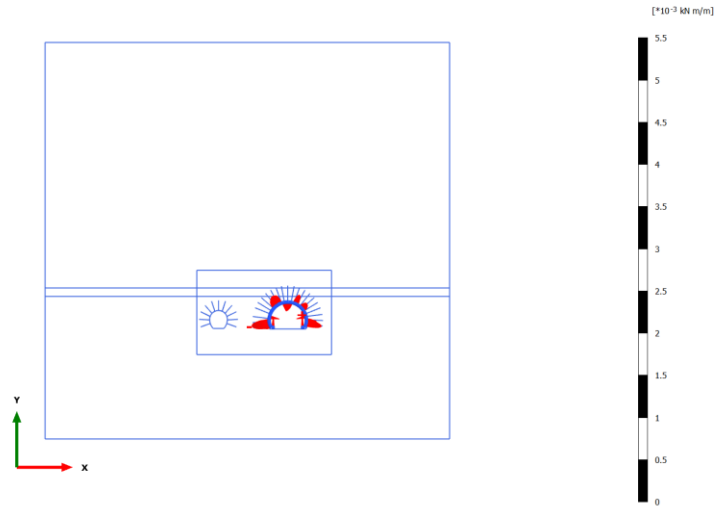


Bending moments M (scaled up 0.500 times)

Maximum value = 20.32 kN m/m (Element 259 at Node 67274)

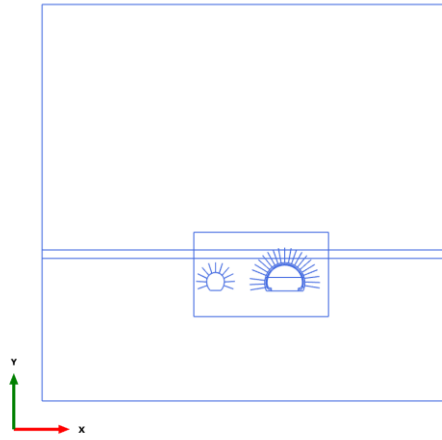
Minimum value = -13.11 kN m/m (Element 252 at Node 26623)

3.1.1.2.12 Calculation results, Plate, LT [Phase_11] (11/83), Bending moments M



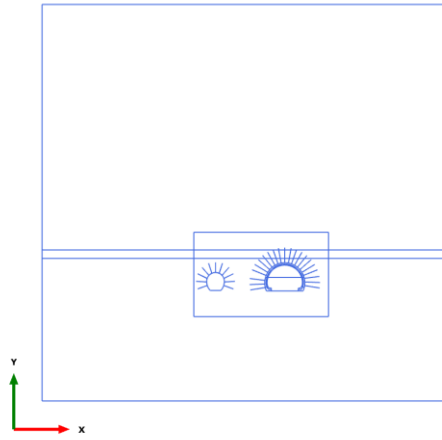
Bending moments M (scaled up 50.0*10³ times)
Maximum value = 0.1210*10⁻³ kN m/m (Element 284 at Node 140665)
Minimum value = -0.2089*10⁻³ kN m/m (Element 241 at Node 169283)

3.1.1.3.1 Calculation results, Plate, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N



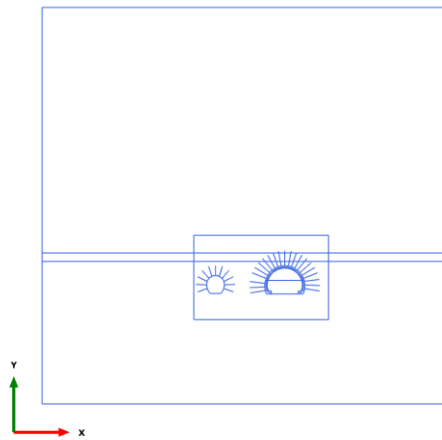
Axial forces N (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.3.2 Calculation results, Plate, BD [Phase_7] (7/2), Axial forces N



