

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

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

PROGETTO ESECUTIVO

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

RELAZIONE

08 - GALLERIE

M-FINESTRA FUNES E GALLERIA DI SFOLLAMENTO

Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato

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 6 0 0	0 0 2	B

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	M. Aganetti	18/07/2022	C. Iasiello	19/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino 16/03/2023 ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dot. Paolo Cucino ISCRIZIONE ALBO N° 2216
B	Emissione a seguito commenti Committenza	M. Aganetti	13/03/2023	C. Iasiello	14/03/2023	D. Buttafoco	15/03/2023	

File: IB0U1BEZZCLGN0600002B.docx	n. Elab.: X
----------------------------------	-------------

APPALTAZIONE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 2 di 113

SOMMARIO

1. PREMESSA	4
2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	5
3. NORMATIVA, ELAVORADI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI	6
3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3.3 SOFTWARE UTILIZZATI	6
3.4 ALLEGATI	6
3.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	6
4. FASE CONOSCITIVA	8
5. FASE DI DIAGNOSI	9
5.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	9
5.2 SEZIONI ANALIZZATE	10
5.3 RISULTATI DELLE ANALISI	11
6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	13
6.1 TIPOLOGIA DI ELEMENTI DI RIVESTIMENTO	14
6.2 COPRIFERRO	14
7. ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CARATTERISTICHE	15
7.1 SEZIONE 1 PK 0+120	15
7.1.1 Metodo delle curve caratteristiche.....	15
7.1.2 Verifiche	19
7.2 SEZIONE 2 PK 0+135	22
7.2.1 Metodo delle curve caratteristiche.....	22
7.2.2 Verifiche	26
7.3 SEZIONE 3 PK 0+270	29
7.3.1 Metodo delle curve caratteristiche.....	29
7.3.2 Verifiche	33
7.4 SEZIONE 4 PK 0+400	37
7.4.1 Metodo delle curve caratteristiche.....	37
7.4.2 Verifiche	41

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	3 di 113

7.5	SEZIONE 5PK 0+565	44
7.5.1	Metodo delle curve caratteristiche.....	44
7.5.2	Verifiche	48
8.	RISULTATI DEI CALCOLI	51
9.	CONCLUSIONI	52
10.	CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI DIAGNOSI.....	54
10.1	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 1 (PK. 0+120)	54
10.2	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 2 (PK. 0+135)	55
10.3	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 3 (PK. 0+270)	56
10.4	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 4 (PK. 0+400)	58
10.5	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 5 (PK. 0+565)	59
11.	CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI TERAPIA	61
11.1	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 1 (PK. 0+120)	61
11.2	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 2 (PK. 0+135)	63
11.3	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 3 (PK. 0+270)	66
11.4	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 4 (PK. 0+400)	69
11.5	FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 5 (PK. 0+565)	71
12.	OUTPUT PLAXIS 2D	76
12.1	FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 1 (PK. 0+120)	76
12.2	FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 2 (PK. 0+135)	83
12.3	FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 3 (PK. 0+270)	91
12.4	FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 4 (PK. 0+400)	98
12.5	FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 5 (PK. 0+565)	106

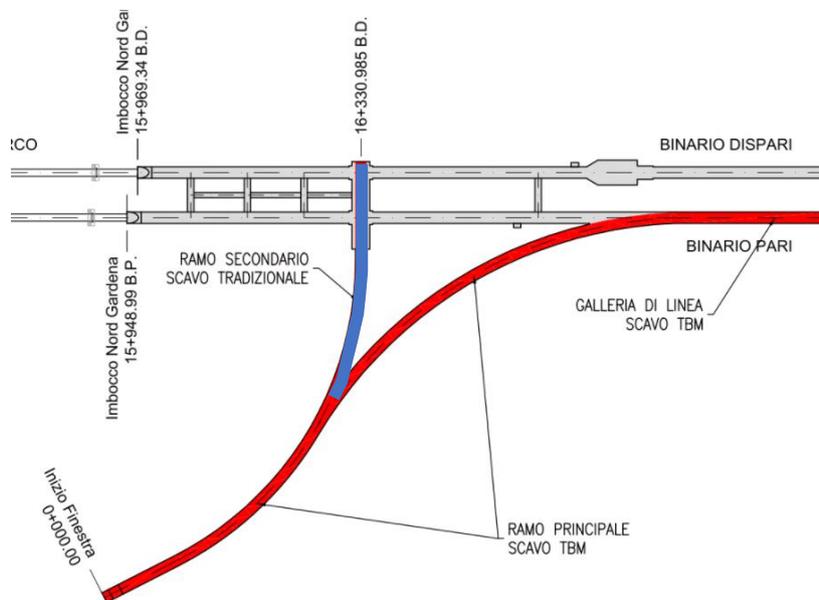
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 4 di 113

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica si inserisce nell'ambito del progetto della tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Funes, Lotto 1 della linea Fortezza-Verona, accesso Sud alla galleria di Base del Brennero.

Il **ramo principale** della Finestra di Funes (GN06) realizzata con scavo meccanizzato ha una lunghezza complessiva di circa 670 m. Il ramo principale della finestra di Funes dopo la tangenza con il tracciato delle gallerie di linea cambia WBS e viene trattato come Galleria Gardena (GN02).

Il **ramo secondario** della Finestra di Funes realizzato con scavo tradizionale è oggetto di un altro report di calcolo.



Per l'analisi del sottoattraversamento del rilevato A22 si rimanda all'elaborato IBOU1BEZZRHGB0000002B Finestra Funes - Relazione tecnica e di monitoraggio A22

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	5 di 113

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle gallerie della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Funes – Lotto 1 con scavo meccanizzato.

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS Rif. [4], si è articolata nelle seguenti fasi:

1. fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui sarà realizzata la galleria; i risultati dello studio geologico sono descritti nella specifica Relazione Geologica e Idrogeologica a cui si rimanda per l'illustrazione del modello geologico; la sintesi dello studio geotecnico con la definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei parametri di progetto è illustrata nel capitolo 7;
2. fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
3. fase di terapia: sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e la tipologia di macchinario da utilizzarsi per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza. Le soluzioni progettuali sono state analizzate per verificarne l'adeguatezza: nel capitolo 0 sono illustrati metodi e risultati delle analisi condotte per la verifica della stabilità globale della cavità, per il dimensionamento/verifica dei rivestimenti, nelle diverse fasi costruttive e in condizioni di esercizio.
4. fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste in progetto.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 6 di 113

3. NORMATIVA, ELAVORADI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2008)" - DM Infrastrutture 14.01.2008.
- [2] Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 costruzioni e dei carichi e sovraccarichi – C.S.LL.PP. 02.02.2009.
- [3] "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)" - DM Infrastrutture 17.01.2018.

3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [4] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);
- [5] AFTES N° GT38R1A1 (FR) – Design, dimensioning and execution of precast steel fibre reinforced concrete arch segments;
- [6] Bernaud D., Benamar I., Rousset G. (1994). La "nouvelle methode implicite" pour le calcul des tunnel dans les milieux elastoplasques et viscoplastiques – Revue Francaise de Geotechnique, N° 68;
- [7] Rousset G. (1992). La « nouvelle methode implicite » pour l' etude du dimensionnement des tunnels - Revue Francaise de Geotechnique, N° 60;

3.3 SOFTWARE UTILIZZATI

I software utilizzati per la progettazione sono:

- GV4 versione 4H 2003 Sial.tec Engineering
- Plaxis 2D versione 2021 v21 Bentley

3.4 ALLEGATI

- Allegato 1 [Analisi con il metodo delle curve caratteristiche]
- Allegato 2 [Analisi numeriche – Fasi di calcolo e Risultati]

3.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della seguente relazione sono completati dai seguenti elaborati di progetto:

- [8] IBOU1BEZZGEGN0000002 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Relazione geotecnica Finestra di Funes e Interconnessioni"
- [9] IBOU1BEZZFZGN0600001 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Finestra Funes - Profilo geotecnico - ramo principale"
- [10] IBOU1BEZZRHGB0000002 "08 - GALLERIE - G-INTERFERENZA CON A 22 - INTERFERENZA TRA LA FINESTRA DI FUNES E A22 - Finestra Funes - Relazione tecnica e di monitoraggio A22"
- [11] IBOU1BEZZRHGN0000003 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato – Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato - Tipo A, B e C"
- [12] IBOU1BEZZW9GN0000001 "08 - GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE - Scavo meccanizzato - Interventi di consolidamento"

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES" 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>GN0600002</td> <td>B</td> <td>7 di 113</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	7 di 113													

[13] IBOU1BEZZRHGN0100002 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato - Relazione monitoraggio - Scavo Meccanizzato"

[14] IBOU1BEZZRHGN0000005 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato - Relazione di analisi dei parametri macchina"

[15] IBOU1BEZZRHGN0000004 "08 – GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE- Scavo meccanizzato - Relazione tecnica scavo meccanizzato e linee guida per l'applicazione degli interventi di drenaggio e consolidamento in avanzamento"

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 8 di 113

4. FASE CONOSCITIVA

Per le informazioni relative alla fase conoscitiva della finestra di Funes (GN06) si rimanda all'elaborato IBOU1BEZZGEGN0000002 Rif. [8].

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	9 di 113

5. 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 ([4]), 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 precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

5.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Secondo l'approccio ADECO-RS ([4]) 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 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 tensionali 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 FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	10 di 113

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 e 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.

5.2 SEZIONI ANALIZZATE

Sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica di cui all'elabarto IB0U1BEZZGEGN0000002 Rif. [8], in funzione delle condizioni idrauliche previste e della distribuzione delle diverse classi di copertura lungo il tracciato, sono state definite le sezioni di analisi, riassunte nella Tabella 5-1, caratterizzate con tutti i dati di input necessari per il calcolo.

Per la Finestra di Funes, le sezioni di calcolo sono le seguenti:

- Sezione 1 – Sezione con copertura di 35 m (progressiva km 0+120), nella formazione di Porfiroidi in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata considerata a 20 m sopra la calotta.
- Sezione 2 – Sezione con copertura di 41 m (progressiva km 16+540), nella Formazione dei Porfiroidi in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 20 m sopra la calotta.
- Sezione 3 – Sezione con copertura di 82 m (progressiva km 16+750), nella formazione di Porfiroidi in faglia . In questa sezione di calcolo la falda è stata a 30 m sopra la calotta.
- Sezione 4 – Sezione con copertura di 102 metri (progressiva km 0+400), nella formazione di Porfiroidi. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 40 m sopra la calotta.
- Sezione 5 – Sezione con copertura di 145 metri (progressiva km 0+565), nella formazione di Porfiroidi in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 40 m sopra la calotta.

Il rivestimento definitivo in conci prefabbricati del tratto realizzato con scavo meccanizzato della Finestra di Funes è stato analizzato nelle condizioni geotecniche e litostatiche più critiche, riepilogate nella sottostante tabella.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE:							
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	11 di 113

	SEZIONE DI CALCOLO	Unità	H [m]	D scavo	Req [m]	Ko	γ [kN/mc]	σo [Mpa]	c'kp [kPa]	φ'kp [°]	Ek [Mpa]
1	0+120	Frana inattiva	35	9.68	4.84	0.90	27	0.945	80	32	300
2	0+135	P in faglia	41	9.68	4.84	0.90	27	1.107	182	39	1000
3	0+270	P in faglia	82	9.68	4.84	0.90	27	2.214	236	36	1000
4	0+400	P	102	9.68	4.84	0.90	27	2.754	483	43	3600
5	0+565	P in faglia	145	9.68	4.84	0.9	27	3.915	236	36	1000

H = copertura rispetto alla calotta della galleria

σo = tensione totale iniziale al livello del cavo

Dscavo = diametro di scavo

k0 = coefficiente di spinta a riposo

g = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'k p = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso

φ'k p = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso

Ek = valore caratteristico del modulo elastico dell'ammasso

Tabella 5-1: Caratteristiche ammasso roccioso

5.3 RISULTATI DELLE ANALISI

I metodi di analisi per la valutazione della stabilità del nucleo al fronte vengono descritti nel dettaglio all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003 "Relazione generale di calcolo di conci in calcestruzzo armato"

I risultati delle analisi sono stati esaminati alla luce di due aspetti:

- confronto tra la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso σ_c e la pressione critica al fronte $p_c = (3\sigma_o - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$, che individua il passaggio dal comportamento elastico a quello plastico,
- sviluppo dei fenomeni deformativi e di plasticizzazione nella sezione al fronte e al contorno del cavo, prendendo a riferimento per la definizione della categoria di comportamento i seguenti due criteri:

Tabella 9-2 – Criterio 1

σ_c / p_c	Classe di comportamento
$\geq 1,2$	A
$< 1,2$ e $\geq 0,8$	A/B
$< 0,8$ e $\geq 0,2$	B/C
$< 0,2$	C

Tabella 5-2: Criterio 1

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	12 di 113

Tabella 9-3 – Criterio 2

u_f/R_{eq}	R_{plF}/R_{eq}	Classe di comportamento
$\leq 0,5\%$	$\leq 1,5$	B
$> 0,5\%$	$> 1,5$	C

u_f = convergenza al fronte
 R_{plF} = raggio plastico al fronte
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria

Tabella 5-3: Criterio 2

Sulla base di queste valutazioni quantitative, unitamente all'analisi critica dei risultati ottenuti rispetto all'affidabilità dei dati di ingresso in termini di parametri di ammasso (rigidezza e resistenza) e condizioni idrauliche al contorno, in relazione ad eventuali variabilità attese lungo il tracciato della galleria e alle possibili conseguenze per comportamenti imprevedibili, è stata definita la categoria di comportamento del fronte di scavo da cui deriva l'individuazione della metodologia di avanzamento e delle possibili problematiche relative alla stabilità del fronte.

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica..

I risultati delle analisi sono riassunti nella tabella seguente; i tabulati di calcolo con la rappresentazione delle curve caratteristiche sono invece riportati integralmente in Allegato 1.

	σ_c [Mpa]	k_p	p_c [Mpa]	σ_c/p_c	U_f	U_f/R_{eq}	R_{pf}	R_{pf}/R_{eq}	u_{∞}	R_p	CRITERIO 1	CRITERIO 2.1	CRITERIO 2.2
1	0.289	3.255	0.301	0.960	0.019	0.004	6.354	1.313	0.049	8.954	A/B	B	B
2	0.763	4.395	0.183	4.163	0.004	0.001	5.291	1.093	0.009	6.120	A	A	B
3	0.926	3.852	0.550	1.683	0.010	0.002	5.768	1.192	0.024	7.323	A	B	B
4	2.222	5.289	0.330	6.736	0.002	0.001	5.129	1.060	0.005	5.713	A	A	B
5	0.926	3.852	1.137	0.815	0.024	0.005	6.328	1.307	0.062	8.804	A/B	B	B

$\sigma_c = (2c \cos \phi) / (1 - \sin \phi)$ = resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso (parametri di picco)
 $p_c = (3\sigma_o - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$ = pressione critica al fronte (con K_p coefficiente di spinta passiva)
 U_f = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 U_{inf} = convergenza radiale galleria
 R_{pf} = raggio plastico al fronte
 R_p = raggio plastico finale al contorno del cavo
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,65 m)

Tabella 5-4: Risultati analisi in fase di diagnosi

Le analisi mostrano un comportamento del fronte e del cavo della galleria al più stabile a breve termine (B).

APPALTAZIONE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 13 di 113

6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali impiegati per le 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).

I conci prefabbricati saranno realizzati calcestruzzo di classe C45/55 le cui caratteristiche si riportano nella tabella seguente:

Calcestruzzo armato (conci spessore 45 cm)	
Classe di resistenza di calcolo	C45/55
Resistenza caratteristica cls	$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$
Resistenza di progetto a compressione a 28 giorni	$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 25.87 \text{ Mpa}$
Modulo elastico a 28 giorni	$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 36416 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 A)	$\sigma_c = 0,55 f_{ck} = 25.11 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $\sigma_c = 0,40 f_{ck} = 18.26 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente
Tensione massima in condizioni di esercizio (NTC 2008)	$\sigma_c = 0,6 f_{ck} = 27.39 \text{ MPa}$ combinazione caratteristica (rara) $\sigma_c = 0,45 f_{ck} = 20.54 \text{ MPa}$ combinazione quasi permanente

Tabella 6-1: Caratteristiche calcestruzzo

I conci in armatura lenta sono costituiti da acciaio di classe B450C.

Acciaio per barre di armatura	
Tipo	B450C
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Resistenza di progetto	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,3 \text{ MPa}$
Tensione massima di compressione in esercizio (RFI DTC SI MA IFS 001 A.	$\sigma_{lim} = 0,75 f_{yk} = 337,5 \text{ MPa}$

Tabella 6-2: Caratteristiche acciaio per barre di armatura

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	14 di 113

6.1 TIPOLOGIA DI ELEMENTI DI RIVESTIMENTO

Viene proposto l'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato (full reinforcement) per le opere a carattere definitivo. Per le informazioni relative ai conci in calcestruzzo armato si fa riferimento all'elaborato IB0U1BEZZRHGN0000003.

Come citato, gli elementi saranno caratterizzati da una classe di resistenza C45/55, in calcestruzzo armato con barre in direzione circonferenziale (intradosso ed estradosso).

Si ipotizzano tre diverse tipologie per le armature di rinforzo per i conci prefabbricati:

- TIPO A – Armatura leggera (sezione corrente):
 - ferri circonferenziali: 6+6 ϕ 14mm e 8+8 ϕ 12mm (*);
 - staffatura corrente: tot.4 bracci ϕ 10, passo 250mm
- TIPO B - Armatura media (zone di faglia e filladi carboniose):
 - ferri circonferenziali: 16+16 ϕ 20mm o equivalente;
 - staffatura corrente: tot.4 bracci ϕ 10, passo 250mm
- TIPO C - Armatura pesante (interferenze A22 e sottoattraversamento linea storica):
 - ferri circonferenziali: 18+18 ϕ 22mm o equivalente;
 - staffatura corrente: tot.4 bracci ϕ 10, passo 250mm

Nota(*): i conci di tipo A risultano anche verificati con calcestruzzo fibrorinforzato C45/55 con fibre di classe 4C, da valutarne l'applicazione in fase di progetto esecutivo di dettaglio.

La staffatura corrente per i conci con armatura tradizionale è la minima prevista da normativa Rif. [1] al §4.1.6.1.1.

Per il dettaglio della distribuzione delle diverse tipologie di conci lungo il tracciato si rimanda all'elaborato relativo al profilo geotecnico.

6.2 COPRIFERRO

I copriferri netti (sul ferro più esterno), da realizzare al fine di garantire i limiti di apertura delle fessure per l'estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e per l'intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3) sono i minimi previsti dalla Circolare n.617/2009 Rif. [2] al §C4.1.6.1.3.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tabella 6-3: Copriferri minimi in mm, Circolare n.617/2009

Per limitare fenomeni di sbeccatura degli spigoli e di fessurazione dei conci si prescrive una tolleranza di posa di 5 mm così da ottenere un copriferro pari a 40 mm all'estradosso (classe XA2) e 40 mm all'intradosso (classe XC3).

Cautelativamente si prevede un copriferro dello spessore pari a 50 mm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	15 di 113

7. ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CARATTERISTICHE

Nel seguente capitolo si riportano le analisi delle sezioni descritte al §5.2. Vengono effettuate le verifiche agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio per ciascuna sezione oggetto di analisi.

7.1 SEZIONE 1 PK 0+120

7.1.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e, per ottenere delle sollecitazioni sufficientemente cautelative, si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 7-1, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso né lo scudo né l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.998$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

```

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] ..... .048753
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 8.935137

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .01414
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .07414
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .07414
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.28828
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .997809

```

Figura 7-1: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 16 di 113

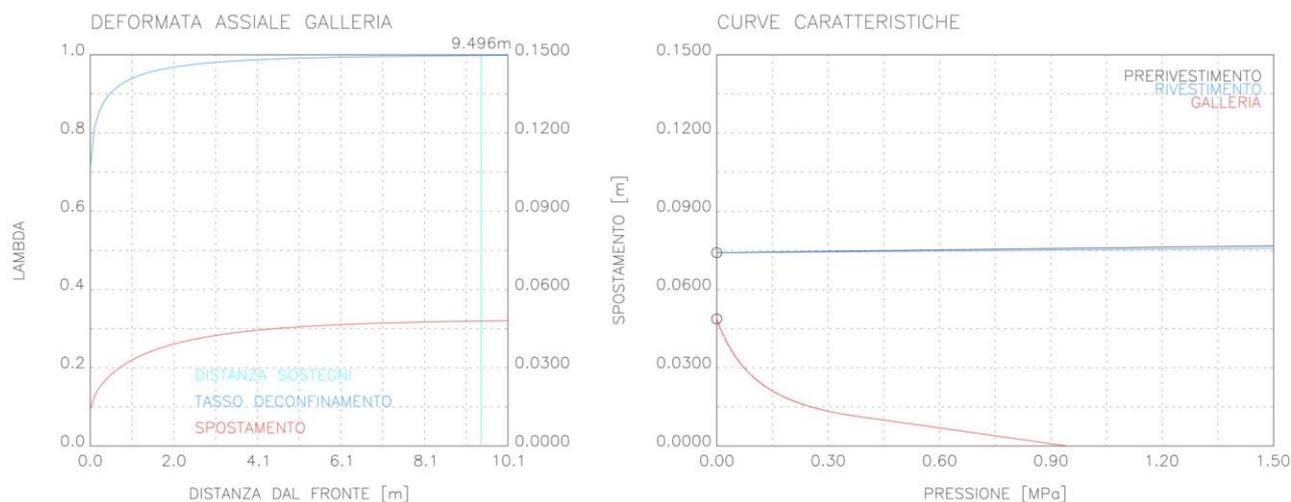


Fig. 7-2 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

7.1.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 1 della Finestra di Funes.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
Frana inattiva	50	35	20	27	80	32	300	0.5
P	140			27	483	43	3600	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
K₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 7-1: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 0+120

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 17 di 113

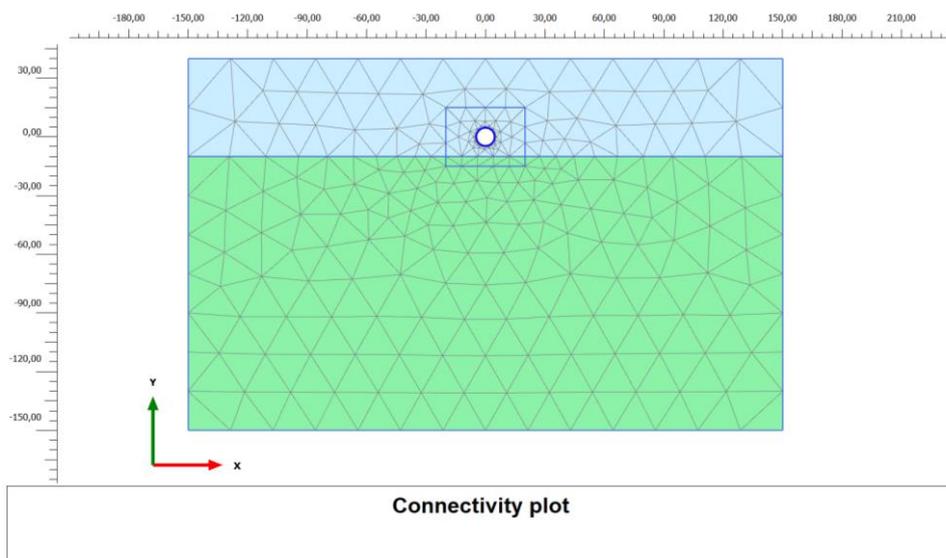


Figura 7-3: Geometria di analisi – Finestra di Funes pk 0+120

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Preconvergenza al fronte con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna;
4. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 18 di 113

Fase 3	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-98.80	10.77	-0.51	-231.19	33.02	-1.19
Nmin	-119.74	3.57	1.47	-280.19	10.95	3.44
Mmax	-98.82	10.81	0.00	-231.23	33.15	0.01
Mmin	-105.90	-8.74	0.02	-247.80	-26.79	0.04
Tmax	-112.68	-4.25	1.98	-263.67	-13.04	4.63
Tmin	-101.34	-0.77	-5.61	-237.15	-2.37	-13.13

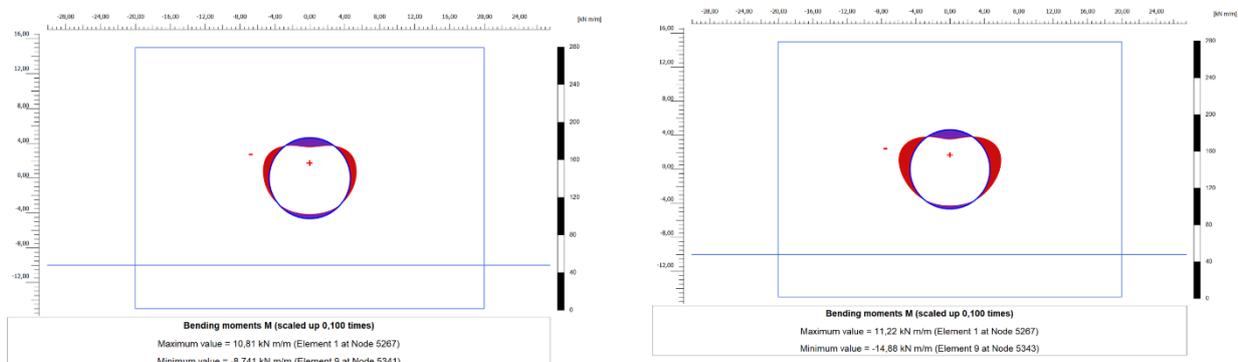
Tabella 7-2: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

LT	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1019.75	2.22	1.57	-2386.23	6.81	3.67
Nmin	-1029.59	10.75	1.76	-2409.23	32.95	4.11
Mmax	-1029.50	11.22	0.08	-2409.02	34.40	0.19
Mmin	-1024.37	-14.88	0.15	-2397.02	-45.62	0.35
Tmax	-1021.59	-10.24	3.44	-2390.51	-31.39	8.05
Tmin	-1027.48	-3.61	-7.18	-2404.31	-11.06	-16.81

Tabella 7-3: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

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 S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

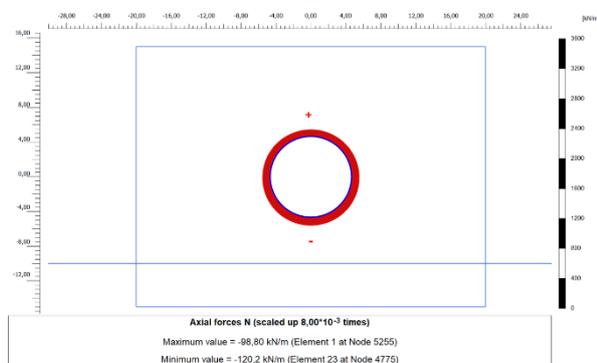
Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:



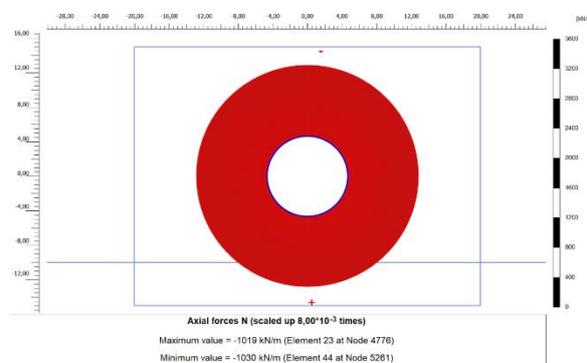
a)

b)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 19 di 113



c)



d)

Figura 7-4: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M L.T.; c) N Fase 3; d) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §1.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

7.1.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

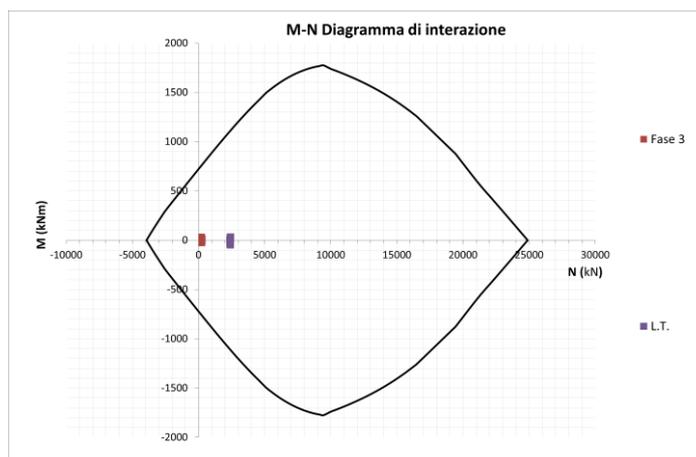


Figura 7-5: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio, al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 20 di 113

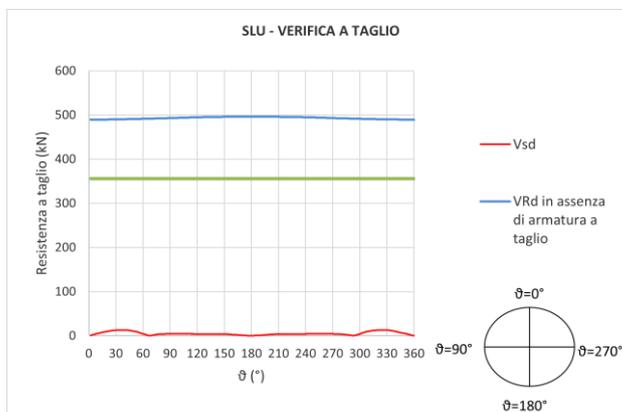


Figura 7-6: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

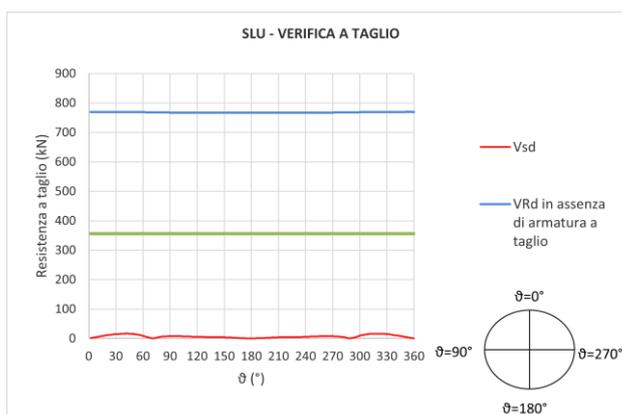


Figura 7-7: Verifica a taglio – Condizione L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 21 di 113

