

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
Dottoressa PAOLUCCIANO
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 GARDENA"

RELAZIONE

08 - GALLERIE

F-GALLERIE DI INTERCONNESSIONE DI PONTE GARDENA

Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	G N 0 7 0 0	0 0 2	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	M. Aganetti	15/01/2022	C. Iasiello	15/01/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino 16/03/2023
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	M. Aganetti	18/07/2022	C. Iasiello	19/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	M. Aganetti	13/03/2023	C. Iasiello	14/03/2023	D. Buttafoco	15/03/2023	

File: IB0U1BEZZCLGN0700002C.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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 2 di 266

SOMMARIO

1. PREMESSA	6
2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	7
3. NORMATIVA, ELAVORADI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI	8
3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3.3 SOFTWARE UTILIZZATI	8
3.4 ALLEGATI	9
3.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	9
4. DESCRIZIONE DELL'OPERA	9
5. FASE CONOSCITIVA	11
6. FASE DI DIAGNOSI	12
6.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	12
6.1.1 Analisi con il metodo dell'equilibrio limite	13
6.2 SEZIONI ANALIZZATE	15
6.3 RISULTATI DELLE ANALISI	17
6.3.1 Analisi del rischio di squeezing.....	19
7. FASE DI TERAPIA	25
7.1 CRITERI DI VERIFICA	25
7.2 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	25
7.2.1 Schema consolidamenti passaggio in zone di faglia	25
8. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	28
8.1 TIPOLOGIA DI ELEMENTI DI RIVESTIMENTO	29
8.2 COPRIFERRO	29
9. ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CARATTERISTICHE	30
9.1 SEZIONE 1 PK 0+500 B.P.	30
9.1.1 Stabilità del fronte e del cavo	30
9.1.2 Metodo delle curve caratteristiche	31
9.1.3 Verifiche	34
9.2 SEZIONE 2 PK 0+700 B.P.	37

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	3 di 266

9.2.1	Metodo delle curve caratteristiche	37
9.2.2	Verifiche	41
9.3	SEZIONE 3 PK 1+830 B.P.	45
9.3.1	Stabilità del fronte e del cavo	45
9.3.2	Metodo delle curve caratteristiche	46
9.3.3	Verifiche	50
9.4	SEZIONE 4 PK 2+110 B.P.	56
9.4.1	Metodo delle curve caratteristiche	56
9.4.2	Verifiche	60
9.5	SEZIONE 5 PK 2+335 B.P.	63
9.5.1	Metodo delle curve caratteristiche	63
9.5.2	Verifiche	67
9.6	SEZIONE 11 PK 2+625 B.P.	70
9.6.1	Stabilità del fronte con metodo di analisi all'equilibrio limite: Anagnostou e Kovari (1996)	70
9.6.2	Interazione terreno struttura	71
9.6.3	Verifiche dei conci di galleria	73
9.6.4	Verifiche sismiche dei conci di galleria	78
9.6.5	Considerazioni in merito ai valori di volume perso assunti nel progetto	81
9.7	SEZIONE 12 PK 2+680 B.P.	86
9.7.1	Stabilità del fronte con metodo di analisi all'equilibrio limite: Leca & Dormieux (1990)	86
9.7.2	Interazione terreno struttura	88
9.7.3	Verifiche dei conci di galleria	89
9.7.4	Verifiche sismiche dei conci di galleria	94
9.7.5	Considerazioni in merito ai valori di volume perso assunti nel progetto	97
9.8	SEZIONE 6 PK 0+515 B.D.	100
9.8.1	Metodo delle curve caratteristiche	100
9.8.2	Verifiche	104
9.9	SEZIONE 7 PK 1+065 B.D.	108
9.9.1	Stabilità del fronte e del cavo	108
9.9.2	Metodo delle curve caratteristiche	109
9.9.3	Verifiche	112

APPALTAZIONE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 4 di 266

9.10	SEZIONE 8 PK 1+500 B.D.	115
9.10.1	Metodo delle curve caratteristiche.....	115
9.10.2	Verifiche	119
9.11	SEZIONE 9 PK 2+720 B.D.	122
9.11.1	Stabilità del fronte e del cavo	122
9.11.2	Metodo delle curve caratteristiche.....	123
9.11.3	Verifiche	126
9.12	SEZIONE 10 PK 2+910 B.D.	129
9.12.1	Stabilità del fronte e del cavo	129
9.12.2	Metodo delle curve caratteristiche.....	130
9.12.3	Verifiche	133
10.	VERIFICA NEI RIGUARDI DELL'ESPOSIZIONE AL FUOCO	137
11.	RISULTATI DEI CALCOLI	138
12.	CONCLUSIONI	140
13.	CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI DIAGNOSI.....	142
13.1	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 1 (PK. 0+500).....	142
13.2	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 2 (PK. 0+700).....	143
13.3	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 3 (PK. 1+830).....	144
13.4	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 4 (PK. 2+110).....	146
13.5	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 5 (PK. 2+335).....	147
13.6	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 6 (PK. 0+515)	149
13.7	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 7 (PK. 1+065)	150
13.8	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 8 (PK. 1+500)	151
13.9	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 9 (PK. 2+720)	153
13.10	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 10 (PK. 2+910)	154
14.	CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI TERAPIA	157
14.1	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 1 (PK. 0+500).....	157
14.2	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 2 (PK. 0+700).....	159
14.3	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 3 (PK. 1+830).....	162
14.4	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 4 (PK. 2+110).....	165
14.5	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 5 (PK. 2+335).....	167

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	5 di 266

14.6	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 6 (PK. 0+515)	170
14.7	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 7 (PK. 1+065)	173
14.8	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 8 (PK. 1+500)	175
14.9	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 9 (PK. 2+720)	178
14.10	GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 10 (PK. 2+910)	181
15.	OUTPUT PLAXIS 2D	185
15.1.1	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 1 (pk. 0+500).....	185
15.1.2	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 2 (pk. 0+700).....	193
15.1.3	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 3 (pk. 1+830).....	200
15.1.4	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 4 (pk. 2+110).....	211
15.1.5	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 5 (pk. 2+335).....	219
15.1.6	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 6 (pk 0+515)	226
15.1.7	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 7 (pk 1+065)	234
15.1.8	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 8 (pk 1+500)	242
15.1.9	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 9 (pk 2+720)	249
15.1.10	Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 10 (pk 2+910)	257

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	6 di 266

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è lo studio delle problematiche progettuali, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari alla realizzazione delle gallerie di Interconnessione Ponte Gardena (GN07), nell'ambito del progetto della tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena, Lotto 1 della linea Fortezza-Verona, accesso Sud alla galleria di Base del Brennero.

Le opere in oggetto ricadono nella provincia di Bolzano. Le gallerie in esame hanno rispettivamente una lunghezza complessiva di circa 2.77 km per il binario pari e 3.23 km per il binario dispari, con configurazione a singola canna.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 7 di 266

2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle gallerie della linea ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena – 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 5;
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.

La galleria di Interconnessione Ponte Gardena B.P. sarà realizzata con metodo di **scavo meccanizzato** per circa **2770 m**, mentre la galleria di Interconnessione Ponte Gardena B.D. sarà realizzata in parte con metodo di **scavo tradizionale** per un tratto di lunghezza pari a circa **292 m** (di cui circa 252 m di camerone e 40 m di galleria artificiale scatolare) e con metodo di **scavo meccanizzato** per circa **2935.5 m**, ha una lunghezza complessiva di **circa 3227 m**. Entrambe le tratte sono provviste di cunicoli trasversali di collegamento tra le due canne, con passo non superiore a 500 m; per lo scavo tradizionale si rimanda alla relazione IBL11BD07RBGN0100002.

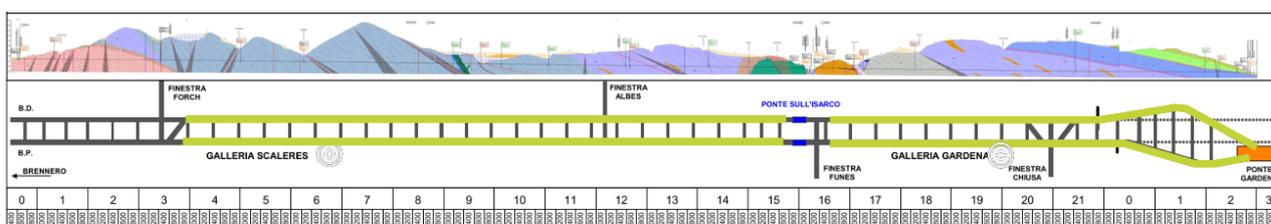


Figura 2-1: Profilo geomeccanico

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 9 di 266

- 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:

[18] IBOU1BEZZGEGN0000002 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Relazione geotecnica Galleria Gardena e Interconnessioni"

[19] IBOU1BEZZF6GN0700001 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Gallerie di interconnessione – BP - Profilo geotecnico - tav. 1"

[20] IBOU1BEZZF6GN0700002 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Gallerie di interconnessione – BP - Profilo geotecnico - tav. 2"

[21] IBOU1BEZZF6GN0700003 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Gallerie di interconnessione – BD - Profilo geotecnico - tav. 3"

[22] IBOU1BEZZF6GN0700004 "08 - GALLERIE - B-GEOTECNICA - Gallerie di interconnessione – BD - Profilo geotecnico - tav. 4"

[23] 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"

[24] IBOU1BEZZW9GN0000001 "08 - GALLERIE - C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE - Scavo meccanizzato - Interventi di consolidamento"

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

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

[27] 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"

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le due gallerie di interconnessione a singolo binario, da realizzarsi con metodo di scavo meccanizzato, si diramano in direzione Sud-Ovest dalle gallerie di linea tramite cameroni di diramazione ed escono in superficie in prossimità della stazione di Ponte Gardena.

La pendenza massima non supera il valore del 12%. Proseguendo verso sud il tracciato sottopassa il rilevato dell'autostrada del Brennero, posto a ridosso della spalla sud del viadotto "Belprato", con copertura di 16 m circa rispetto al piano di rotolamento stradale ed esce allo scoperto al km 3+230,40 circa a sud della stazione di Ponte Gardena. La galleria di interconnessione binario dispari pertanto si sviluppa per circa 3190 m in naturale e per circa 40 m in artificiale con copertura massima di circa 600 m intorno al km 0+800.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	10 di 266

La galleria di interconnessione pari si sviluppa in naturale per circa 2579 m e poi in artificiale per 20 m circa emergendo a nord della stazione di Ponte Gardena. La copertura massima raggiunge 580 m circa intorno al km 0+500. La galleria artificiale è oggetto della progettazione definitiva dei lavori relativi al Sub Lotto Funzionale Fortezza-Ponte Gardena. Il tracciato sottopassa al km 2+210 circa la pila 13 del viadotto Belprato ad una distanza di circa 11 m, misurata tra l'estradosso della galleria e il piano di fondazione. Lo sbocco all'aperto del tracciato della canna pari richiede una deviazione provvisoria della linea storica per sottopassare l'attuale linea del Brennero, già prevista nell'ambito dei lavori relativi al Sub Lotto Funzionale Fortezza-Ponte Gardena. Dal punto di vista altimetrico occorre sottolineare che l'interconnessione pari manifesta la presenza di una "corda molle" al km 2+368 circa in corrispondenza della GA (oggetto della progettazione definitiva dei lavori relativi al Sub Lotto Funzionale Fortezza-Ponte Gardena) dove è previsto un doppio sistema di smaltimento forzato per le eventuali acque di infiltrazione e per le acque di piattaforma e liquidi pericolosi. La pendenza massima non supera il valore del 12%. Nella galleria artificiale è prevista anche un'uscita di emergenza.

Al fine di rispettare la normativa europea STI, per la Sicurezza nelle gallerie ferroviarie, è prevista la realizzazione di by-pass pedonali di collegamento tra le due gallerie di interconnessione con passo non superiore a 500 metri, di lunghezza variabile in relazione alla distanza tra le due canne ed aventi le dimensioni interne rispondenti ai requisiti della STI/SRT 2008.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0700002</td> <td>C</td> <td>11 di 266</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	11 di 266													

5. FASE CONOSCITIVA

Per le informazioni relative alla fase conoscitiva delle gallerie di Interconnessione Ponte Gardena (GN07) si rimanda all'elaborato IBOU1BEZZGEGN0000002 Rif. [18].

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	12 di 266

6. FASE DI DIAGNOSI

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione. La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS ([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.

6.1 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 13 di 266

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.

6.1.1 Analisi con il metodo dell'equilibrio limite

6.1.1.1. Metodo di Tamez (1984)

La soluzione proposta da Tamez è stata considerata **per basse coperture ($H < 3D$)** per terreni coesivi e granulari. Tale teoria ipotizza che esistano dei prismi di terreno in distacco secondo sezioni longitudinali, giungendo a definire un coefficiente di sicurezza FSF nei confronti della stabilità del fronte di scavo. Tale metodo consente inoltre di tenere in conto gli interventi di preconsolidamento assumendo per il terreno trattate caratteristiche meccaniche incrementate rispetto a quelle del terreno naturale.

Si ipotizza che al fronte si formi un meccanismo di rottura approssimabile mediante solidi prismatici come mostrato nella figura di seguito riportata, e si valuta il coefficiente di sicurezza FSF rispetto alla condizione di collasso ipotizzato, come rapporto tra i momenti delle forze resistenti e i momenti delle forze attive.

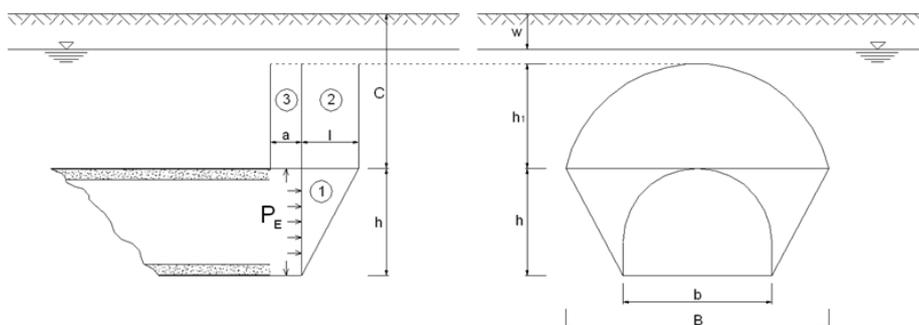


Fig. 6-1 Stabilità del fronte secondo il metodo di Tamez

Talvolta la stabilità del solo prisma 3 gravante sulla zona di galleria non ancora sostenuta dal rivestimento, può risultare più critica rispetto all'insieme dei tre prismi; è definito in tal senso un secondo coefficiente di sicurezza FS_3 , per cui ai fini della stabilità del fronte si assume il coefficiente di sicurezza minimo tra i due.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 14 di 266

$$FSF = \frac{(A + B + C)}{D}$$

$$A = \left[\frac{2(\tau_{m2} - \tau_{m3})}{(1 + a/l)^2} + 2\tau_{m3} \right] \times \frac{h_1}{b}$$

$$B = \left[\frac{2\tau_{m3}}{(1 + a/l) \times \sqrt{K_A}} \right] \times \frac{h_1}{h}$$

$$C = \left[\frac{3.4C_1}{(1 + a/l)^2 \times \sqrt{K_A}} \right]$$

$$D = \left[1 + \frac{2h}{3Z(1 + a/l)^2} \right] \times (\gamma Z - P_E)$$

$$FS_3 = \frac{2\tau_{m3}}{(\gamma Z - P_E)} \times \frac{h_1}{b} \times \left(1 + \frac{b}{a} \right)$$

Il fronte viene così definito:

- $FSF > 2$ fronte stabile (non sono necessari consolidamenti)
- $1 \leq FSF \leq 2$ fronte stabile a breve termine
- $FSF < 1$ fronte instabile

6.1.1.2. Anagnostou e Kovari (1996)

Nel caso di scavo mediante il sistema EPB il mantenimento della pressione avviene meccanicamente attraverso la compensazione dei volumi di terra scavati e dei volumi passanti attraverso la coclea in corrispondenza della testa della fresa.

Il valore della pressione di sostegno da applicare in presenza di moti di filtrazione, con riferimento al meccanismo di scivolamento tridimensionale di Horn [1961], si ottiene dalla seguente espressione (Anagnostou e Kovari, 1996):

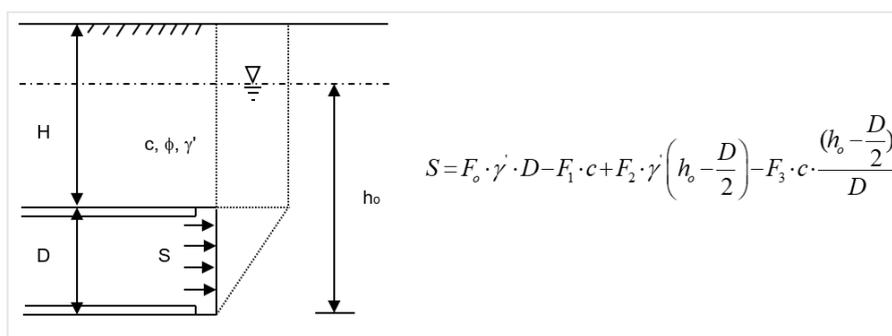


Fig. 6-2 Stabilità del fronte secondo il metodo Anagnostou e Kovari

In cui:

- S' = valore della pressione efficace stabilizzante da applicare al fronte;
- $\Delta h = h_0 - h_f$ (differenza di carico idraulico al fronte);
- h_0 = altezza della falda libera (a partire dalla quota arco rovescio);
- h_f = carico idraulico all'interno della camera di scavo (fino alla quota arco rovescio);

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C 15 di 266

- F_0, F_1, F_2, F_3 = coefficienti adimensionali dipendenti dall'angolo di attrito del terreno ϕ' , dai rapporti H/D (copertura/diametro della galleria) e $(h_0-D)/D$.

La forza efficace di stabilizzazione viene determinata integrando le forze di massa associate al cuneo di spinta finale. Nel caso specifico il calcolo è stato condotto ipotizzando l'assenza di moti di filtrazione verso il fronte, assumendo cioè $h_0 = h_f$.