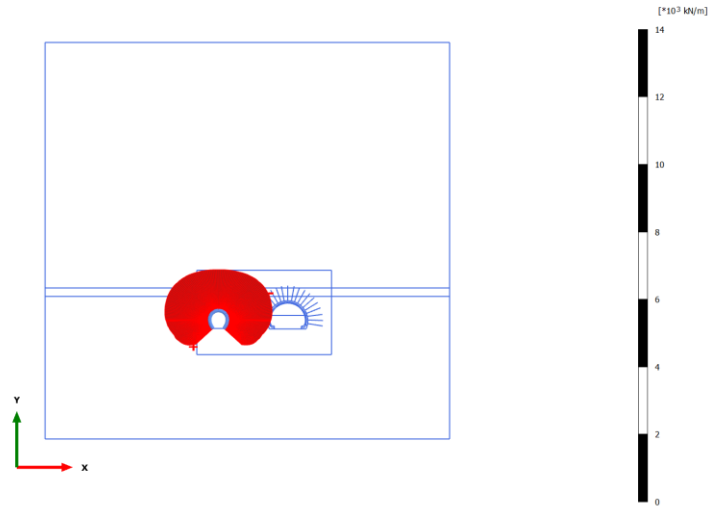
Axial forces N (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.3.3 Calculation results, Plate, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Axial forces N



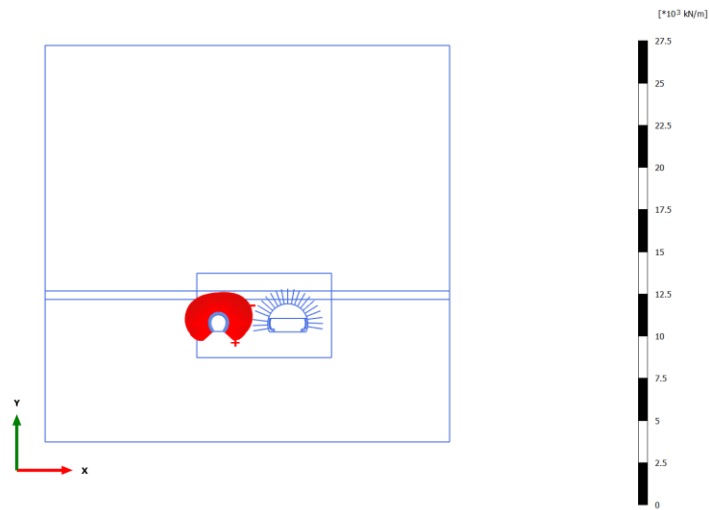
Axial forces N (scaled up 1.00 times)
No results

3.1.1.3.4 Calculation results, Plate, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Axial forces N



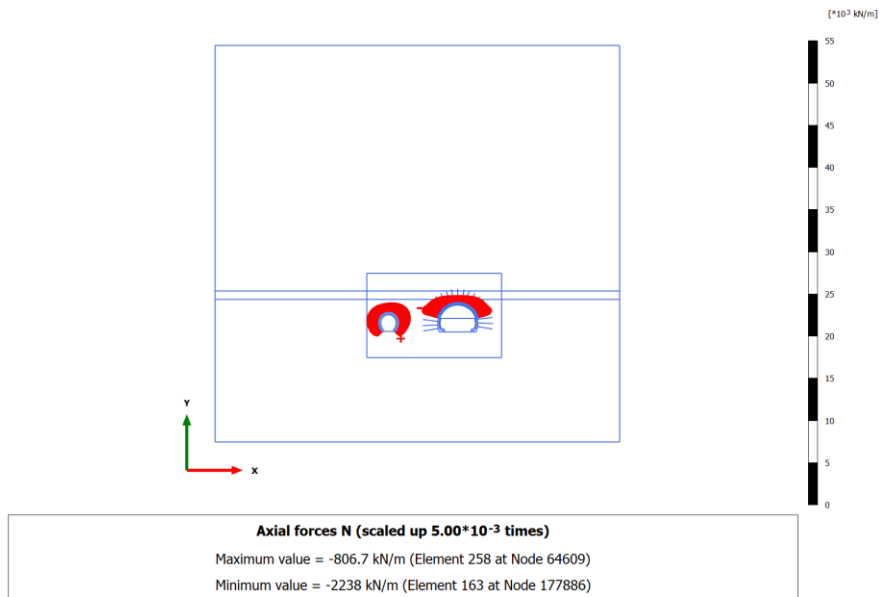
Axial forces N (scaled up 0.0200 times)
Maximum value = -698.7 kN/m (Element 257 at Node 31060)
Minimum value = -1405 kN/m (Element 185 at Node 78590)