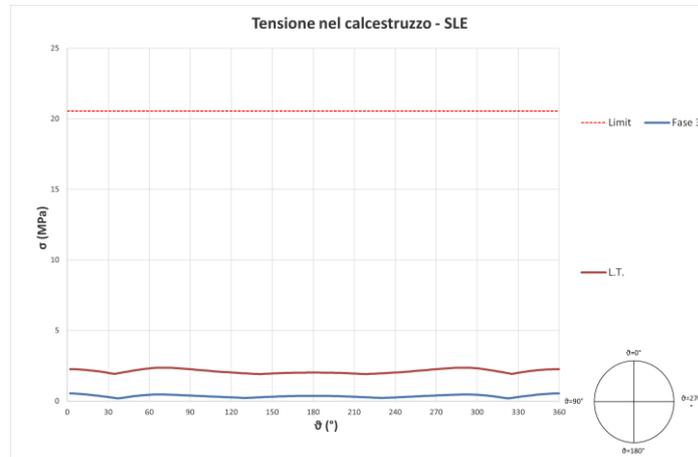


Figura 7-8: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

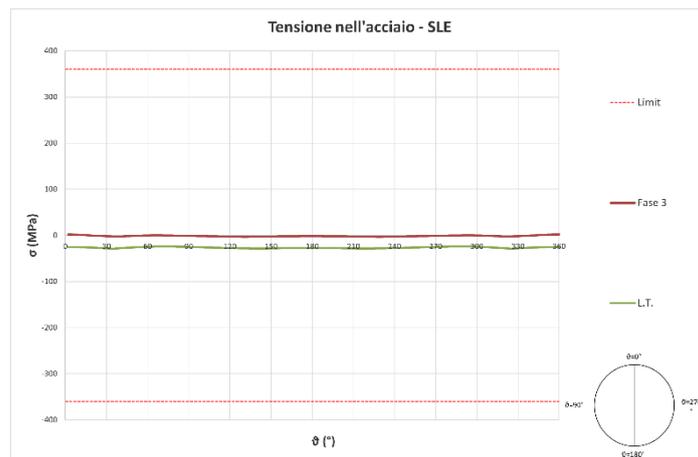


Figura 7-9: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

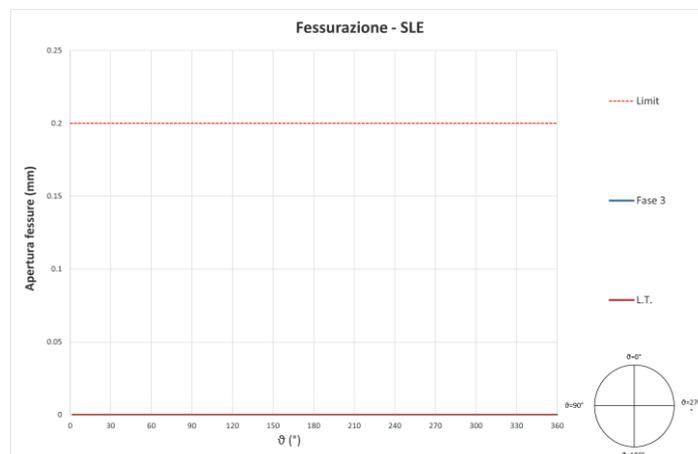


Figura 7-10: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	22 di 113

7.2 SEZIONE 2 PK 0+135

7.2.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e, per ottenere delle sollecitazioni sufficientemente cautelative, si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 7-11, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.999$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

```

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] ..... .008750
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 6.119564

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00254
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] ..... 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .06254
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .06254
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.28828
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .999525

```

Figura 7-11: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 23 di 113

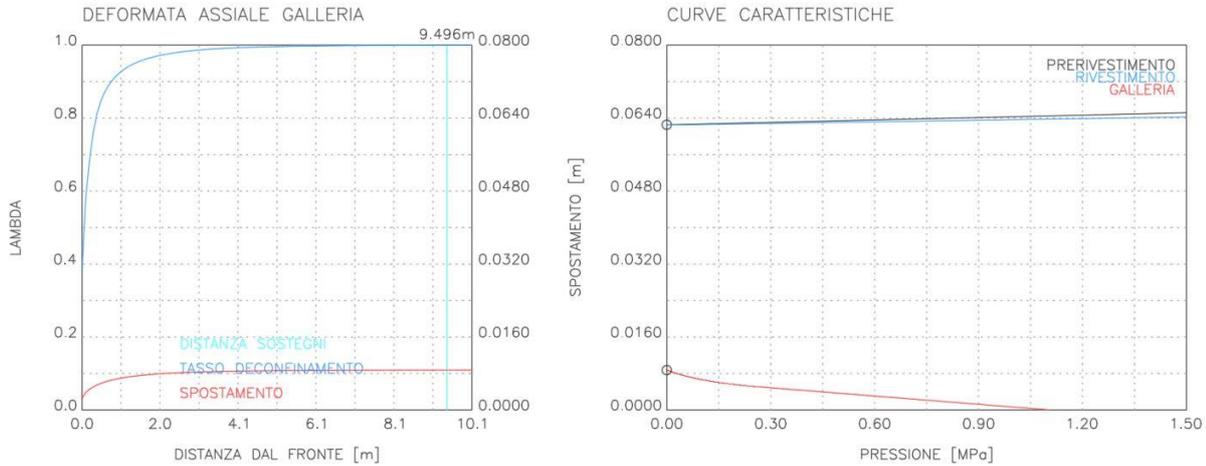


Fig. 7-12 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

7.2.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 2 della Finestra di Funes.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	24 di 113

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione								
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
Frana inattiva	41	41	20	27	80	32	300	0.5
P Danneggiamento 1	159			27	182	39	1000	0.9

S = spessore dello strato
 C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
 c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
 E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
 k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 7-4: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 0+135

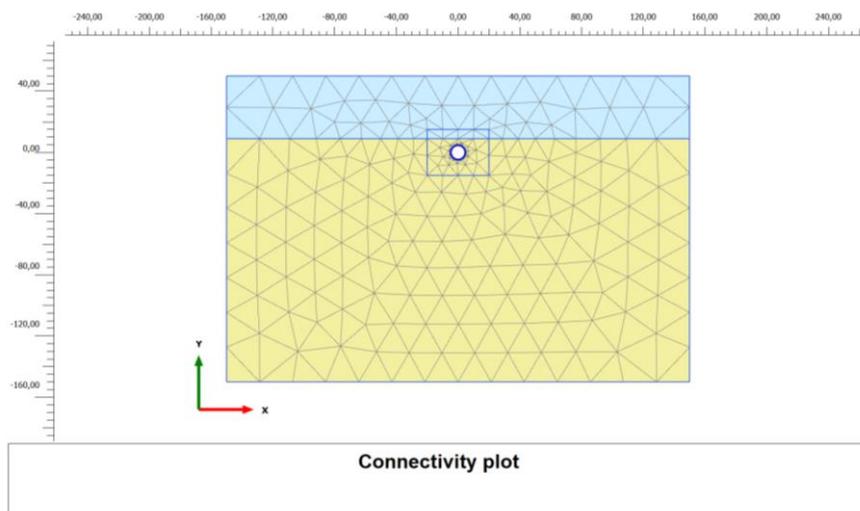


Figura 7-13: Geometria di analisi – Finestra di Funes pk 0+135

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	25 di 113

- Preconvergenza al fronte con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna;
- Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-42.89	2.06	-0.04	-100.37	6.31	-0.09
Nmin	-62.38	0.55	0.05	-145.96	1.70	0.11
Mmax	-42.89	2.06	-0.04	-100.37	6.31	-0.09
Mmin	-48.49	-2.30	-0.05	-113.46	-7.04	-0.12
Tmax	-50.32	-1.60	0.95	-117.76	-4.90	2.21
Tmin	-46.07	-0.81	-1.16	-107.80	-2.49	-2.71

Tabella 7-5: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

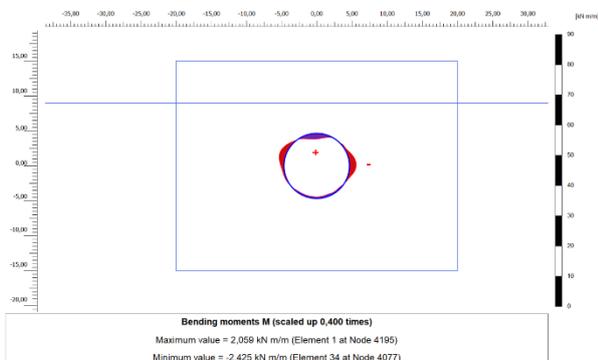
LT	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-903.48	-0.49	-0.02	-2114.14	-1.50	-0.05
Nmin	-971.51	0.49	-3.35	-2273.34	1.49	-7.83
Mmax	-970.25	4.49	-0.02	-2270.39	13.76	-0.04
Mmin	-952.94	-7.46	-0.09	-2229.87	-22.87	-0.20
Tmax	-930.16	-5.36	2.07	-2176.58	-16.43	4.85
Tmin	-971.03	-0.64	-3.41	-2272.22	-1.95	-7.99

Tabella 7-6: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

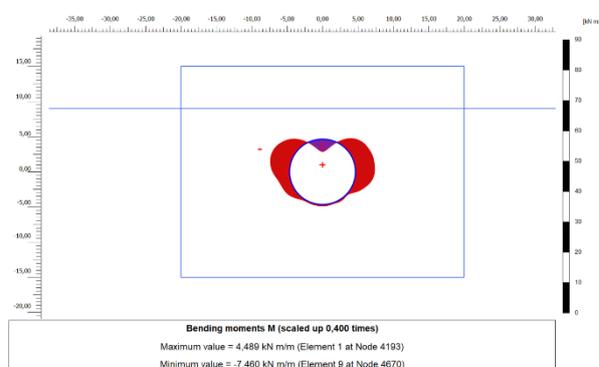
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

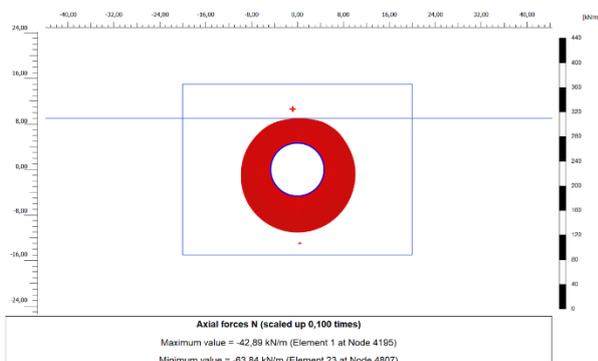
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 26 di 113



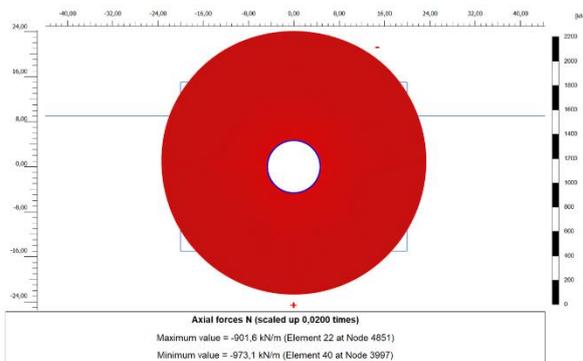
a)



b)



c)



d)

Figura 7-14: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M L.T.; c) N Fase 3; d) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §1.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

7.2.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 27 di 113

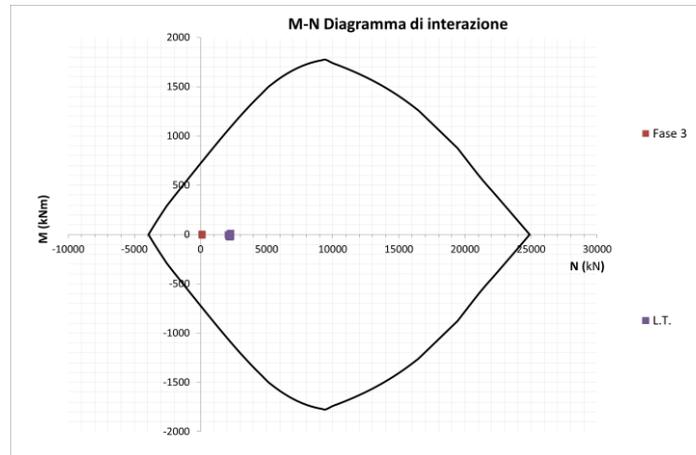


Figura 7-15: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio, al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

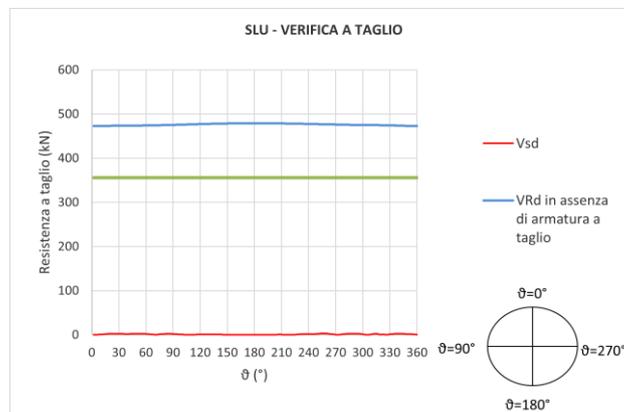


Figura 7-16: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 28 di 113

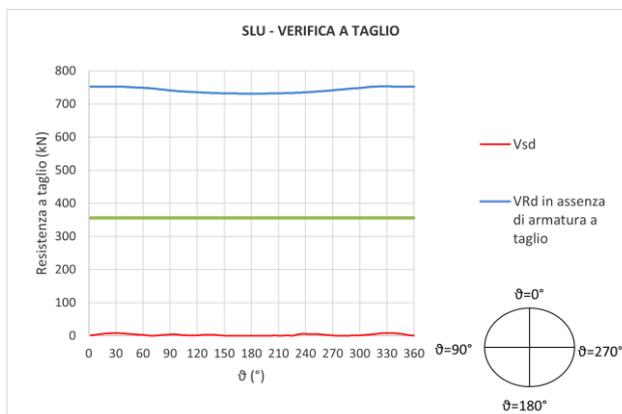


Figura 7-17: Verifica a taglio – Condizione L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

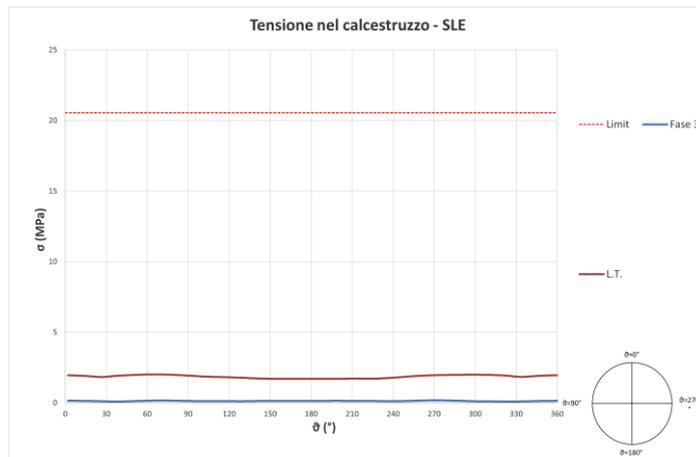


Figura 7-18: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 29 di 113

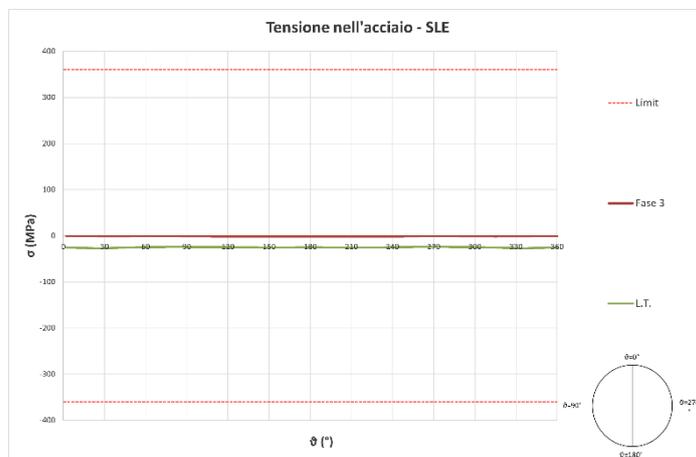


Figura 7-19: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

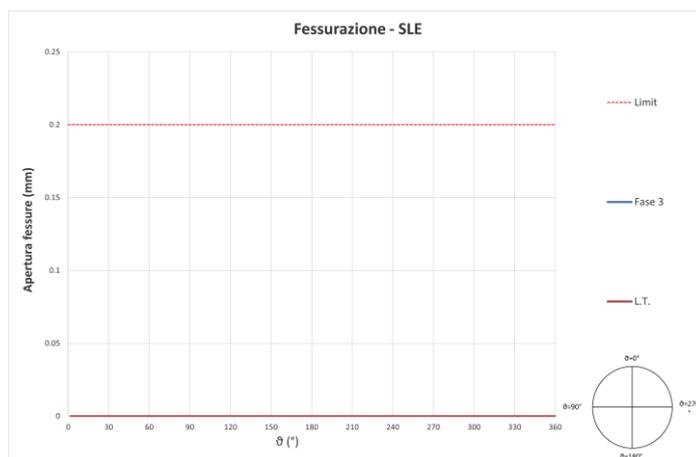


Figura 7-20: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte

7.3 SEZIONE 3 PK 0+270

7.3.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e, per ottenere delle sollecitazioni sufficientemente cautelative, si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 7-21, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO												
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE		<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>GN0600002</td> <td>B</td> <td>30 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	30 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	30 di 113									
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato														

in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.999$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

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]024165
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 7.322756

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]00701
 Convergenza radiale scudo [m]00000
 Tensione scudo [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza scudo00000
 Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
 Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
 Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
 Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento punto di equilibrio [MPa]06701
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]00000
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.28828
 Rigidezza anello CLS [MPa] 4047.85173
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera998998

Figura 7-21: Output programma di calcolo GV4

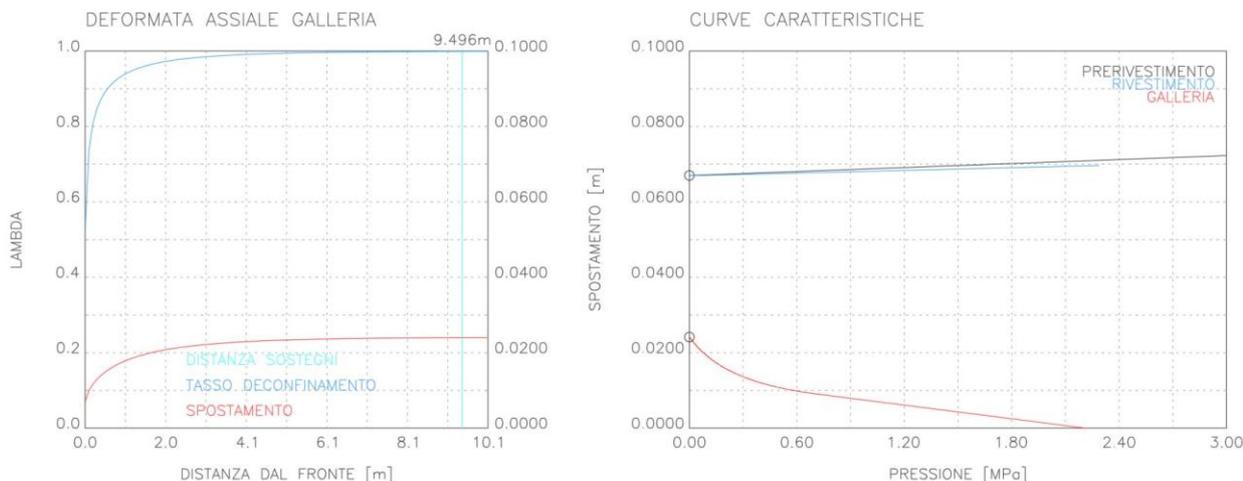


Fig. 7-22 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell'anello

7.3.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 3 della Finestra di Funes.

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

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 31 di 113

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
P Danneggiamento 2	236	82	30	27	236	36	1000	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell'ammasso roccioso
k₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 7-7: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 0+270

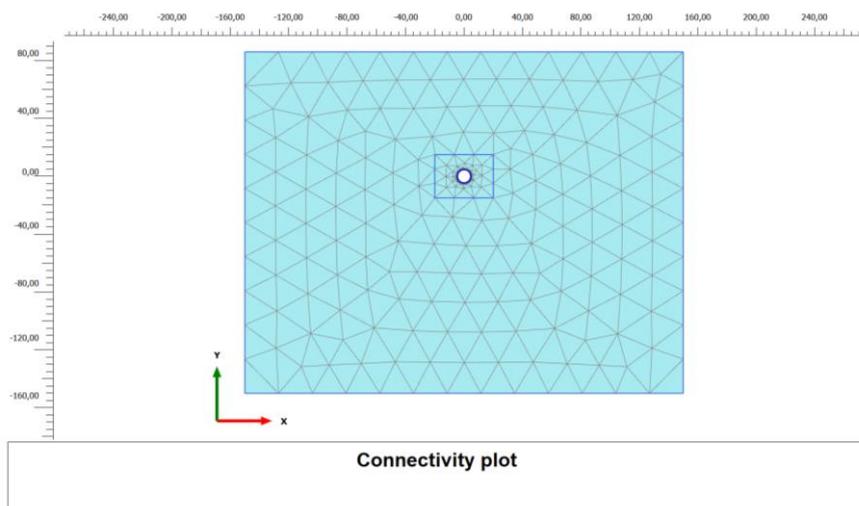


Figura 7-23: Geometria di analisi – Finestra di Funes pk 0+270

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Preconvergenza al fronte con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 32 di 113

- Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna;
- Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-63.27	-1.39	1.26	-148.06	-4.27	2.95
Nmin	-80.59	0.30	-0.22	-188.59	0.91	-0.51
Mmax	-64.67	2.37	-0.04	-151.32	7.27	-0.08
Mmin	-67.46	-2.04	0.07	-157.87	-6.25	0.15
Tmax	-63.45	-0.43	2.29	-148.47	-1.32	5.37
Tmin	-64.54	1.34	-2.17	-151.02	4.12	-5.08

Tabella 7-8: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

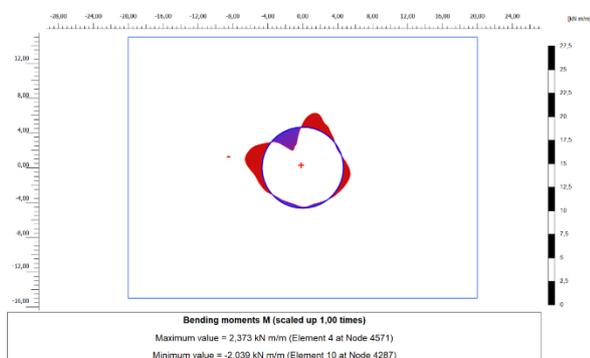
LT	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1363.65	-2.29	-0.33	-3190.95	-7.03	-0.76
Nmin	-1440.54	-3.03	-0.41	-3370.87	-9.29	-0.96
Mmax	-1364.37	-2.19	0.06	-3192.63	-6.70	0.15
Mmin	-1383.42	-5.60	-0.01	-3237.20	-17.17	-0.03
Tmax	-1367.30	-2.91	1.29	-3199.48	-8.92	3.02
Tmin	-1405.15	-3.99	-1.22	-3288.05	-12.24	-2.85

Tabella 7-9: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

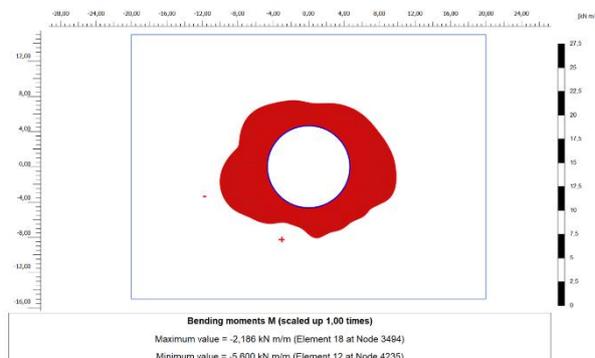
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

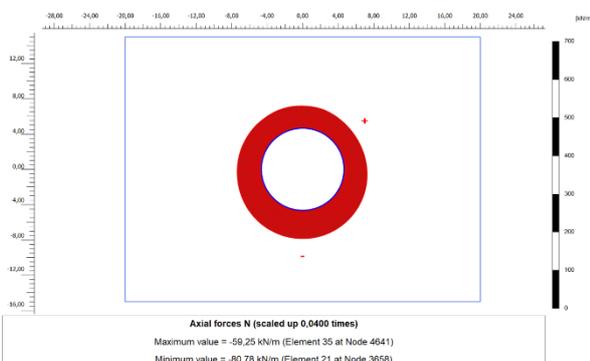
APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 33 di 113



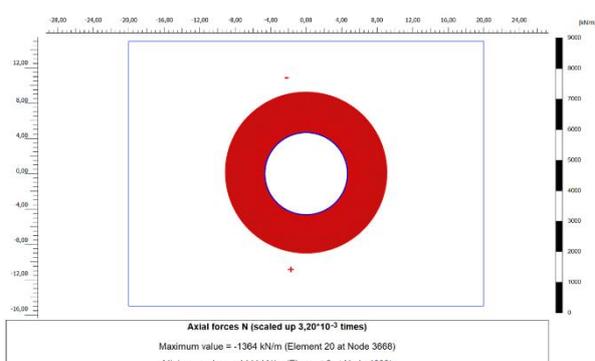
a)



b)



c)



d)

Figura 7-24: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M L.T.; c) N Fase 3; d) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §1.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

7.3.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 34 di 113

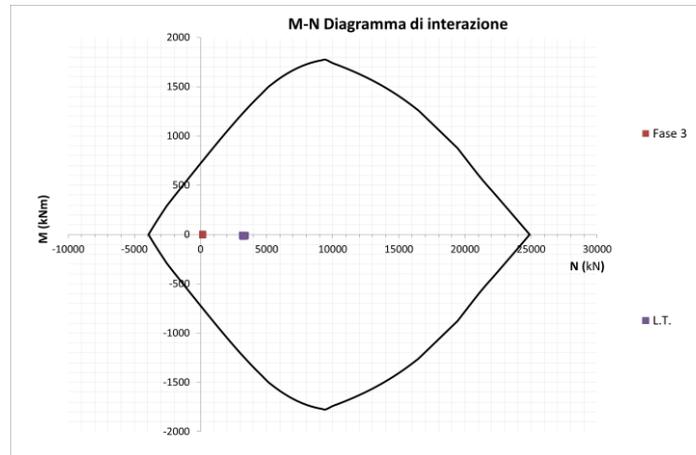


Figura 7-25: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio, al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

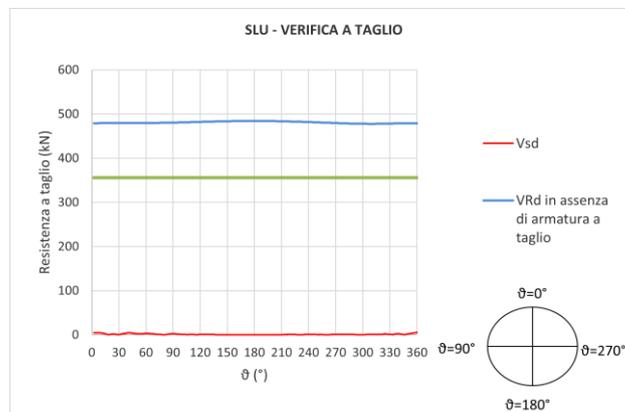


Figura 7-26: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 35 di 113

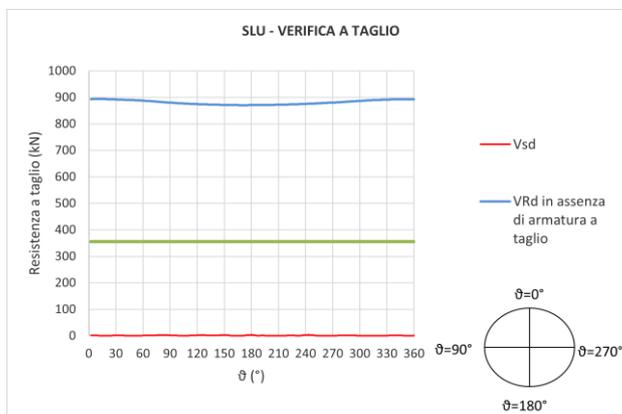


Figura 7-27: Verifica a taglio – Condizione L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

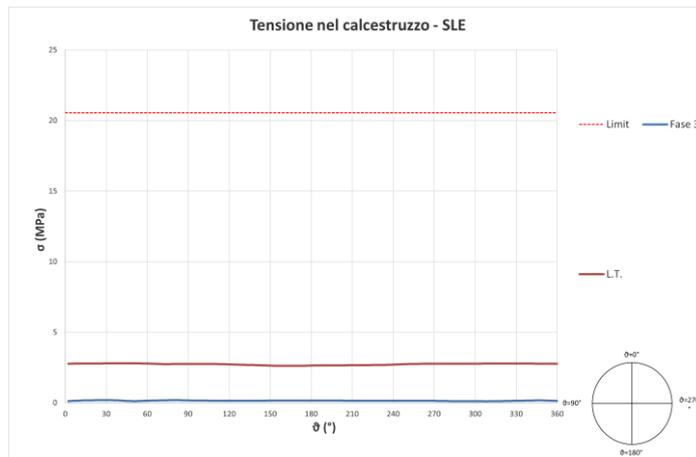


Figura 7-28: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 36 di 113

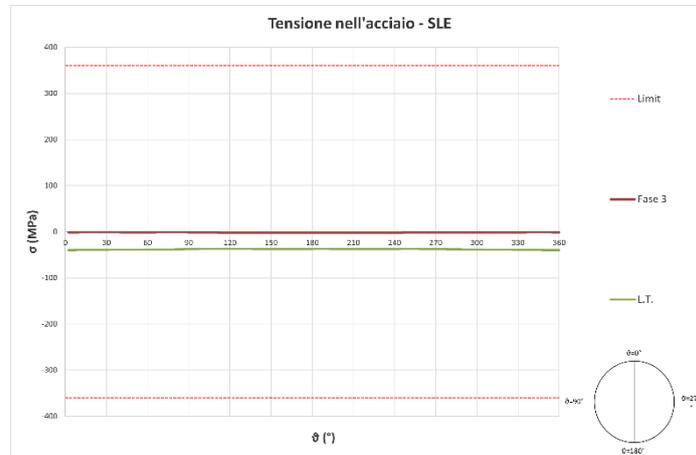


Figura 7-29: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

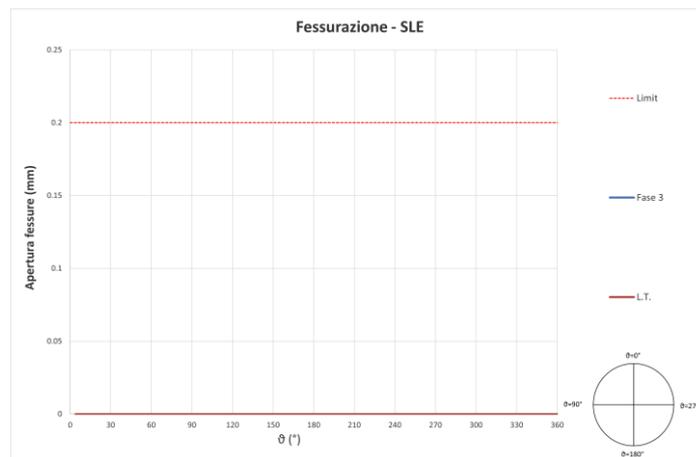


Figura 7-30: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	37 di 113

7.4 SEZIONE 4 PK 0+400

7.4.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e, per ottenere delle sollecitazioni sufficientemente cautelative, si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 7-31, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.999$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

```

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] ..... .005475
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 5.713170

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00159
Convergenza radiale scudo [m] ..... .00000
Tensione scudo [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .00000
Pressione rottura scudo [MPa] ..... 2463.97104
Rigidità scudo [MPa] ..... 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .06159
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .06159
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.28828
Rigidità anello CLS [MPa] ..... 4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .999642