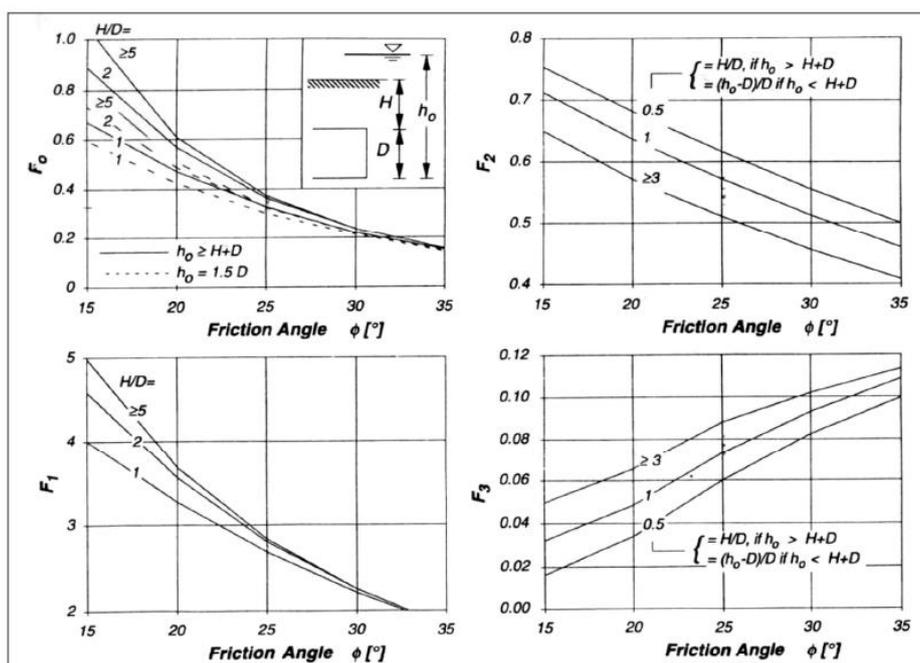


Fig. 6-3 Abacchi per la definizione dei coefficienti adimensionali

6.2 SEZIONI ANALIZZATE

Sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica di cui all'elaborato IB0U1BEZZGEGN0000002 Rif. [18], 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 6-1, caratterizzate con tutti i dati di input necessari per il calcolo.

Per le Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena, le sezioni di calcolo sono le seguenti:

- Sezione 1 – Sezione con copertura di 555 m (progressiva km 0+500 B.P.), nella Formazione di Filladi BSSb in zona di faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 80 m sopra la calotta.
- Sezione 2 – Sezione con copertura di 580 m (progressiva km 0+700 B.P.), nella Formazione di Filladi BSSb. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 100 m sopra la calotta.
- Sezione 3 – Sezione con copertura di 310 m (progressiva km 1+830 B.P.), nella Formazione delle Filladi BSSb in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 90 m sopra la calotta.
- Sezione 4 – Sezione con copertura di 180 metri (progressiva km 2+110 B.P.), nella Formazione delle Filladi BSSb. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 90 m sopra la calotta.
- Sezione 5 – Sezione con copertura di 64 metri (progressiva km 2+335 B.P.), nella Formazione del Paragneiss di Laion. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 25 m sopra la calotta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	16 di 266

- Sezione 6 – Sezione con copertura di 566 metri (progressiva km 0+515 B.D.), nella Formazione delle Filladi BSSa. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 100 m sopra la calotta.
- Sezione 7 – Sezione con copertura di 554 metri (progressiva km 1+070 B.D.), nella Formazione delle Filladi BSSb in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 90 m sopra la calotta.
- Sezione 8 – Sezione con copertura di 518 metri (progressiva km 1+500 B.D.), nella Formazione delle Filladi BSSb. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 100 m sopra la calotta.
- Sezione 9 – Sezione con copertura di 175 metri (progressiva km 2+720 B.D.), nella Formazione dei Filladi BSSb in faglia. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 100 m sopra la calotta.
- Sezione 10 – Sezione con copertura di 102 metri (progressiva km 2+910 B.D.), nella Formazione del Paragneiss di Laion in zona di danneggiamento. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 35 m sopra la calotta.
- Sezione 11 – Sezione con protesi con copertura di 4 metri (progressiva km 2+625 B.P.), in depositi sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni terrazzate recenti. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 473.4 m.s.l.m.
- Sezione 12 – Sezione con protesi con copertura di 4 metri (progressiva km 2+680 B.P.), in depositi sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni terrazzate recenti. In questa sezione di calcolo la falda è stata a 473.4 m.s.l.m.

Il rivestimento definitivo in conci prefabbricati del tratto realizzato con scavo meccanizzato delle Gallerie di Interconnessione di Ponte Gardena è stato analizzato nelle condizioni geotecniche e litostatiche più critiche, riepilogate nella sottostante tabella. Per l'esame del tratto a bassa copertura contraddistinto dalla presenza delle interferenze con l'Austadrada A22, si rimanda al documento "Relazione tecnica. Interferenza interconnessioni di Ponte Gardena e A22" IBOU1BEZZRHGB0000005 (Rif. **Error! Reference source not found.**)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE						
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	17 di 266

	SEZIONE DI CALCOLO	Unità	H [m]	D scavo	Req [m]	Ko	γ [kN/mc]	σ [Mpa]	c'kp [kPa]	φ'kp [°]	Ek [Mpa]
1	0+500 B.P.	BSSb Faglia	555	9.68	4.84	0.90	27	14.99	838	23	1300
2	0+700 B.P.	BSSb	580	9.68	4.84	0.90	27	15.66	1596	32	9100
3	1+830 B.P.	BSSb Faglia	310	9.68	4.84	0.90	27	8.37	597	27	1300
4	2+110 B.P.	BSSb	180	9.68	4.84	0.90	27	4.86	635	36	3500
5	2+335 B.P.	PRL	64	9.68	4.84	0.90	27	1.73	378	36	1800
6	0+515 B.D.	BSSa	566	9.68	4.84	0.90	27	15.28	2088	35	14000
7	1+065 B.D.	BSSb Faglia	554	9.68	4.84	0.90	27	14.96	937	25	1800
8	1+500 B.D.	BSSb	518	9.68	4.84	0.90	27	13.99	1434	30	6800
9	2+720 B.D.	BSSb Faglia	175	9.68	4.84	0.90	27	4.73	297	27	800
10	2+910 B.D.	PRL Faglia	102	9.68	4.84	0.90	27	2.75	174	27	700
11	2+625 B.P.	ar	4	9.68	4.84	0.90	20	0.8	0	37	60
12	2+680 B.P.	ar	4	9.68	4.84	0.90	20	0.8	0	37	60

H = copertura rispetto alla calotta della galleria
σ0 = 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 6-1: Caratteristiche ammasso roccioso

6.3 RISULTATI DELLE ANALISI

I metodi di analisi per la valutazione della stabilità del nucleo al fronte vengono descritti nel dettaglio all'interno dell'elaborato IBOU1BEZZRHGN000003 "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 $p_c = (3\sigma_0 - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$, 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:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	18 di 266

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 6-2: Criterio 1

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 6-3: 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 imprevisti, 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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	Mandanti:													
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO.</td> </tr> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>GN0700002</td> <td>C</td> <td>19 di 266</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	19 di 266
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	19 di 266									

	σ_c [Mpa]	kp	pc [Mpa]	σ_c/pc	Uf	Uf/Req	Rpf	Rpf/Req	u ∞	Rp	CRITERIO 1	CRITERIO 2.1	CRITERIO 2.2
1	2.532	2.283	7.168	0.353	0.180	0.037	8.871	1.833	0.592	17.768	B/C	C	C
2	5.700	3.188	4.823	1.182	0.009	0.002	6.168	1.274	0.024	8.451	A/B	B	B
3	1.948	2.663	3.353	0.581	0.058	0.012	7.304	1.509	0.165	11.970	B/C	C	C
4	2.493	3.852	1.102	2.261	0.006	0.001	5.598	1.157	0.013	6.879	A	B	B
5	1.484	3.852	0.255	5.826	0.003	0.001	5.198	1.074	0.007	5.936	A	A	B
6	8.022	3.690	3.556	2.256	0.004	0.001	5.614	1.160	0.010	6.947	A	A	B
7	2.942	2.464	6.578	0.447	0.097	0.020	7.987	1.650	0.297	14.508	B/C	C	C
8	4.968	3.000	4.575	1.086	0.012	0.002	6.301	1.302	0.030	8.860	A/B	B	B
9	0.969	2.663	1.934	0.501	0.059	0.012	7.557	1.561	0.174	12.902	B/C	C	C
10	0.568	2.663	1.127	0.504	0.039	0.008	7.557	1.561	0.115	12.794	B/C	C	C

$\sigma_c = (2c \cos \phi) / (1 - \sin \phi)$ = 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 6-4: Risultati analisi in fase di diagnosi

In corrispondenza delle sezioni 1, 3, 7, 9, 10 si evince comportamento instabile (C) del fronte e del cavo. In tali tratte è prevista l'applicazione di una pressione al fronte. Il risultato dell'analisi ottenuto mediante l'ausilio del software GV4 viene riportata in dettaglio nel capitolo 9. Per le valutazioni e le tratte di applicazione degli interventi di stabilizzazione si faccia riferimento all'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000004 "Relazione tecnica scavo meccanizzato e linee guida per l'applicazione degli interventi di drenaggio e consolidamento in avanzamento".

In corrispondenza delle Filladi in zona di faglia è previsto un rischio di fenomeni di "squeezing" molto severo, il che implica la necessità di ridurre il grado di apertura della testa della TBM e di fare un sovrascavo di 10 cm, in quanto risulta essere rischioso fermare la macchina per realizzare consolidamenti al fronte.

6.3.1 Analisi del rischio di squeezing

Il fenomeno di "squeezing", sinonimo di grande convergenza, avviene quando una particolare combinazione di sollecitazioni e di caratteristiche del materiale spinge in alcune zone attorno al cavo raggiungendo la soglia di creep dell'ammasso roccioso.

Sia l'entità, sia la velocità con cui queste deformazioni si manifestano, sono funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso, dello stato tensionale, delle caratteristiche strutturali (scistosità, piani di stratificazione) e delle condizioni idrauliche.

In questa fase della progettazione, il potenziale di rischio squeezing è stato analizzato facendo riferimento ad un metodo semi-empirico (*Hoek&Guevara*) che fornisce indicatori di occorrenza del fenomeno e una stima delle deformazioni attese in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

Il metodo viene brevemente descritte nel seguito.

- Hoek&Guevara

Tale approccio si basa sulla relazione tra il rapporto σ_{cm}/p_0 e la deformazione del cavo ϵ_t :

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 20 di 266

$$\varepsilon_t (\%) = 0,15 \left(1 - \frac{p_i}{p_0} \right) \cdot \frac{\sigma_{cm}}{p_0} - \left(\frac{3 \cdot \frac{p_i}{p_0} + 1}{3,8 \cdot \frac{p_i}{p_0} + 0,54} \right)$$

dove

σ_{cm} = resistenza a compressione uniaassiale dell'ammasso roccioso

p_0 = tensione litostatica

p_i = pressione esercitata da un eventuale supporto interno

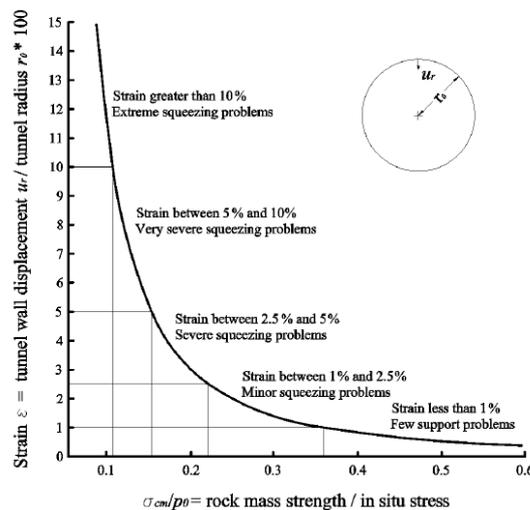


Fig. 6-4 Valutazione del fenomeno di squeezing Hoek (2000)

La resistenza a compressione dell'ammasso roccioso è definita in funzione del GSI e dei parametri della roccia intatta:

$$\sigma_{cm} = (0,0034m_i^{0,8})\sigma_{ci}\{1,029 + 0,025e^{(-0,1m_i)}\}^{GSI}$$

In funzione della deformazione, il livello di rischio squeezing può essere classificato come segue:

Livello di squeezing	ε_t (%)
Few support problem	<1
Minor squeezing	1-2.5
Severe squeezing	2.5-5
Very severe squeezing	5 -10
Extreme squeezing	>10

Tabella 6-5: Valutazione del fenomeno di squeezing Barla (1995)

Nel caso della galleria di Interconnessione Ponte Gardena (GN 07) del Lotto 1 le analisi sono state condotte per diverse classi di coperture e per diversi valori dell'indice GSI e dei parametri di resistenza, rappresentativi

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 21 di 266

delle diverse condizioni geotecniche che possono presentarsi nello scavo della galleria (in presenza o meno di zone tettonizzate). Sono di seguito illustrati i risultati delle analisi:

Filladi BSSa

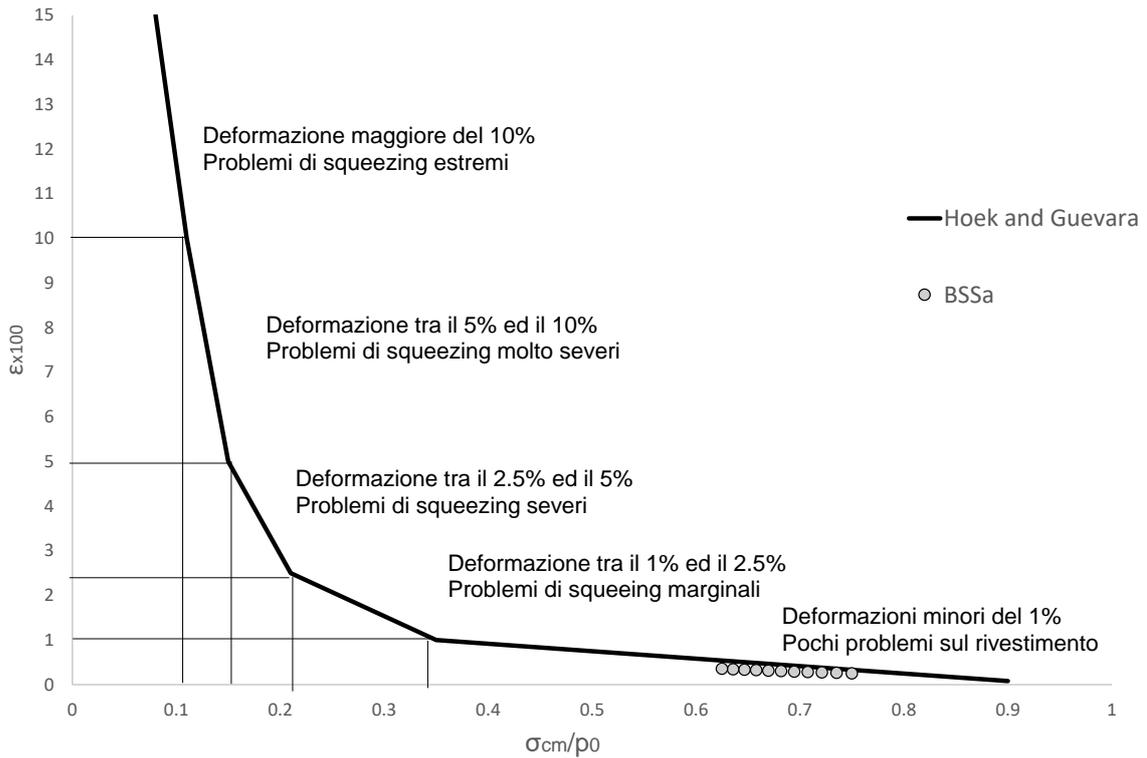


Figura 6-1: Risultati analisi del rischio di squeezing per le filladi BSSa

Filladi BSSb

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	22 di 266

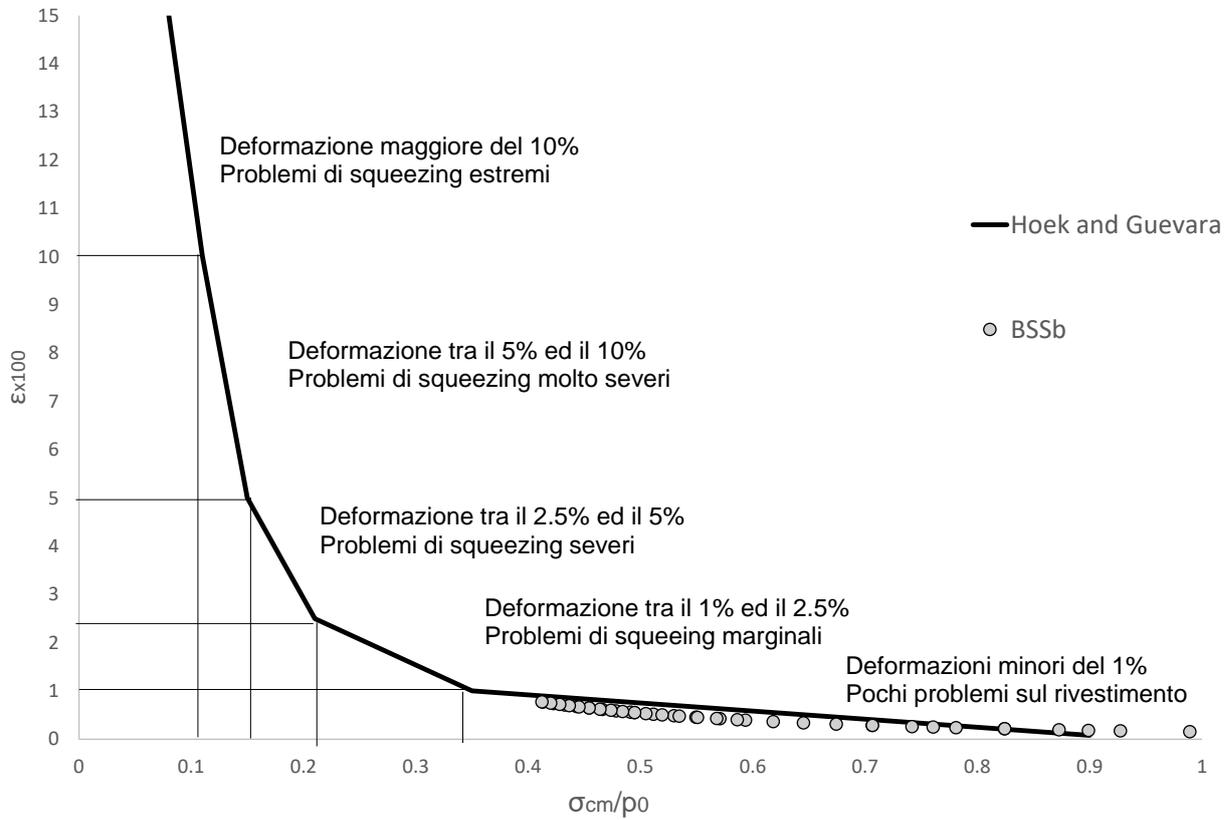


Figura 6-2: Risultati analisi del rischio di squeezing per le Filladi BSSb

Filladi in faglia

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	23 di 266
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C							