3.1.1.3.5 Calculation results, Plate, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Axial forces N

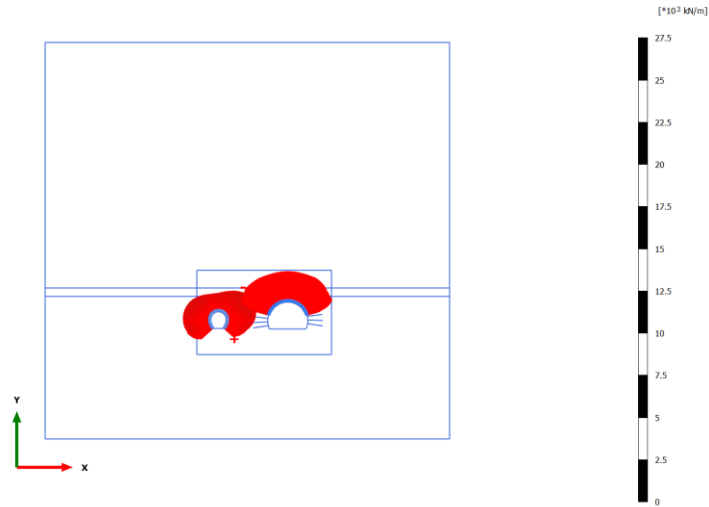


Axial forces N (scaled up 0.0100 times)
Maximum value = -771.9 kN/m (Element 258 at Node 64609)
Minimum value = -1602 kN/m (Element 185 at Node 78590)

3.1.1.3.6 Calculation results, Plate, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Axial forces N

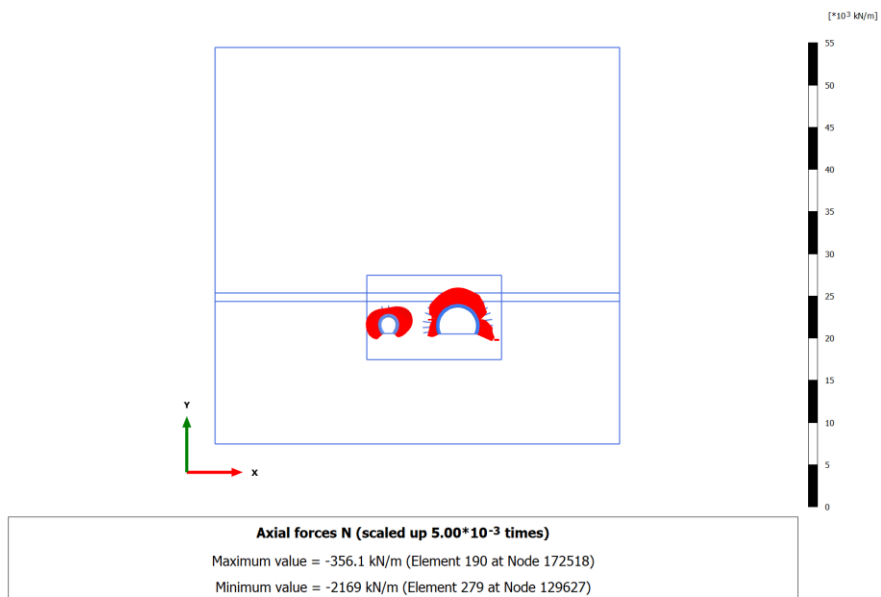


3.1.1.3.7 Calculation results, Plate, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Axial forces N

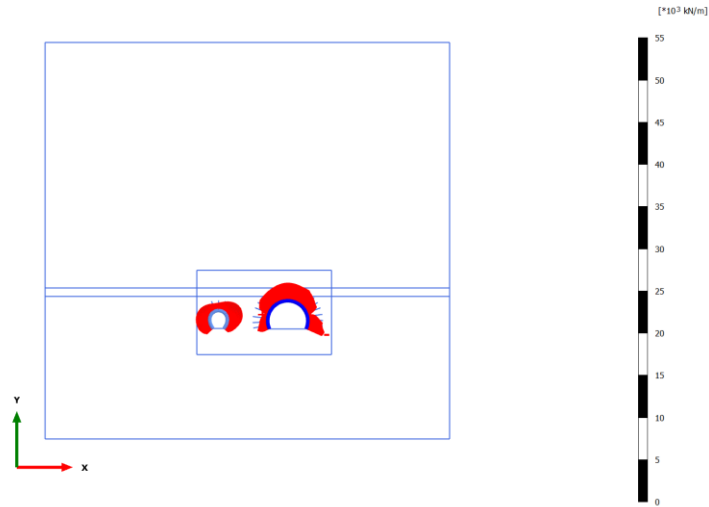


Axial forces N (scaled up 0.0100 times)
Maximum value = -704.7 kN/m (Element 258 at Node 64609)
Minimum value = -1958 kN/m (Element 145 at Node 183449)