```

Figura 7-31: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 38 di 113

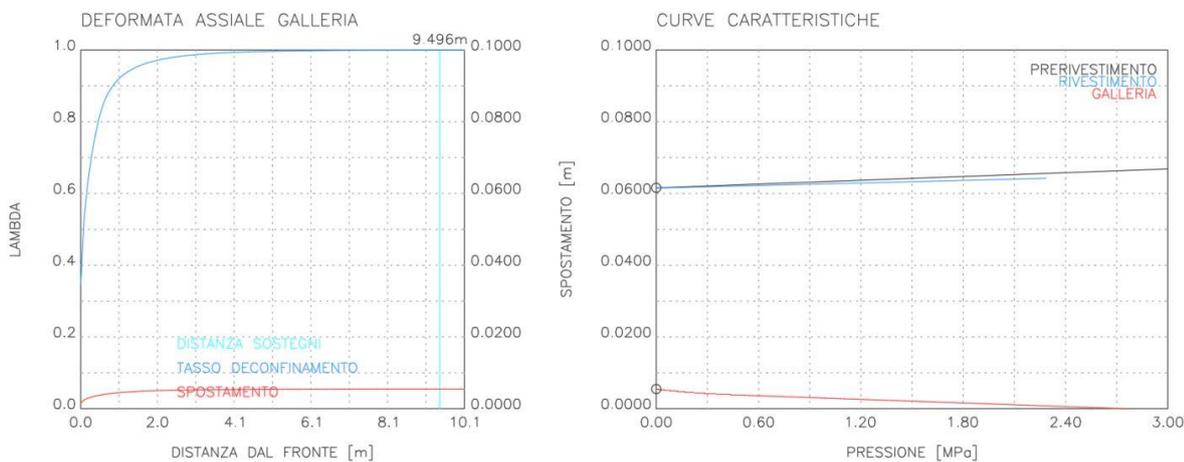


Fig. 7-32 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

7.4.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 4 della Finestra di Funes.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
P	256	102	40	27	483	43	3600	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
 K_0 = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 7-10: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 0+400

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 39 di 113

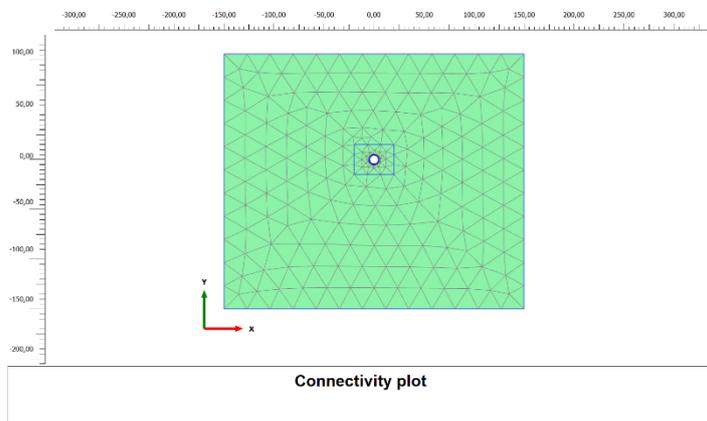


Figura 7-33: Geometria di analisi – Finestra di Funes pk 0+400

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Preconvergenza al fronte con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna;
4. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_G = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
N_{max}	-35.94	0.56	0.15	-84.09	1.71	0.36
N_{min}	-54.03	0.03	-0.08	-126.42	0.09	-0.20
M_{max}	-47.07	0.73	0.27	-110.15	2.22	0.63

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 40 di 113

Mmin	-43.01	-1.50	0.15	-100.65	-4.59	0.35
Tmax	-45.95	-0.25	1.89	-107.53	-0.75	4.43
Tmin	-40.86	-0.82	-1.21	-95.61	-2.53	-2.84

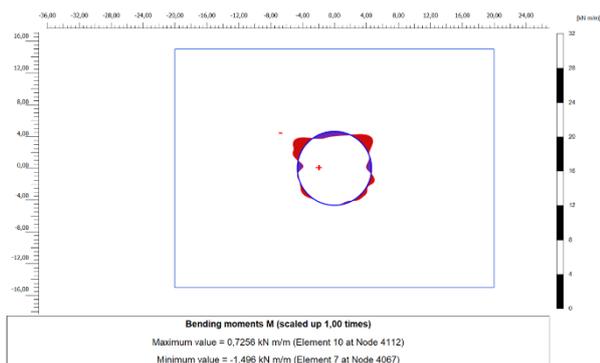
Tabella 7-11: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

L.T.	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1804.85	-0.34	1.43	-4223.36	-1.03	3.33
Nmin	-1904.08	-3.67	-0.19	-4455.56	-11.26	-0.44
Mmax	-1804.85	-0.34	1.43	-4223.36	-1.03	3.33
Mmin	-1852.18	-10.59	0.08	-4334.09	-32.46	0.18
Tmax	-1829.90	-7.31	2.82	-4281.96	-22.40	6.60
Tmin	-1843.92	-8.65	-2.04	-4314.78	-26.53	-4.78

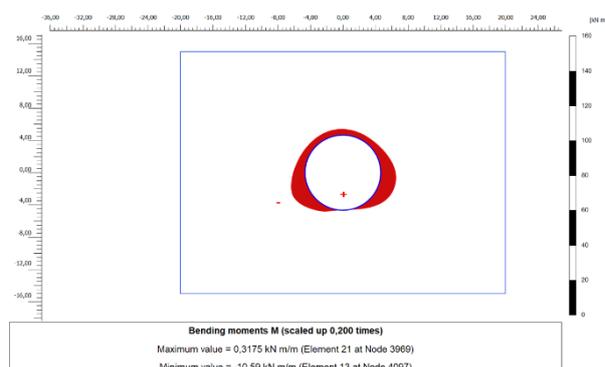
Tabella 7-12: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

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 S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

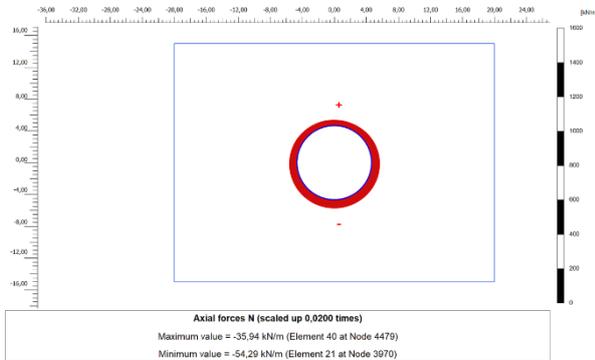


a)

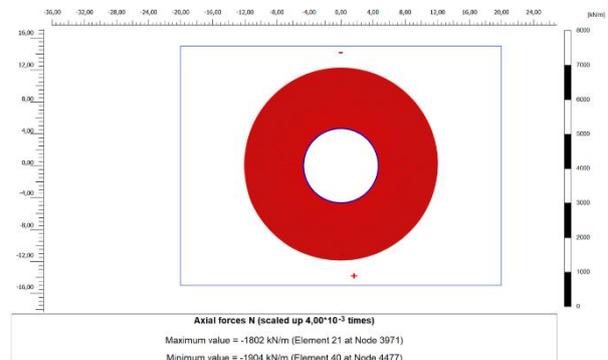


b)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 41 di 113



c)



d)

Figura 7-34: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M L.T.; c) N Fase 3; d) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §1.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

7.4.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

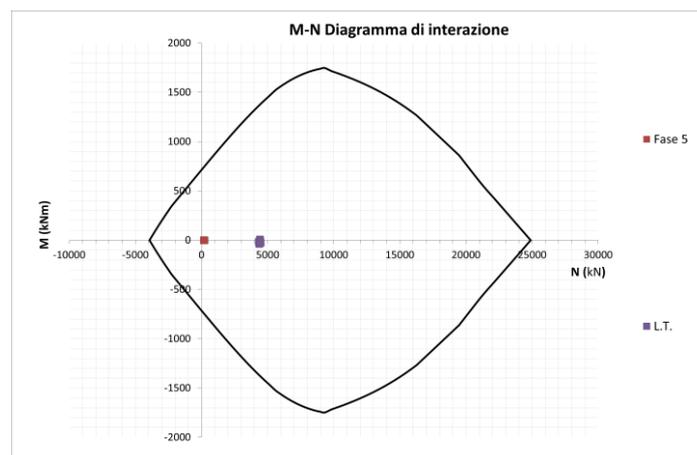


Figura 7-35: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio, al variare dell'angolo θ che descrive l'anello, nella fase più critica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 42 di 113

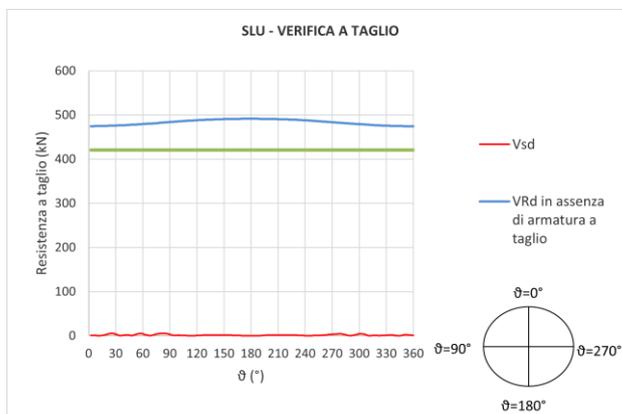


Figura 7-36: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

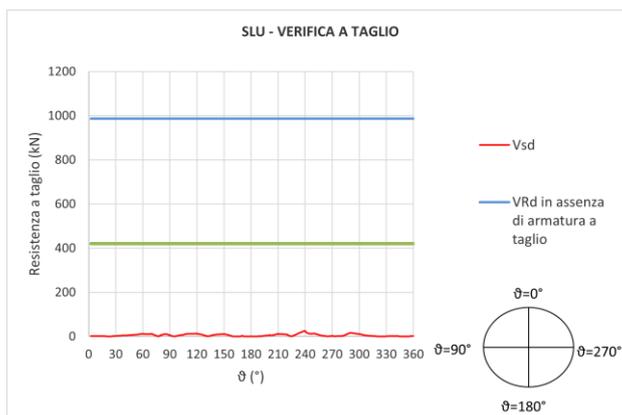


Figura 7-37: Verifica a taglio – Condizione L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 43 di 113

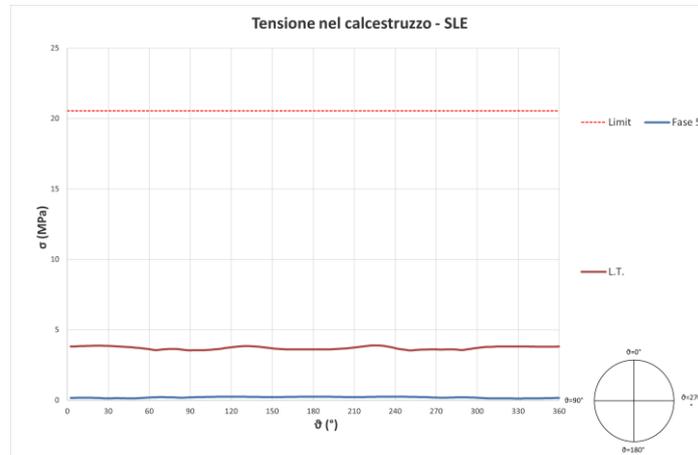


Figura 7-38: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

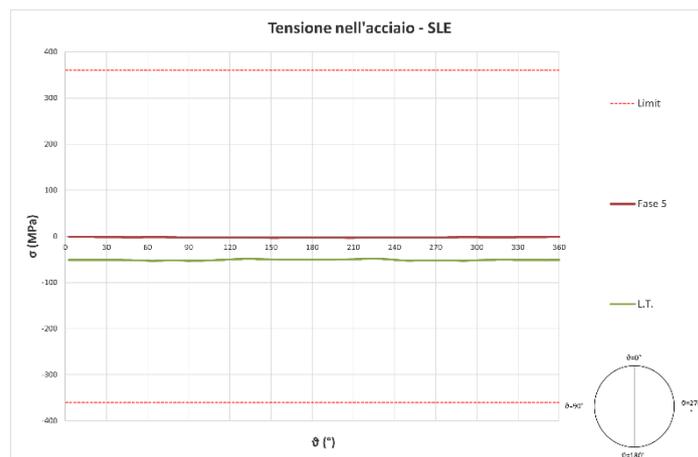


Figura 7-39: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

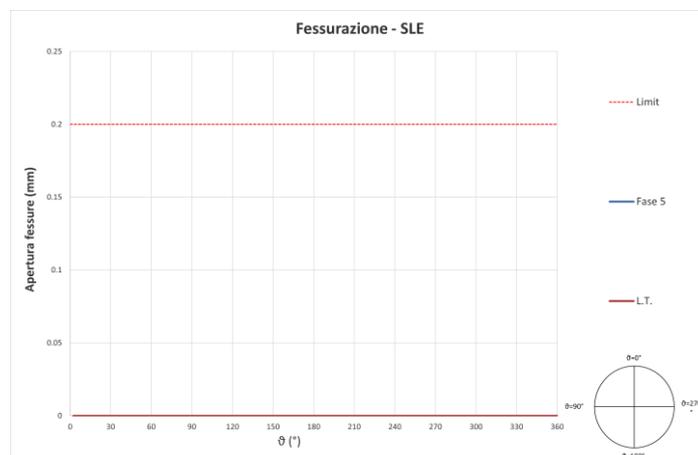


Figura 7-40: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	44 di 113

7.5 SEZIONE 5PK 0+565

7.5.1 Metodo delle curve caratteristiche

Al fine di definire quali siano le sollecitazioni agenti sul rivestimento in conci prefabbricati, si è fatto riferimento alla curva caratteristica per galleria scavata con fresa scudata utilizzando il programma di calcolo GV4, e assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e, per ottenere delle sollecitazioni sufficientemente cautelative, si è supposto che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

Come si può osservare dall'output del programma di calcolo riportato in Allegato 1 (di cui nel seguito, in Figura 7-31, si riporta solo un breve stralcio) in questo caso ne lo scudo ne l'anello di rivestimento giungono mai in contatto con l'ammasso roccioso circostante. Pertanto, è stato considerato come rilascio tensionale in corrispondenza della posa in opera dell'anello in conci prefabbricati il valore che si verifica alla distanza di 10.5 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.998$.

Si sottolinea che l'assenza del contatto scudo-ammasso circostante è visibile anche dalla curva caratteristica riportata in Allegato 1.

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] .....	.062379
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	8.803696
FRESA SCUDATA -----	
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] .....	.000000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] .....	.000000
Spostamento al punto di equilibrio [m] .....	.018090
Convergenza radiale scudo [m] .....	.000000
Tensione scudo [MPa] .....	.000000
Coefficiente di sicurezza scudo .....	.000000
Pressione rottura scudo [MPa]	2463.97104
Rigidità scudo [MPa]	2756.16850
Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.	
RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m] .....	.000000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.000000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.078080
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.078080
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.000000
Tensione CLS [MPa] .....	.000000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.000000
Pressione rottura CLS [MPa]	2.288280
Rigidità anello CLS [MPa]	4047.851730
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.998184

Figura 7-41: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 45 di 113

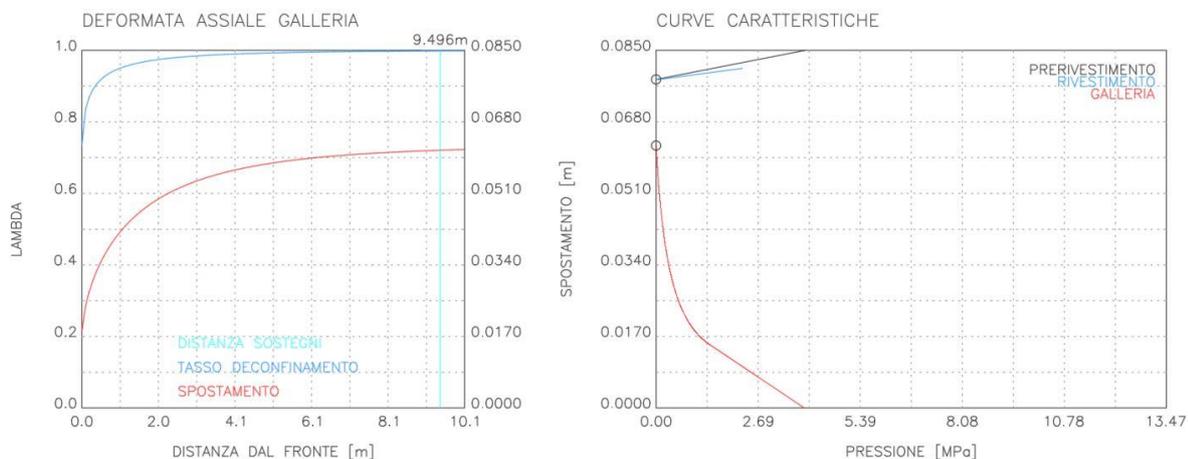


Fig. 7-42 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

7.5.1.1. Interazione galleria - terreno

Nella tabella seguente si riassumono i dati di input che caratterizzano la sezione geotecnica utilizzata per le analisi numeriche corrispondenti alla sezione di calcolo della sezione 5 della Finestra di Funes.

Il modello costitutivo dell’ammasso è di tipo elasto-plastico “Mohr-Coulomb”.

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione								
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
P	256	102	40	27	483	43	3600	0.9
P in faglia	5	145	100	27	236	36	1000	0.9
P	256	102	40	27	483	43	3600	0.9

S = spessore dello strato
C = copertura (rispetto alla calotta)
 γ = peso per unità di volume
c = coesione drenata
 ϕ = angolo di attrito interno
E = modulo elastico dell’ammasso roccioso
K₀ = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 7-13: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 0+565

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 46 di 113

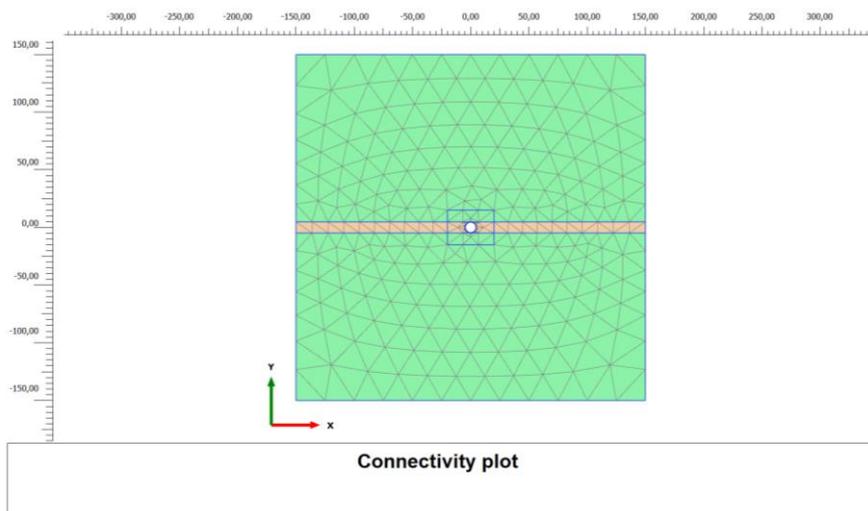


Figura 7-43: Geometria di analisi – Finestra di Funes pk 0+565

L'interazione galleria-terreno è stata valutata mediante una apposita analisi numerica FEM, utilizzando il codice di calcolo Plaxis 2D.

I bordi del modello numerico sono stati collocati sufficientemente lontani dalla galleria, in modo tale che le condizioni di vincolo ivi definite non interferiscano con i processi di scavo e costruzione in esame.

Il modello di calcolo è a doppia canna poiché l'interdistanza tra i due binari è pari a 40 m e dunque si considera la reciproca interazione tra lo scavo delle due canne.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

5. Costruzione della geometria del modello;
6. Inizializzazione dello stato tensionale;
7. Preconvergenza al fronte con rilascio parziale dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
8. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna;
9. Applicazione di una pressione al contorno del cavo per simulare il carico idraulico agente a lungo termine.

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica a m di galleria, prive di fattori amplificativi, e le sollecitazioni adottate nelle verifiche strutturali; queste ultime risultano moltiplicate per il coefficiente $\gamma_6 = 1.3$ e per la lunghezza del concio $b=1.8m$ mentre il momento, per considerare la riduzione della rigidità dovuta alla presenza dei giunti tra ciascun concio, viene moltiplicato per un coefficiente aggiuntivo ricavato mediante la formulazione di Wood $(1+\xi) = 1.31$.

Fase 3	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-60.69	-1.40	-0.61	-142.02	-4.30	-1.43

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 47 di 113

Nmin	-117.51	0.92	0.05	-274.96	2.82	0.11
Mmax	-80.27	2.09	0.07	-187.82	6.42	0.16
Mmin	-62.04	-1.88	0.08	-145.17	-5.75	0.19
Tmax	-64.89	-0.68	2.38	-151.85	-2.09	5.57
Tmin	-87.99	0.38	-2.38	-205.90	1.16	-5.57

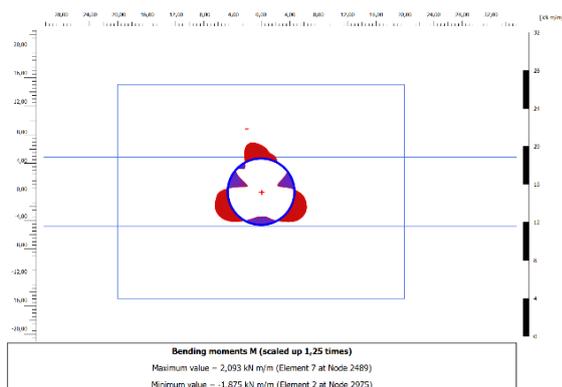
Tabella 7-14: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

L.T.	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1848.27	-4.66	0.25	-4324.96	-14.28	0.60
Nmin	-1916.61	-9.18	0.40	-4484.86	-28.14	0.95
Mmax	-1888.95	3.42	-0.36	-4420.14	10.48	-0.85
Mmin	-1867.87	-12.81	0.17	-4370.82	-39.28	0.41
Tmax	-1877.57	-5.67	11.18	-4393.52	-17.39	26.17
Tmin	-1892.77	-0.43	-7.04	-4429.08	-1.33	-16.47

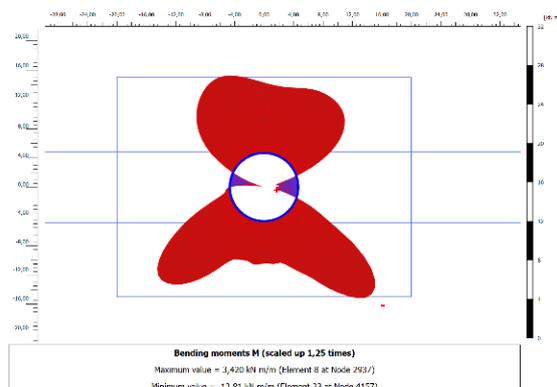
Tabella 7-15: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

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 S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

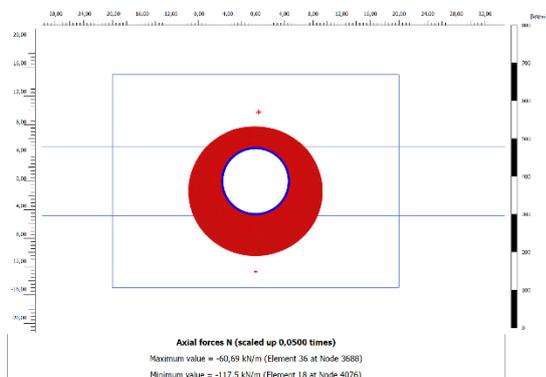


a)

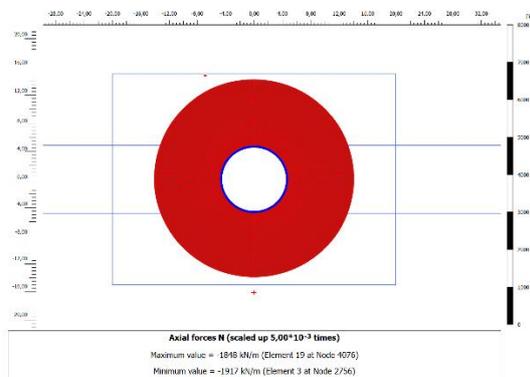


b)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 48 di 113



c)



d)

Figura 7-44: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M L.T.; c) N Fase 3; d) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §1.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

7.5.2 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE) durante la fase operativa secondo quanto descritto all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

Verifiche a presso-flessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

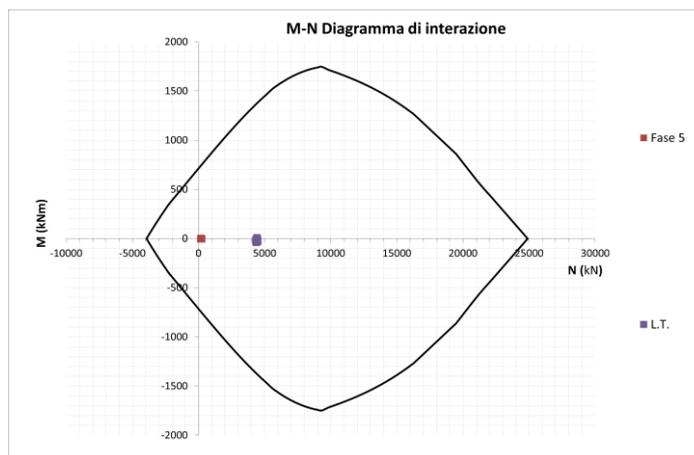


Figura 7-45: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

Verifica a taglio allo SLU

Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 49 di 113

dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio, al variare dell'angolo e che descrive l'anello, nella fase più critica.

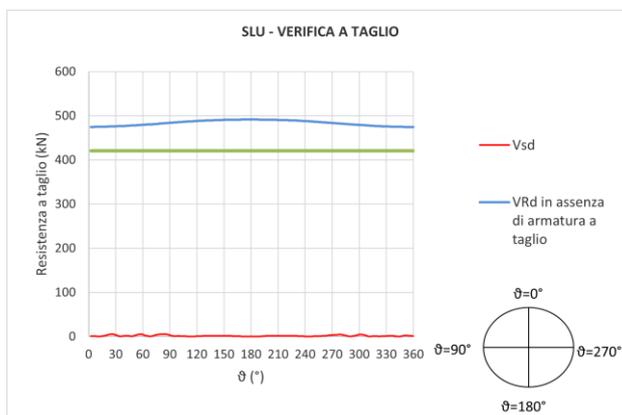


Figura 7-46: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

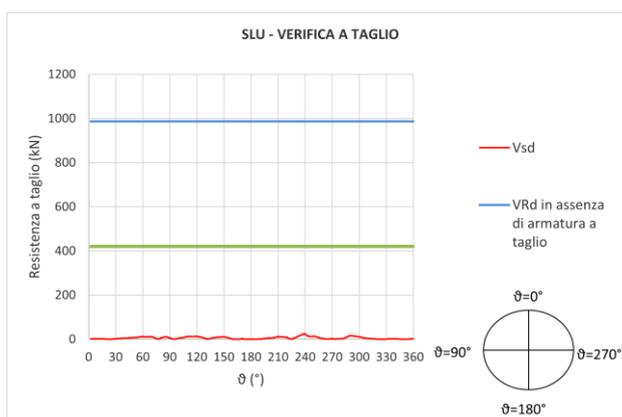


Figura 7-47: Verifica a taglio – Condizione L.T.

Dalle figure precedenti si osserva che non è mai necessaria armatura specifica al taglio.

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.)

Per le verifiche di fessurazione (SLE) si è assunto un valore limite di apertura delle fessure pari a $w_k=0.20$ mm in estradosso (condizioni ambientali aggressive, classe di esposizione XA2) e pari a $w_k=0.30$ mm in intradosso (condizioni ambientali ordinarie, classe di esposizione XC3), in accordo con quanto prescritto dalla Norma vigente ed una tensione massima nel calcestruzzo e nell'acciaio in accordo con quanto previsto dal DM 14/01/2008 (cfr. 10.2) Rif. [1].

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) considerato nelle verifiche che seguono è assunto pari a 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 50 di 113

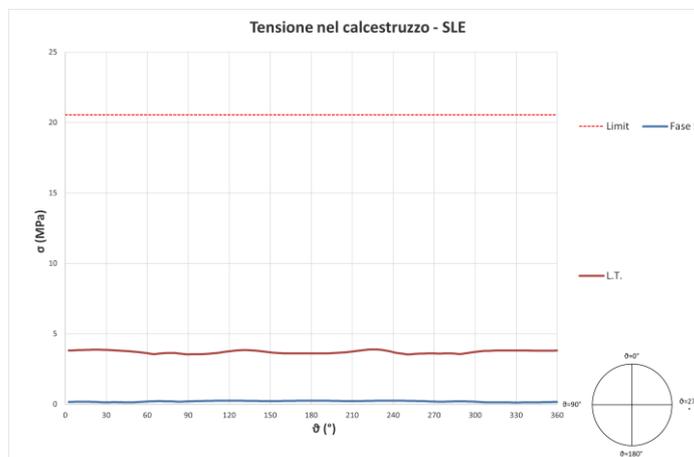


Figura 7-48: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

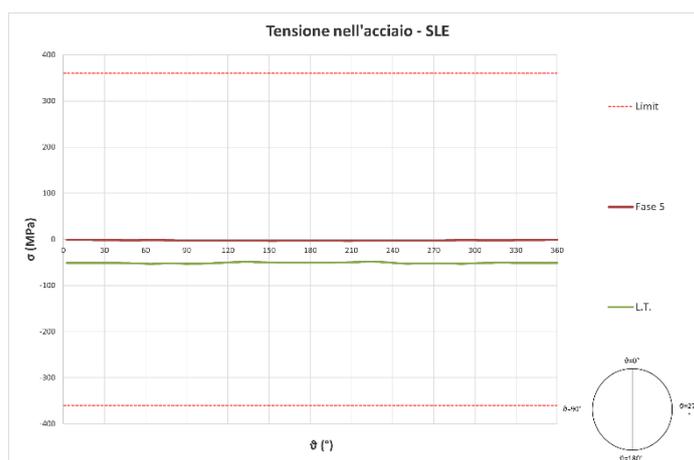


Figura 7-49: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

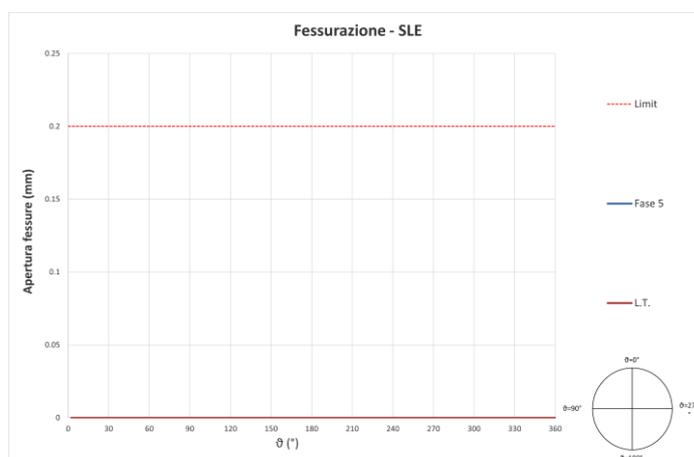


Figura 7-50: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	51 di 113

8. RISULTATI DEI CALCOLI

Dalle analisi riportate al capitolo 7 si evince che in corrispondenza delle zone di faglia più critiche risulta necessario installare i conci di tipo B, mentre per le tratte restanti si prevede l'installazione di tipo A.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle tipologie di conci previste per ogni sezione analizzata:

	SEZIONE DI CALCOLO	UNITÀ	TIPO CONCIO A	TIPO CONCIO B	TIPO CONCIO C
1	0+120	Frana inattiva		X	
2	0+135	P Faglia		X	
3	0+270	P Faglia		X	
4	0+400	P	X		
5	0+565	P Faglia		X	

Tabella 8-1: Riepilogo delle tipologie di conci adottate nelle analisi

Si riporta nella seguente tabella un riepilogo delle tratte con indicazione delle tipologie di elementi strutturali previste sulla base delle analisi svolte. Viene infine riportato il numero totale di conci per ogni tipologia di rivestimento previsti sulla tratta della Finestra di Funes GN06.