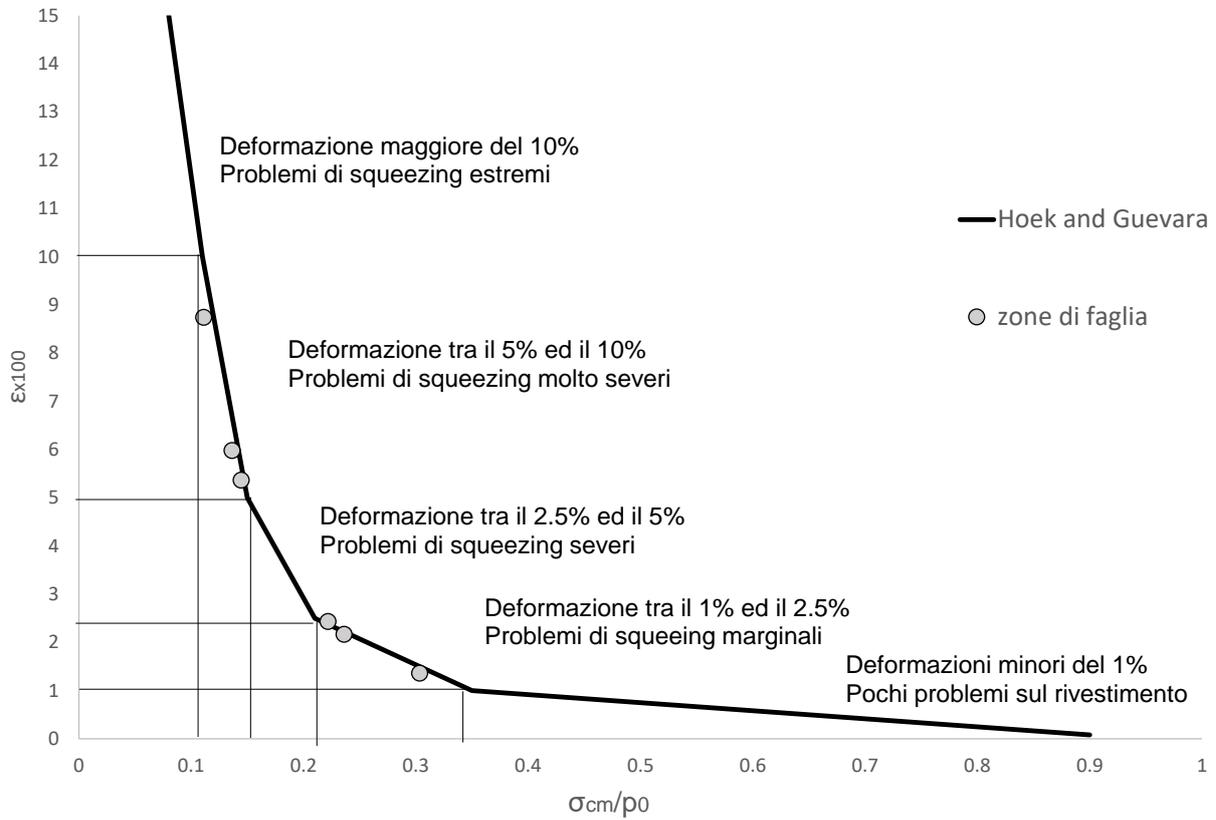


Figura 6-3: Risultati analisi del rischio di squeezing per le Filladi in faglia

Paragneiss di Laion PRL

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 24 di 266

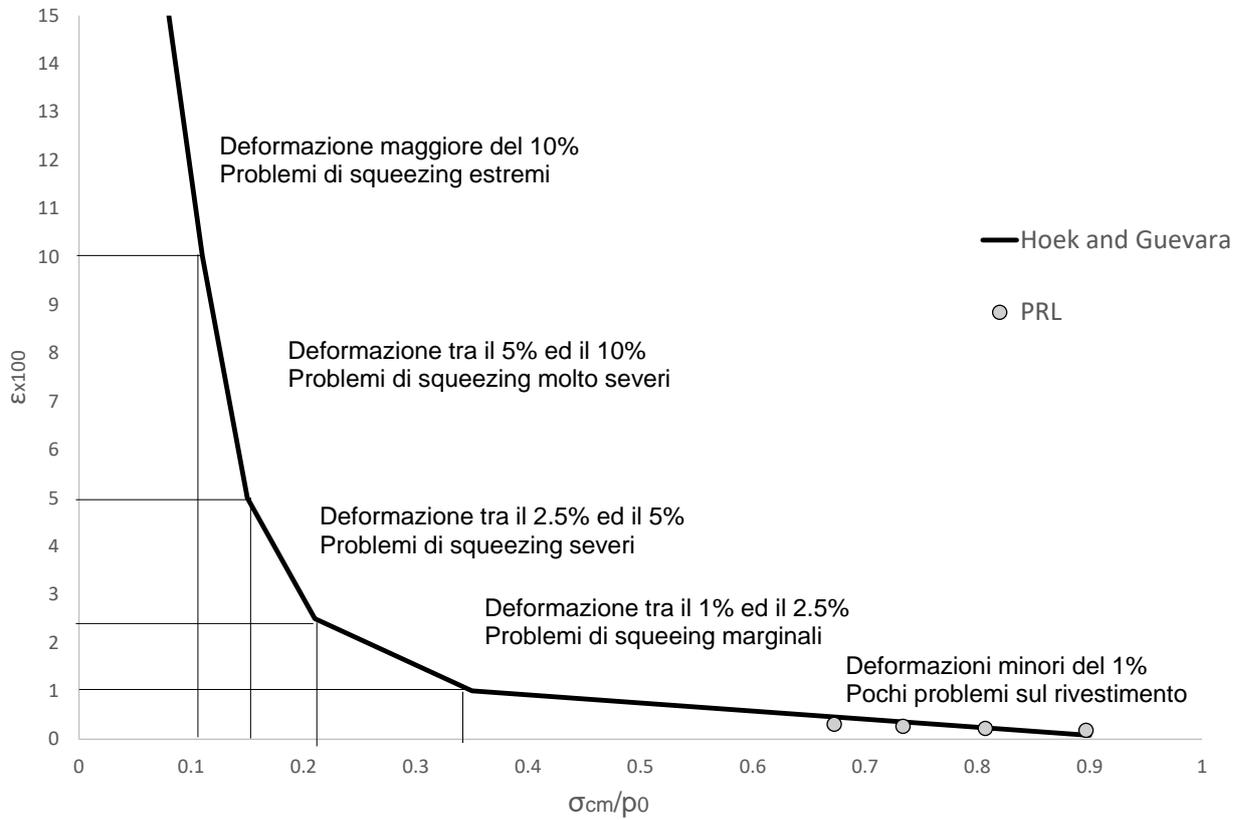


Figura 6-4: Risultati analisi del rischio di squeezing per i Paragneiss di Laion PRL

Come si evince dai grafici sopra riportati si presentano problemi di squeezing severi in corrispondenza delle zone di faglia nelle Filladi.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	25 di 266

7. FASE DI TERAPIA

Gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi) vengono descritti nel dettaglio all'interno dell'elaborato IB0U1BEZZRHGN0000003 "Relazione generale di calcolo di conci in calcestruzzo armato".

7.1 CRITERI DI VERIFICA

Le analisi di interazione, in grado di simulare il comportamento del sistema opera-terreno fino alla configurazione finale ed in condizioni di esercizio, sono state condotte mediante modelli numerici alle differenze finite e attraverso il metodo delle curve caratteristiche. Al fine di dimensionare i rivestimenti definitivi sono state condotte delle analisi numeriche bidimensionali. Le sezioni di analisi sono state scelte in corrispondenza delle massime coperture e nella condizione geotecnica più critica interessata dall'opera, in modo da ottenere le sollecitazioni massime agenti sugli elementi strutturali.

Per ciascuna sezione tipo oggetto di verifica, le sezioni di analisi sono state definite individuando le condizioni (stratigrafiche e di copertura) più gravose nell'ambito della relativa tratta di applicazione come sezione prevalente.

7.2 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Al fine di garantire la stabilità del fronte in corrispondenza delle zone di faglia viste al capitolo precedente si prevede l'installazione di armature di vetroresina inserite in opportune perforazioni e immediatamente cementate con malte cementizie. Per il numero e la lunghezza delle perforazioni si rimanda al relativo elaborato grafico progettuale IB0U1BEZZW9GN0000001.

Le perforazioni saranno effettuate mediante apposite predisposizioni che saranno previste dal progetto delle TBM, attraverso sia lo scudo sia la testa fresante della TBM. Le perforazioni realizzate attraverso lo scudo potranno avere una inclinazione minima non superiore 10° rispetto all'orizzontale permettendo un consolidamento – rinforzo anche della parte esterna al profilo di scavo. Le perforazioni attraverso la testa fresante della TBM saranno realizzate in direzione subparallela all'asse della galleria.

L'intervento deve consentire di ottenere un significativo incremento delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso trattato, quindi di ridurre drasticamente i fenomeni estrusivi e di instabilità. Dal punto di vista statico, la limitazione del fenomeno dell'estrusione, minimizzando la decompressione del mezzo, oltre a garantire migliori condizioni di stabilità del fronte di scavo, riduce l'importanza dei fenomeni di alterazione dell'ammasso, che sono all'origine delle spinte crescenti nel tempo sui rivestimenti, che si osservano, nelle opere in sotterraneo, anche a distanza di anni dalla costruzione.

7.2.1 Schema consolidamenti passaggio in zone di faglia

Per le informazioni relative ai materiali e ai metodi di esecuzione degli interventi di consolidamento si rimanda all'elaborato IB0U1BEZZRHGN0000004.

Si riportano di seguito le tabelle riassuntive con le informazioni relative agli interventi di consolidamento al fronte ed al contorno:

Consolidamenti al contorno (Tipo C)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
08 - GALLERIE					
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	26 di 266

Tabella riassuntiva consolidamenti al contorno Tipo C1	
Tipologia consolidamento	Infilaggi mediante tubi metallici cementati
Quantità	N° 10 + 9 (eventuali)
Lunghezza perforazione	30 m
Diametro di perforazione	φ 125 mm
Diametro esterno tubo	φ 114 mm
Spessore barra	10 mm
Iniezione	Le iniezioni saranno a base cementizia con $R_{ck} = 25$ MPa e R_{cm} a 12h pari a 5 MPa a bassa pressione con iniezione da fondo foro

Tabella 7-1: Riepilogo consolidamenti al contorno con infilaggi metallici (Tipo C1)

Tabella riassuntiva consolidamenti al contorno Tipo C2	
Tipologia consolidamento	AUTPOPERFORANTI CAVI VTR / ACCIAIO CEMENTATI tipo R51
Quantità	N° 10 + 9 (eventuali)
Lunghezza perforazione	30 m
Diametro di perforazione	φ 90/115mm
Diametro esterno tubo	φ 51 mm
Spessore tubo	9 mm
Iniezione	Le iniezioni saranno a base cementizia con $R_{ck} = 25$ MPa e R_{cm} a 12h pari a 5 MPa a bassa pressione con iniezione da fondo foro

Tabella 7-2: Riepilogo consolidamenti al contorno con autoperforanti (Tipo C2)

Tabella riassuntiva consolidamenti al contorno Tipo C3	
Tipologia consolidamento	TUBI VALVOLATI VTR/PVC Ø60-40 (passo valvole=1m) Resistenza pressione di scoppio 80 bar
Quantità	N° 10 + 9 (eventuali)
Lunghezza perforazione	30 m
Diametro di perforazione	φ 100 mm
Diametro esterno tubo	φ 60 mm
Spessore tubo	10 mm
Iniezione	Le iniezioni saranno a base polimerica a volume e pressioni controllate mediante packer per ciascuna valvola

Tabella 7-3: Riepilogo consolidamenti al contorno con VTR valvolate (Tipo C3)

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	27 di 266

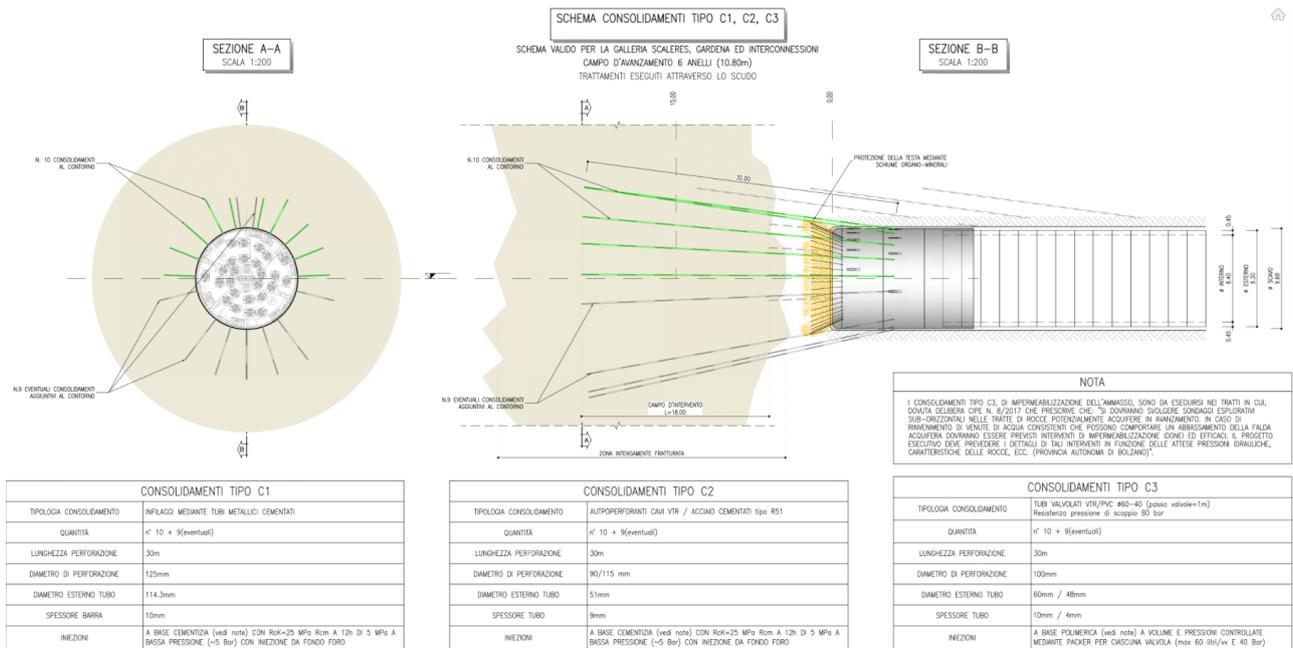


Figura 7-1: Trattamenti al contorno eseguiti attraverso lo scudo (Tipo C)

Gli elementi di consolidamento al fronte ed al contorno previsti come "eventuali" sarà necessario installarli solo in caso di inabissamento della macchina.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	28 di 266

8. 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 8-1: 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 8-2: 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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	29 di 266

8.1 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.

8.2 COPRIFERRO

Per le sezioni in calcestruzzo armato 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.

C_{min}	C_o	ambiente	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	
			$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
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 8-3: 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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	30 di 266

9. ANALISI E VERIFICA DELLE SEZIONI CARATTERISTICHE

Nel seguente capitolo si riportano le analisi delle sezioni descritte al §6.2. Vengono effettuate le verifiche agli Stati Limite Ultimi, Stati Limite di Esercizio per ciascuna sezione oggetto di analisi.

Per i dettagli sulle verifiche al fuoco si rimanda all'elaborato **IBOU1BEZZRHGN0000003**.

9.1 SEZIONE 1 PK 0+500 B.P.

9.1.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione 1 a pk 0+500 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di sovra scavo. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_o	γ	c'_d	ϕ'_{dp}	E'_d
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
BSSb (in faglia)	0+500	555	14.99	27	0.838	23	1300

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria
 σ_o = tensione totale iniziale al livello del cavo
 γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso
 c'_d = valore di progetto della coesione
 E'_d = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 9-1: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U _f [m]	U _f /Req [%]	R _{pf} [m]	R _{pf} /Req [-]
Senza pressione al fronte	0+500 B.P.	0.176	3.562	9.054	1.833
Con 3 bar di pressione al fronte		0.145	2.927	8.579	1.737

U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
R_{PF} = raggio plastico al fronte
R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,94 m)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	31 di 266

Tabella 9-2: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Le deformazioni attese risultano comunque importanti, ma applicando una contropressione di 3 bar al fronte si riescono a ridurre le convergenze e a ridurre la fascia plastica. Tale pressione risulta pertanto necessaria.

9.1.2 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 più 10 cm di sovra scavo. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Pertanto, il software GV4 viene utilizzato al solo scopo di valutare la convergenza al fronte e per effettuare l'analisi di stabilità.