3.1.1.3.8 Calculation results, Plate, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Axial forces N

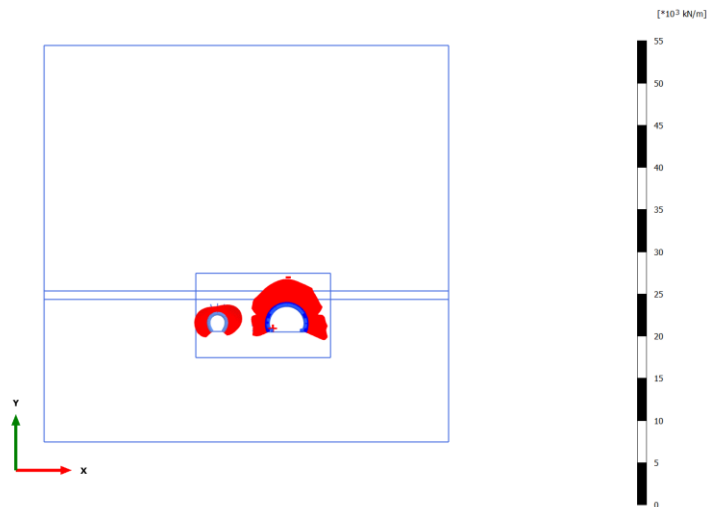


3.1.1.3.9 Calculation results, Plate, AR [Phase_8] (8/76), Axial forces N



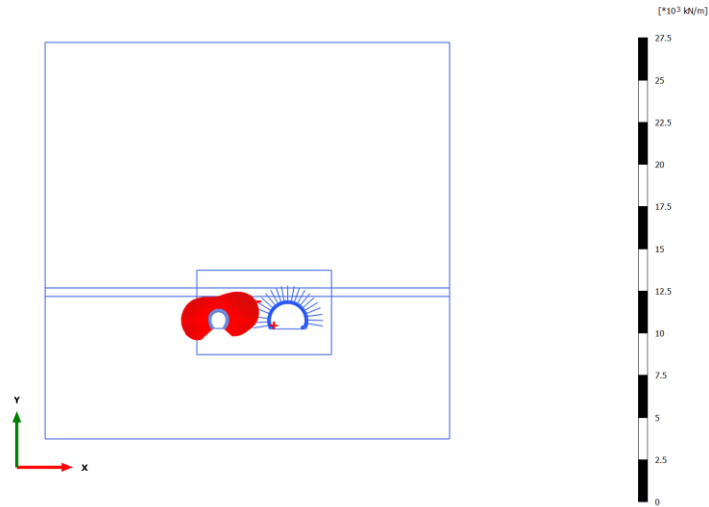
Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = -350.6 kN/m (Element 190 at Node 172518)
Minimum value = -2160 kN/m (Element 279 at Node 129627)

3.1.1.3.10 Calculation results, Plate, CAL [Phase_9] (9/79), Axial forces N



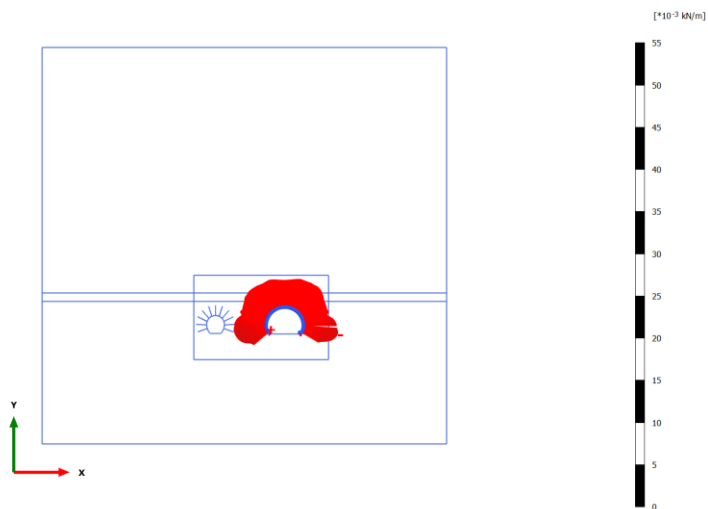
Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = $0.03882 \cdot 10^{-3} \text{ kN/m}$ (Element 283 at Node 164254)
Minimum value = -2903 kN/m (Element 10 at Node 145992)