Galleria	pk inizio [m]	pk fine [m]	Litotipo	Faglia (si/no)	Classe copertura [m]	Tipologia elementi di rivestimento	Lunghezza tratta [m]	Numero anelli	Numero conci
Finestra di Funes	0+013	0+062	Rilevato A22	no	0-51	Tipo C	0+049	27	190
Finestra di Funes	0+062	0+110	Frana Inattiva	si	0-52	Tipo B	0+048	27	187
Finestra di Funes	0+110	0+132	Porfiroidi	si	0-53	Tipo B	0+022	12	87
Finestra di Funes	0+132	0+246	Porfiroidi	no	0-54	Tipo A	0+114	63	443
Finestra di Funes	0+246	0+299	Porfiroidi	si	0-55	Tipo B	0+053	29	206
Finestra di Funes	0+299	0+496	Porfiroidi	no	0-56	Tipo A	0+196	109	764
Finestra di Funes	0+496	0+594	Porfiroidi	si	0-57	Tipo B	0+098	54	381
Finestra di Funes	0+594	0+644	Porfiroidi	no	0-58	Tipo A	0+050	28	194

Tabella 8-2: Riepilogo delle tipologie di conci per galleria di di Funes GN06

Totale conci Tipo A	Totale conci Tipo B	Totale conci Tipo C
1402	861	190

Tabella 8-3: Numero totale conci per tipologia per galleria di di Funes GN06

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 52 di 113

9. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse all'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato nel tratto di scavo meccanizzato della galleria di di Funes (GN06).

Le verifiche effettuate hanno dimostrato che la soluzione proposta è adeguato dal punto di vista normativo.

Per le informazioni relative al monitoraggio si rimanda alla relazione IBOU1BEZZRHGN0100002, mentre per i parametri macchina si fa riferimento all'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000005. Per le linee guida riguardanti lo scavo meccanizzato, gli interventi di drenaggio e di consolidamento in avanzamento si veda l'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000004.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 53 di 113

ALLEGATO 1

ANALISI CON IL METODO DELLE CURVE CARATTERISTICHE

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	54 di 113

10. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI DIAGNOSI

10.1 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 1 (PK. 0+120)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Finestra Funes
Pk 0+120
Fase di 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] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa]95000
Modulo di Young [MPa] 300.00000
Coefficiente di Poisson20000
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] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]08000
Angolo attrito picco [deg] 32.00000
Coesione residua [MPa]08000
Angolo attrito residuo [MPa] 32.00000
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]049248
Raggio plastico galleria [m] 8.953973
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]019077
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]004900
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]014282
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.354485

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]049248
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.953973

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 55 di 113

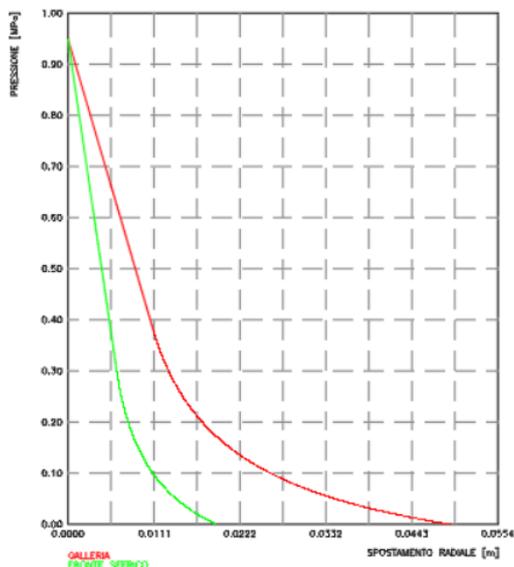


Figura 10-1: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+120)

10.2 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 2 (PK. 0+135)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Finestra Funes
Pk0+135
Fase di 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]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.11000
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
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]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.18200
Angolo attrito picco [deg]	39.00000
Coesione residua [MPa] .....	.18200
Angolo attrito residuo [MPa]	39.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 56 di 113

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]008573
 Raggio plastico galleria [m] 6.119564
 Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
 Spostamento radiale fronte sferico [m]003793
 Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]001977
 Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]002486
 Raggio plastico fronte sferico [m] 5.291178

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]008573
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.119564

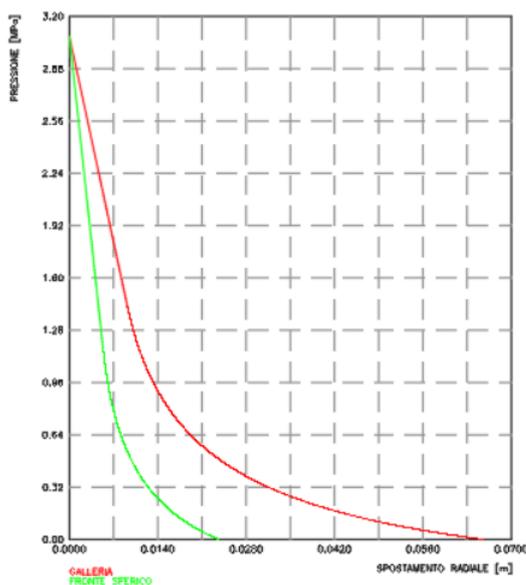


Figura 10-2: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+135)

10.3 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 3 (PK. 0+270)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Finestra Funes
 Pk 0+270
 Fase di 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)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN060002	REV. B	FOGLIO. 57 di 113

D A T I A N A L I S I

R galleria [m] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	2.21000
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
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]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.23600
Angolo attrito picco [deg]	36.00000
Coesione residua [MPa] .....	.23600
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] .....	.023844
Raggio plastico galleria [m]	7.322756
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.009885
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.002714
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m] ...	.006915
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.768262

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] .....	.023844
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	7.322756

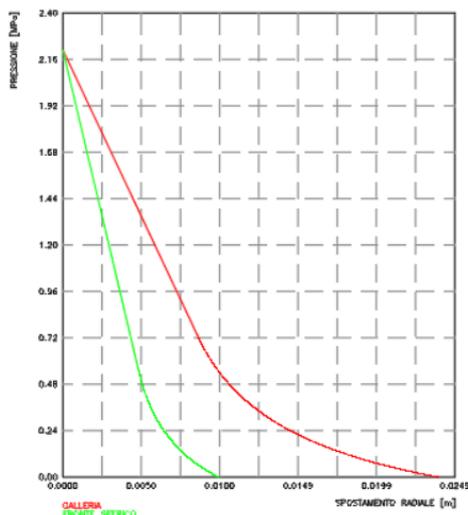


Figura 10-3: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+270)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	58 di 113

10.4 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 4 (PK. 0+400)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Finestra Funes
Pk 0+400
Fase di 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]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	2.75400
Modulo di Young [MPa]	3600.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
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]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.48300
Angolo attrito picco [deg]	43.00000
Coesione residua [MPa] .....	.48300
Angolo attrito residuo [MPa]	43.00000
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] .....	.005314
Raggio plastico galleria [m]	5.713170
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.002430
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.001369
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.001541
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.128638

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] .....	.005314
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	5.713170

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 59 di 113

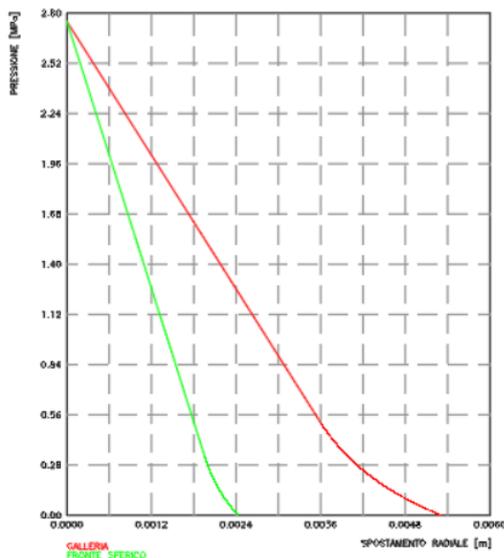


Figura 10-4: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+400)

10.5 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 5 (PK. 0+565)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Funes
Pk 0+400
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]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	3.91500
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m ³] ..	.00000
Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] ..	.00000
Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.23600
Angolo attrito picco [deg]	36.00000
Coesione residua [MPa] .....	.23600
Angolo attrito residuo [MPa]	36.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	60 di 113
08 - GALLERIE							
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato							

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]062379
 Raggio plastico galleria [m] 8.803696
 Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
 Spostamento radiale fronte sferico [m]024191
 Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]006207
 Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]018090
 Raggio plastico fronte sferico [m] 6.327667

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]062379
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.803696

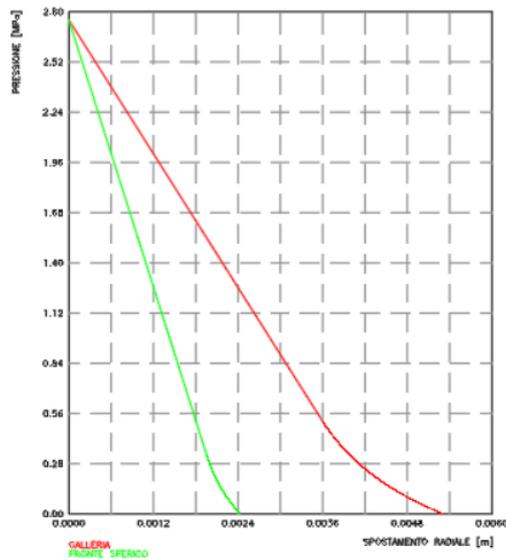


Figura 10-5: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+565)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	61 di 113

11. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI TERAPIA

11.1 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 1 (PK. 0+120)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Funes
Pk 0+120
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
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] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa]94500
Modulo di Young [MPa] 300.00000
Coefficiente di Poisson25000
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] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]08000
Angolo attrito picco [deg] 32.00000
Coesione residua [MPa]08000
Angolo attrito residuo [MPa] 32.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

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

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	62 di 113

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]048753
Raggio plastico galleria [m] 8.935137
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]018671
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]004851
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]014138
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.345537

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .01867
LAMBDA : .80581

Trasformazione Omotetica

U [m] : .01414
LAMBDA : .70731

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .01867
LAMBDA : .80581

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00485
LAMBDA : .25539

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .01414
LAMBDA : .70731

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .04288
LAMBDA : .98239

Trasformazione Omotetica

U [m] : .04794
LAMBDA : .99781

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .03644
LAMBDA : .95706

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .03205
LAMBDA : .93441

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .03492
LAMBDA : .94982

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]048753
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.935137

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]01414
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 63 di 113

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----	
Raggio plastico punto di equilibrio [m] .....	.00000
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.07414
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.07414
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa]	2.28828
Rigidità anello CLS [MPa]	4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.997809

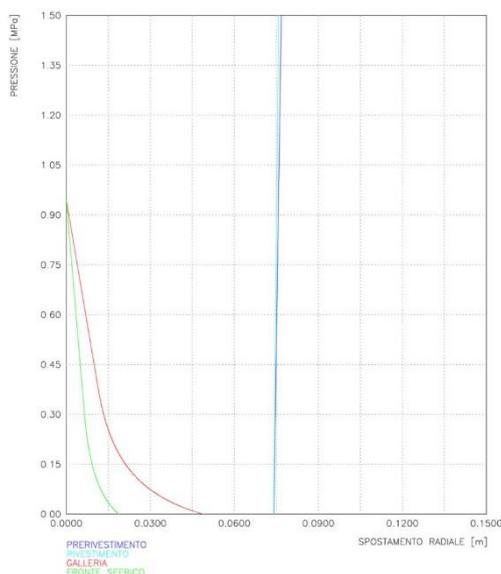


Figura 11-1: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+120)

11.2 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 2 (PK. 0+135)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Funes
Pk 0+135
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
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] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 1.10700
Modulo di Young [MPa] 1000.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	64 di 113

Coefficiente di Poisson .....	.25000
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]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.18200
Angolo attrito picco [deg]	39.00000
Coesione residua [MPa] .....	.18200
Angolo attrito residuo [MPa]	39.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa] .....	.00000
Modulo di softening H [MPa] .....	.00000

FRESA SCUDATA -----	
Spessore scudo metallico [m] .....	.06000
Gioco tra scudo e roccia [m] .....	.06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa] .....	.00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo .....	.30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa]	200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no)	1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----	
Distanza dal fronte alla messa in opera [m]	9.49600
Spessore CLS [m] .....	.45000
Modulo Young CLS [MPa]	36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS .....	.25000
Resistenza compressione CLS [MPa]	25.00000
Opzione calcolo rivestimento	0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]	
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]	
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m] .....	.16000

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] .....	.008750
Raggio plastico galleria [m]	6.119564
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.003877
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.002022
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m] ...	.002537
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.291178

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00388
LAMBDA :	.58087
Trasformazione Ometetica	
U [m] :	.00254
LAMBDA :	.38014
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico	
U [m] :	.00388
LAMBDA :	.58087
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00202
LAMBDA :	.30293
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica	
U [m] :	.00254
LAMBDA :	.38014

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

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	65 di 113

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00815
LAMBDA : .97959

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00873
LAMBDA : .99953

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00813
LAMBDA : .97910

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00792
LAMBDA : .97089

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00798
LAMBDA : .97317

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]008750
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.119564

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]00254
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa]06254
Spostamento galleria alla messa in opera [m]06254
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.28828
Rigidezza anello CLS [MPa] 4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera999525

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 66 di 113

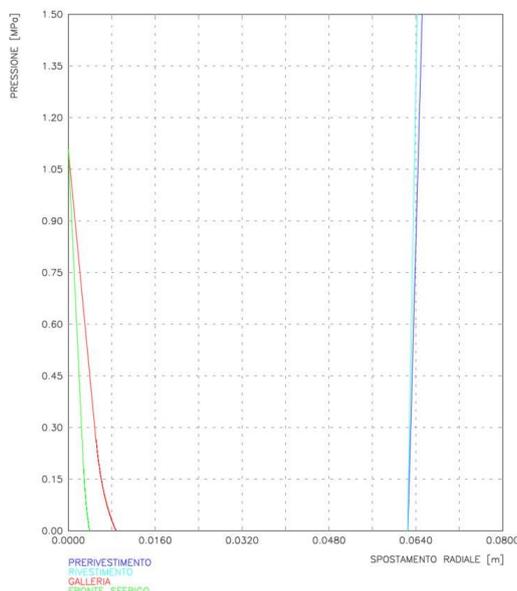


Figura 11-2: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+135)

11.3 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 3 (PK. 0+270)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Funes
Pk 0+270
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
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]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	2.21400
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
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]	4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa]..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.84000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.23600
Angolo attrito picco [deg]	36.00000
Coesione residua [MPa] .....	.23600
Angolo attrito residuo [MPa]	36.00000
Angolo dilatanza [deg] .....	.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	67 di 113

Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 priverestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 priverestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

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]024165
Raggio plastico galleria [m] 7.322756
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]009961
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]002738
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]007008
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.768262

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .00996
LAMBDA : .73467

Trasformazione Omotetica
U [m] : .00701
LAMBDA : .52492

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .00996
LAMBDA : .73467

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00274
LAMBDA : .20506

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .00701
LAMBDA : .52492

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .02197
LAMBDA : .98298

Trasformazione Omotetica
U [m] : .02402
LAMBDA : .99900

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .02084
LAMBDA : .97280

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B 68 di 113

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .01942
LAMBDA : .95822

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .02024
LAMBDA : .96688

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]024165
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 7.322756

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]00701
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa]06701
Spostamento galleria alla messa in opera [m]06701
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.28828
Rigidezza anello CLS [MPa] 4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera998998

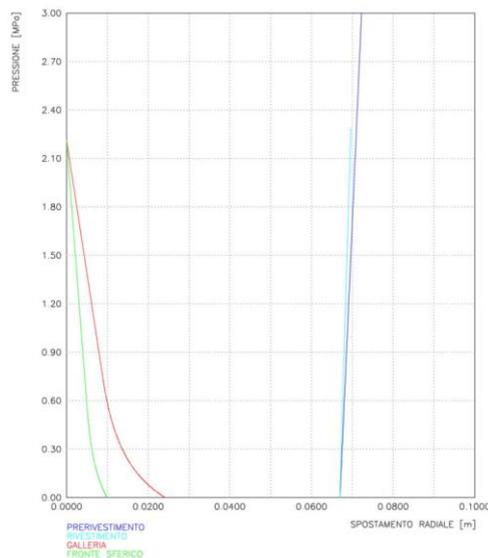


Figura 11-3: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+270)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B 69 di 113

11.4 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 4 (PK. 0+400)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Funes
Pk 0+400
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
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] 4.84000

PARAMETRI GEOTECNICI -----
Tensione originaria [MPa] 2.75400
Modulo di Young [MPa] 3600.00000
Coefficiente di Poisson25000
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] 4.84000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .0.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
Coesione picco [MPa]48300
Angolo attrito picco [deg] 43.00000
Coesione residua [MPa]48300
Angolo attrito residuo [MPa] 43.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
Spessore scudo metallico [m]06000
Gioco tra scudo e roccia [m]06000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
Spessore CLS [m]45000
Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
Coefficiente di Poisson CLS25000
Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
Opzione calcolo rivestimento 0
[0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
[1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

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]005475
Raggio plastico galleria [m] 5.713170
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	70 di 113

Spostamento radiale fronte sferico [m]002509
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]001410
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]001588
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.128638

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .00251
LAMBDA : .54398

Trasformazione Omotetica
U [m] : .00159
LAMBDA : .34419

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .00251
LAMBDA : .54398

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00141
LAMBDA : .30568

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .00159
LAMBDA : .34419

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .00514
LAMBDA : .97872

Trasformazione Omotetica
U [m] : .00547
LAMBDA : .99964

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .00527
LAMBDA : .98735

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00520
LAMBDA : .98255

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .00521
LAMBDA : .98337

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]005475
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 5.713170

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]00159
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidità scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]00000

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 71 di 113

Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.06159
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.06159
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00000
Tensione CLS [MPa] .....	.00000
Coefficiente di sicurezza CLS	1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa]	2.28828
Rigidezza anello CLS [MPa]	4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.999642

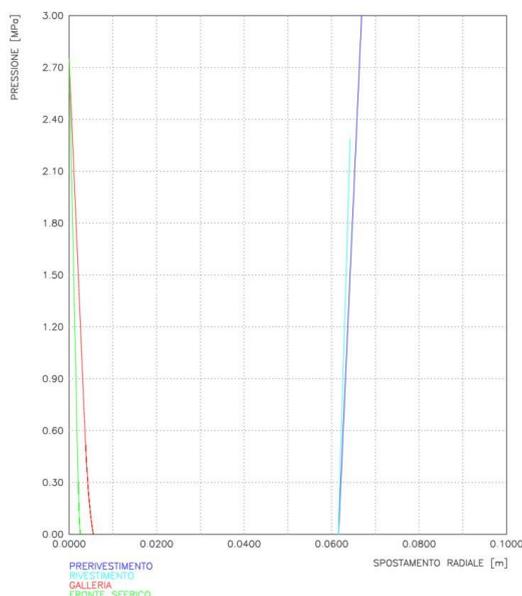


Figura 11-4: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+400)

11.5 FINESTRA DI FUNES – SEZIONE 5 (PK. 0+565)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Funes
Pk 0+565
Terapia

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 2
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]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	3.91500
Modulo di Young [MPa]	1000.00000
Coefficiente di Poisson .....	.25000
Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3] .	.00000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	72 di 113

Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000
 Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000
 Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.84000
 Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000
 Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.84000
RESISTENZA ROCCIA
 Coesione picco [MPa]23600
 Angolo attrito picco [deg] 36.00000
 Coesione residua [MPa]23600
 Angolo attrito residuo [MPa] 36.00000
 Angolo dilatanza [deg]00000
 Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
 Modulo di softening H [MPa]00000

FRESA SCUDATA -----
 Spessore scudo metallico [m]06000
 Gioco tra scudo e roccia [m]06000
 Pressione sul fronte di scavo [MPa]00000
 Coefficiente di Poisson acciaio scudo30000
 Modulo Young acciaio scudo [MPa] 200000.00000
 Resistenza acciaio scudo [MPa] 200000.00000
 Intasamento con filler (1=si,0=no) 1

RIVESTIMENTO DEFINITIVO -----
 Distanza dal fronte alla messa in opera [m] 9.49600
 Spessore CLS [m]45000
 Modulo Young CLS [MPa] 36400.00000
 Coefficiente di Poisson CLS25000
 Resistenza compressione CLS [MPa] 25.00000
 Opzione calcolo rivestimento 0
 [0 prerivestimenti non collaboranti a lungo termine]
 [1 prerivestimenti collaboranti a lungo termine]
 Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]16000

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]062379
 Raggio plastico galleria [m] 8.803696
 Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
 Spostamento radiale fronte sferico [m]024191
 Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]006207
 Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]018090
 Raggio plastico fronte sferico [m] 6.327667

STATO GALLERIA AL FRONTE DI SCAVO (PER FRESA SCUDATA) -----

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .02419
 LAMBDA : .83430

Trasformazione Omotetica

U [m] : .01809
 LAMBDA : .73280

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .02419
 LAMBDA : .83430

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00621
 LAMBDA : .26292

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .01809
 LAMBDA : .73280

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

Metodo Panet-Guenot

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE FUNES"					
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.
Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato		IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	73 di 113

U [m] : .05505
LAMBDA : .98668

Trasformazione Omotetica

U [m] : .06126
LAMBDA : .99818

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .04729
LAMBDA : .96779

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .04182
LAMBDA : .95008

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .04532
LAMBDA : .96192

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]062379
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.803696

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]01809
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2463.97104
Rigidezza scudo [MPa] 2756.16850

Il rivestimento prefabbricato non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m]00000
Pressione punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento punto di equilibrio [MPa]07808
Spostamento galleria alla messa in opera [m]07808
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.28828
Rigidezza anello CLS [MPa] 4047.85173
Tasso di deconfinamento alla messa in opera998184

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	<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>GN0600002</td> <td>B</td> <td>74 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	74 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	CL	GN0600002	B	74 di 113								

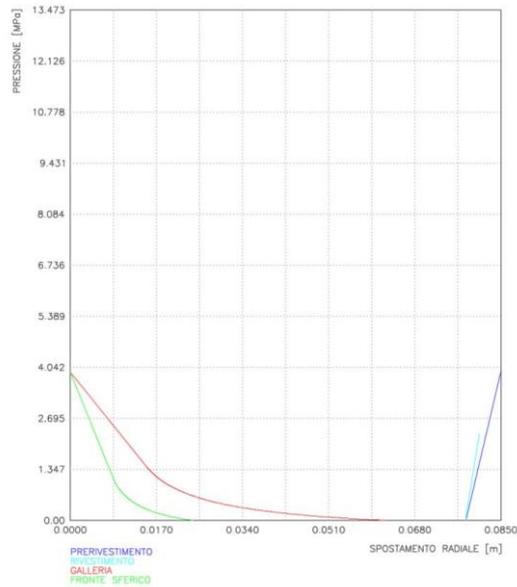


Figura 11-5: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+565)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 75 di 113

ALLEGATO 2

ANALISI NUMERICHE – FASI DI CALCOLO E RISULTATI

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 76 di 113

12. OUTPUT PLAXIS 2D

12.1 FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 1 (PK. 0+120)

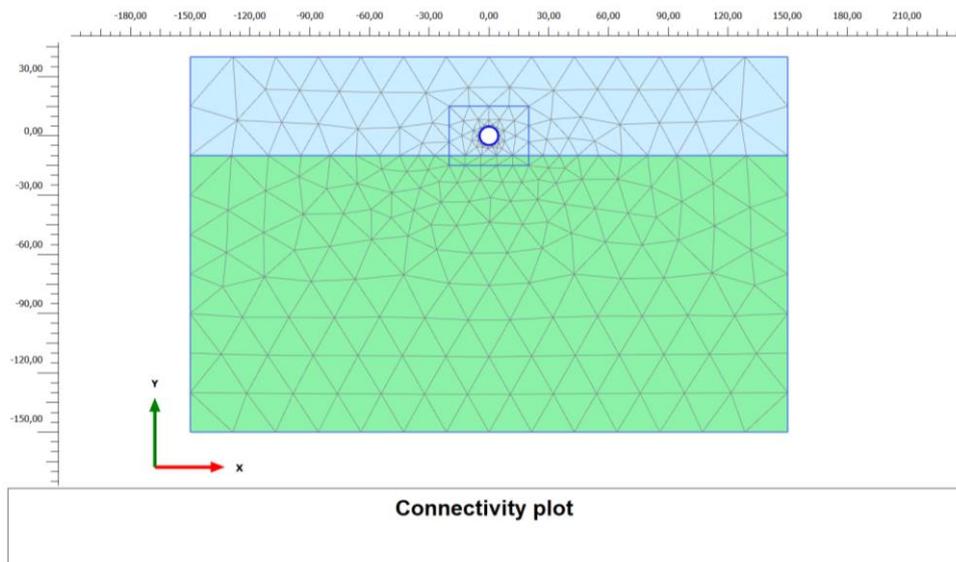


Figura 12-1: Mesh

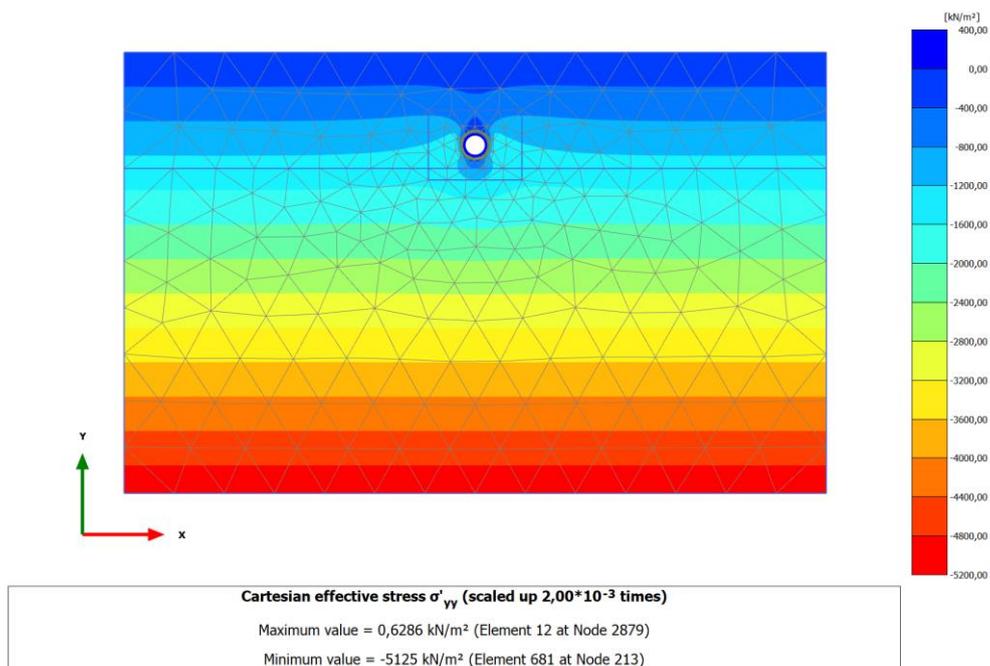
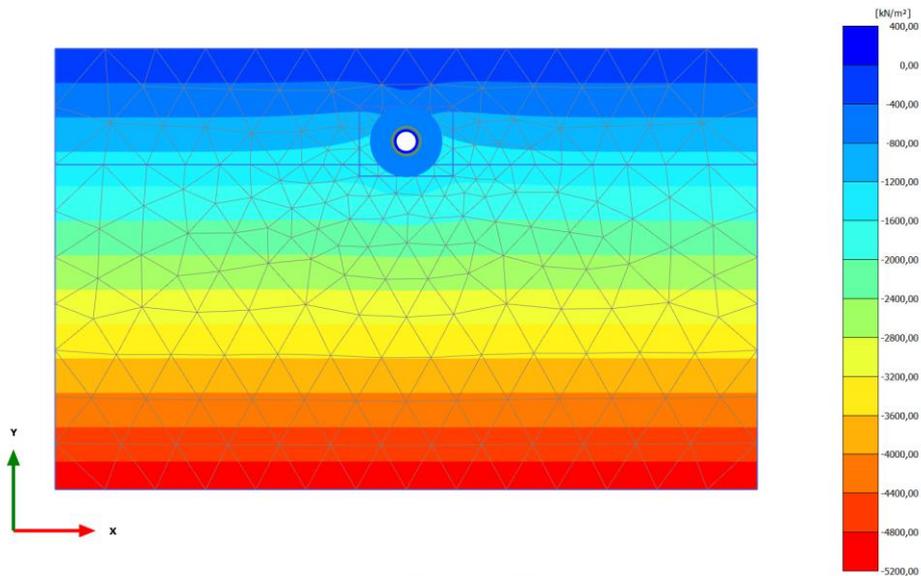


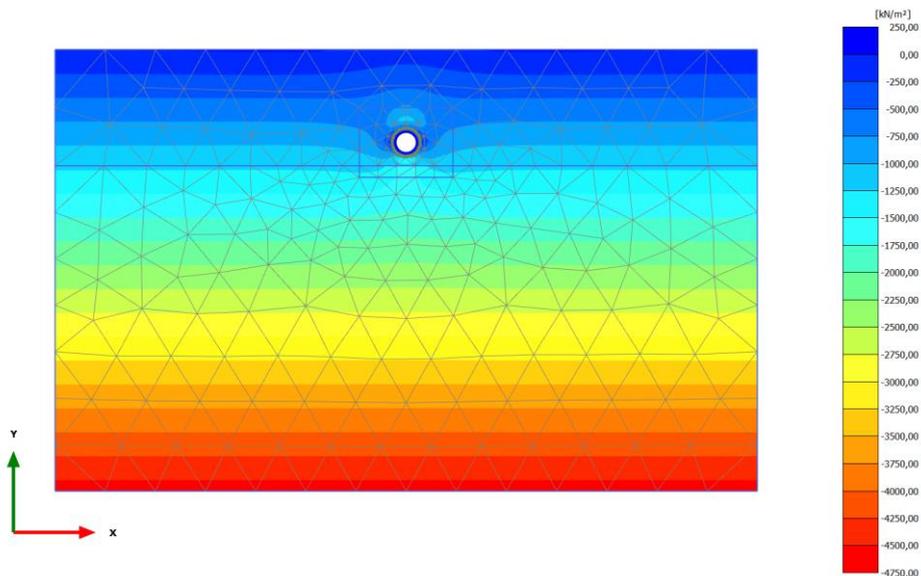
Figura 12-2: Stress σ_{yy} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 77 di 113



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 0,6278 kN/m² (Element 12 at Node 2879)
Minimum value = -5125 kN/m² (Element 681 at Node 213)

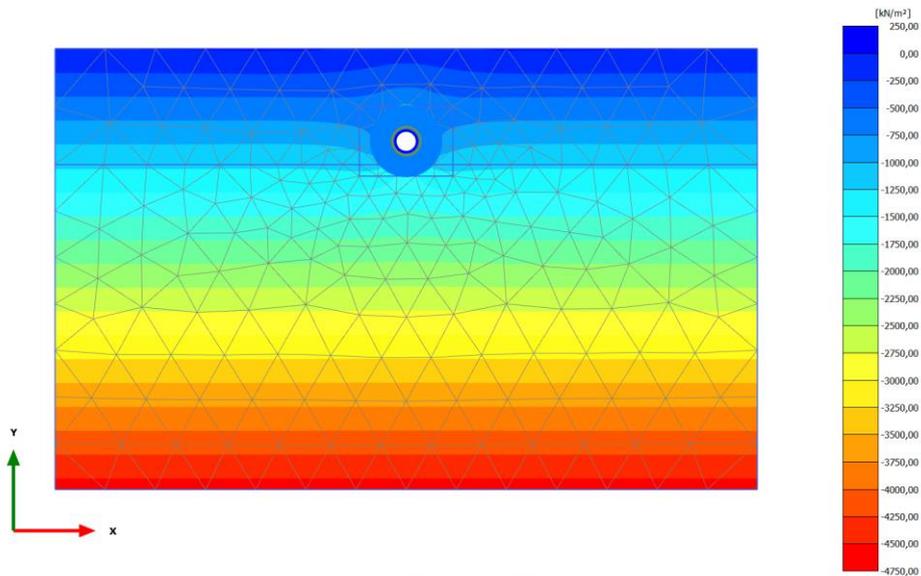
Figura 12-3: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 26,61 kN/m² (Element 10 at Node 2323)
Minimum value = -4616 kN/m² (Element 681 at Node 213)

Figura 12-4: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 78 di 113

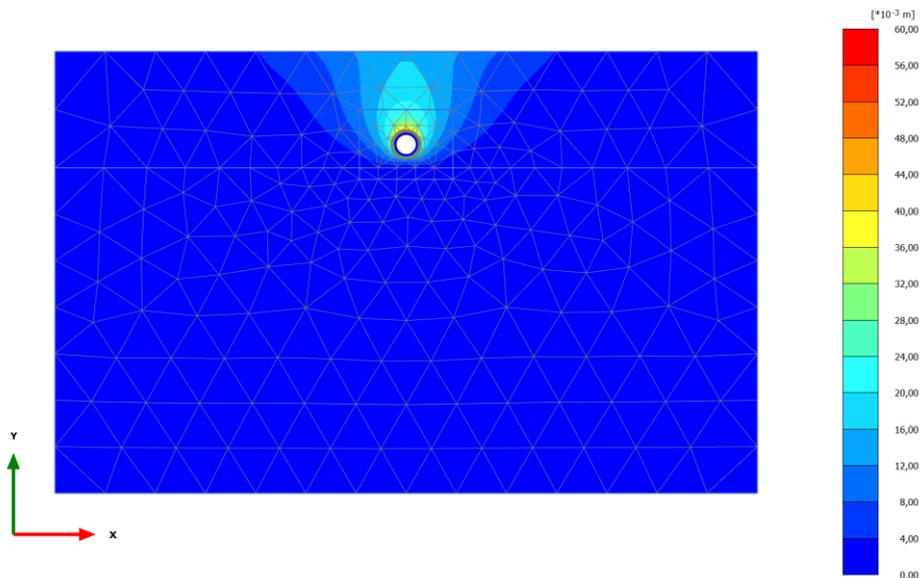


Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 26,68 kN/m² (Element 10 at Node 2323)

Minimum value = -4616 kN/m² (Element 681 at Node 213)

Figura 12-5: Stress σ_{xx} L.T.