Il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria viene valutato direttamente nel modello numerico tale per cui si ottenga in Plaxis 2D una convergenza complessiva del cavo della galleria data dalla somma della convergenza al fronte ricavata in GV4 (Allegato 1) e del gap tra scudo e ammasso roccioso. Tale rilascio viene cautelativamente applicato direttamente sul rivestimento definitivo. Al fine di colmare il gap totale più la convergenza del fronte, da modello numerico, risulta necessario applicare un fattore di rilascio tensionale pari al 96.5%.

In questo modo viene simulato l'avanzamento della TBM fin quando lo scudo entra in contatto con l'ammasso circostante e si ottiene una modellazione più realistica, soprattutto nelle zone di faglia, dove sono presenti nel modello particolari situazioni stratigrafiche.

9.1.2.1. 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 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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]	[-]
PRL	220	555	80	27	720	34	3500	0.9
BSSb	305			27	1341	30	5876	0.9
BSS/BSSb Danneggiamento 9-10	35			27	838	23	1300	0.9
BSSa	140			27	2000	36	14000	0.9

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	32 di 266

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 9-3: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 0+500 B.P.

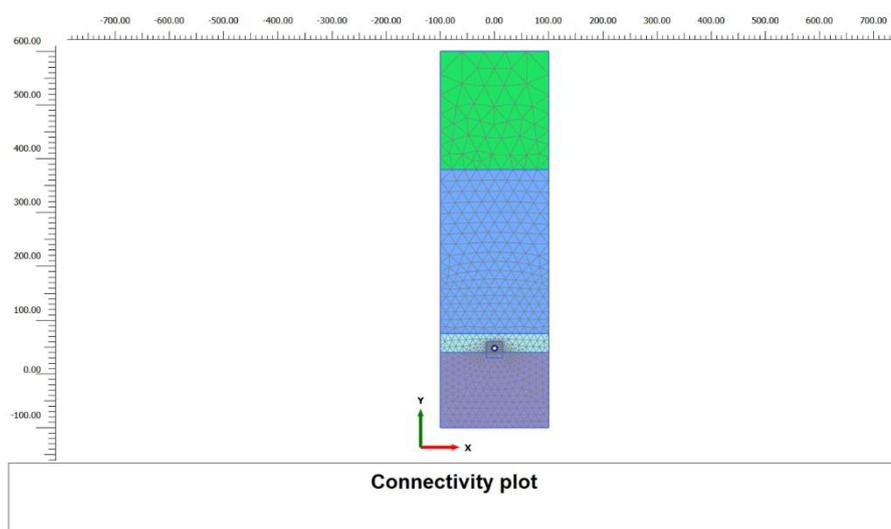


Figura 9-1: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 0+500 B.P.

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.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 96.5% ($\lambda=0.965$);
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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	33 di 266

Nelle fasi di avanzamento della TBM fino a chiusura del gap ammasso scudo (Fase 2 e 4) si ottiene una convergenza del cavo totale pari circa a 30cm, che depurata della convergenza al fronte di 14.4cm (Allegato 1), risulta circa pari al gap ammasso roccioso – scudo pari a 16cm.

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	-2220.25	6.98	-5.74	-5195.39	21.38	-13.42
Nmin	-2337.10	-18.40	-3.30	-5468.81	-56.40	-7.73
Mmax	-2281.32	15.45	-2.70	-5338.29	47.36	-6.31
Mmin	-2332.82	-20.66	1.59	-5458.79	-63.34	3.71
Tmax	-2299.12	-9.09	24.45	-5379.95	-27.86	57.20
Tmin	-2281.29	8.40	-18.62	-5338.22	25.75	-43.57

Tabella 9-4: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

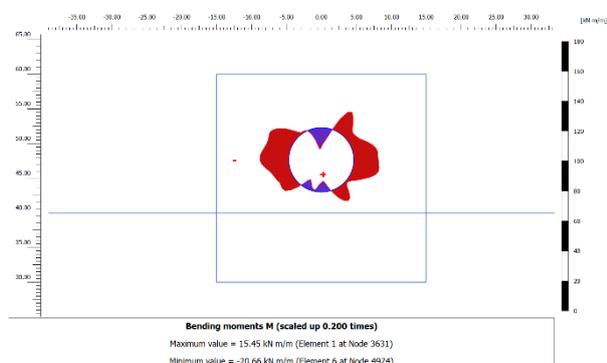
LT	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-5835.78	-15.14	-9.31	-13655.71	-46.41	-21.79
Nmin	-5964.83	-29.42	-0.46	-13957.70	-90.19	-1.08
Mmax	-5941.50	10.73	-4.25	-13903.12	32.90	-9.94
Mmin	-5950.32	-34.18	-7.41	-13923.76	-104.78	-17.34
Tmax	-5961.65	-22.92	31.95	-13950.25	-70.27	74.75
Tmin	-5937.52	0.45	-25.99	-13893.79	1.39	-60.81

Tabella 9-5: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

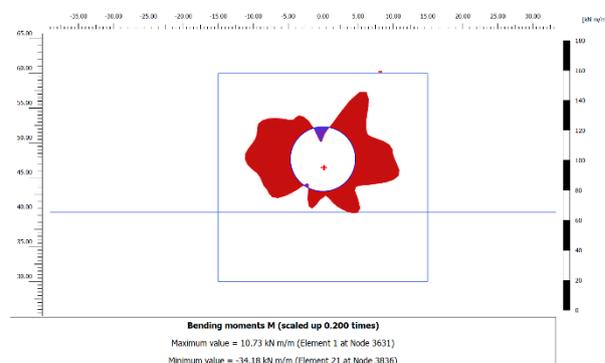
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

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:

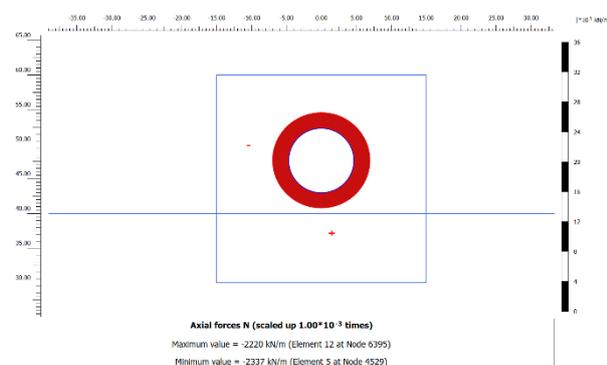
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 34 di 266



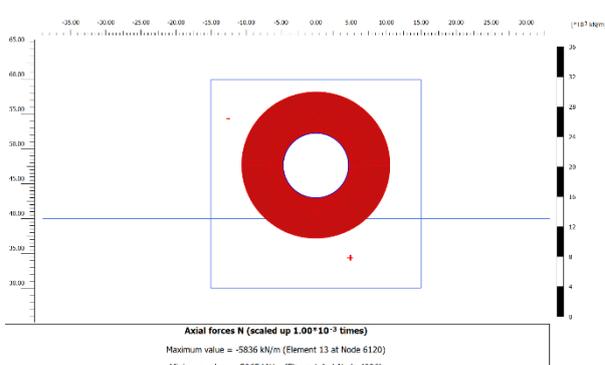
a)



b)



c)



d)

Figura 9-2: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.1.3 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 IBOU1BEZZRHGN000003.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 35 di 266

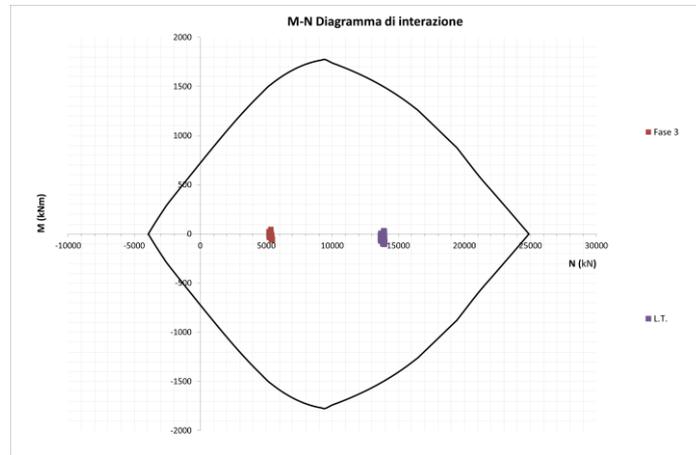


Figura 9-3: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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.

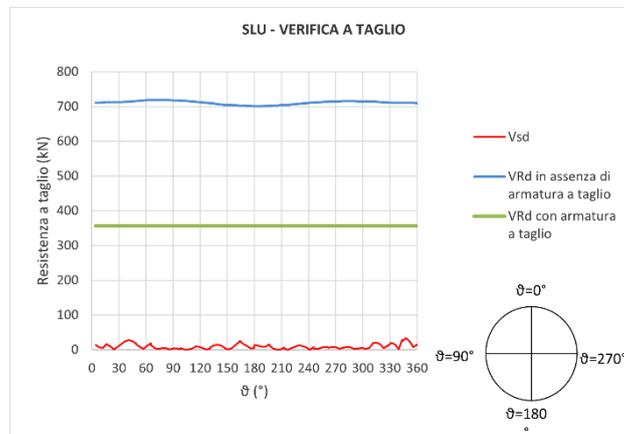


Figura 9-4: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 36 di 266

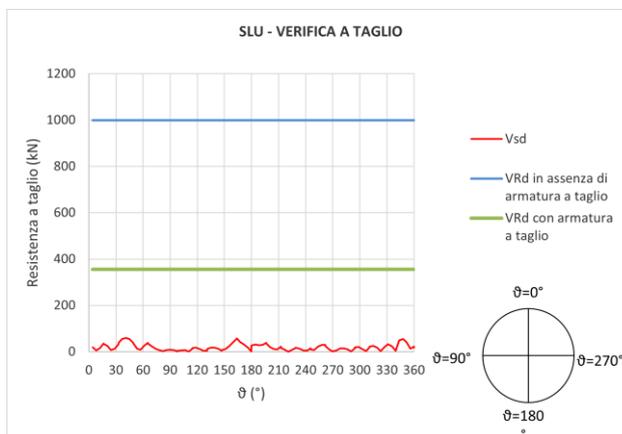


Figura 9-5: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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.

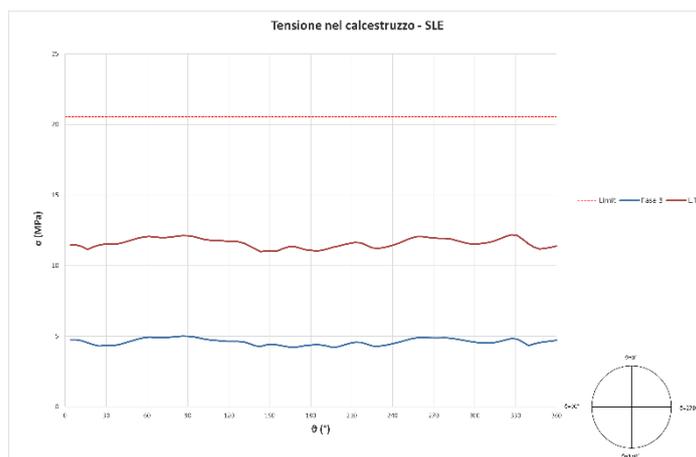


Figura 9-6: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 37 di 266

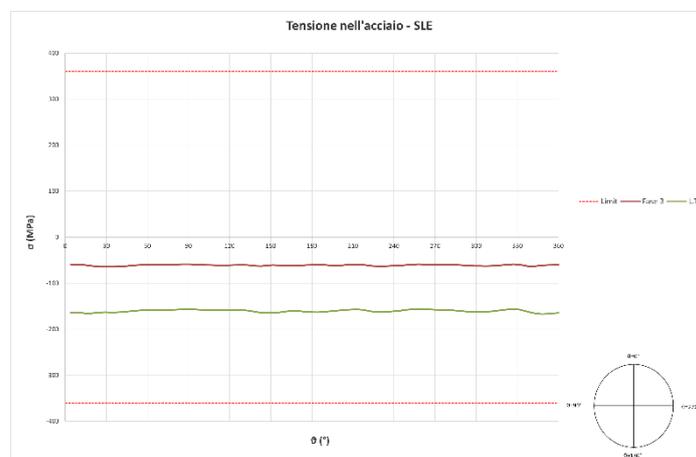


Figura 9-7: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

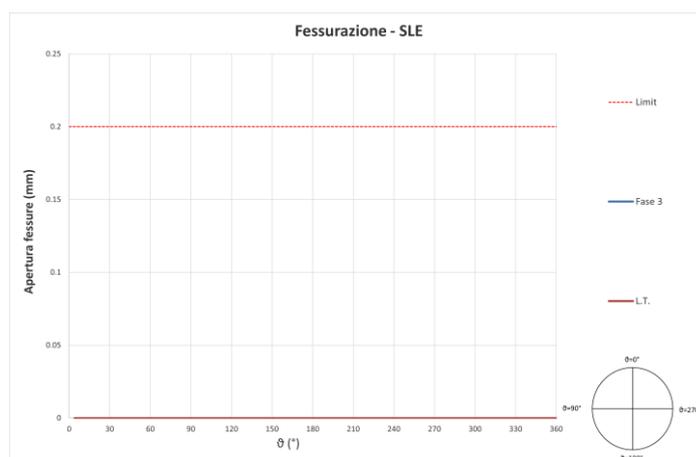


Figura 9-8: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

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

9.2 SEZIONE 2 PK 0+700 B.P.

9.2.1 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 che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa 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 9-9, 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 9.496 m dal fronte e pari a $\lambda = 0.998$.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	38 di 266
08 - GALLERIE		Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C					

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]023020
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.303625

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 spostamento al punto di equilibrio [m]00668
 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]06665
 spostamento galleria alla messa in opera [m]06665
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera998272

Figura 9-9: Output programma di calcolo GV4

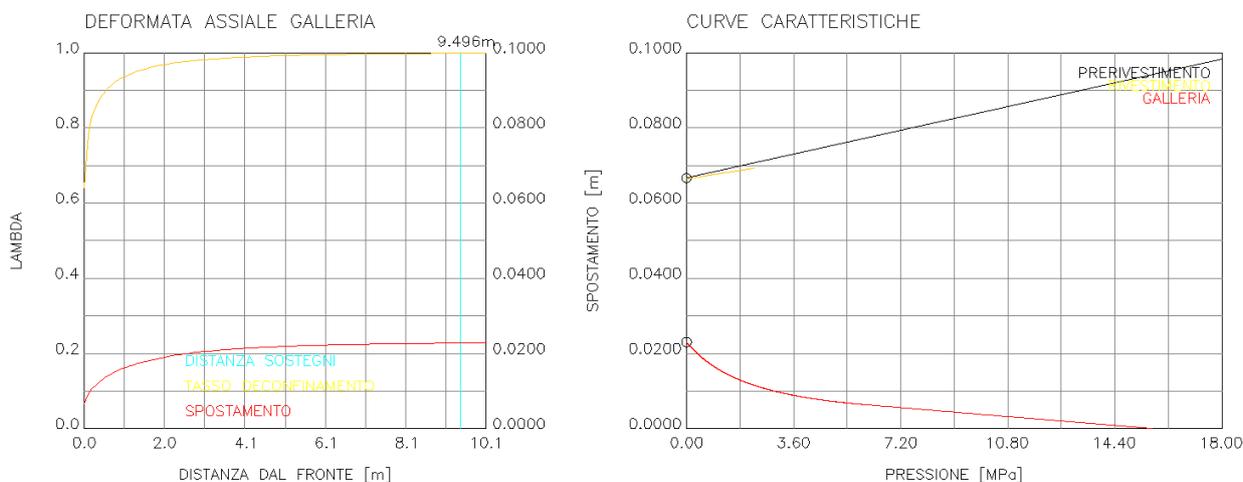


Fig. 9-10 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell'anello

9.2.1.1. 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 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 39 di 266	

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
PRL	252	580	100	27	720	34	3500	0.9
BSSb	380			27	1596	32	9100	0.9
BSSa	100			27	2000	36	14000	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 9-6: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 0+700 B.P.

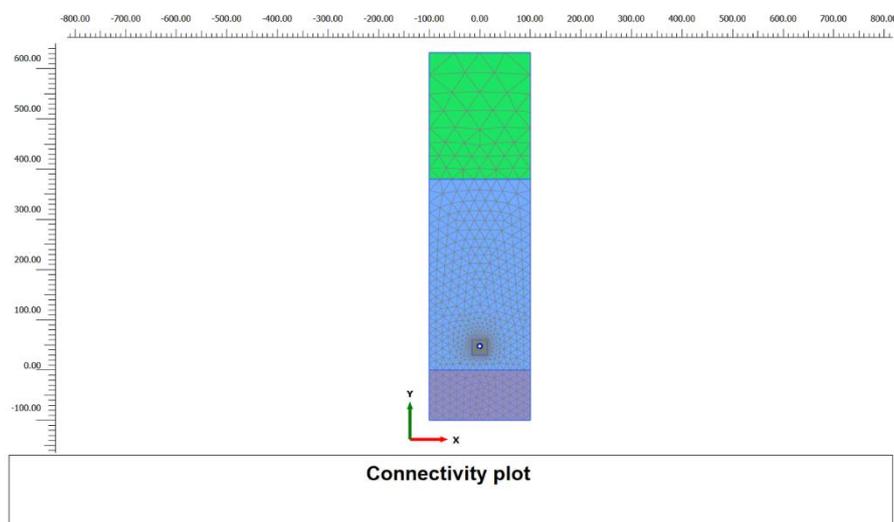


Figura 9-11: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 0+700 B.P.

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.