3.1.1.3.11 Calculation results, Plate, DEAT [Phase_10] (10/81), Axial forces N



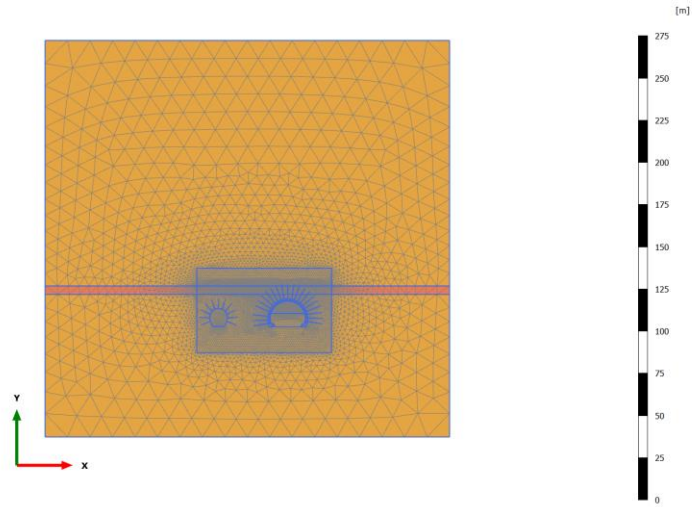
Axial forces N (scaled up 0.0100 times)
Maximum value = $0.05062 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 283 at Node 164254)
Minimum value = -1948 kN/m (Element 185 at Node 78593)

3.1.1.3.12 Calculation results, Plate, LT [Phase_11] (11/83), Axial forces N



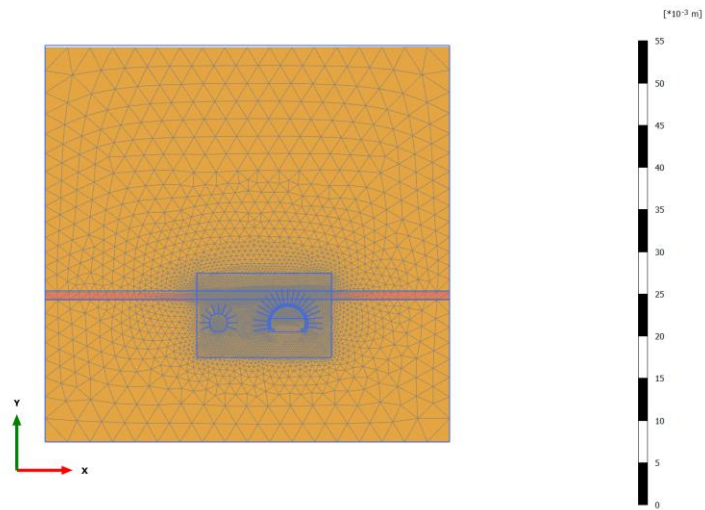
Axial forces N (scaled up $5.00*10^3$ times)
Maximum value = $0.05419*10^{-3} \text{ kN/m}$ (Element 283 at Node 164254)
Minimum value = $-4.166*10^{-3} \text{ kN/m}$ (Element 238 at Node 136151)

4.1.1 Calculation results, Initial phase [InitialPhase] (0/0), Deformed mesh |u|



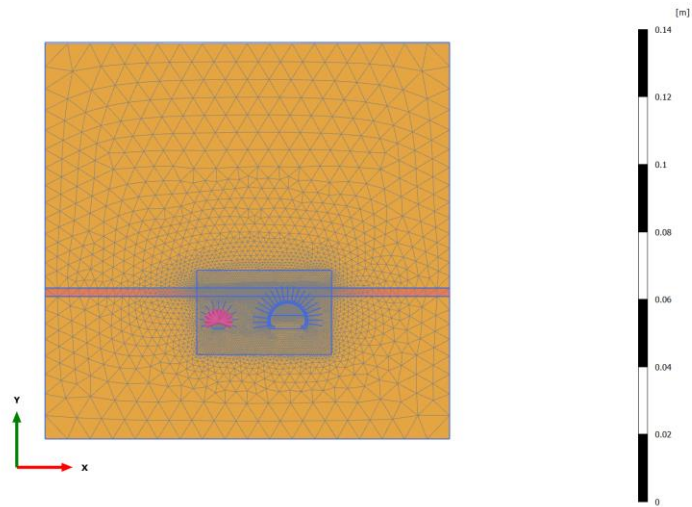
Deformed mesh |u| (at true scale)
Uniform value of 0.000 m