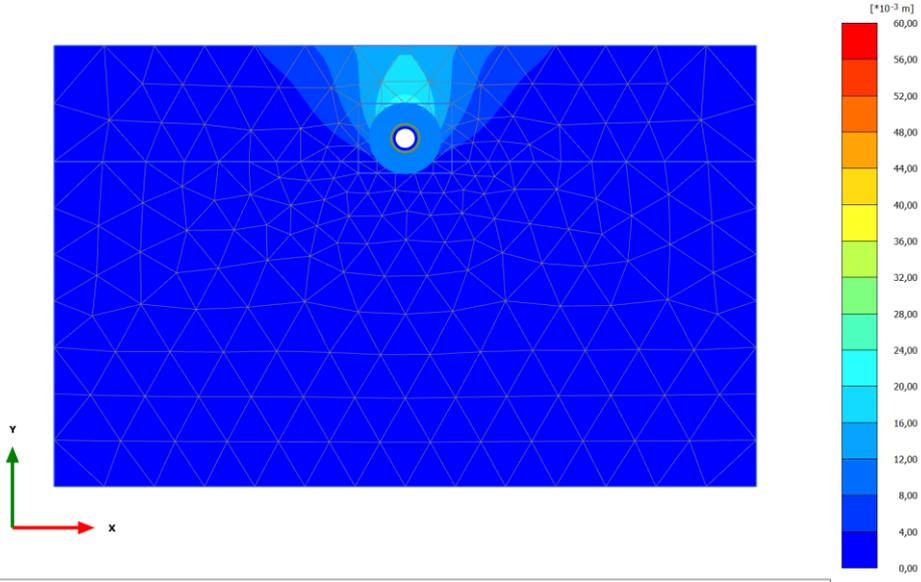


Total displacements $|u|$ (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,05890 m (Element 204 at Node 4448)

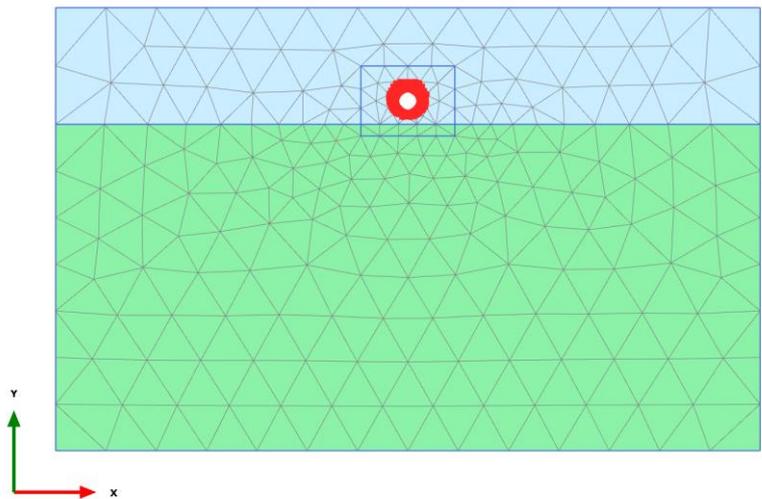
Figura 12-6: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 79 di 113



Total displacements |u| (scaled up 200 times)
Maximum value = 0,05944 m (Element 218 at Node 4451)

Figura 12-7: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1,00 times)

- Failure point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions
- Tension cut-off point

Figura 12-8: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 80 di 113

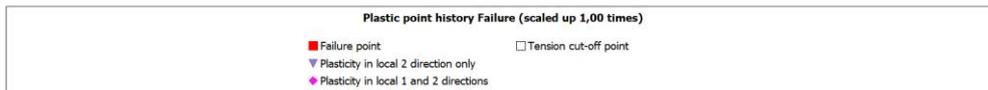
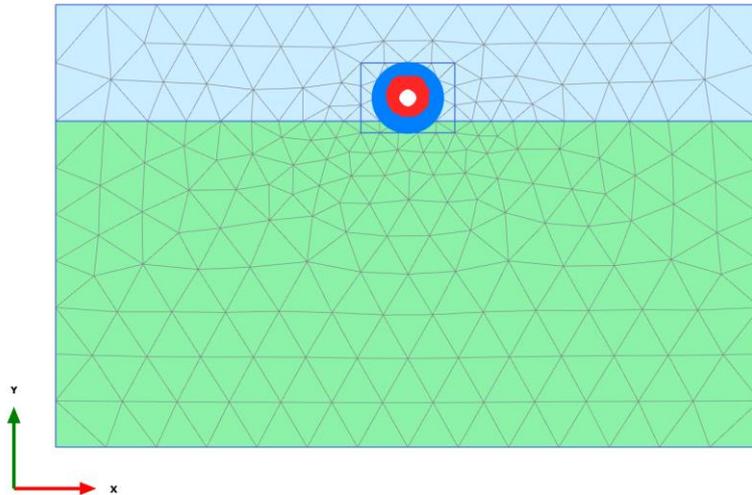


Figura 12-9: Zone di plasticizzazione L.T.

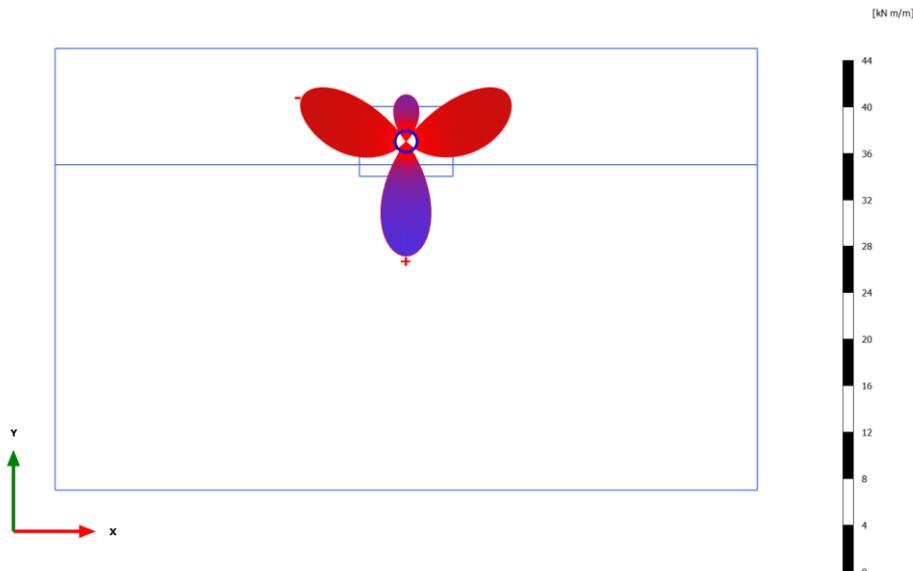


Figura 12-10: Sollecitazione momento flettente Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 81 di 113

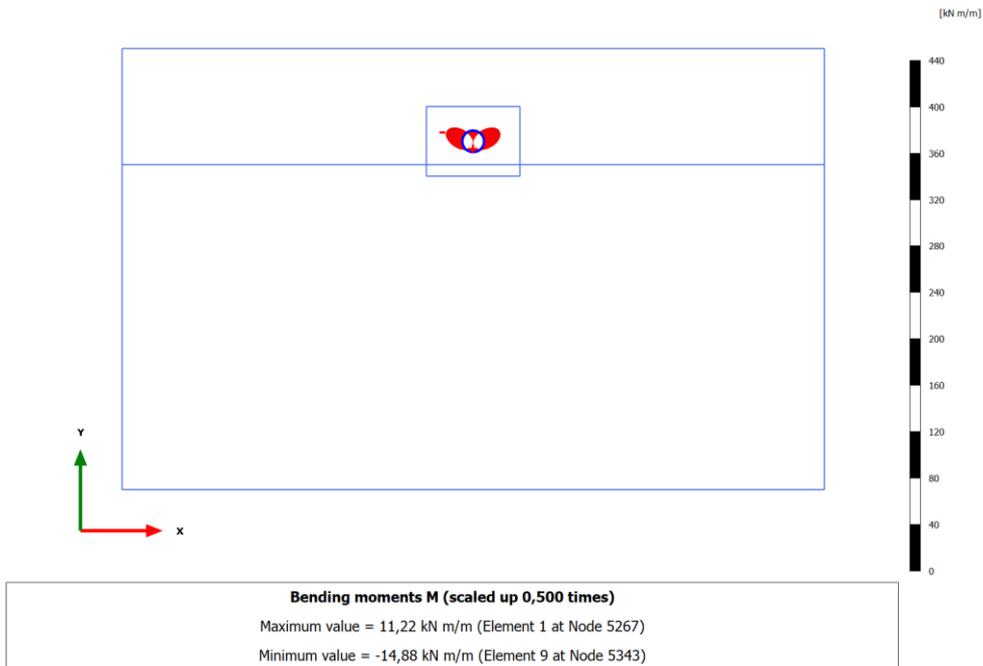


Figura 12-11: Sollecitazione momento flettente L.T.

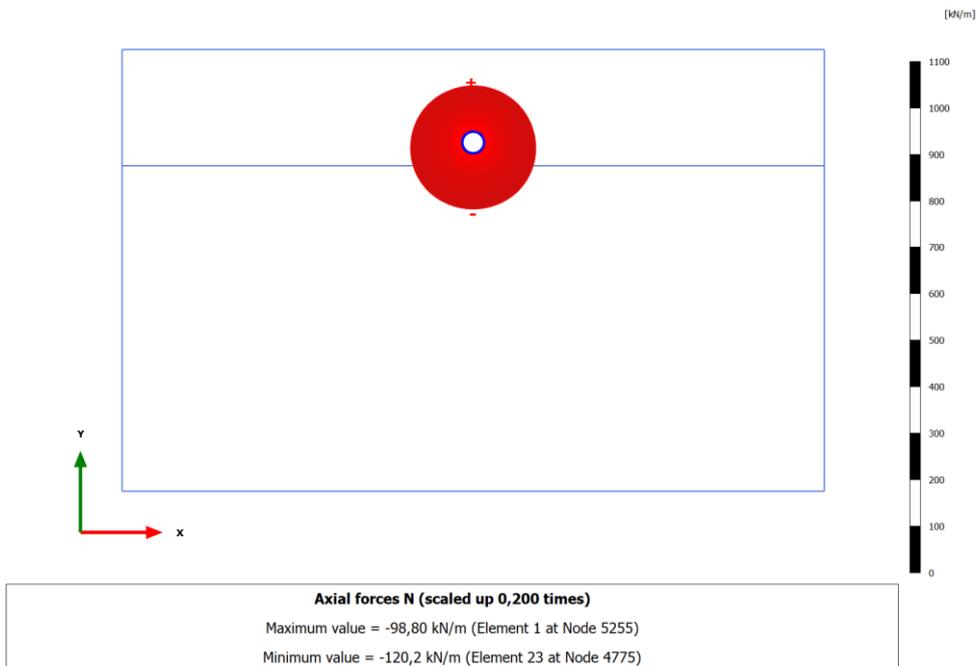


Figura 12-12: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 82 di 113

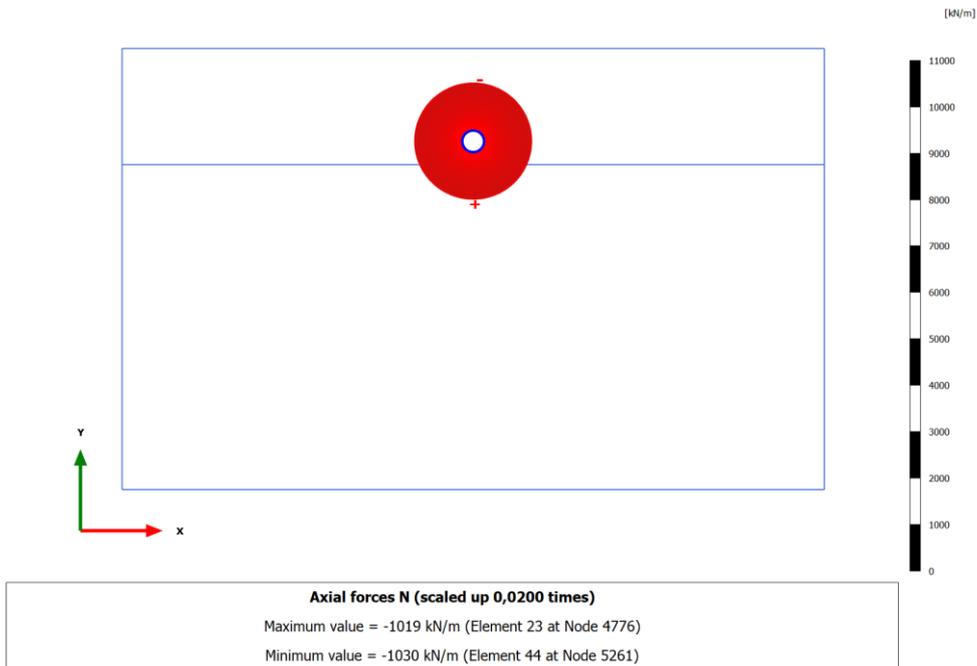


Figura 12-13: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

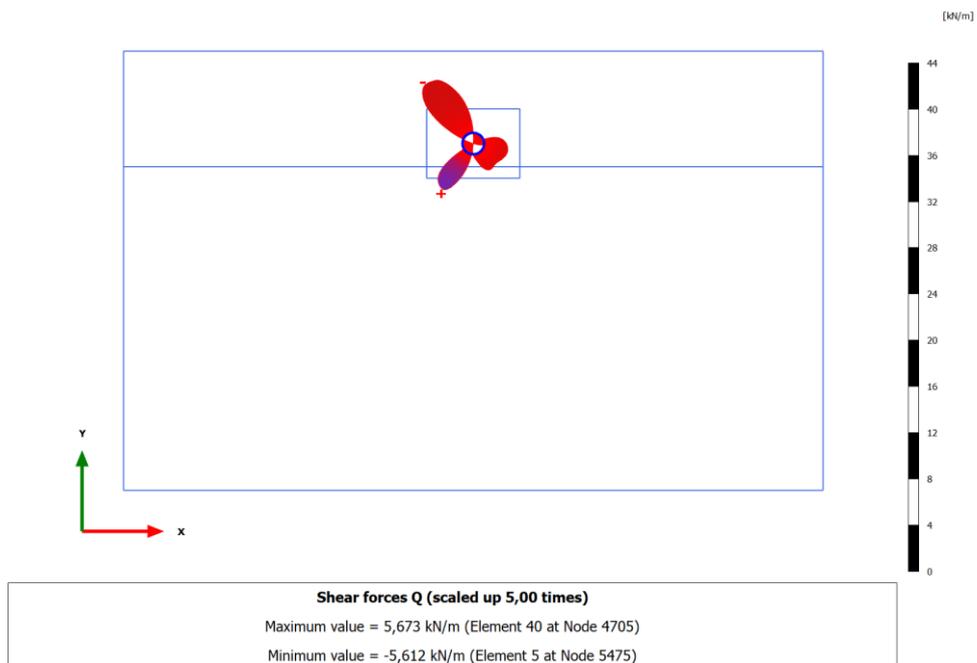


Figura 12-14: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 83 di 113

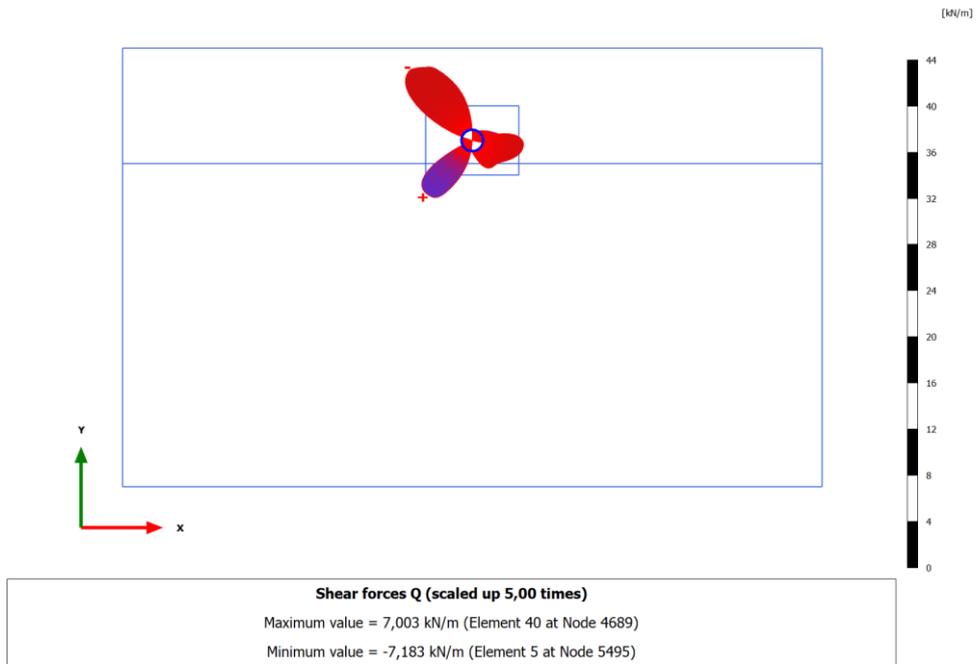


Figura 12-15: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

12.2 FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 2 (PK. 0+135)

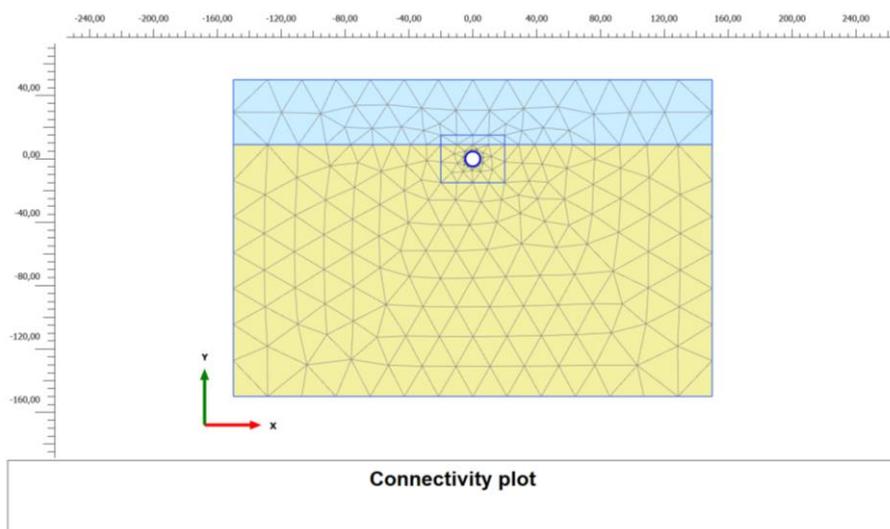
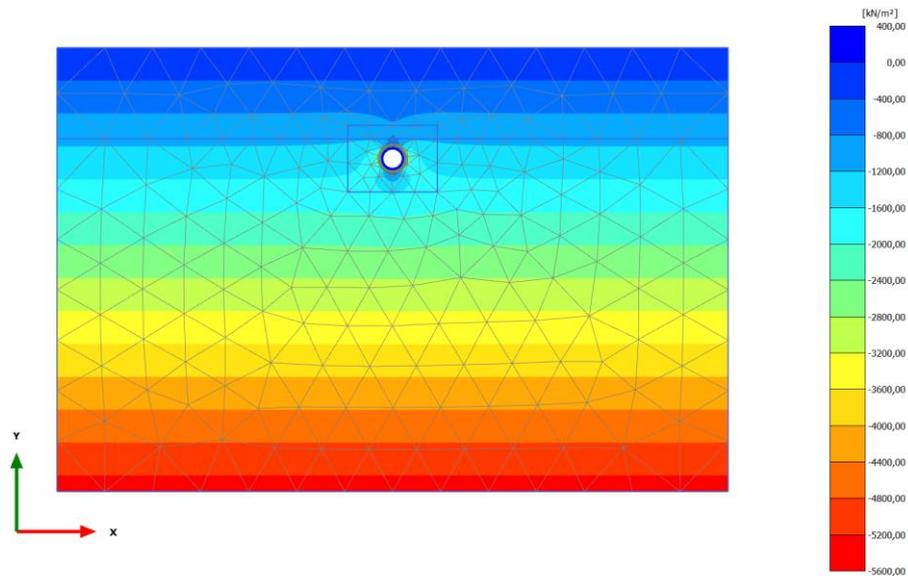


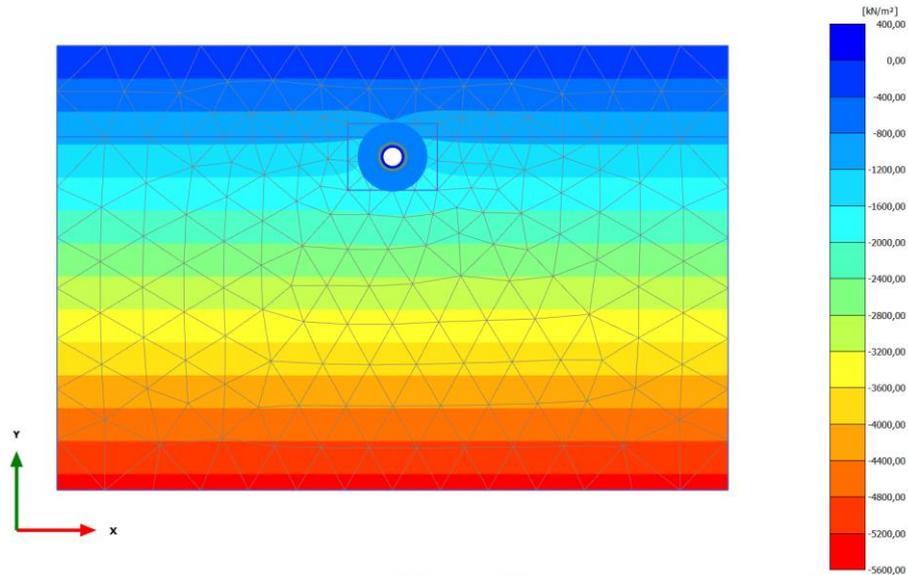
Figura 12-16: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 84 di 113



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2,806 kN/m² (Element 550 at Node 3470)
Minimum value = -5395 kN/m² (Element 644 at Node 146)

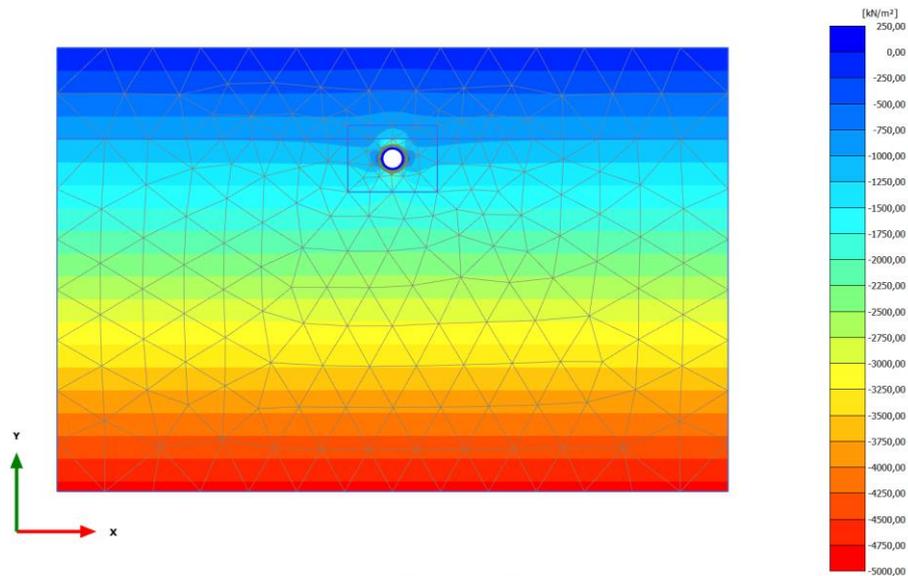
Figura 12-17: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 1,945 kN/m² (Element 550 at Node 3470)
Minimum value = -5395 kN/m² (Element 644 at Node 146)

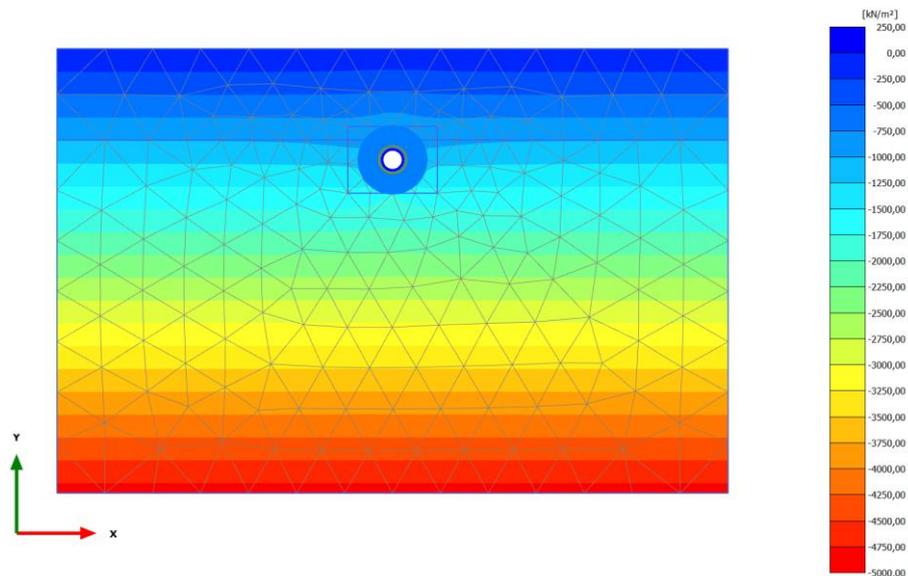
Figura 12-18: Stress σ_{yy} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 85 di 113



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 6,272 kN/m² (Element 3 at Node 1531)
Minimum value = -4859 kN/m² (Element 644 at Node 175)

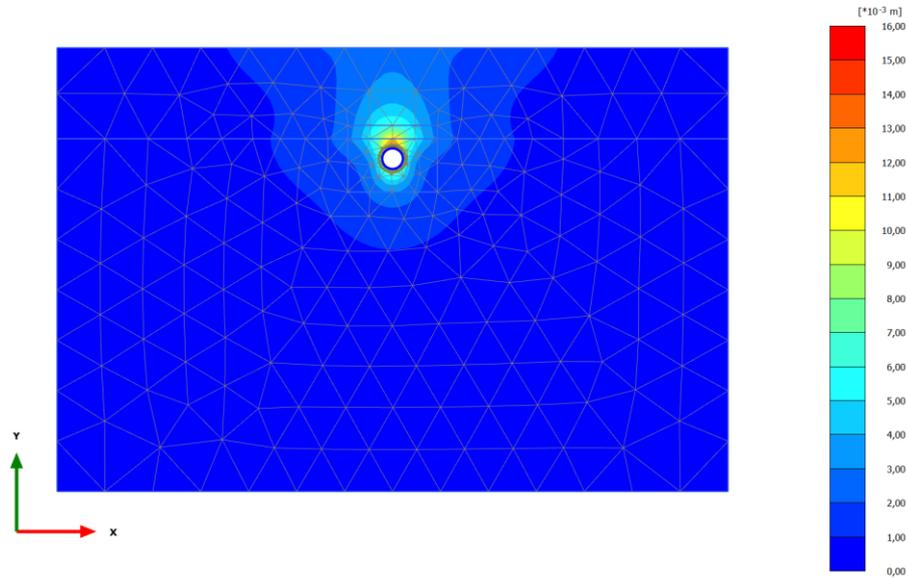
Figura 12-19: Stress σ_{xx} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 6,363 kN/m² (Element 3 at Node 1531)
Minimum value = -4859 kN/m² (Element 644 at Node 175)