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 40 di 266	

- Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.8% ($\lambda=0.998$);
- 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	-110.97	-0.28	-0.04	-259.67	-0.85	-0.09
Nmin	-177.86	0.10	0.21	-416.20	0.30	0.50
Mmax	-167.11	0.58	0.25	-391.04	1.79	0.58
Mmin	-125.63	-1.78	-0.20	-293.97	-5.47	-0.47
Tmax	-142.18	-0.62	2.08	-332.71	-1.91	4.87
Tmin	-142.33	-0.74	-2.36	-333.06	-2.26	-5.53

Tabella 9-7: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

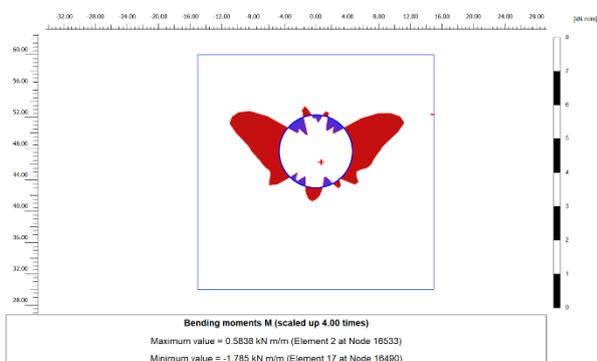
L.T.	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4511.42	-12.81	0.31	-10556.71	-39.26	0.73
Nmin	-4640.08	-13.81	0.08	-10857.79	-42.34	0.19
Mmax	-4591.72	-9.42	0.24	-10744.63	-28.88	0.56
Mmin	-4633.61	-14.95	-0.21	-10842.64	-45.84	-0.50
Tmax	-4625.80	-13.17	3.72	-10824.37	-40.38	8.71
Tmin	-4624.29	-13.31	-3.45	-10820.84	-40.80	-8.06

Tabella 9-8: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

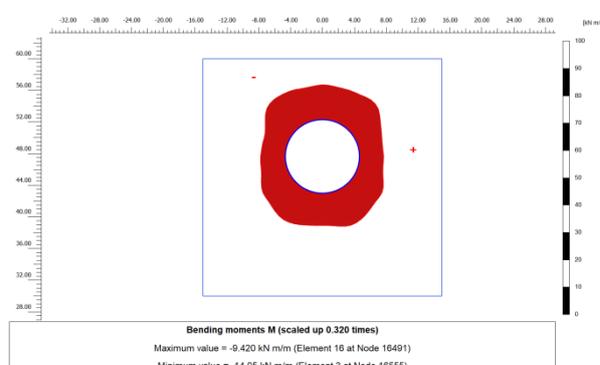
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

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:

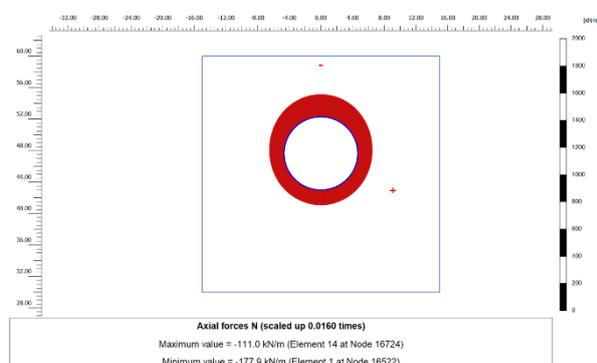
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 41 di 266



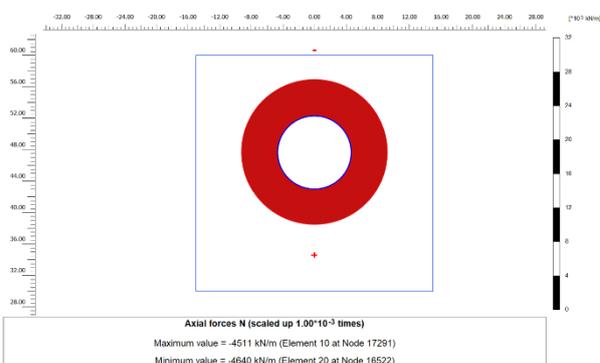
a)



b)



c)



d)

Figura 9-12: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.2.2 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 42 di 266

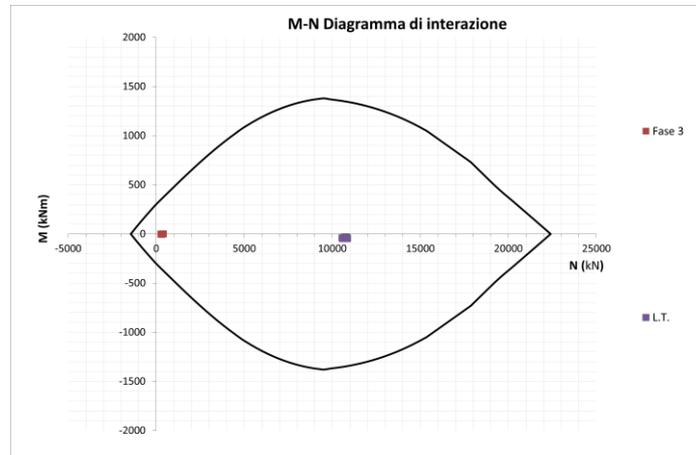


Figura 9-13: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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.

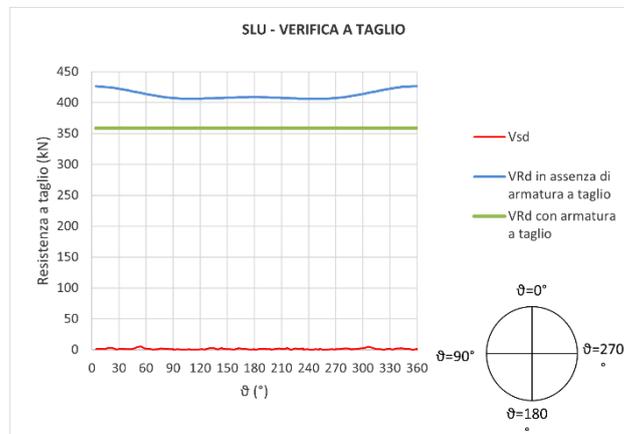


Figura 9-14: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 43 di 266

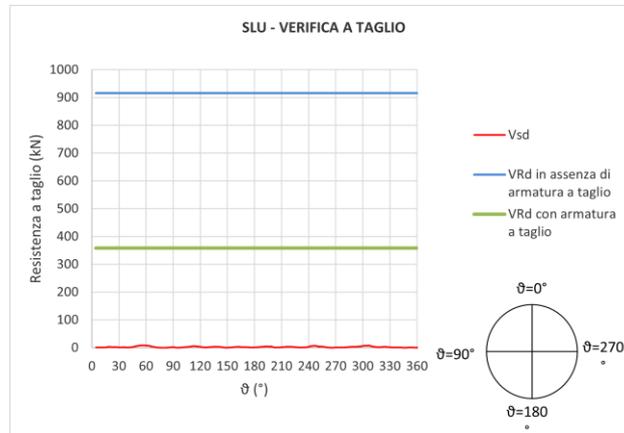


Figura 9-15: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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.

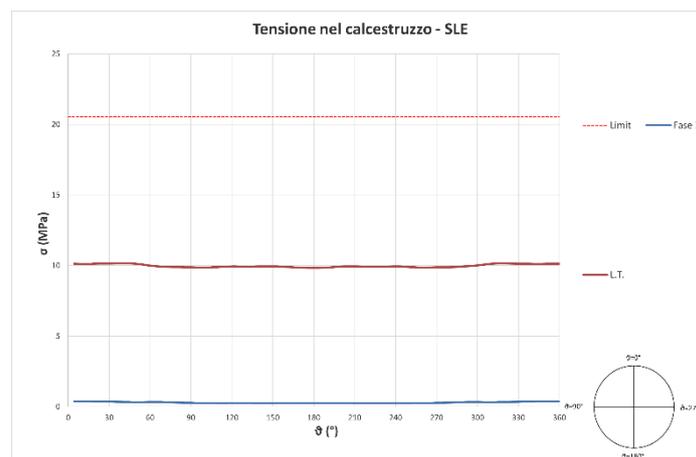


Figura 9-16: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 44 di 266

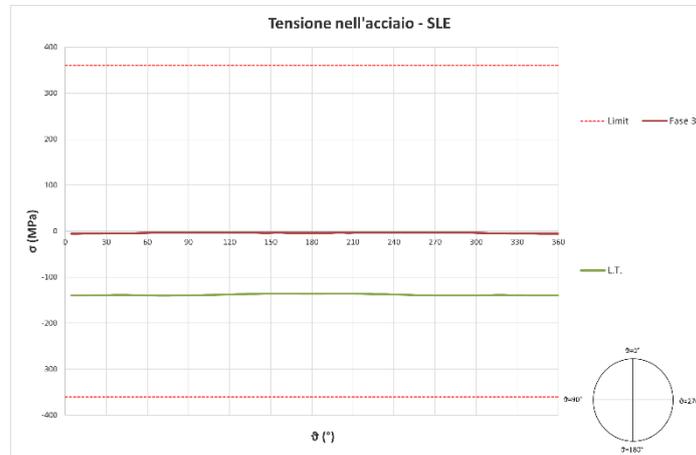


Figura 9-17: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

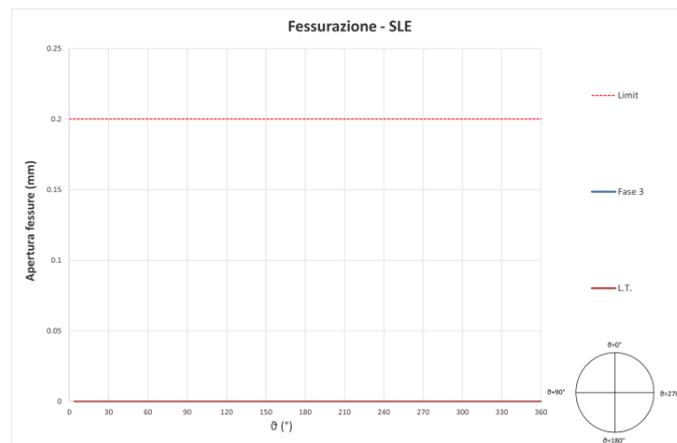


Figura 9-18: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 45 di 266

9.3 SEZIONE 3 PK 1+830 B.P.

9.3.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione 3 a pk 1+830 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di sovra scavo. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_o	γ	c'_d	ϕ'_{dp}	E'_d
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
BSSb (in faglia)	1+830	310	8.37	27	0.597	27	1300

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria

σ_o = tensione totale iniziale al livello del cavo

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'_d = valore di progetto della coesione

E'_d = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 9-9: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U _f [m]	U _f /Req [%]	R _{pf} [m]	R _{pf} /Req [-]
Senza pressione al fronte	1+830 B.P.	0.057	1.159	7.455	1.509
Con 3 bar di pressione al fronte		0.044	0.893	6.944	1.406

U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
R_{PF} = raggio plastico al fronte
R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,94 m)

Tabella 9-10: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Le deformazioni attese risultano comunque importanti, ma applicando una contropressione di 3 bar al fronte si riescono a ridurre le convergenze e a ridurre la fascia plastica. Tale pressione risulta pertanto necessaria.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 46 di 266

9.3.2 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 più 10 cm di sovra scavo. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione non si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Al fine di calcolare il rilascio tensionale si considera la pressione applicata in corrispondenza del punto di installazione dell'anello, come si evince dall'output riportato in Allegato 1.

Pertanto il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria si calcola come segue:

$$\lambda = 1 - \frac{P_{\text{rivestimento}}}{P_0} = 1 - \frac{0.3}{8.37} = 0.964$$

Dove:

- $P_{\text{rivestimento}}=P_{\text{fronte}}=0.3$ MPa rappresenta la pressione al punto di equilibrio;
- $P_0=8.37$ MPa rappresenta la tensione geostatica originaria.

9.3.2.1. 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 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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]	[-]
PRL	250	310	90	27	730	34	3500	0.9
BSSb Danneggiamento 12*	140			27	597	27	1300	0.9
BSSb	120			27	1200	30	7000	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 9-11: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 1+830 B.P.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 47 di 266

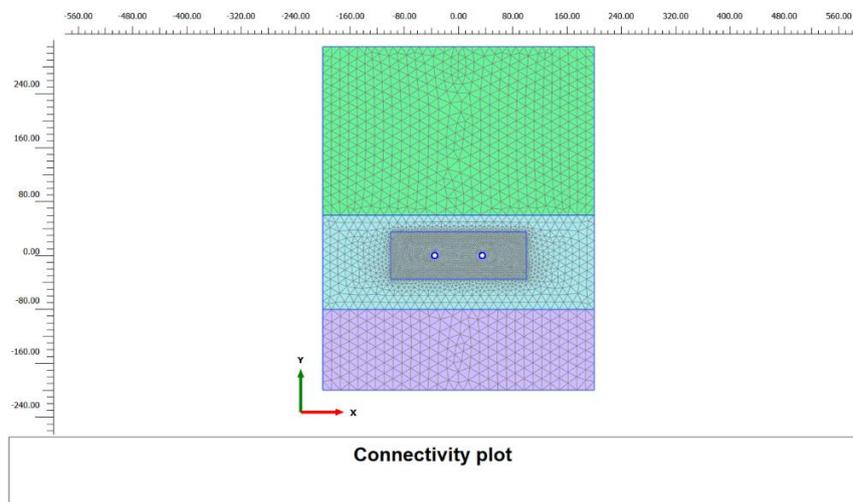


Figura 9-19: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 1+830 B.P.

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. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna sinistra pari al 96.4% ($\lambda=0.964$);
3. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna sinistra;
4. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna destra pari al 96.4% ($\lambda=0.964$);
5. Attivazione del rivestimento costituito dall'anello universale in conci e rilascio completo (100%) dello stato tensionale al contorno di scavo della canna destra;
6. 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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 48 di 266	

Fase 3_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1257.37	-14.10	-1.31	-2942.24	-43.22	-3.06
Nmin	-1457.94	15.58	2.77	-3411.57	47.77	6.49
Mmax	-1451.25	17.41	1.75	-3395.92	53.37	4.10
Mmin	-1291.62	-18.43	3.80	-3022.40	-56.50	8.90
Tmax	-1398.12	6.71	15.91	-3271.61	20.57	37.23
Tmin	-1396.33	3.77	-17.99	-3267.41	11.56	-42.09

Tabella 9-12: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 3)

Fase 5_SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1323.19	30.79	3.42	-3096.26	94.39	7.99
Nmin	-1671.04	-31.49	-0.86	-3910.23	-96.51	-2.01
Mmax	-1431.86	33.08	-1.99	-3350.56	101.41	-4.65
Mmin	-1671.04	-31.49	-0.86	-3910.23	-96.51	-2.01
Tmax	-1479.85	2.09	21.18	-3462.86	6.42	49.57
Tmin	-1480.81	8.23	-22.55	-3465.10	25.21	-52.76

Tabella 9-13: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (Fase 5)

L.T._SX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-5323.31	17.49	-1.74	-12456.54	53.63	-4.08
Nmin	-5484.52	-48.94	-1.04	-12833.77	-150.02	-2.44
Mmax	-5431.75	21.52	2.17	-12710.29	65.96	5.08
Mmin	-5455.02	-53.89	1.26	-12764.75	-165.18	2.94
Tmax	-5387.59	-34.10	20.92	-12606.95	-104.52	48.96
Tmin	-5460.72	-34.67	-25.83	-12778.09	-106.28	-60.44

Tabella 9-14: Sollecitazioni sull'anello canna sinistra (L.T.)

Fase 5_DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1274.25	-15.54	2.21	-2981.74	-47.65	5.18
Nmin	-1483.10	14.39	4.76	-3470.46	44.11	11.15
Mmax	-1451.24	16.30	-0.50	-3395.90	49.96	-1.16
Mmin	-1327.07	-18.97	-1.51	-3105.35	-58.15	-3.54

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	49 di 266

Tmax	-1404.59	6.71	20.16	-3286.75	20.58	47.17
Tmin	-1407.65	6.22	-19.67	-3293.89	19.06	-46.02

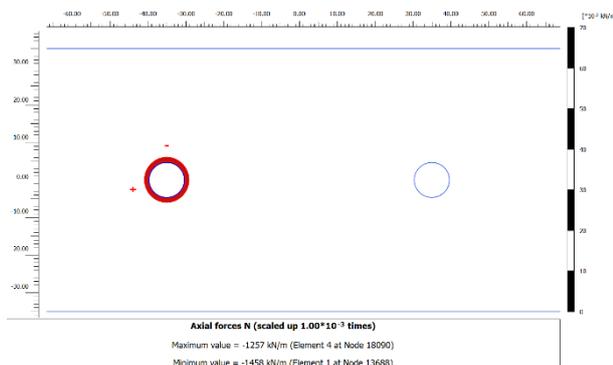
Tabella 9-15: Sollecitazioni sull'anello canna destra (Fase 5)

L.T._DX	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-5233.99	-38.76	4.44	-12247.53	-118.82	10.38
Nmin	-5647.75	4.83	5.95	-13215.73	14.81	13.92
Mmax	-5544.87	10.05	3.33	-12974.99	30.81	7.80
Mmin	-5245.33	-41.34	0.75	-12274.08	-126.74	1.76
Tmax	-5494.77	3.75	20.12	-12857.75	11.50	47.09
Tmin	-5326.62	-31.46	-20.41	-12464.30	-96.45	-47.77

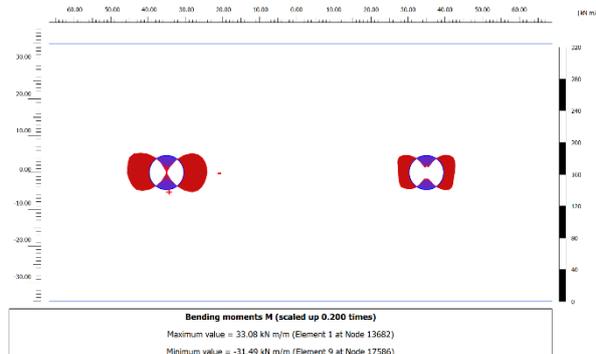
Tabella 9-16: Sollecitazioni sull'anello canna destra (L.T.)