4.1.2 Calculation results, BD [Phase_7] (7/2), Deformed mesh |u|



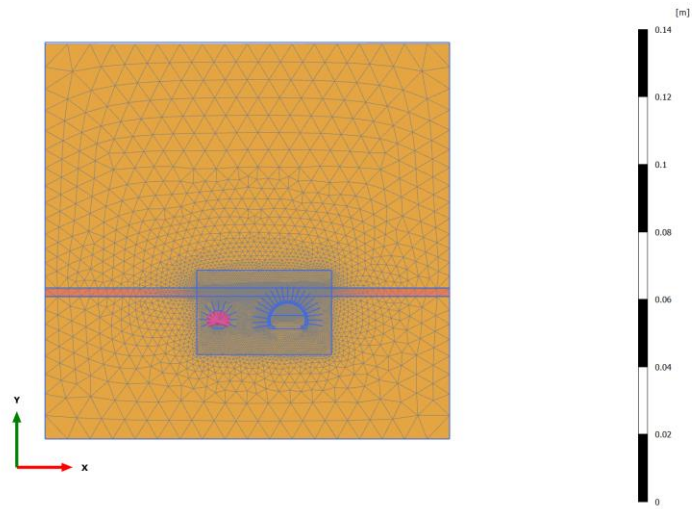
Deformed mesh |u| (scaled up 5.00*10³ times)
Maximum value = 2.448*10⁻³ m (Element 17888 at Node 63004)

4.1.3 Calculation results, Phase_3 [Phase_3] (3/8), Deformed mesh |u|



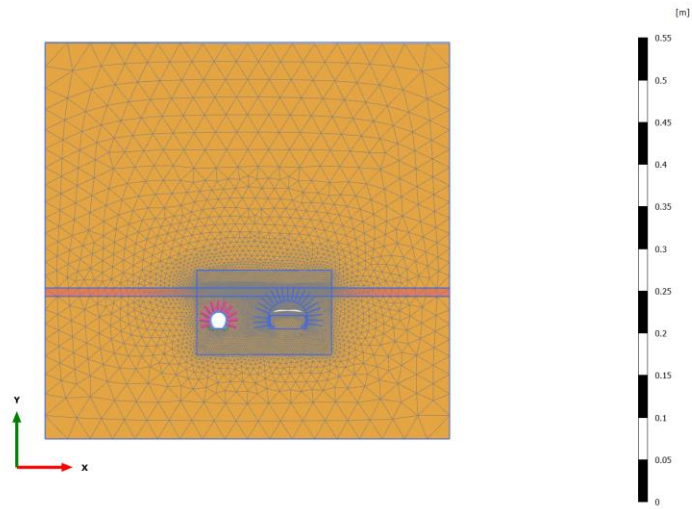
Deformed mesh |u| (scaled up $2.00 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $3.650 \cdot 10^{-3}$ m (Element 17888 at Node 63010)

4.1.4 Calculation results, Phase_6 [Phase_6] (6/25), Deformed mesh |u|



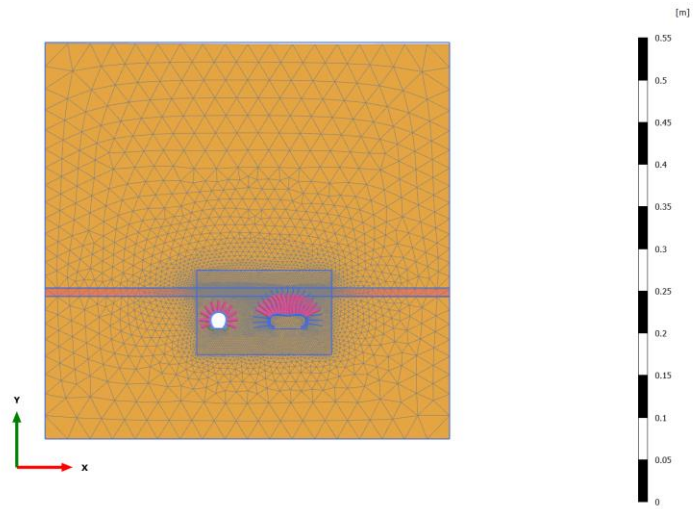
Deformed mesh |u| (scaled up $2.00 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $4.446 \cdot 10^{-3}$ m (Element 0 at Node 60763)