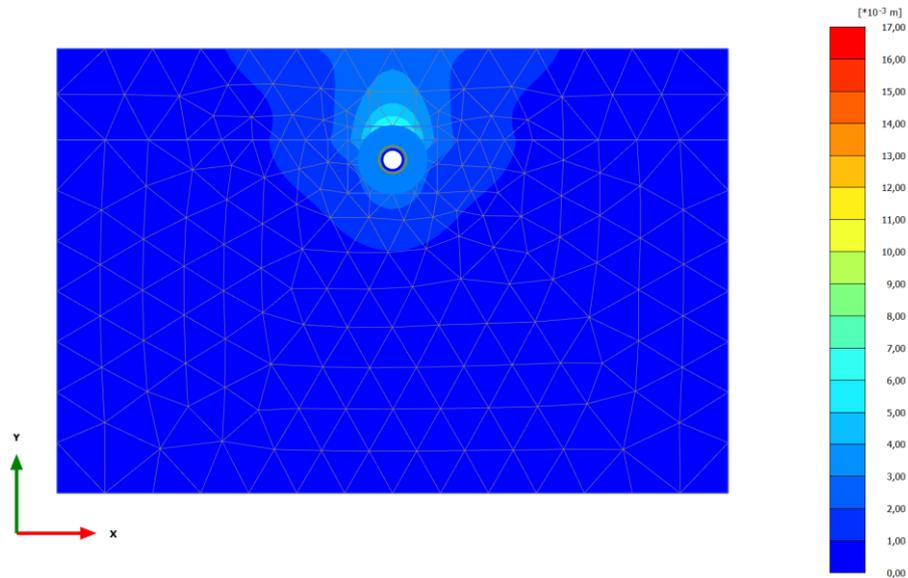
Figura 12-20: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 86 di 113



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0,01589 m (Element 550 at Node 3470)

Figura 12-21: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0,01610 m (Element 550 at Node 3470)

Figura 12-22: Spostamenti |u| L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 87 di 113

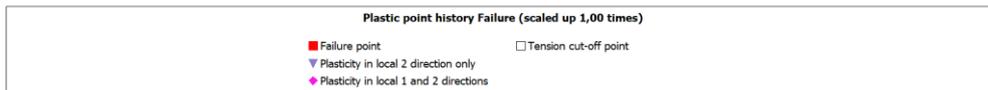
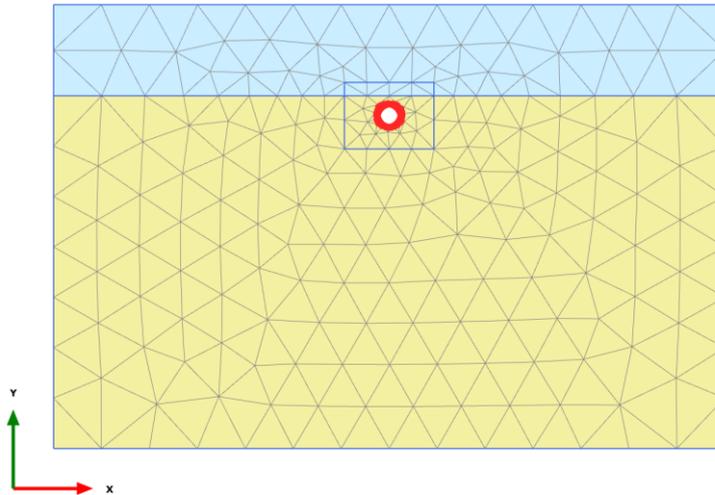


Figura 12-23: Zone di plasticizzazione Fase 3

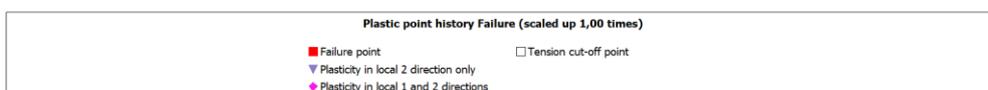
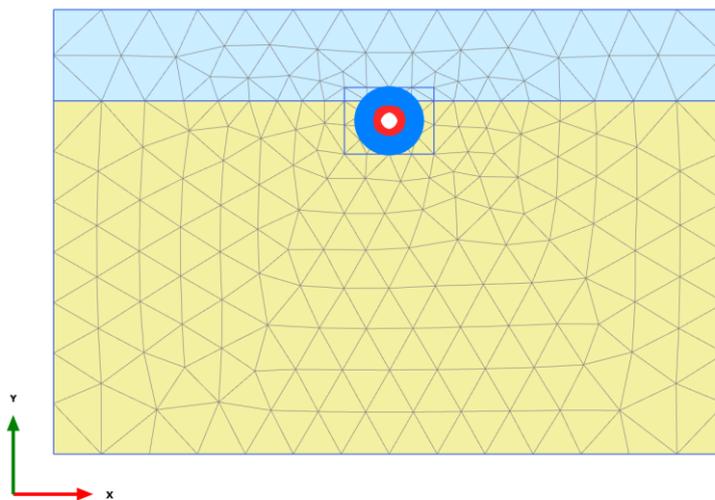


Figura 12-24: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 88 di 113

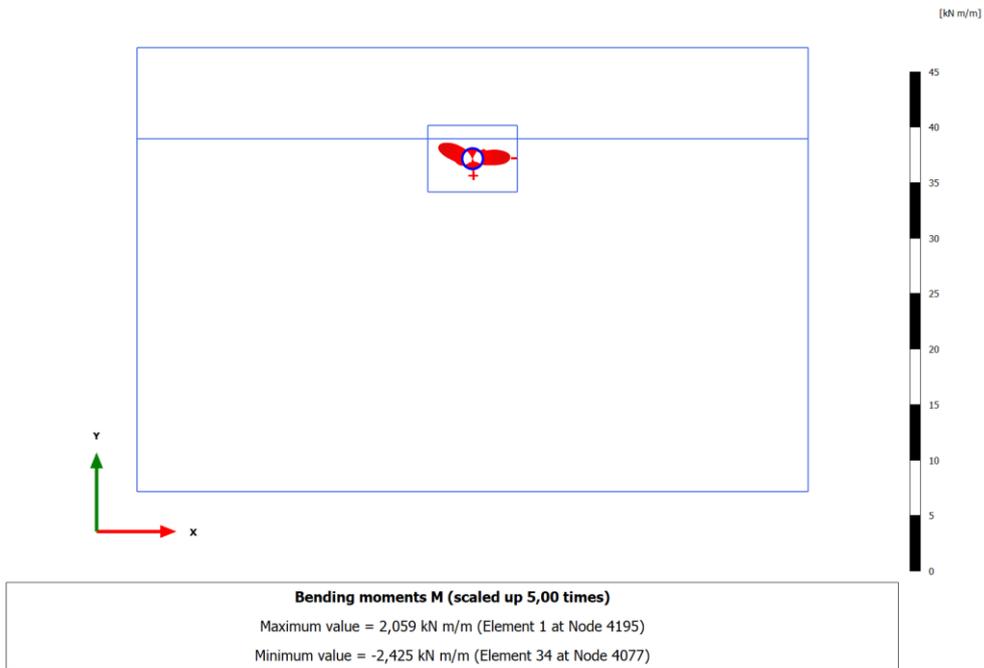


Figura 12-25: Sollecitazione momento flettente Fase 3

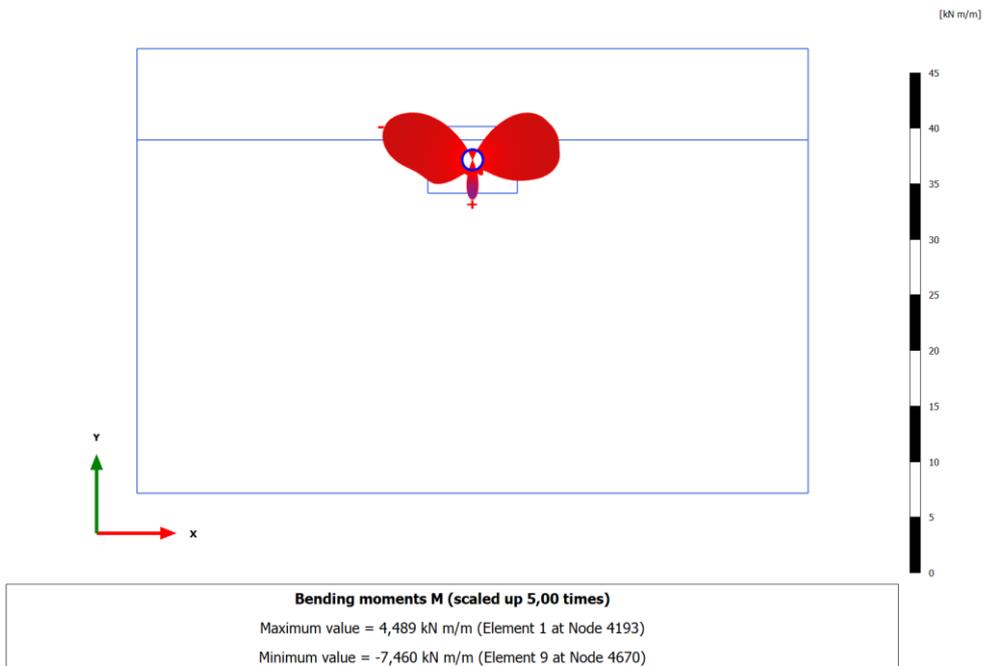


Figura 12-26: Sollecitazione momento flettente L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 89 di 113

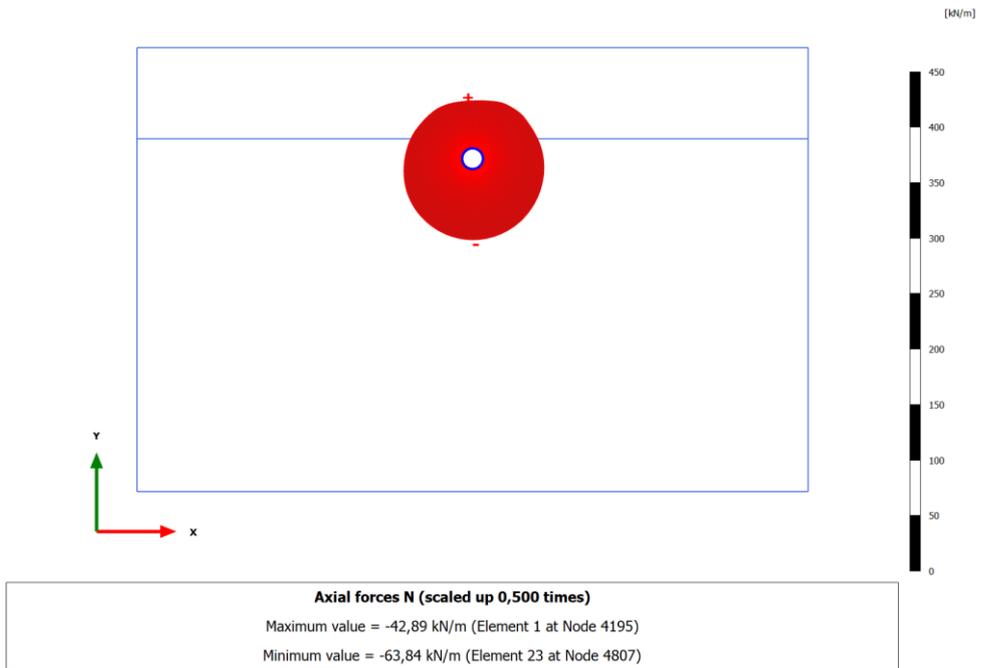


Figura 12-27: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

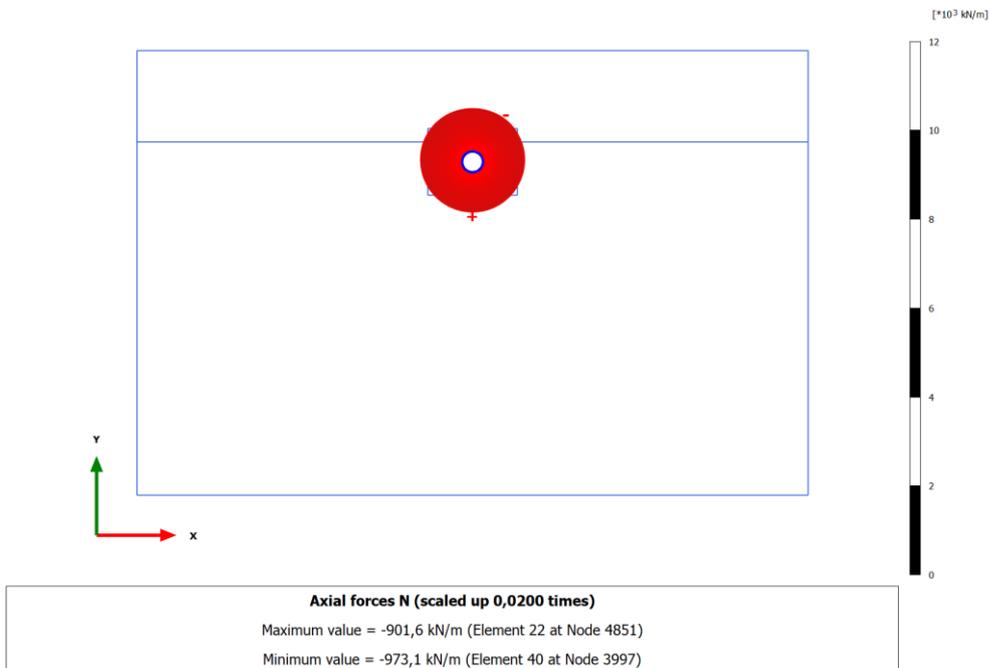


Figura 12-28: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 90 di 113



Figura 12-29: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

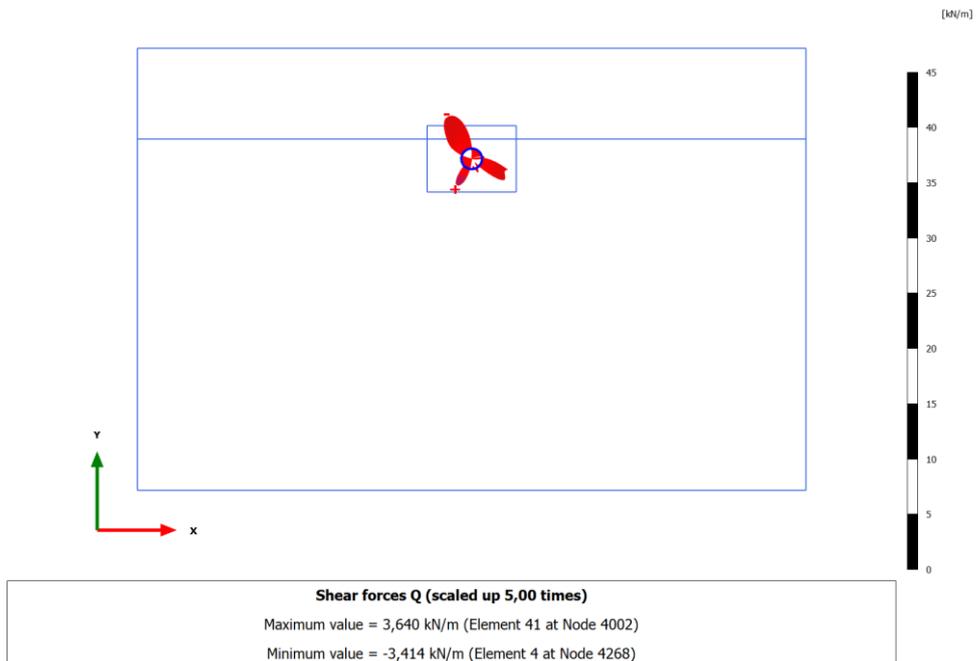


Figura 12-30: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 91 di 113

12.3.FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 3 (PK. 0+270)

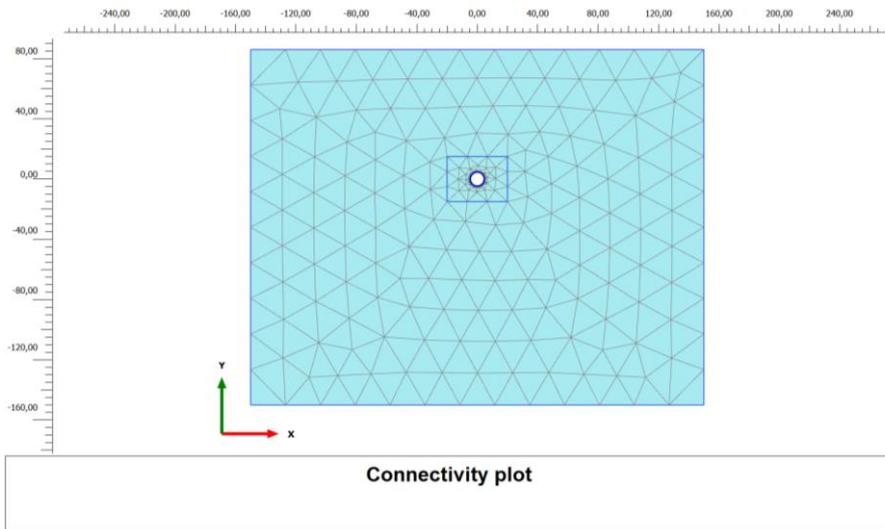


Figura 12-31: Mesh

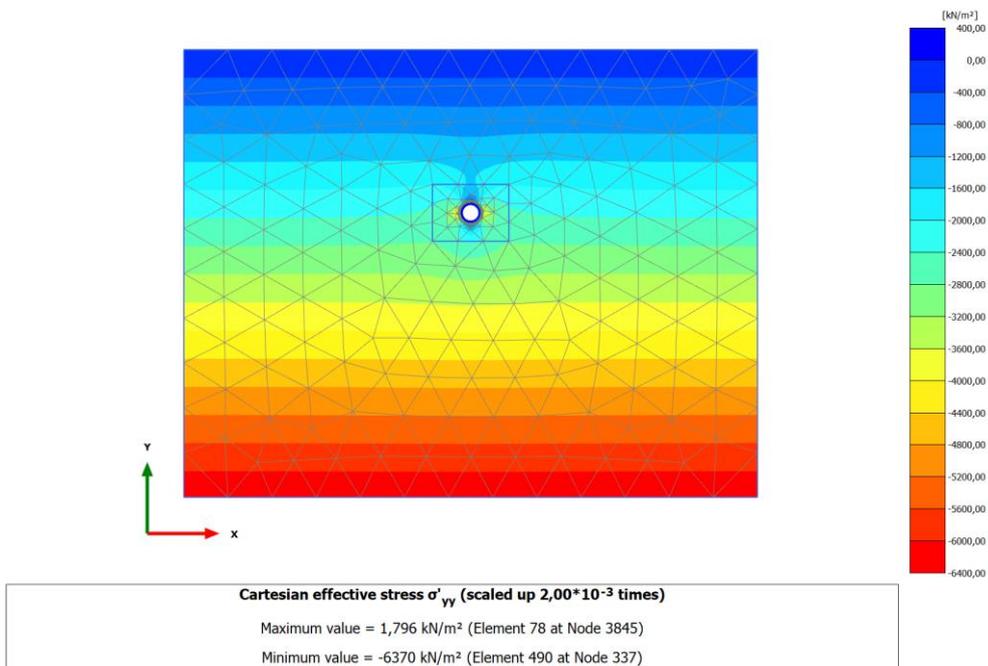
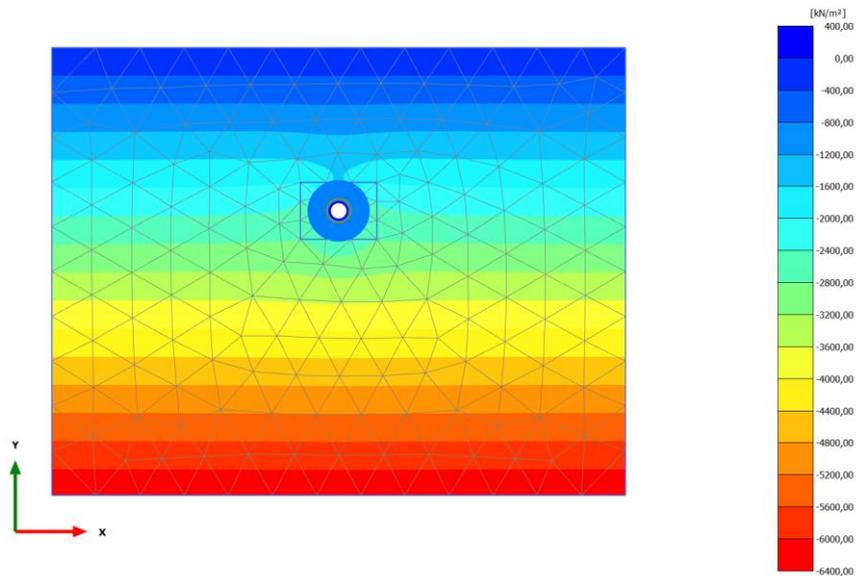


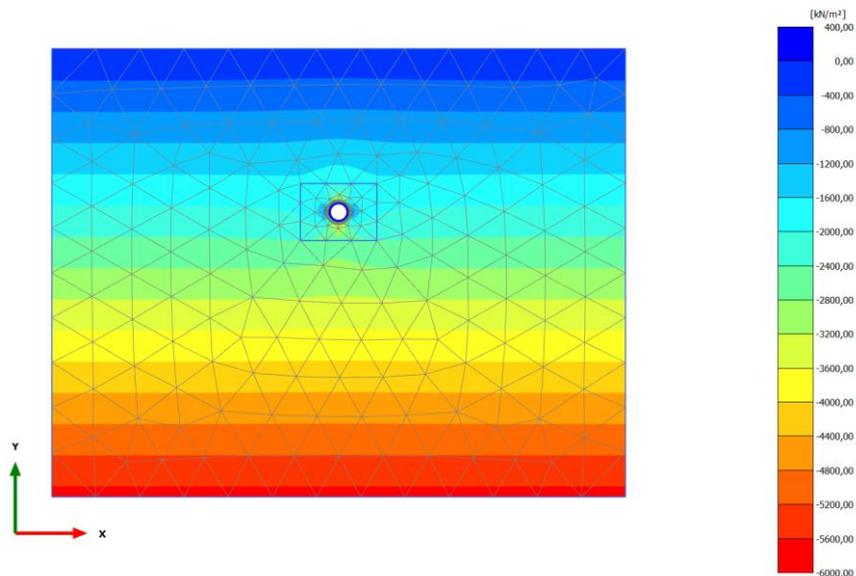
Figura 12-32: Stress σ_{yy} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 92 di 113



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 2,305 kN/m² (Element 78 at Node 3812)
Minimum value = -6370 kN/m² (Element 490 at Node 337)

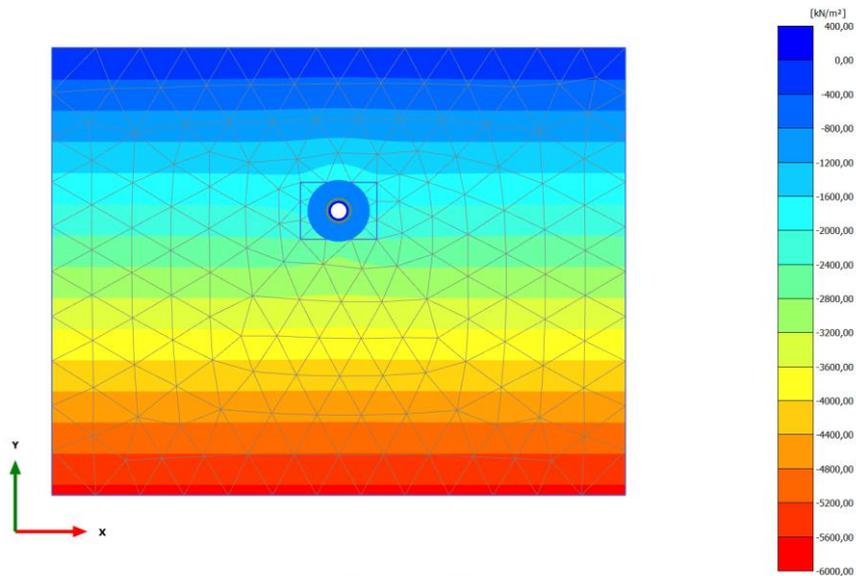
Figura 12-33: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 12,62 kN/m² (Element 502 at Node 865)
Minimum value = -5734 kN/m² (Element 490 at Node 337)

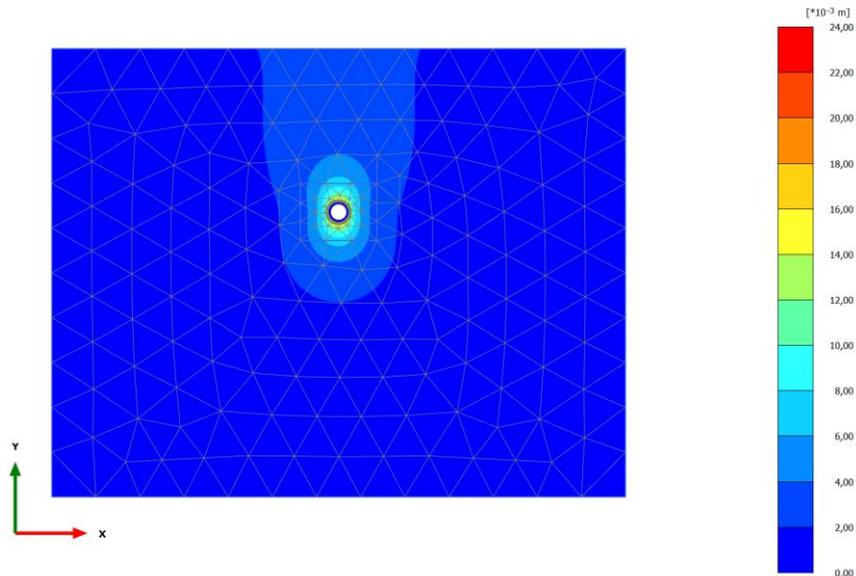
Figura 12-34: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 93 di 113



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 12,81 kN/m² (Element 502 at Node 865)
Minimum value = -5734 kN/m² (Element 490 at Node 337)

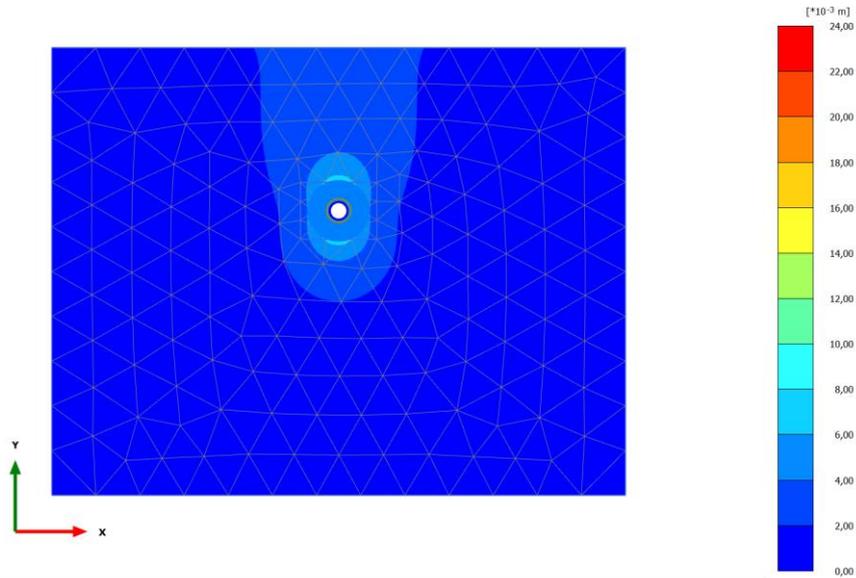
Figura 12-35: Stress σ_{xx} L.T.



Total displacements $|u|$ (scaled up 500 times)
Maximum value = 0,02377 m (Element 71 at Node 3059)

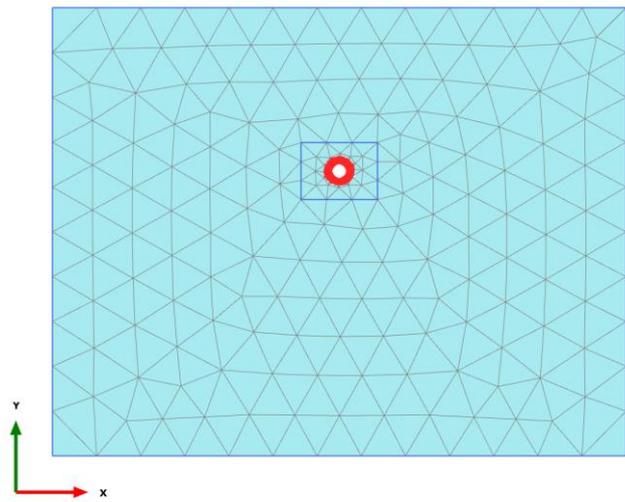
Figura 12-36: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 94 di 113



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0,02394 m (Element 71 at Node 3059)

Figura 12-37: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1,00 times)

- Failure point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions
- Tension cut-off point

Figura 12-38: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 95 di 113

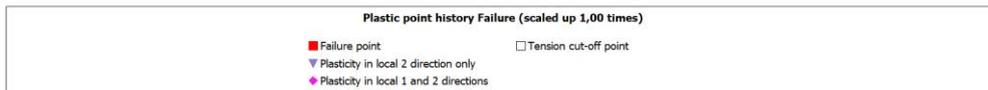
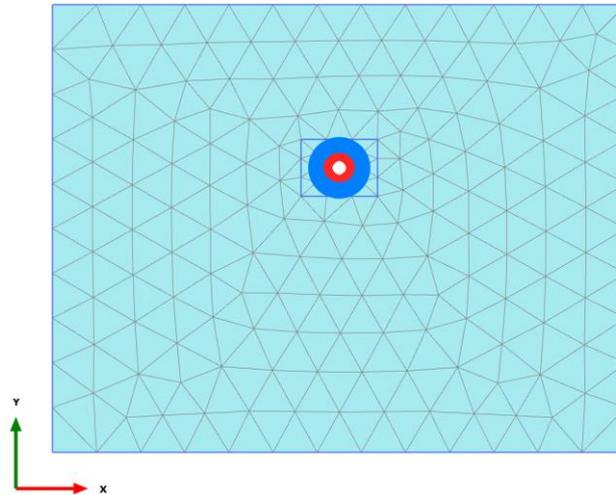


Figura 12-39: Zone di plasticizzazione L.T.