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:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	50 di 266

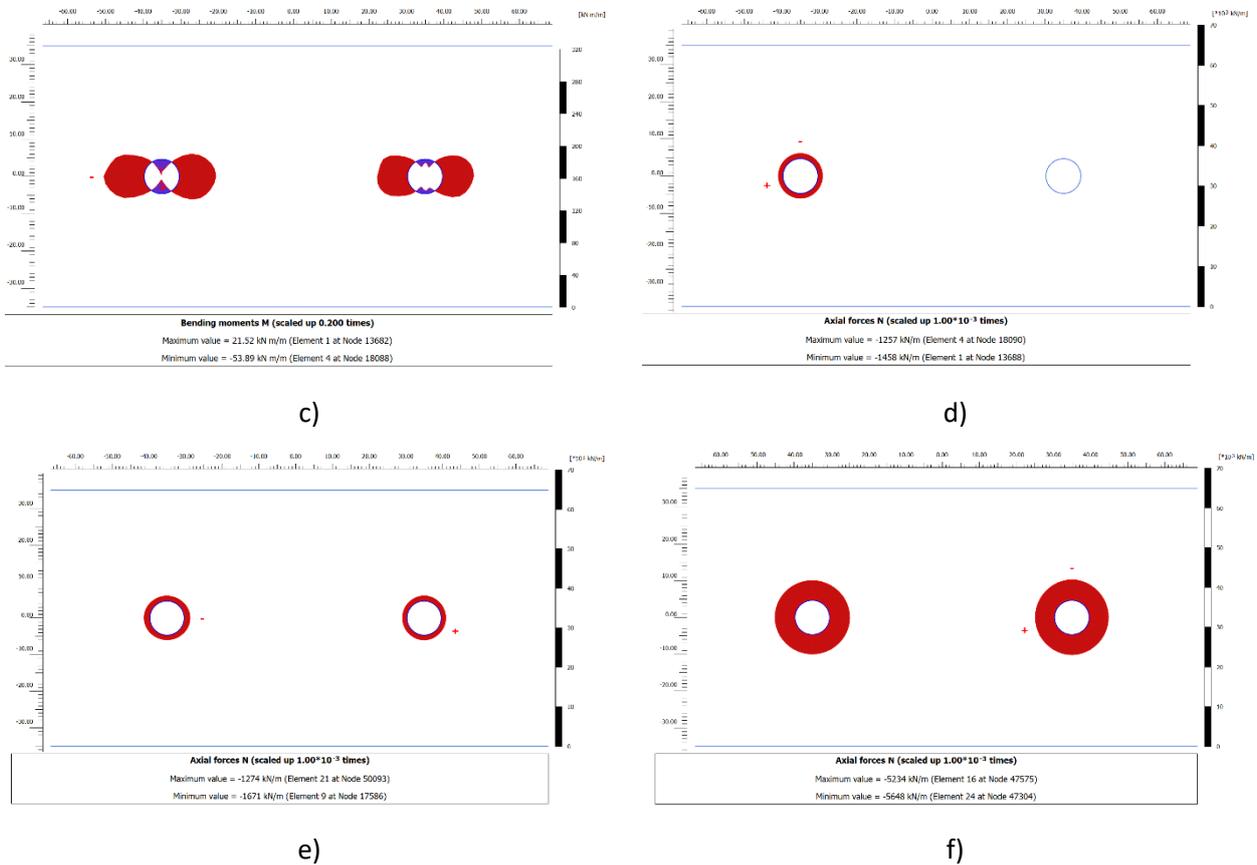


Figura 9-20: Diagrammi delle sollecitazioni M-N: a) M Fase 3; b) M Fase 5; c) M L.T.; d) N Fase 3; e) N Fase 5; f) N L.T.

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata al §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.3.3 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 51 di 266

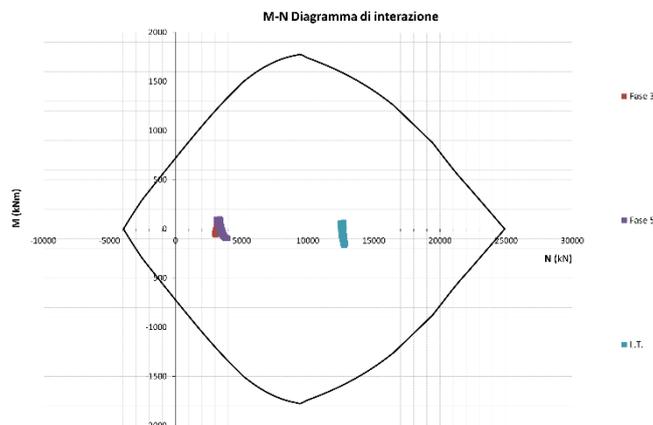


Figura 9-21: Dominio M-N (Fase 3 - Fase 5 - L.T.) – Canna Sinistra

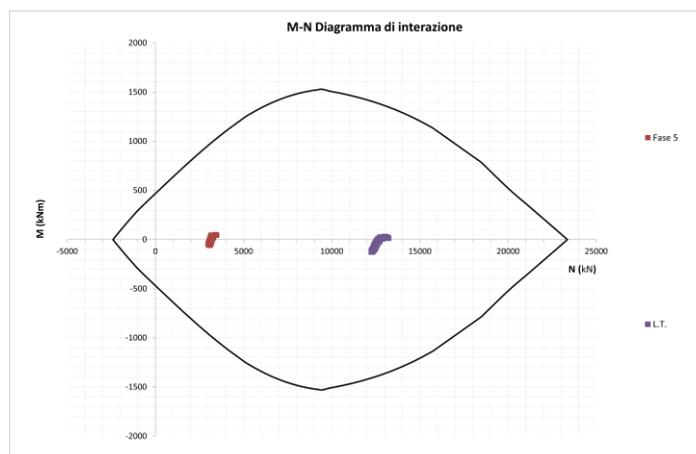


Figura 9-22: Dominio M-N (Fase 5 - L.T.) – Canna Destra

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 52 di 266

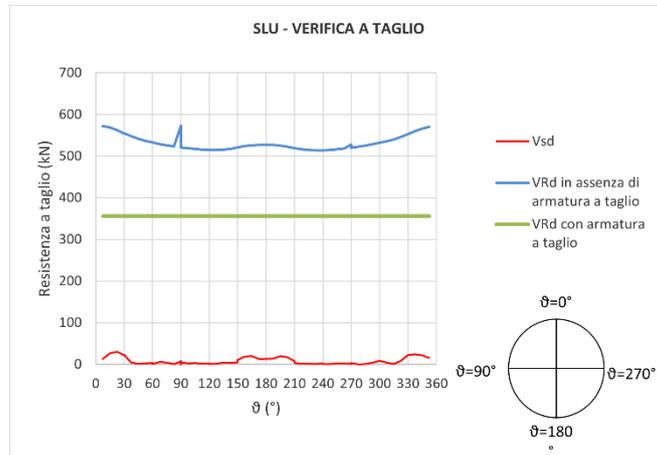


Figura 9-23: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 3

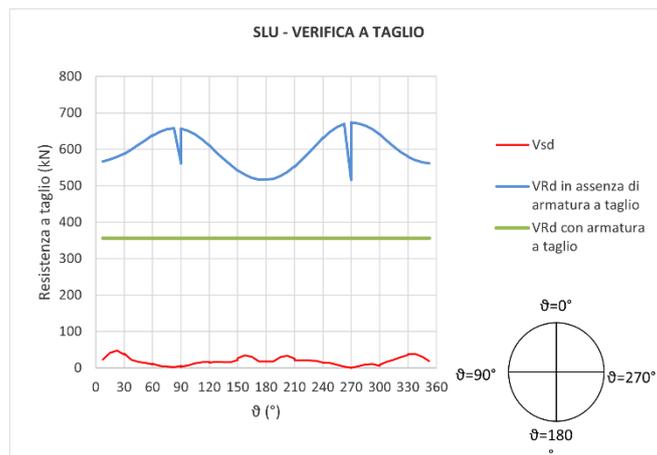


Figura 9-24: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione Fase 5

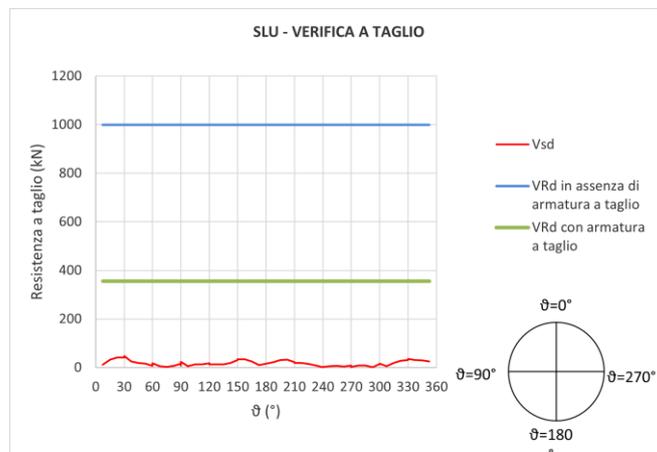


Figura 9-25: Verifica a taglio canna sinistra – Condizione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 53 di 266

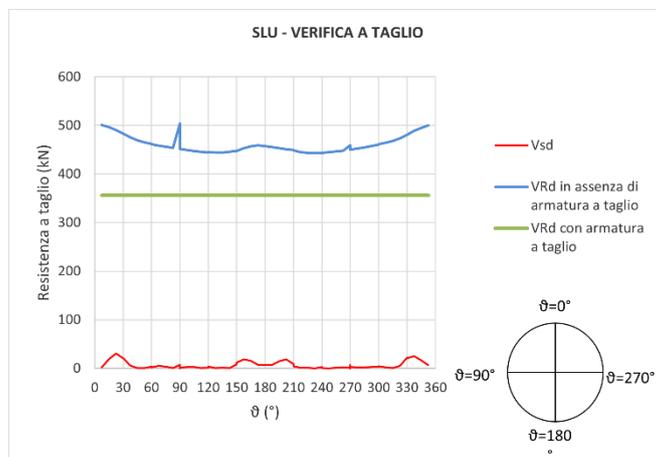


Figura 9-26: Verifica a taglio canna destra – Condizione Fase 5

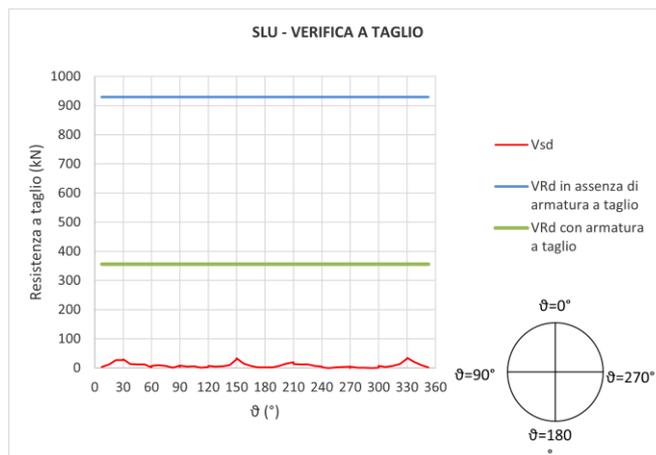


Figura 9-27: Verifica a taglio canna destra – L.T.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 54 di 266

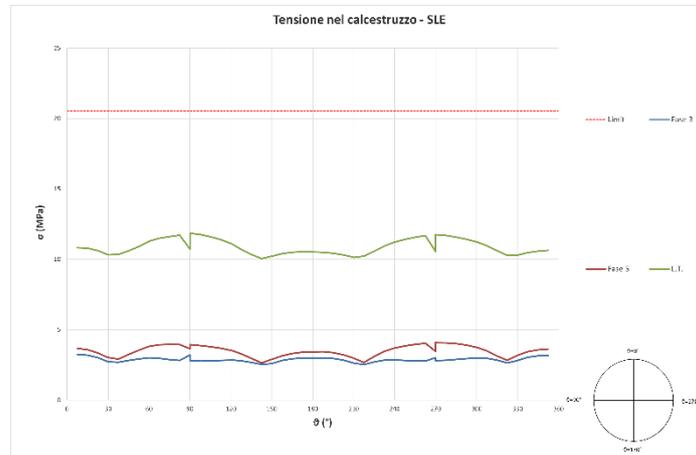


Figura 9-28: Stato tensionale cls canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

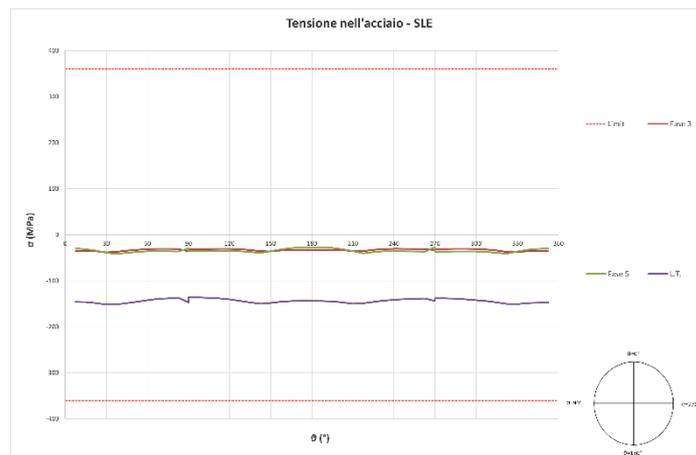


Figura 9-29: Stato tensionale acciaio canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

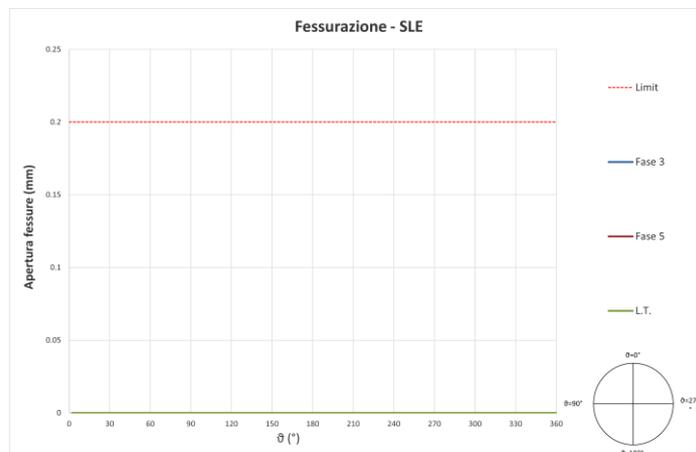


Figura 9-30: Stato di fessurazione canna sinistra (Fase3 - Fase5 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 55 di 266

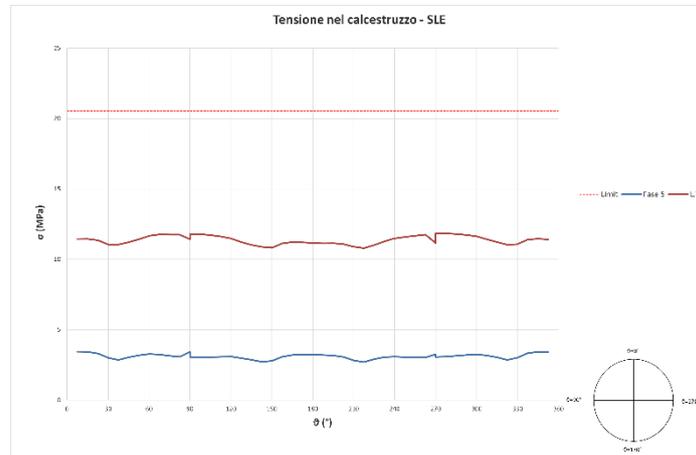


Figura 9-31: Stato tensionale cls canna destra (Fase5 – L.T.)

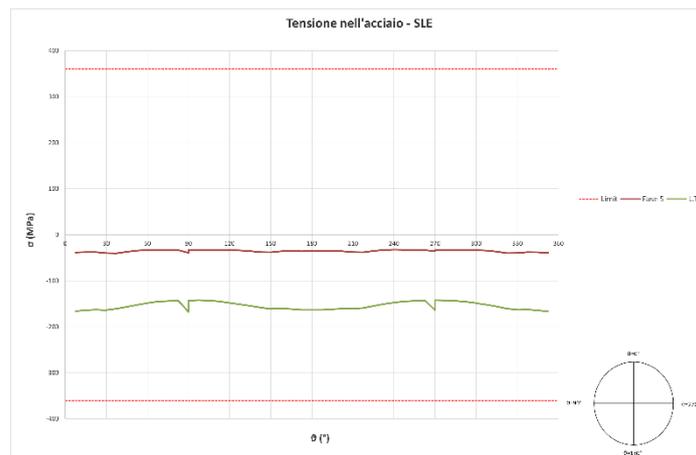


Figura 9-32: Stato tensionale acciaio canna destra (Fase5 - L.T.)

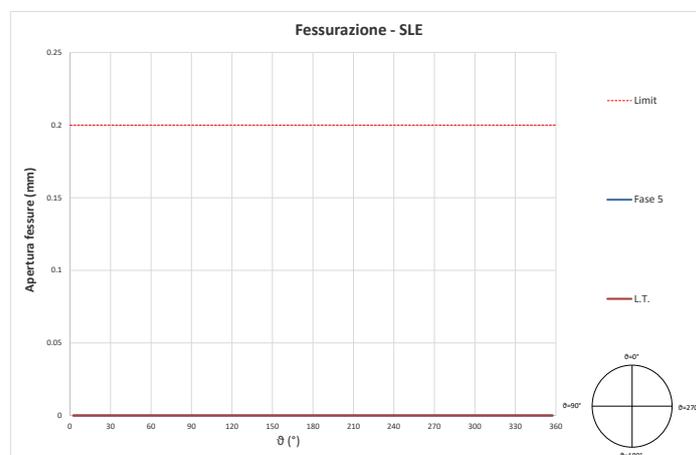


Figura 9-33: Stato di fessurazione canna destra (Fase5 - L.T.)