4.1.5 Calculation results, FRONTE A1 [Phase_1] (1/27), Deformed mesh |u|



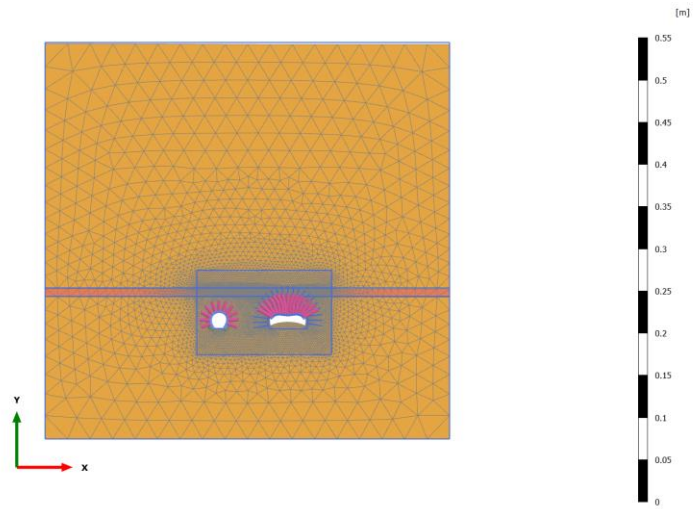
Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01064 m (Element 9553 at Node 148669)

4.1.6 Calculation results, RIV. A1 [Phase_2] (2/40), Deformed mesh |u|



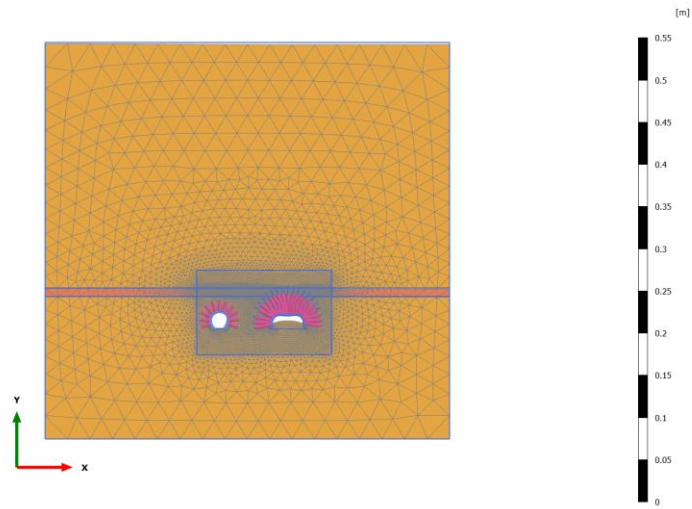
Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01660 m (Element 0 at Node 148665)

4.1.7 Calculation results, FRONTE A2 [Phase_4] (4/45), Deformed mesh |u|



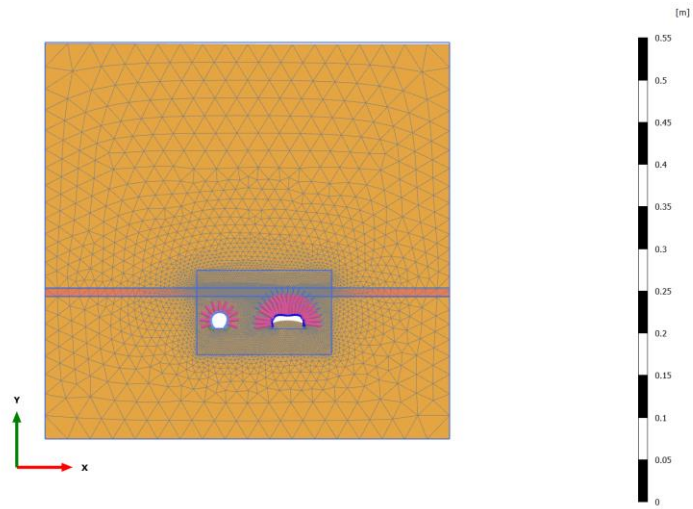
Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01627 m (Element 0 at Node 148665)