Figura 12-40: Sollecitazione momento flettente Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 96 di 113

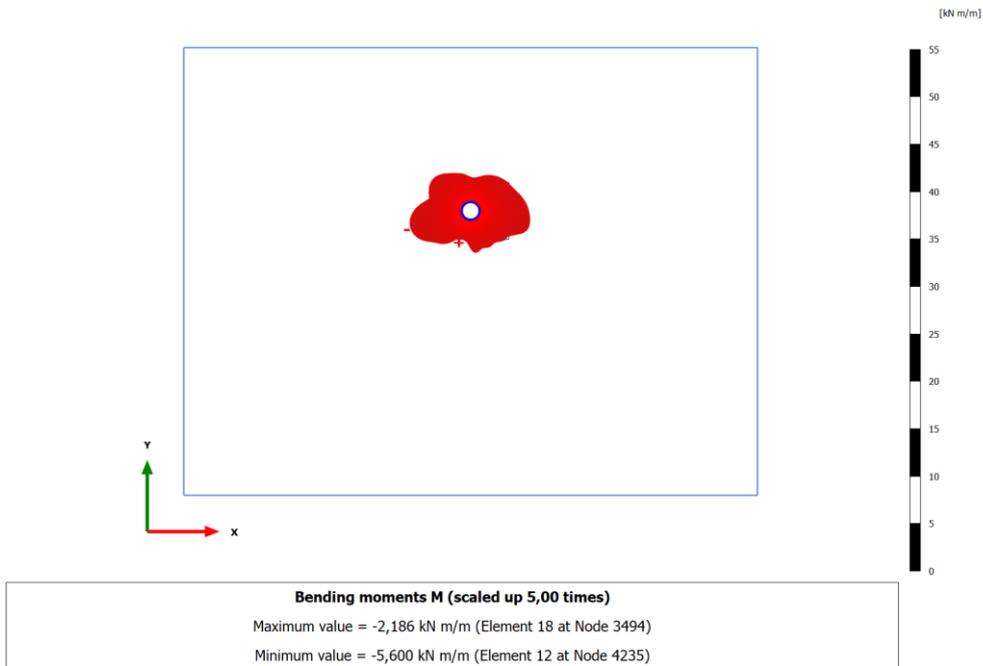


Figura 12-41: Sollecitazione momento flettente L.T.

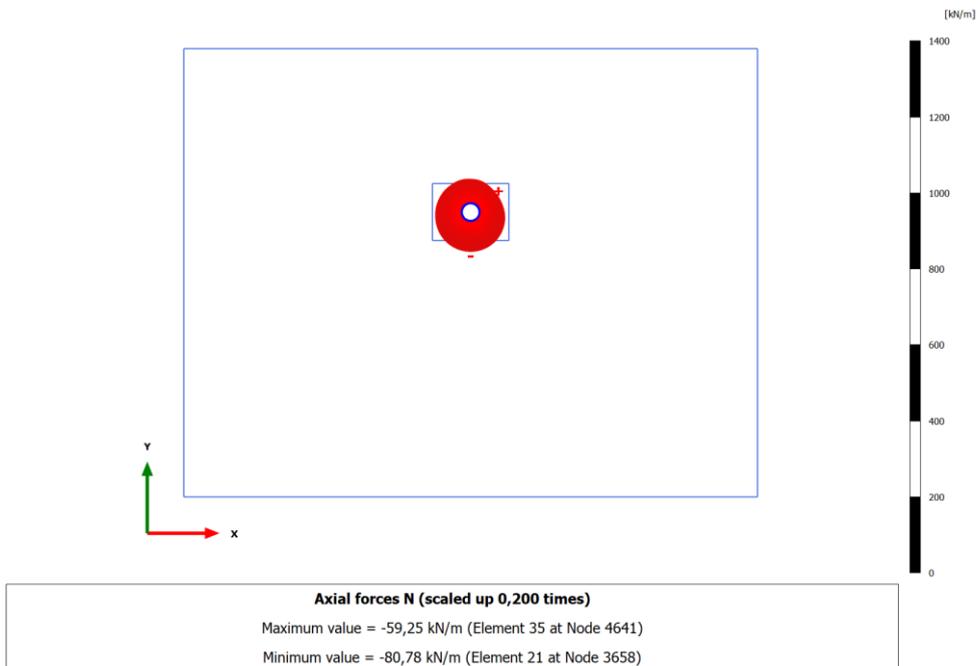


Figura 12-42: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 97 di 113

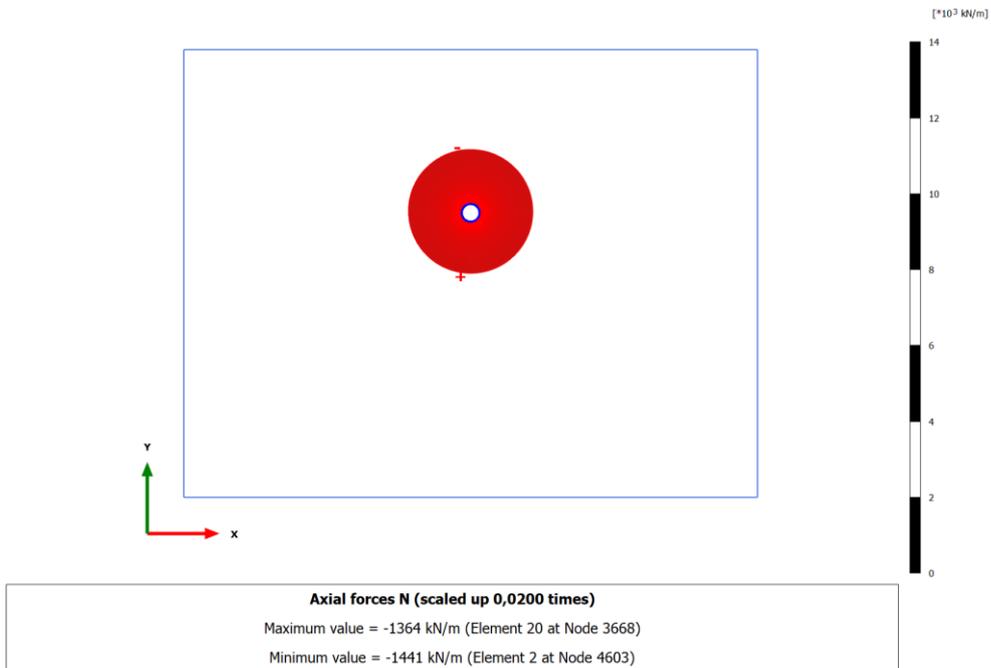


Figura 12-43: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

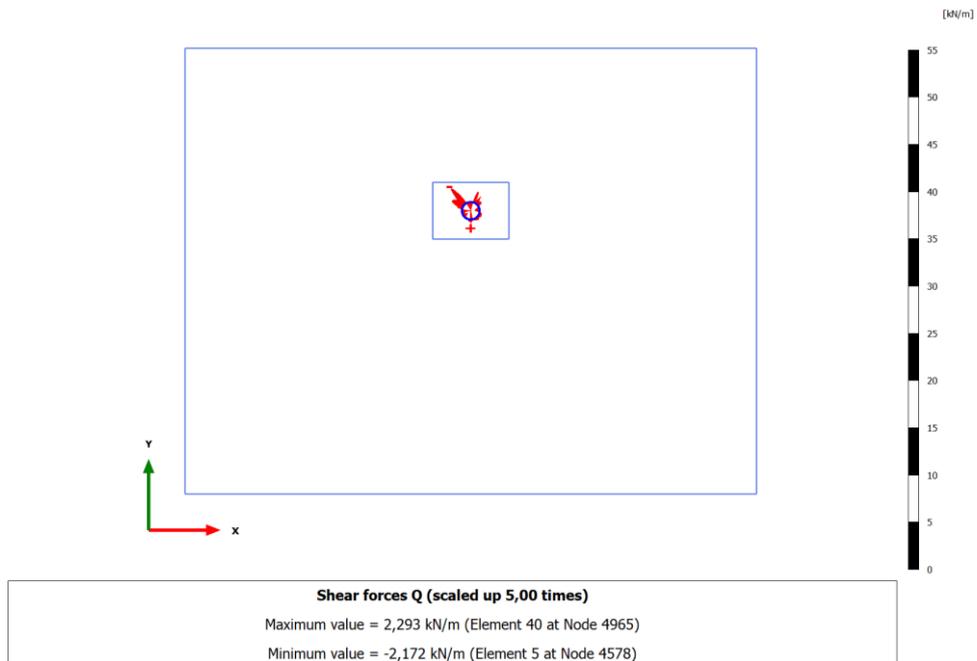


Figura 12-44: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 98 di 113

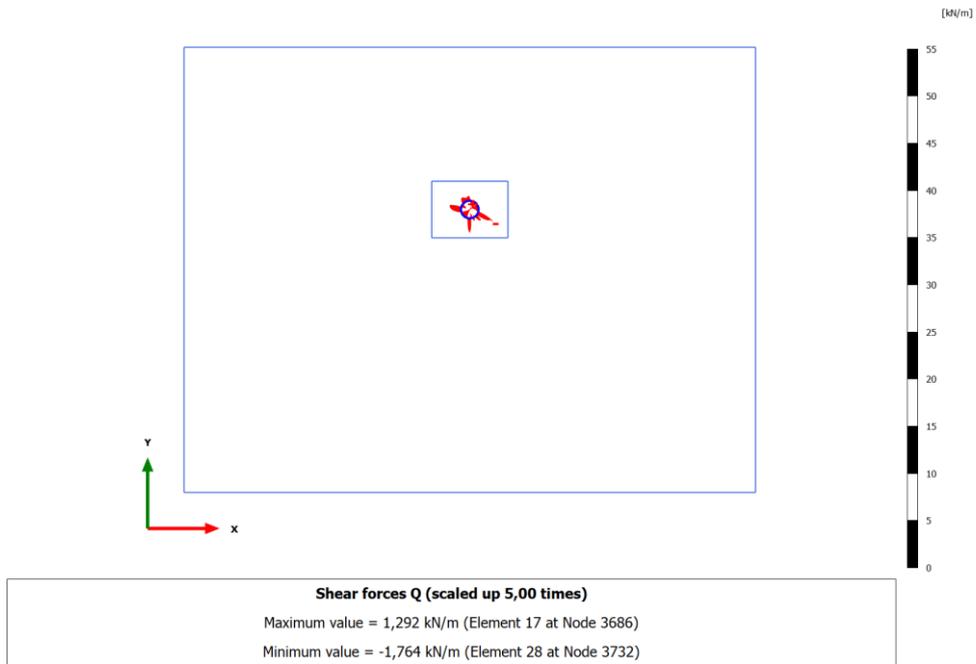


Figura 12-45: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

12.4 FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 4 (PK. 0+400)

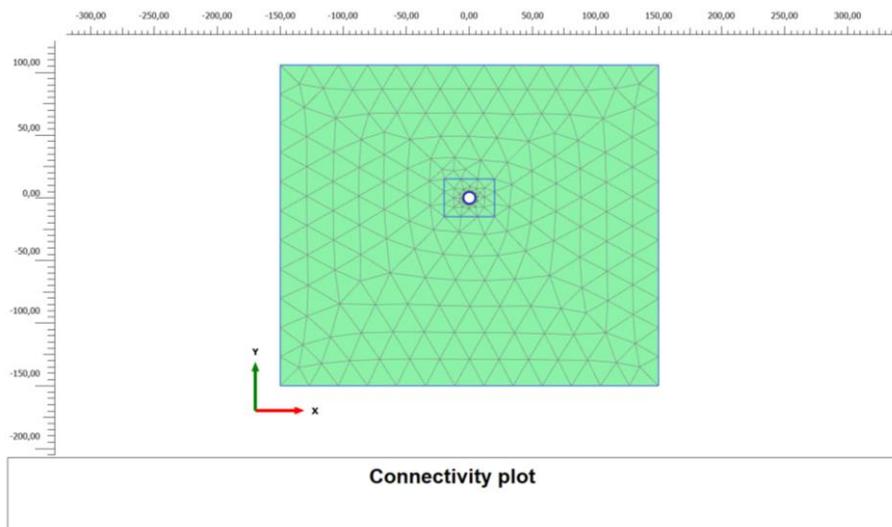
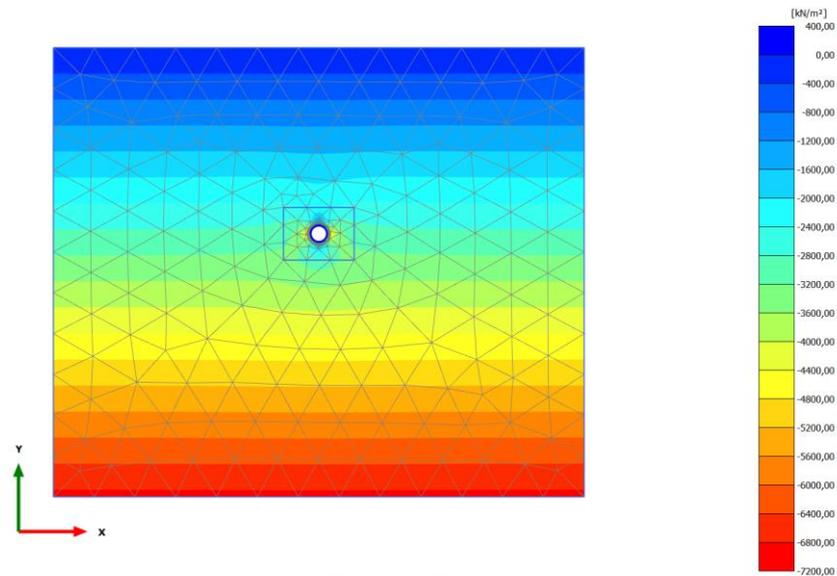


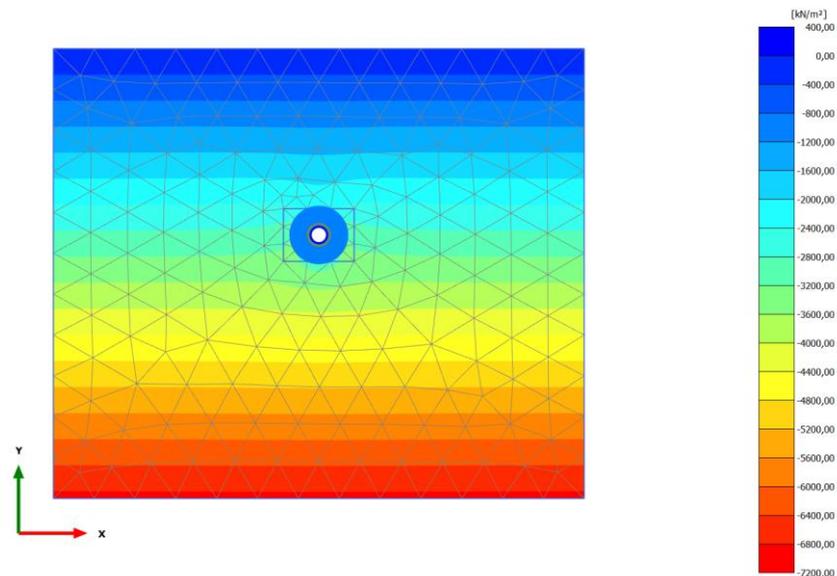
Figura 12-46: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 99 di 113



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 11,33 kN/m² (Element 78 at Node 3830)
Minimum value = -6910 kN/m² (Element 492 at Node 473)

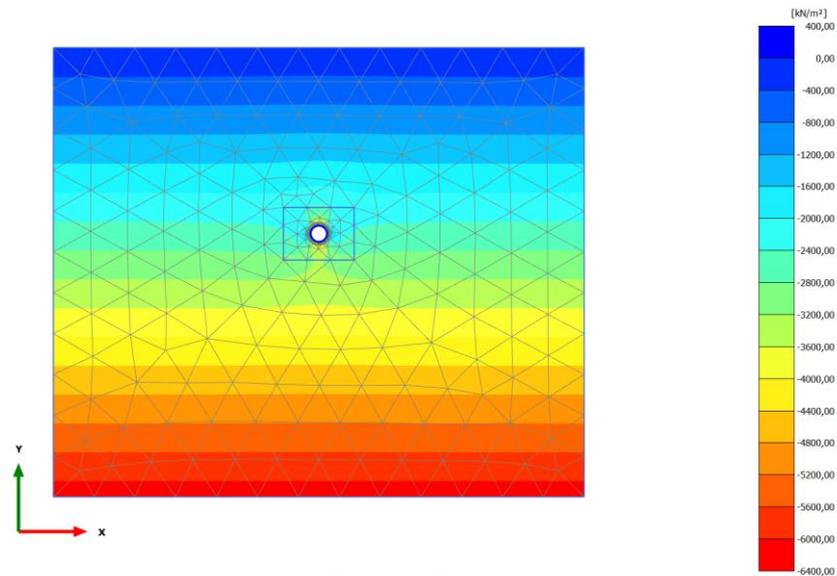
Figura 12-47: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 8,400 kN/m² (Element 78 at Node 3830)
Minimum value = -6910 kN/m² (Element 497 at Node 13)

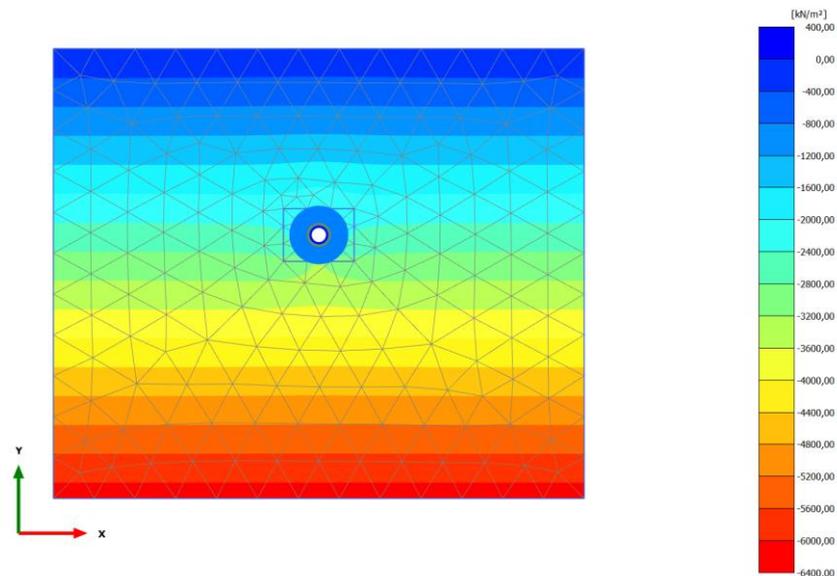
Figura 12-48: Stress σ_{yy} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 100 di 113



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 9,197 kN/m² (Element 498 at Node 705)
Minimum value = -6220 kN/m² (Element 492 at Node 473)

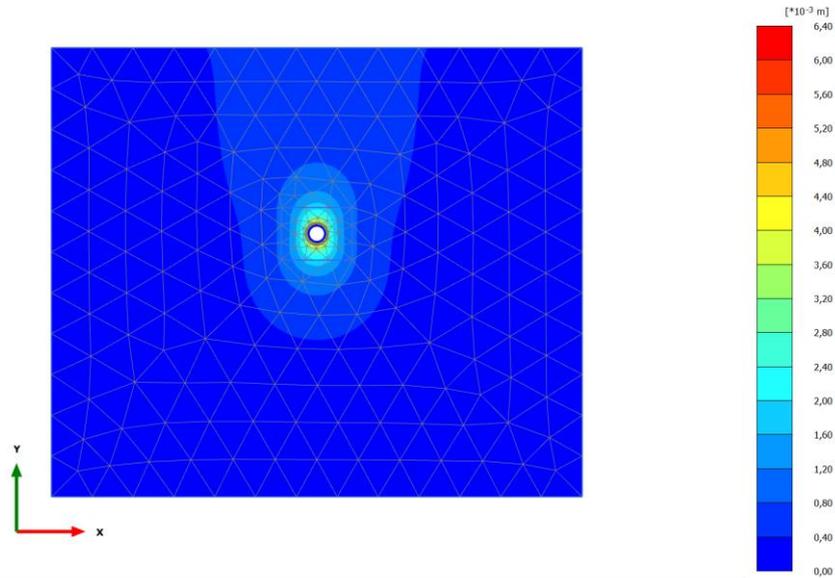
Figura 12-49: Stress σ_{xx} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 13,68 kN/m² (Element 86 at Node 3707)
Minimum value = -6220 kN/m² (Element 497 at Node 13)

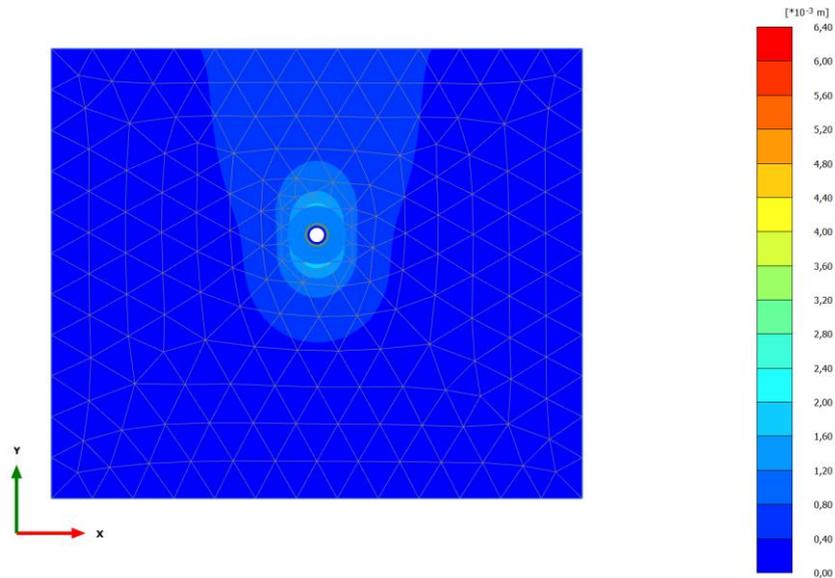
Figura 12-50: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 101 di 113



Total displacements |u| (scaled up 2,00*10³ times)
Maximum value = 6,262*10⁻³ m (Element 73 at Node 3505)

Figura 12-51: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 2,00*10³ times)
Maximum value = 6,371*10⁻³ m (Element 73 at Node 3504)

Figura 12-52: Spostamenti |u| L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 102 di 113

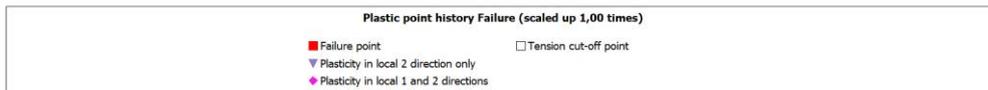
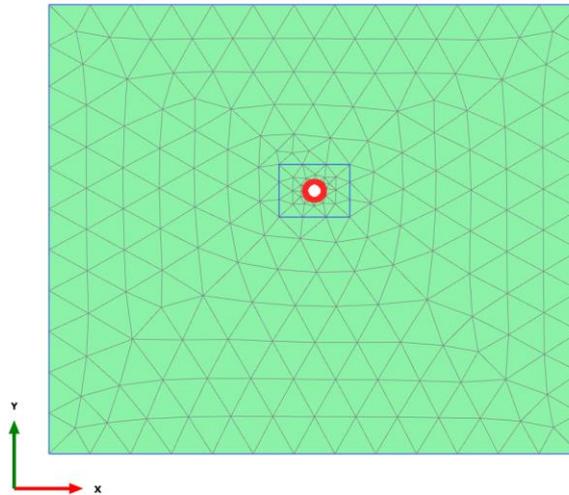


Figura 12-53: Zone di plasticizzazione Fase 3

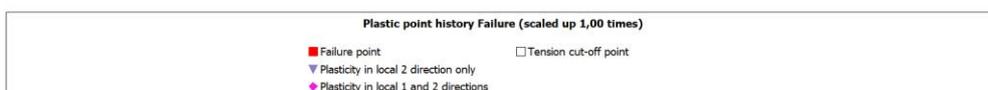
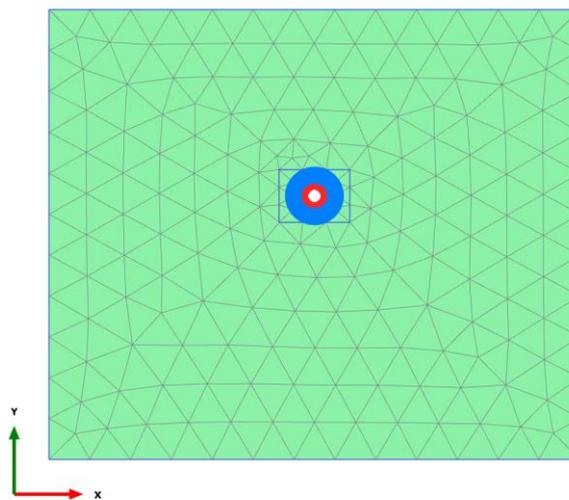


Figura 12-54: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 103 di 113

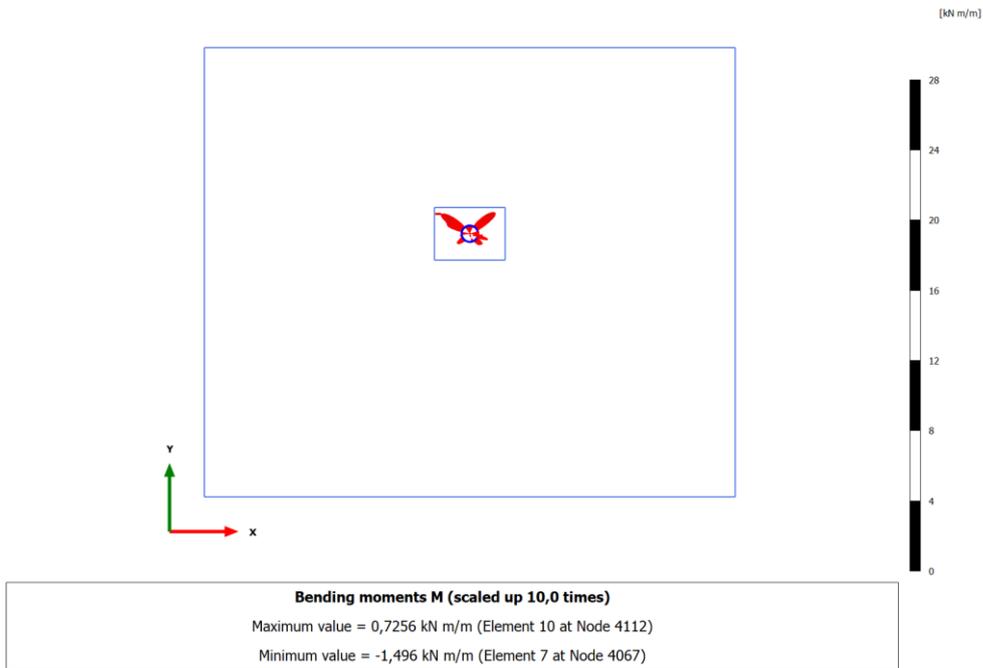


Figura 12-55: Sollecitazione momento flettente Fase 3

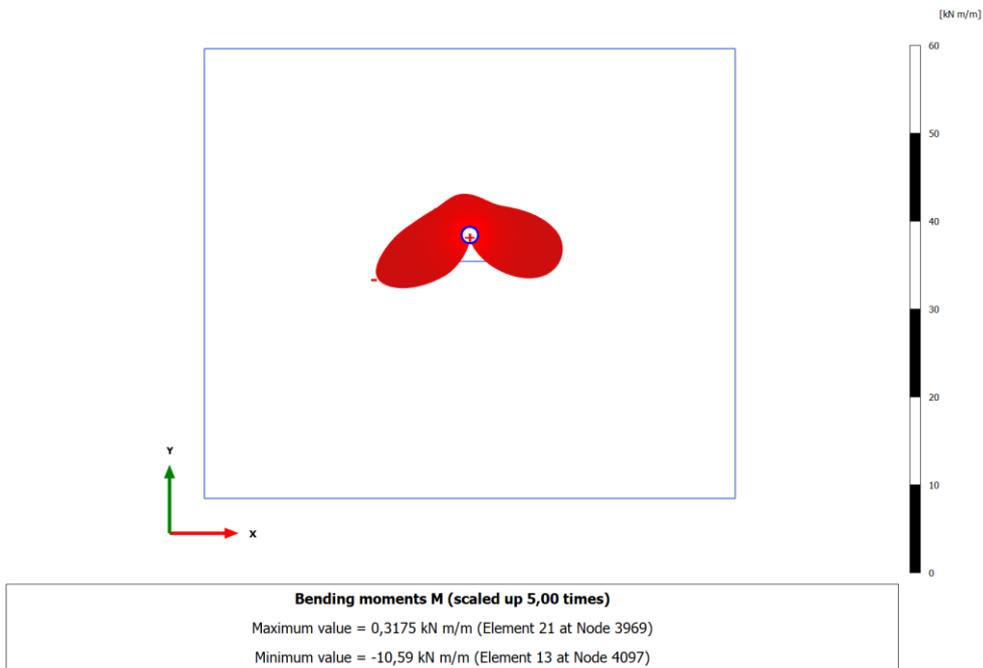
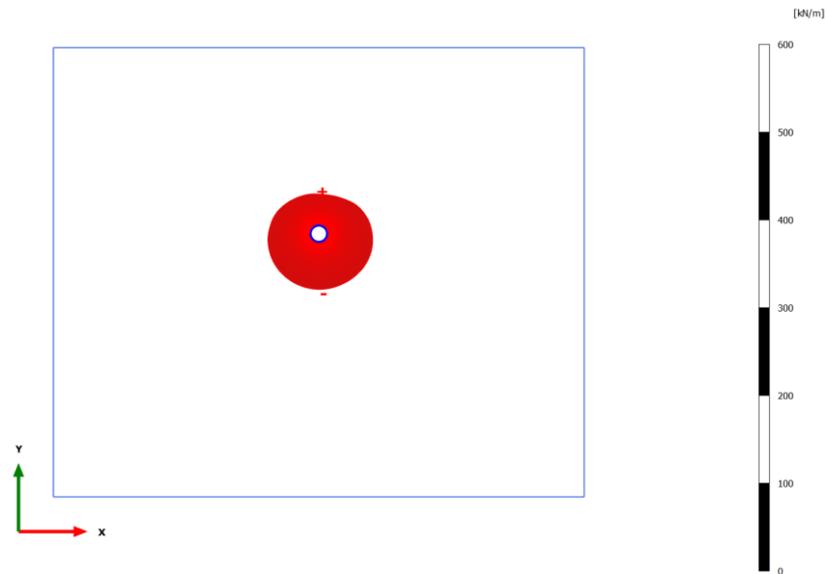


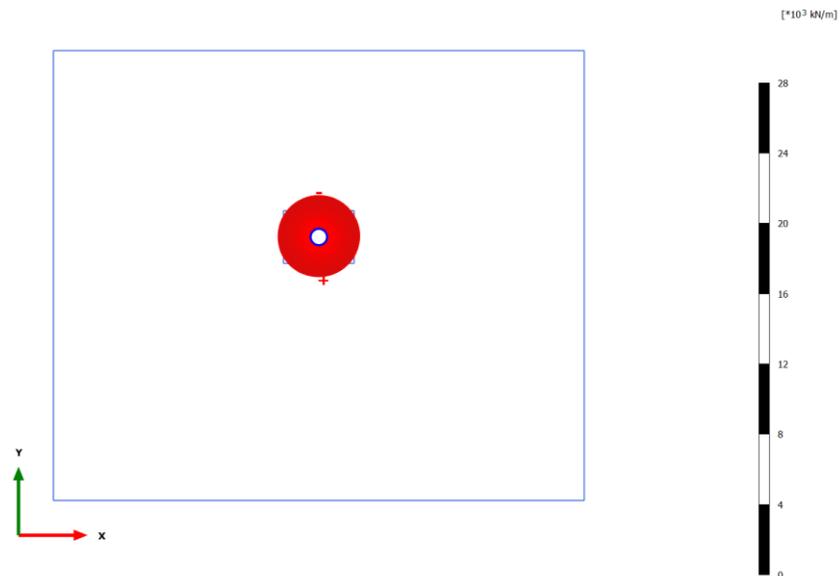
Figura 12-56: Sollecitazione momento flettente L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 104 di 113