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	56 di 266

9.4 SEZIONE 4 PK 2+110 B.P.

9.4.1 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 che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa 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 9-34, 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 9.496 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] ..... .013392
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 6.879498

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .00000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00388
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] ..... .06388
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .06388
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .00000
Tensione CLS [MPa] ..... .00000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.26076
Rigidità anello CLS [MPa] ..... 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .999214

```

Figura 9-34: Output programma di calcolo GV4

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	57 di 266

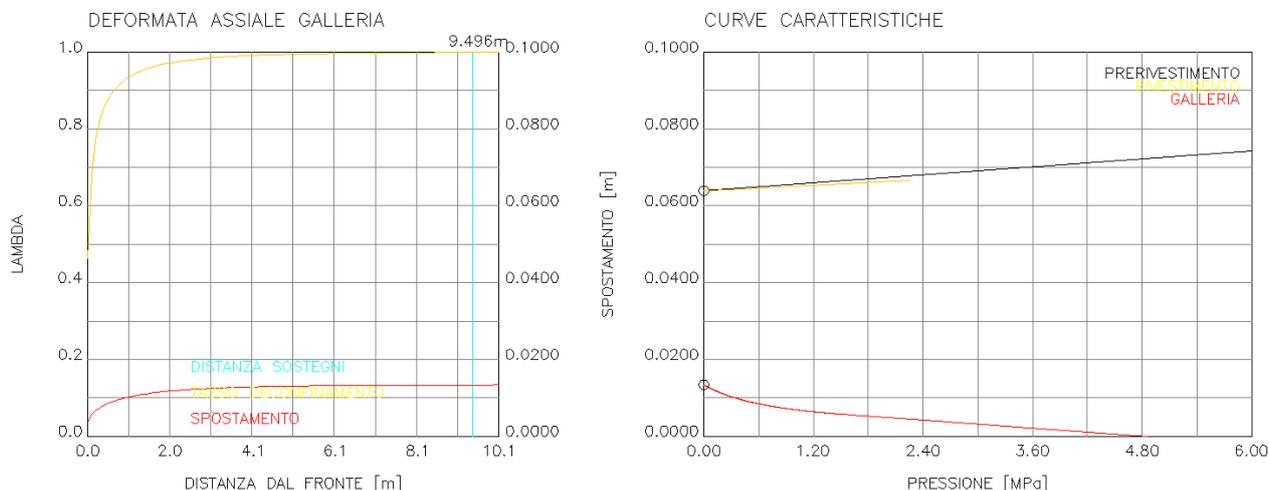


Fig. 9-35 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.4.1.1. 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 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k_0
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
PRL	160	180	90	27	380	36	1800	0.9
BSSb	88			27	635	36	3500	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 9-17: Parametri geotecnici di calcolo per l’analisi numerica della sezione a pk 2+110 B.P.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 58 di 266

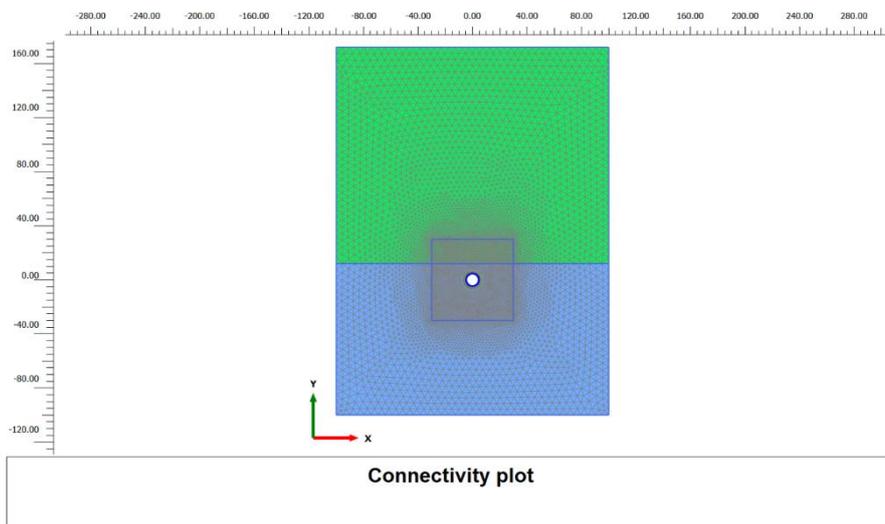


Figura 9-36: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 2+110 B.P.

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.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 59 di 266

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	-35.28	-0.27	-0.02	-82.55	-0.84	-0.05
Nmin	-63.99	0.14	-0.51	-149.73	0.44	-1.19
Mmax	-61.70	0.41	-0.06	-144.37	1.25	-0.15
Mmin	-39.49	-0.65	0.05	-92.41	-2.00	0.13
Tmax	-63.94	0.29	0.58	-149.62	0.89	1.36
Tmin	-63.98	0.29	-0.57	-149.71	0.89	-1.33

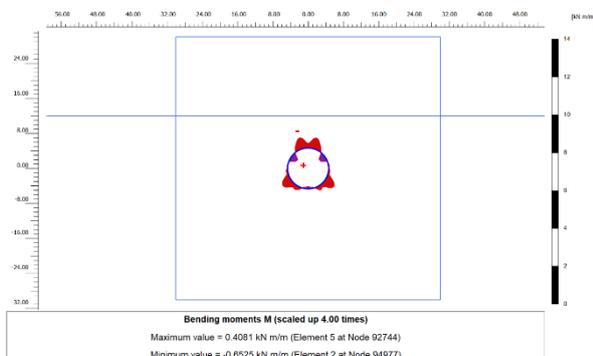
Tabella 9-18: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

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	-4577.89	-13.17	-0.34	-10712.26	-40.36	-0.80
Nmin	-4708.25	-9.17	-0.87	-11017.31	-28.10	-2.05
Mmax	-4701.81	-6.77	-0.17	-11002.24	-20.76	-0.40
Mmin	-4674.74	-20.44	0.18	-10938.88	-62.65	0.43
Tmax	-4702.62	-13.99	5.19	-11004.14	-42.89	12.14
Tmin	-4705.25	-15.46	-5.02	-11010.29	-47.39	-11.75

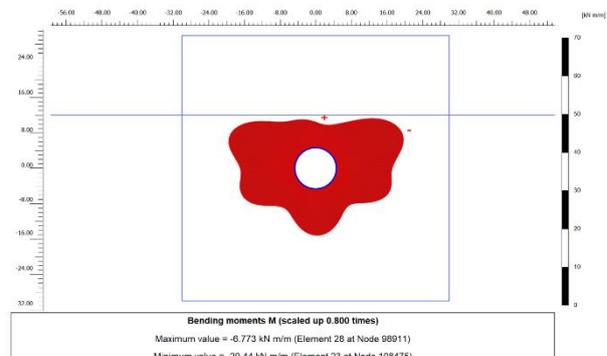
Tabella 9-19: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

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:

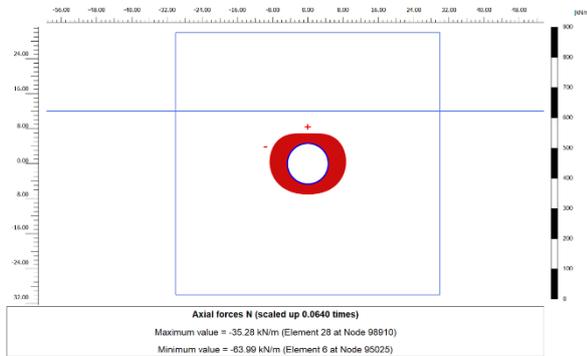


a)

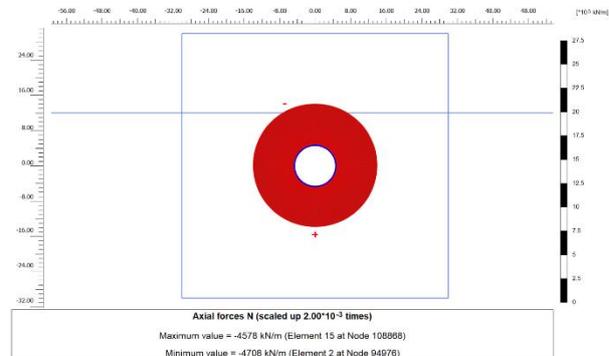


b)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 60 di 266



c)



d)

Figura 9-37: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.4.2 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.

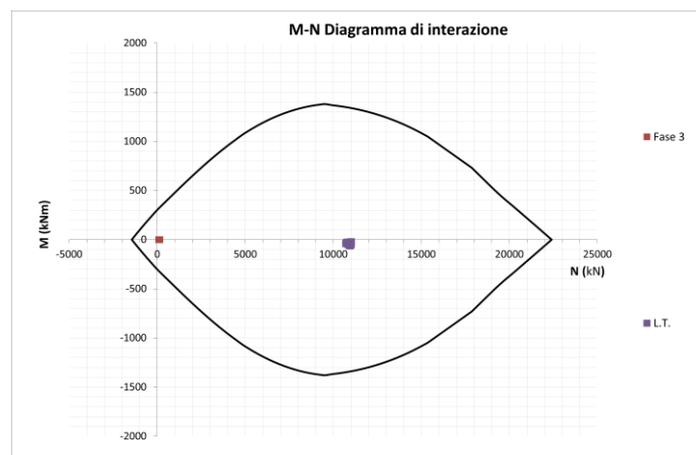


Figura 9-38: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 61 di 266

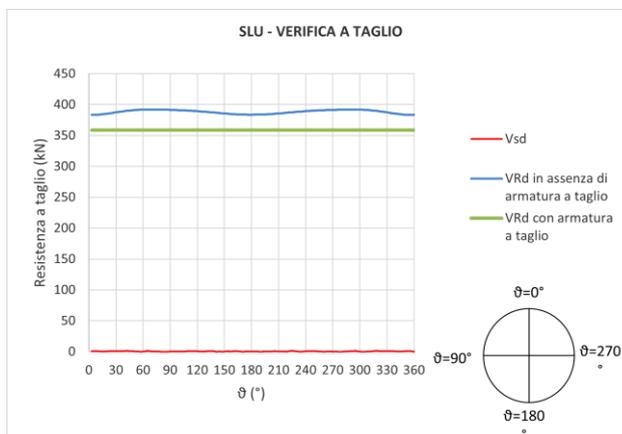


Figura 9-39: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

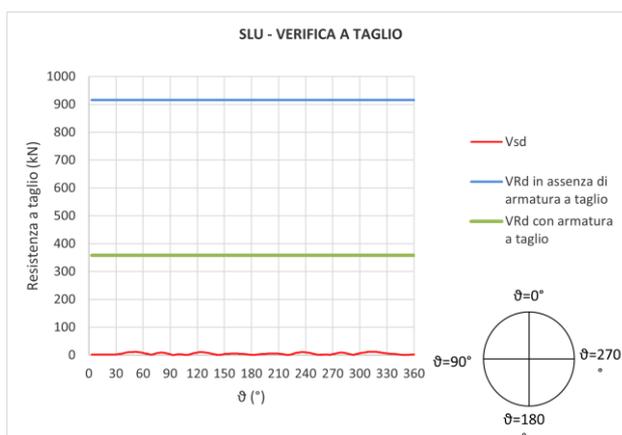


Figura 9-40: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 62 di 266

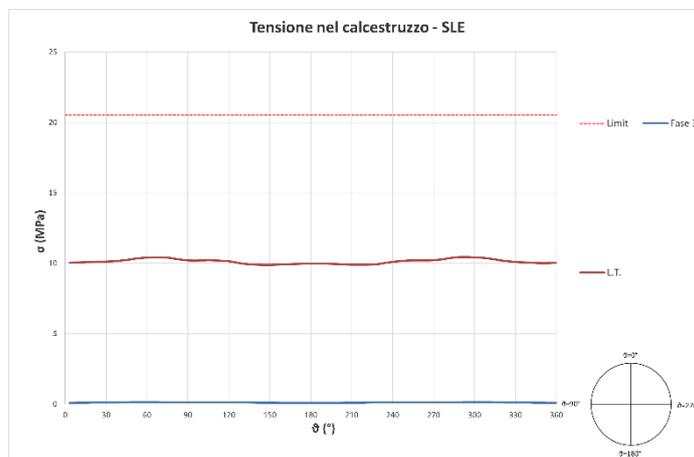


Figura 9-41: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

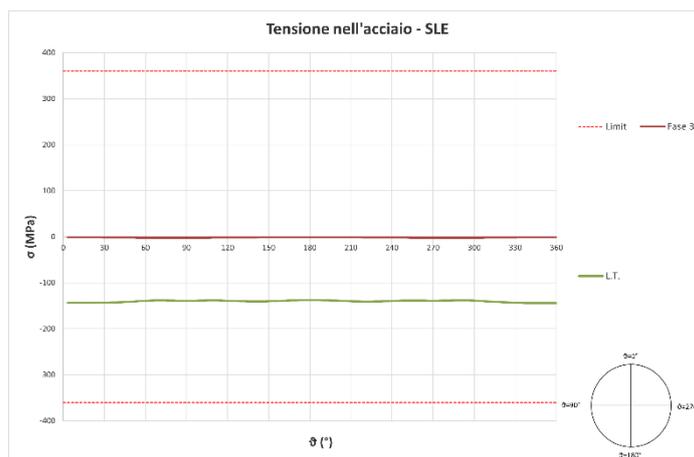


Figura 9-42: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

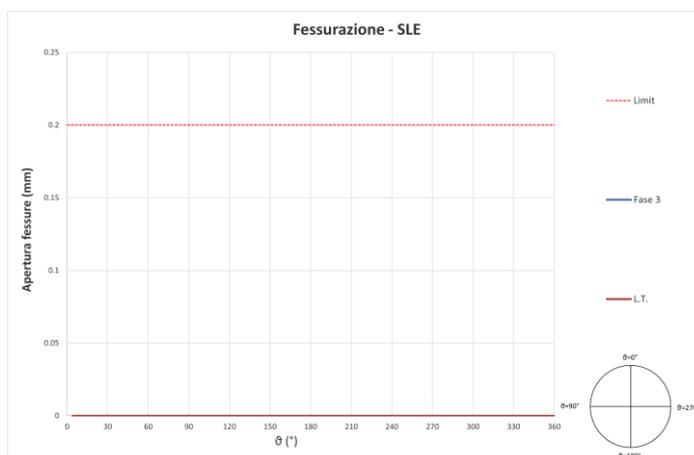


Figura 9-43: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

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

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
M Ingegneria						
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	63 di 266

9.5 SEZIONE 5 PK 2+335 B.P.

9.5.1 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 che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa 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 9-44, 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 9.496 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] ..... .007092
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 5.935779

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .000000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .000000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00206
Convergenza radiale scudo [m] ..... .000000
Tensione scudo [MPa] ..... .000000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .000000
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] ..... .000000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .000000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .06206
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .06206
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .000000
Tensione CLS [MPa] ..... .000000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .999551

```

Figura 9-44: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 64 di 266

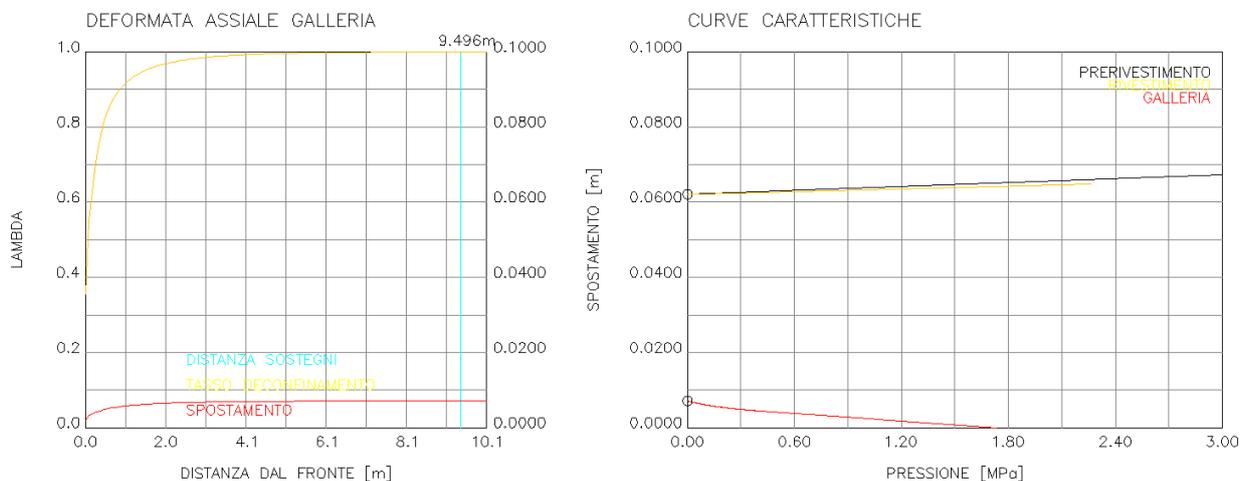


Fig. 9-45 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.5.1.1. 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 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 65 di 266

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
PRL	94	64	35	27	378	36	1800	0.9
BSSb	70			27	635	36	3500	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 9-20: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 2+335 B.P.

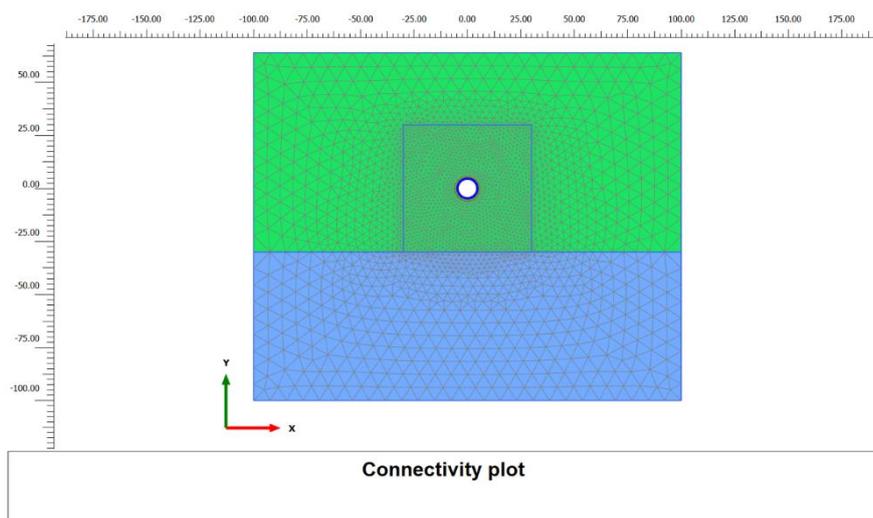


Figura 9-46: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 2+335 B.P.