4.1.8 Calculation results, RIV. A2 [Phase_5] (5/74), Deformed mesh |u|



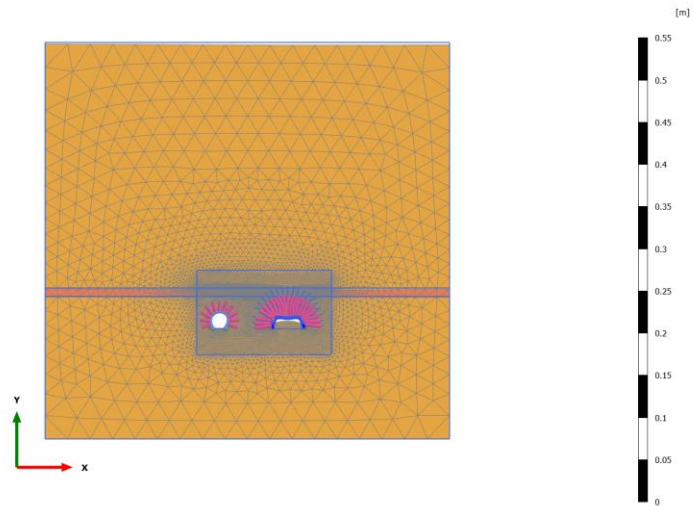
Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01653 m (Element 0 at Node 148666)

4.1.9 Calculation results, AR [Phase_8] (8/76), Deformed mesh |u|



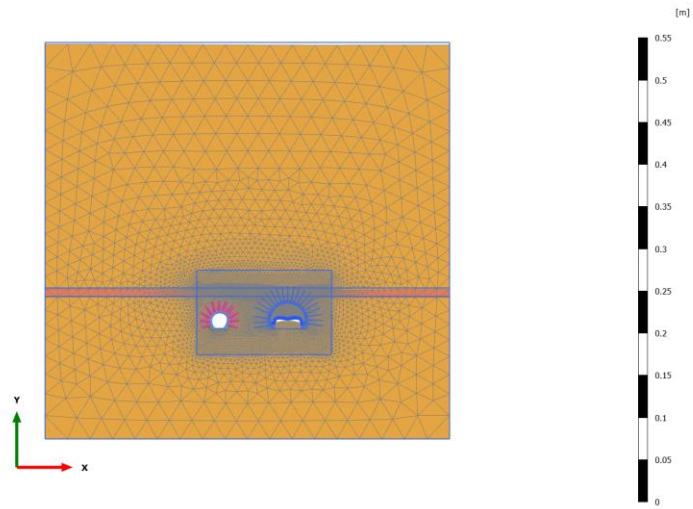
Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01654 m (Element 0 at Node 148666)

4.1.10 Calculation results, CAL [Phase_9] (9/79), Deformed mesh |u|



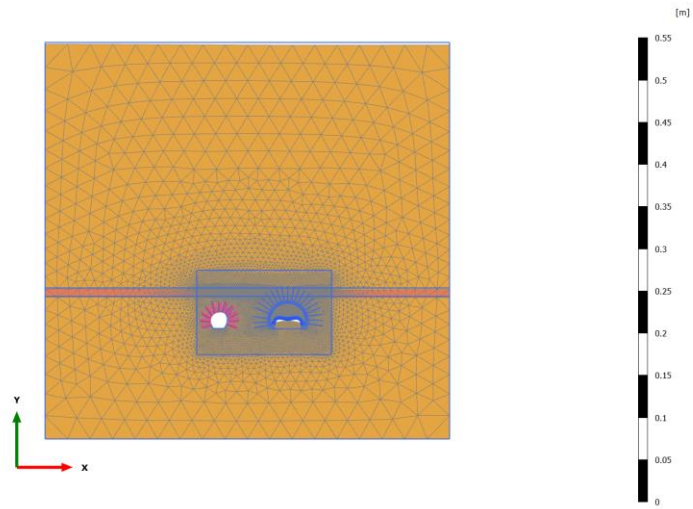
Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01901 m (Element 11664 at Node 142052)

4.1.11 Calculation results, DEAT [Phase_10] (10/81), Deformed mesh |u|



Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01961 m (Element 11664 at Node 142052)

4.1.12 Calculation results, LT [Phase_11] (11/83), Deformed mesh |u|



Deformed mesh |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01996 m (Element 11664 at Node 142051)