Axial forces N (scaled up 0,500 times)
Maximum value = -35,94 kN/m (Element 40 at Node 4479)
Minimum value = -54,29 kN/m (Element 21 at Node 3970)

Figura 12-57: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3



Axial forces N (scaled up 0,0100 times)
Maximum value = -1802 kN/m (Element 21 at Node 3971)
Minimum value = -1904 kN/m (Element 40 at Node 4477)

Figura 12-58: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 105 di 113

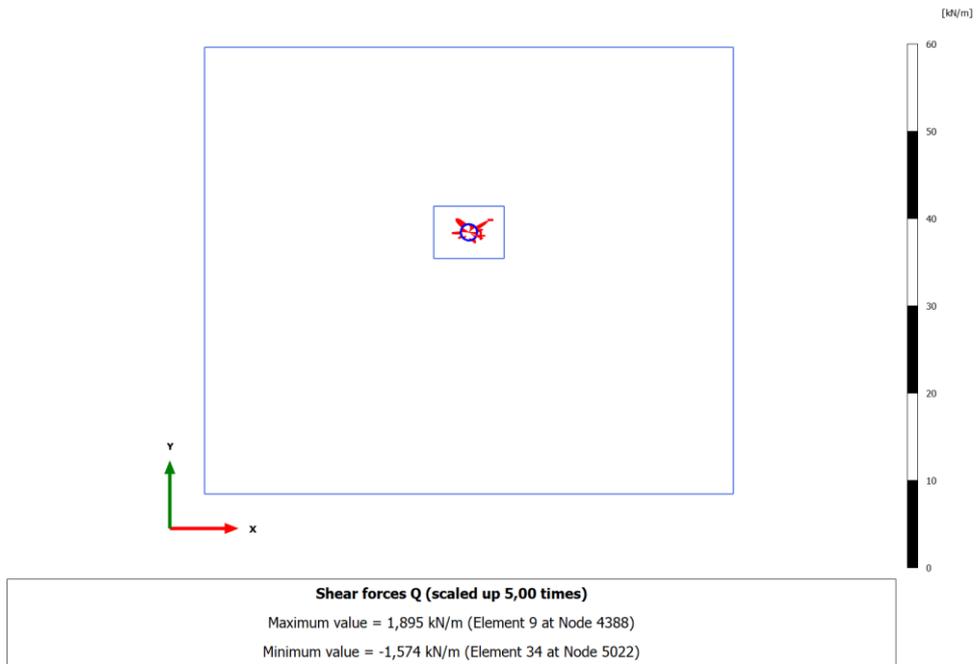


Figura 12-59: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

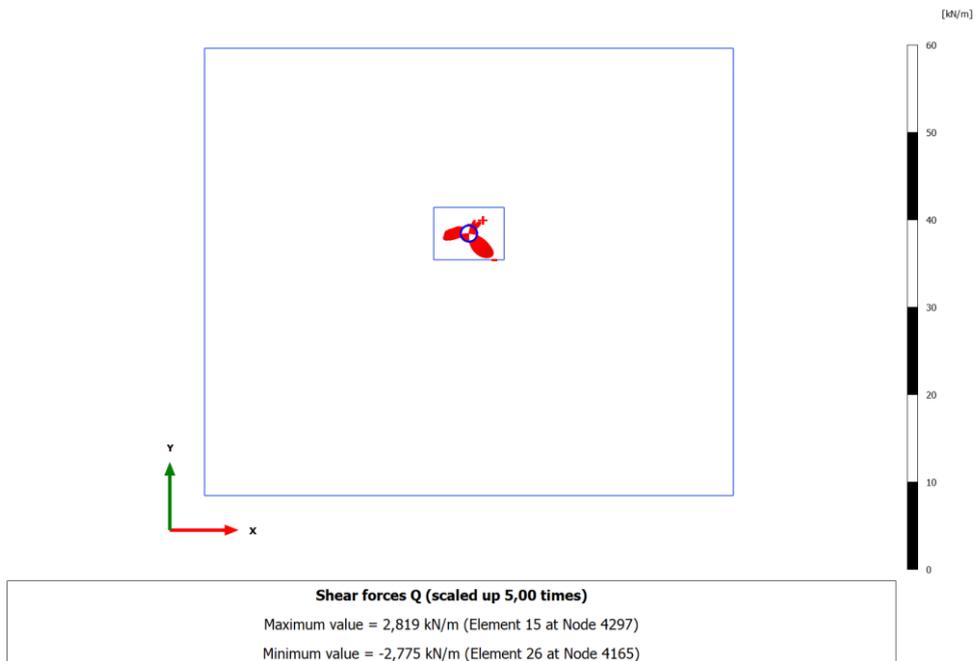


Figura 12-60: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 106 di 113

12.5 FINESTRA DI – FUNES – SEZIONE 5 (PK. 0+565)

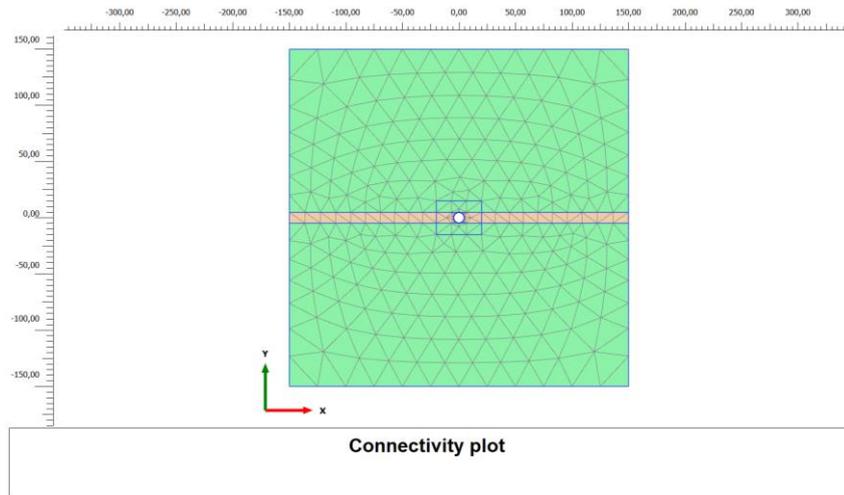


Figura 12-61: Mesh

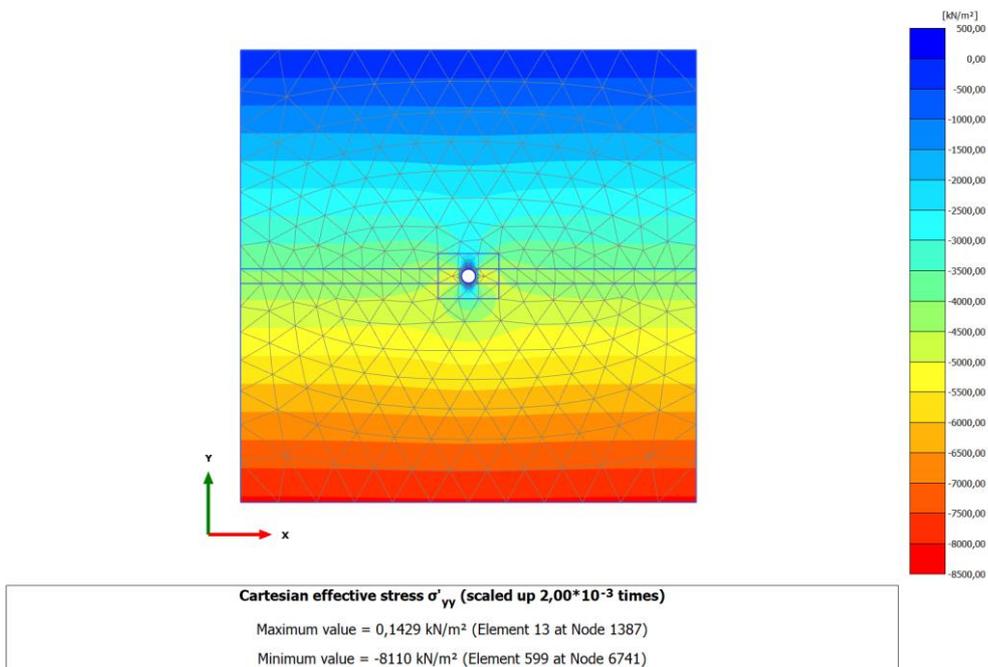
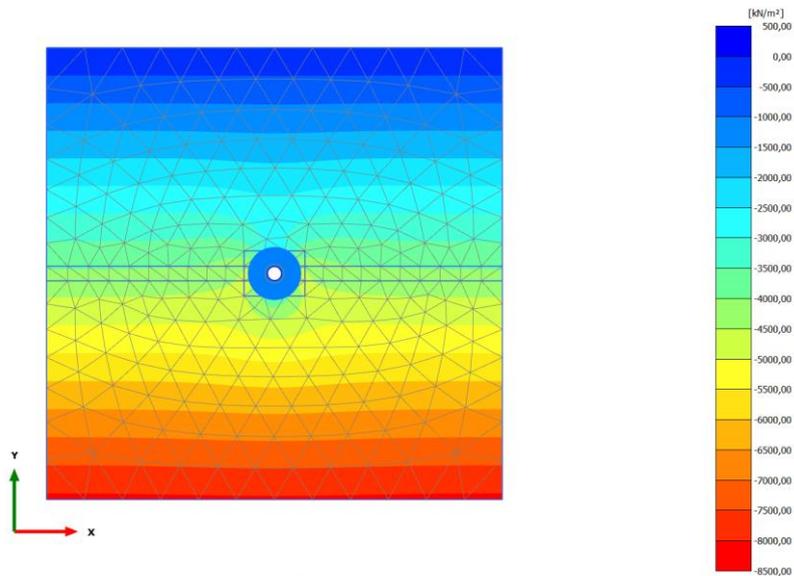


Figura 12-62: Stress σ_{yy} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 107 di 113

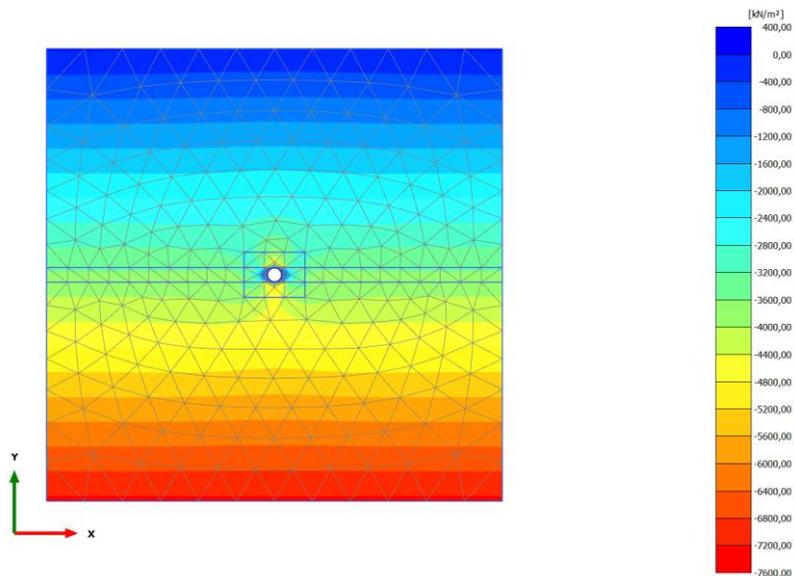


Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 0,1446 kN/m² (Element 13 at Node 1387)

Minimum value = -8111 kN/m² (Element 599 at Node 6741)

Figura 12-63: Stress σ_{yy} L.T.



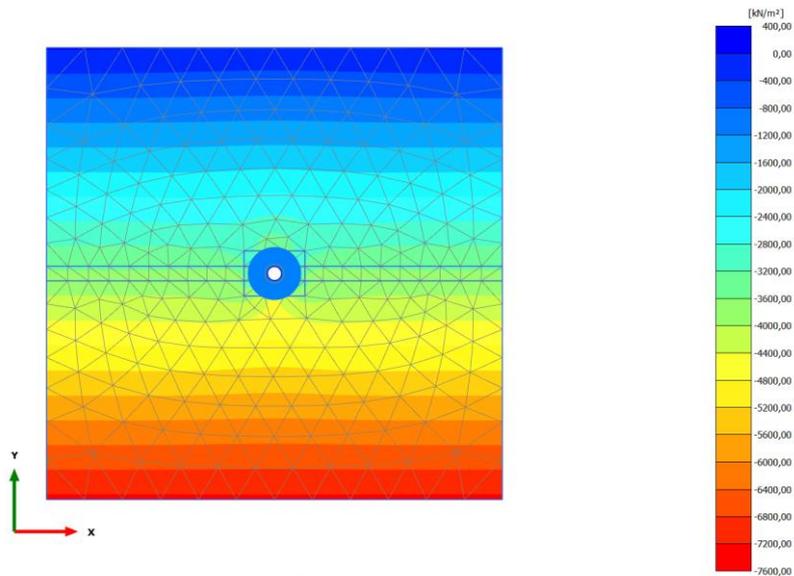
Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 35,48 kN/m² (Element 1 at Node 1)

Minimum value = -7290 kN/m² (Element 599 at Node 6741)

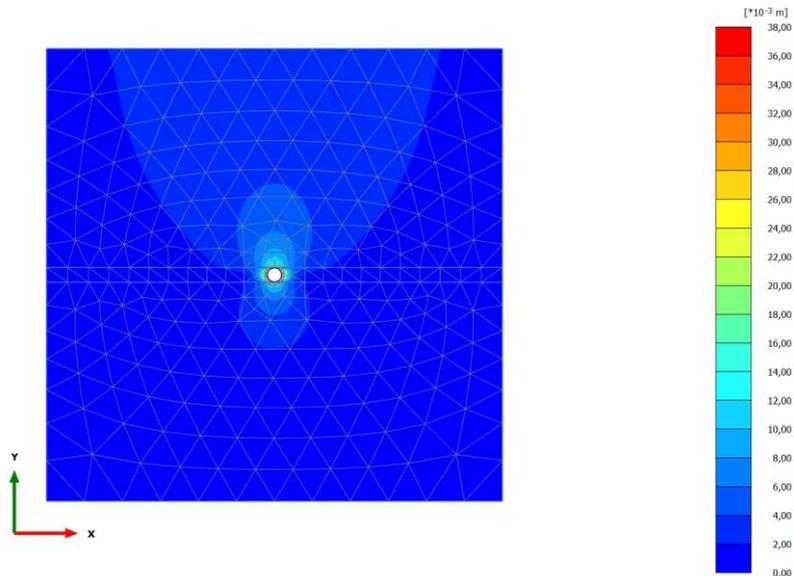
Figura 12-64: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMessa IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 108 di 113



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 35,98 kN/m² (Element 1 at Node 1)
Minimum value = -7290 kN/m² (Element 599 at Node 6741)

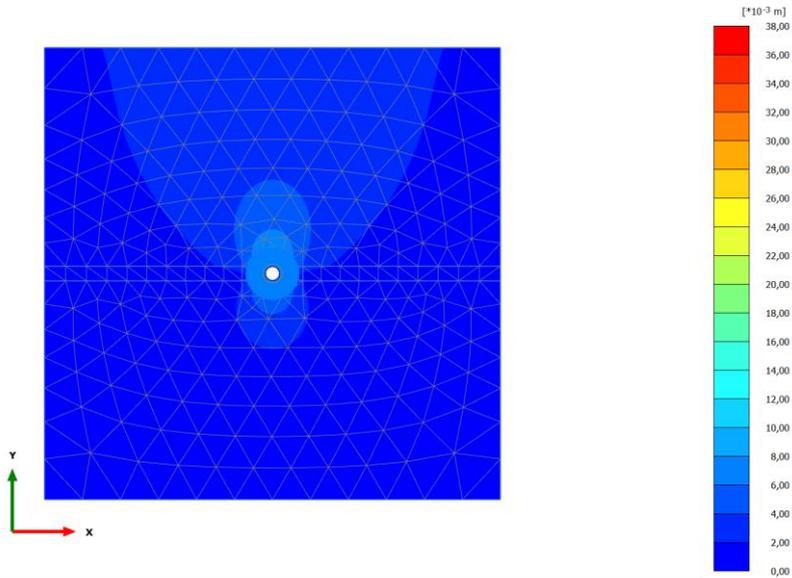
Figura 12-65: Stress σ_{xx} L.T.



Total displacements $|u|$ (scaled up 500 times)
Maximum value = 0,03730 m (Element 269 at Node 4210)

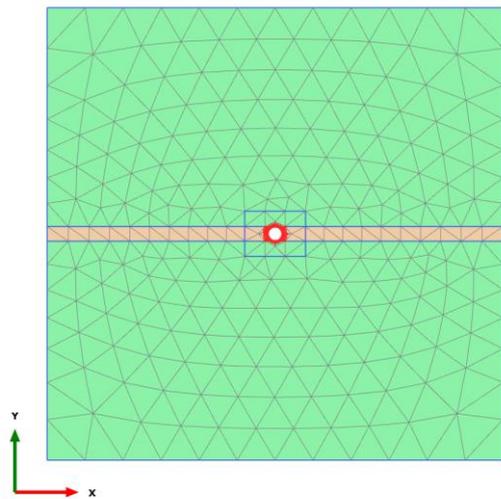
Figura 12-66: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 109 di 113



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0,03794 m (Element 269 at Node 4210)

Figura 12-67: Spostamenti |u| L.T.



Plastic point history Failure (scaled up 1,00 times)

- Failure point
- ▽ Plasticity in local 2 direction only
- ◆ Plasticity in local 1 and 2 directions
- Tension cut-off point

Figura 12-68: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 110 di 113

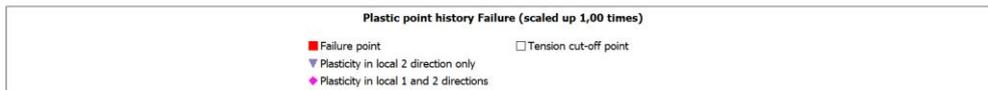
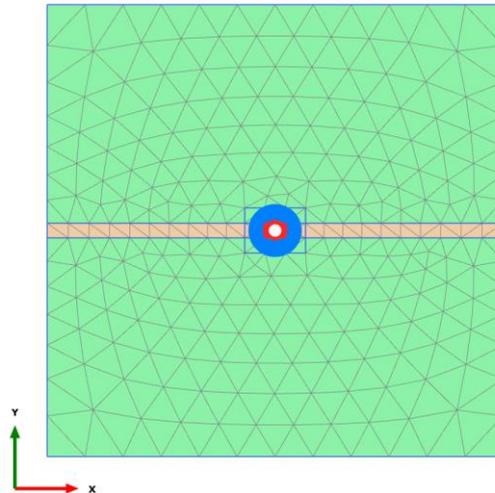


Figura 12-69: Zone di plasticizzazione L.T.

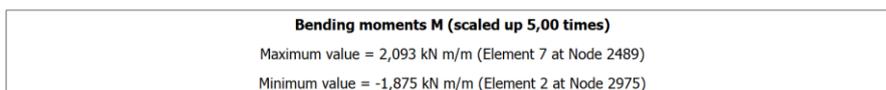
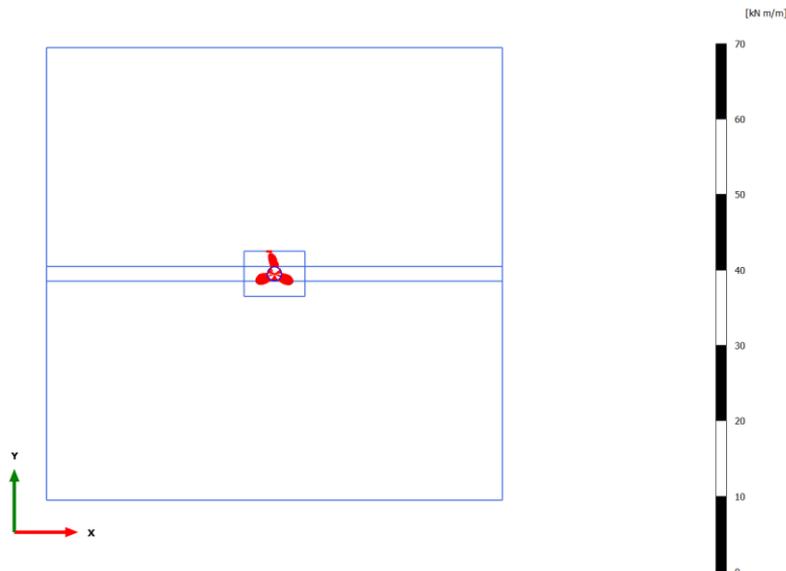


Figura 12-70: Sollecitazione momento flettente Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 111 di 113

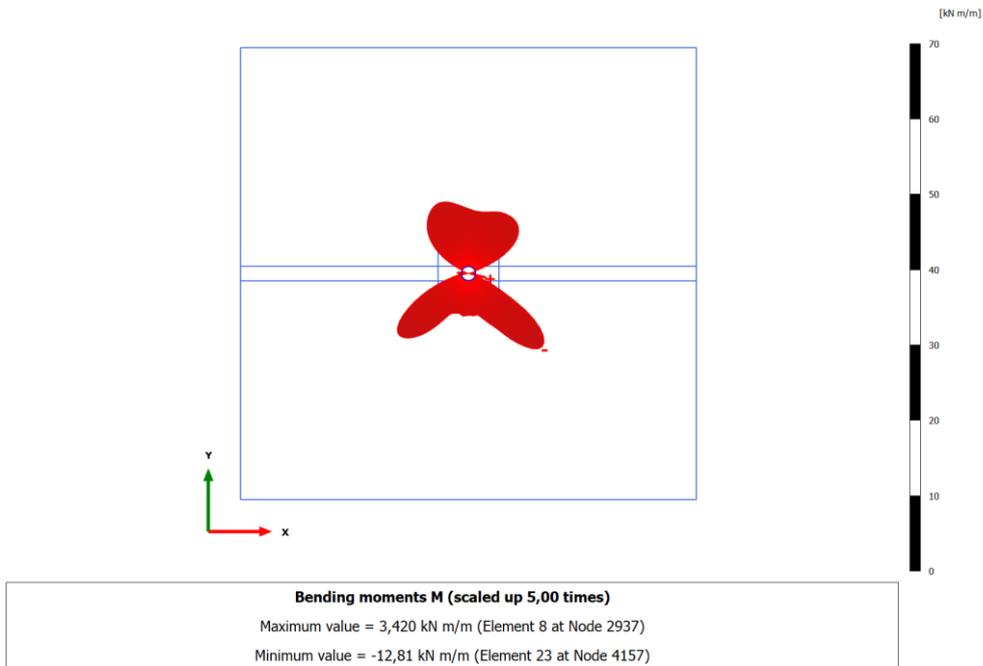


Figura 12-71: Sollecitazione momento flettente L.T.

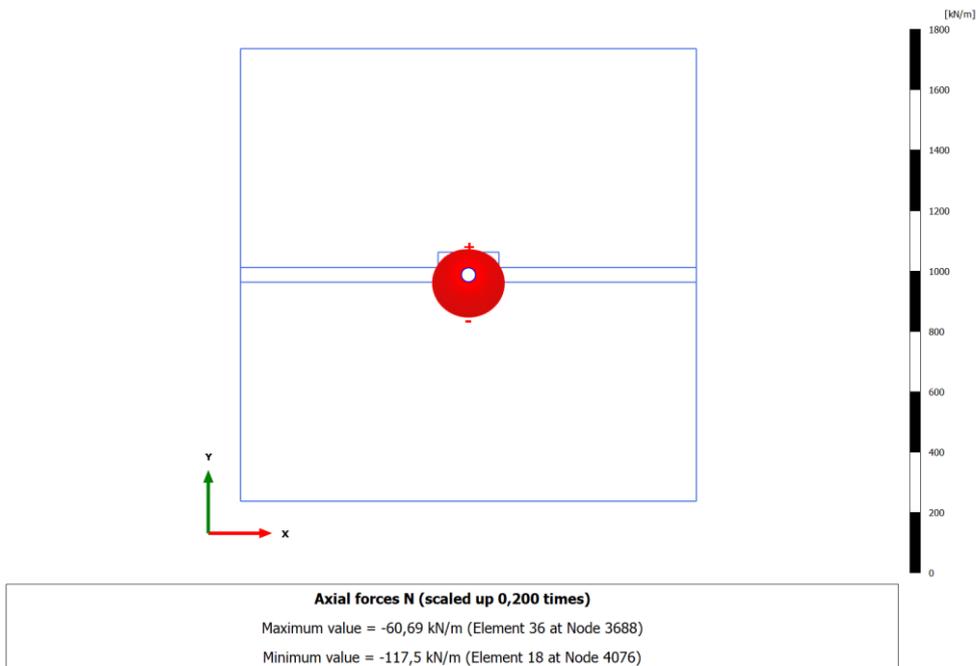


Figura 12-72: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 112 di 113

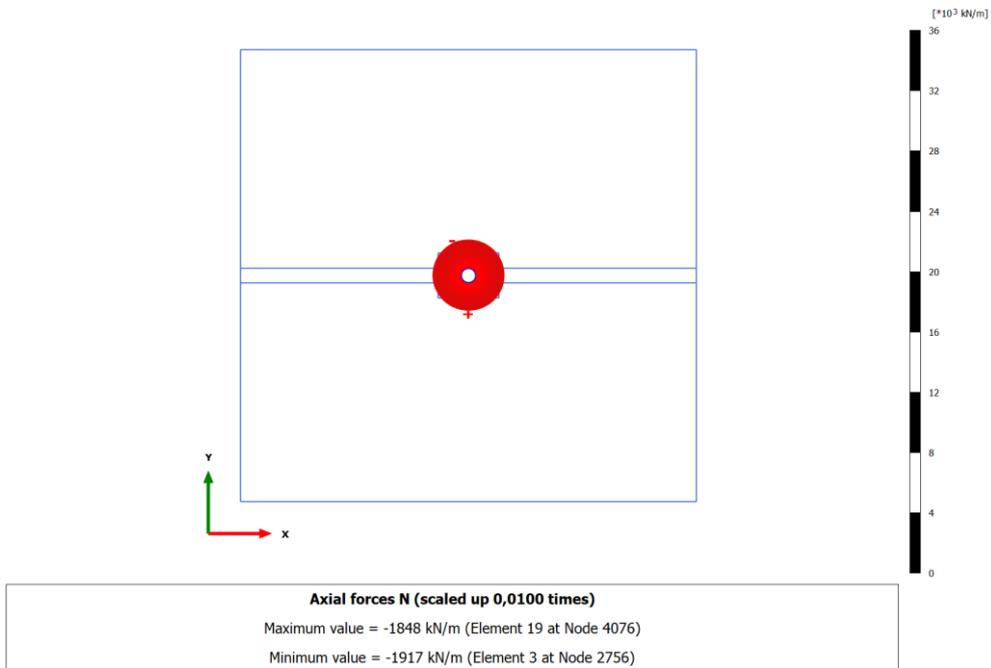


Figura 12-73: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

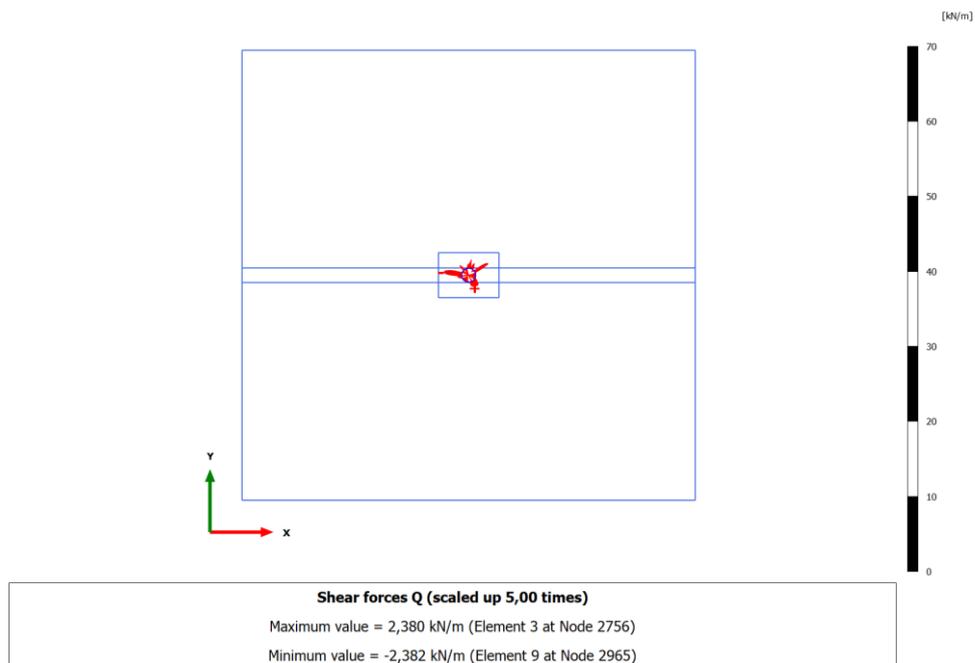


Figura 12-74: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE FUNES"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Finestra Funes - Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0600002	REV. B	FOGLIO. 113 di 113

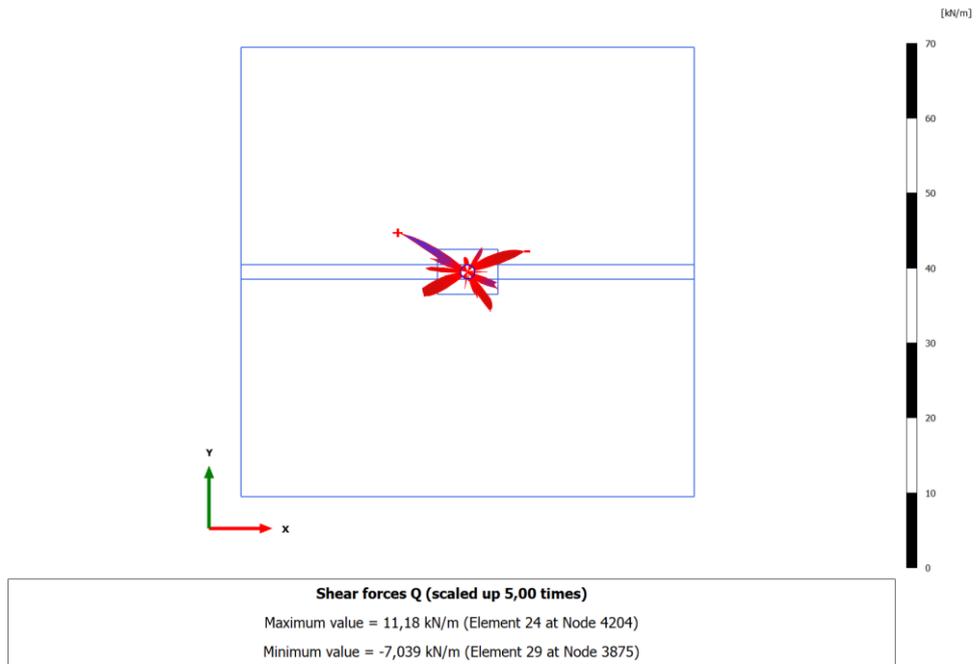


Figura 12-75: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.