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.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 66 di 266

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)
Nmax	-22.98	-0.04	-0.14	-53.77	-0.13	-0.33
Nmin	-32.09	0.45	0.15	-75.09	1.38	0.34
Mmax	-31.00	0.58	0.18	-72.53	1.77	0.42
Mmin	-23.95	-1.04	-0.24	-56.04	-3.20	-0.57
Tmax	-24.59	-1.03	0.92	-57.54	-3.15	2.15
Tmin	-29.09	-0.77	-0.92	-68.08	-2.37	-2.16

Tabella 9-21: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

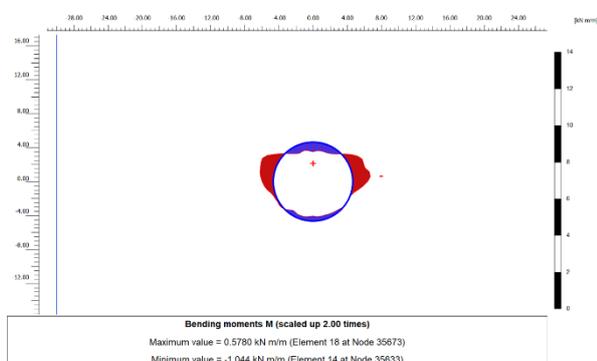
LT	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1090.80	-1.58	0.04	-2552.47	-4.83	0.08
Nmin	-1217.77	-2.62	0.01	-2849.59	-8.04	0.02
Mmax	-1090.80	-1.58	0.04	-2552.47	-4.83	0.08
Mmin	-1152.41	-5.07	0.07	-2696.64	-15.53	0.16
Tmax	-1117.80	-3.72	0.88	-2615.65	-11.40	2.07
Tmin	-1171.47	-3.86	-1.02	-2741.23	-11.84	-2.38

Tabella 9-22: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

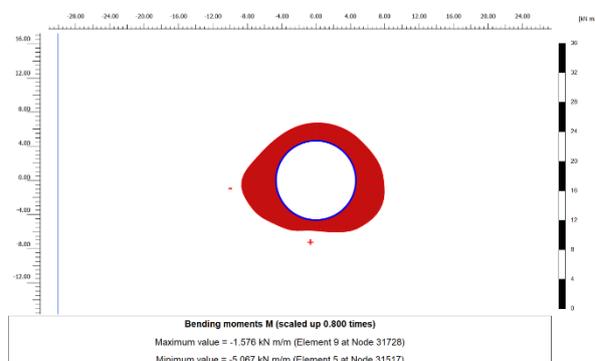
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

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:

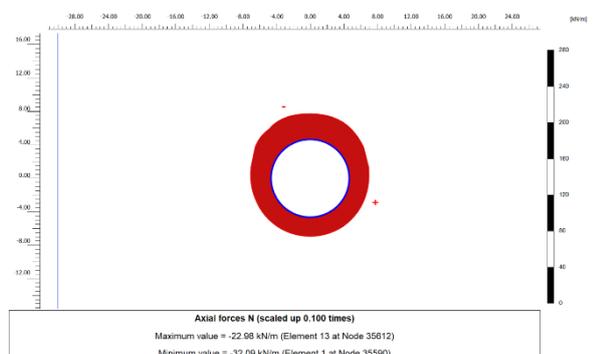
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 67 di 266



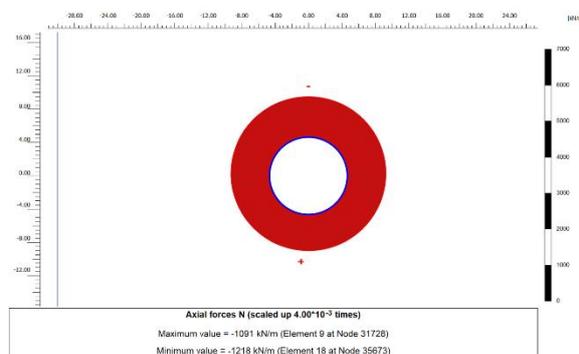
a)



b)



c)



d)

Figura 9-47: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione della tipologia di armatura leggera costituita da 12+12 ϕ 14mm con staffe ϕ 10 a passo 250mm con 4 bracci.

9.5.2 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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 68 di 266

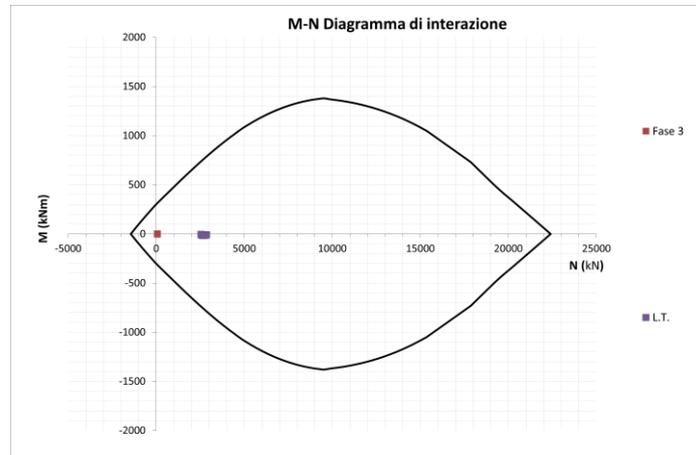


Figura 9-48: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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.

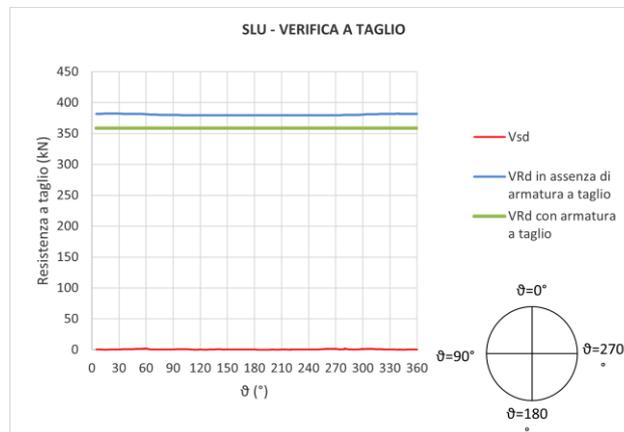


Figura 9-49: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 69 di 266

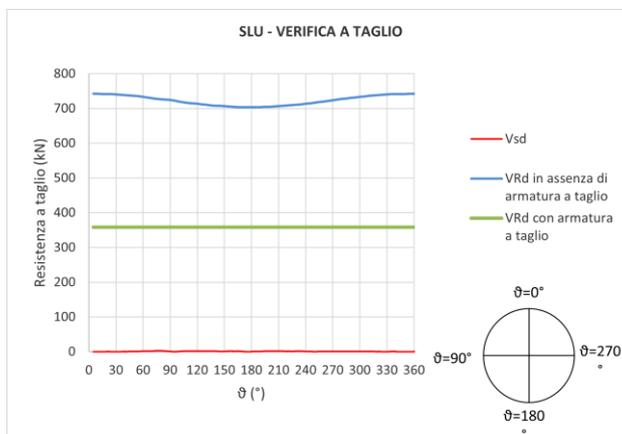


Figura 9-50: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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.

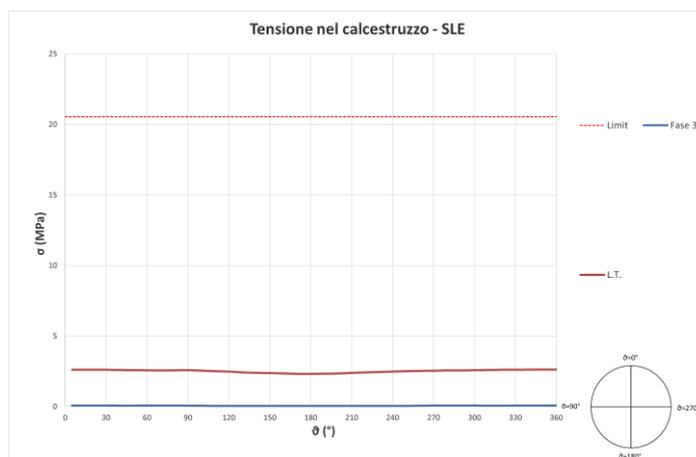


Figura 9-51: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 70 di 266

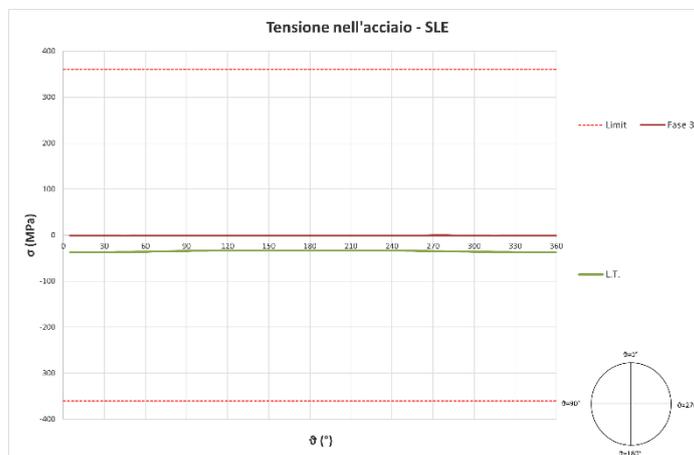


Figura 9-52: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

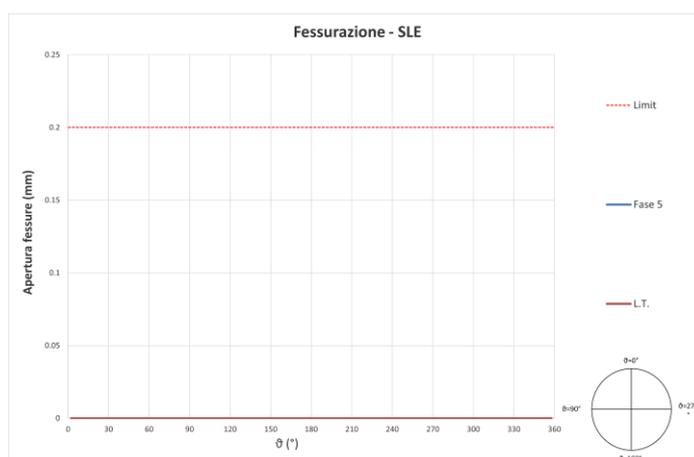


Figura 9-53: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

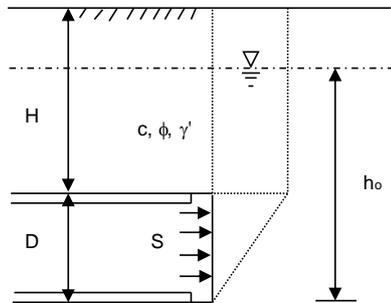
Dai grafici riportati si evince che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio risultano tutte soddisfatte.

9.6 SEZIONE 11 PK 2+625 B.P.

9.6.1 Stabilità del fronte con metodo di analisi all'equilibrio limite: Anagnostou e Kovari (1996)

In questo paragrafo si riportano le verifiche allo stato limite ultimo (SLU GEO) riferite alla stabilità del fronte e del cavo nel caso in cui la TBM attraversa tratti in basse coperture di gallerie superficiali. Tale verifica viene svolta secondo il metodo proposto da Anagnostou e Kovari (1996) descritto al §6.1.1.2.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 71 di 266



$$S = F_0 \cdot \gamma' \cdot D - F_1 \cdot c + F_2 \cdot \gamma' \left(h_0 - \frac{D}{2} \right) - F_3 \cdot c \cdot \frac{(h_0 - \frac{D}{2})}{D}$$

DATI DI PARTENZA			
D	9.3	[m]	Diametro della galleria
H	4.25	[m]	Copertura in calotta
γ'	20	[kN/m ³]	Peso per unità di volume
c	0	[kPa]	Coesione
ϕ	37	[°]	Angolo di attrito
h ₀	7.7	[m]	Altezza della falda rispetto al piano della galleria

PARAMETRI CORRETTIVI (Vedi grafici)		H/D	0.46
F ₀	0	Parametro correttivo funzione di $\phi, H/D, H+D$ e h ₀ H+D= 13.55 h ₀ = 1.5D = 13.95	
F ₁	0	Parametro correttivo funzione di ϕ e H/D H/D= 0.46	
F ₂	0.5	Parametro correttivo funzione di ϕ e $\min(h_0-D, H)/D$ $\min(h_0-D, H)/D = -0.17$	
F ₃	0.1	Parametro correttivo funzione di ϕ e $\min(h_0-D, H)/D$ $\min(h_0-D, H)/D = -0.17$	

SPINTA MINIMA da applicare per avere la stabilità del fronte		
S	0.31	[bar] In condizioni di EQ LIMITE

Applicando un fattore di sicurezza di 2.5 si ottiene:

S	0.76	[bar]
---	------	-------

Figura 9-54: Verifica di stabilità del fronte Anagnostou e Kovari (1996)

Il range di valori di pressione da applicare al fronte per garantire la stabilità di esso rimane inferiori al carico massimo per evitare il blow-up, si ritiene comunque necessaria l'applicazione di almeno 100 kPa al fronte di scavo.

9.6.2 Interazione terreno struttura

Per analizzare l'interazione tra l'esecuzione della galleria e la protesi sono state compiute analisi numeriche mediante codice di calcolo agli elementi finiti, tramite il software di calcolo Plaxis 2D 2021.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 72 di 266

Le analisi sono state riferite alla sezione di calcolo ortogonale all'asse del tracciato nelle condizioni geotecniche e geometriche ritenute maggiormente gravose. Tale sezione è caratterizzata da un'altezza di ricoprimento pari a circa 4 m. Nella sezione considerata la galleria attraversa i depositi sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni terrazzate recenti.

Le condizioni al contorno imposte sono: spostamenti liberi lungo la sommità, spostamenti impediti sul fondo del dominio e spostamenti orizzontali impediti e verticali liberi per i nodi ai lati.

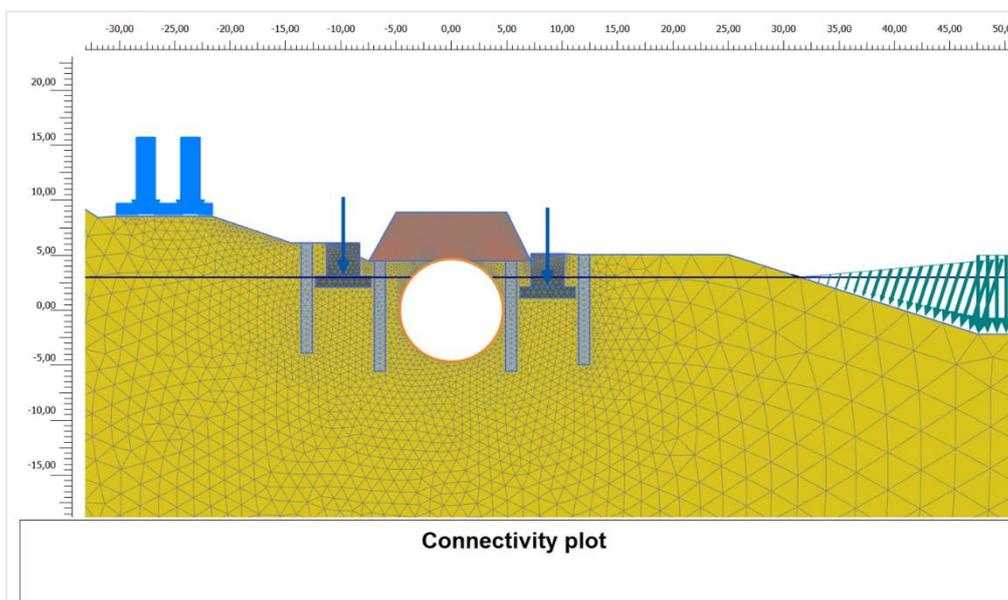


Fig. 9-1 Mesh del modello

I dettagli relativi alle fondazioni dei sostegni n.97 della terna V11 e n.30 della terna V15 vengono riportati in Allegat 2.

Il livello piezometrico nel contesto geotecnico oggetto di analisi ha carattere stagionale ed ha come naturale ricettore il Fiume Isarco, la cui quota costituisce il livello piezometrico di riferimento nell'area. Come da profilo geotecnico, il livello piezometrico risulta quindi sostanzialmente a quota calotta della galleria (473.4 m.s.l.m).

Il modello geotecnico assunto nelle analisi è costituito, quindi, dai uno strato di depositi alluvionali ar; lo strato di depositi alluvionali è stato modellato con il criterio di resistenza Hardening Soil ($m = 0.1$).

Nelle analisi, i parametri geotecnici assegnati sono riassunti nella tabella seguente:

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	Asse galleria							
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
ar	150	4		20	0	37	60	0.40

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 73 di 266

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_o = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-23: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica del pk 2+625

I conci installati al passaggio della TBM sono stati modellati come elementi plate a comportamento elastico con valori di rigidezza flessionale EI e rigidezza estensionale EA desunti dalle caratteristiche geometriche e dalle proprietà del calcestruzzo adottato (C45/55). In corrispondenza dell'interfaccia terreno-conci si è inoltre assunto un valore del coefficiente riduttivo dei parametri di resistenza e rigidezza del terreno di contatto, $R_{inter}=0,7$.

Conci prefabbricati		
EA	[kN/m]	16.38E6
EI	[kNm ² /m]	210E3
w	[kN/m/m]	11.30
v	[-]	0.25

Tabella 9-24: Parametri adottati per i conci di galleria

Dalle analisi sono stati valutati:

- l'entità degli spostamenti indotti dalla realizzazione della galleria §9.6.5;
- i fenomeni di plasticizzazione al contorno del cavo §9.6.5;
- i valori delle sollecitazioni agenti sul rivestimento definitivo §9.6.3.

Le fasi simulate nell'analisi sono le seguenti:

0. generazione dello stato tensionale iniziale;
1. attivazione carichi ferroviari e tralicci;
2. attivazione protesi e interventi di consolidamento in jet-growing;
3. simulazione del passaggio della TBM con applicazione della contrazione radiale;
4. installazione dei conci prefabbricati.

9.6.3 Verifiche dei conci di galleria

Verifiche a pressoflessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

Le verifiche a pressoflessione e taglio dei conci di galleria sono state condotte nella fase in cui vi è l'installazione immediata dei conci di rivestimento (intero carico litostatico sul rivestimento in conci prefabbricati) **nella condizione a lungo termine.**

Di seguito sono riportate le sollecitazioni agenti sul concio di lunghezza 1.8m e spessore 0.45m ottenute dalla modellazione numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 74 di 266

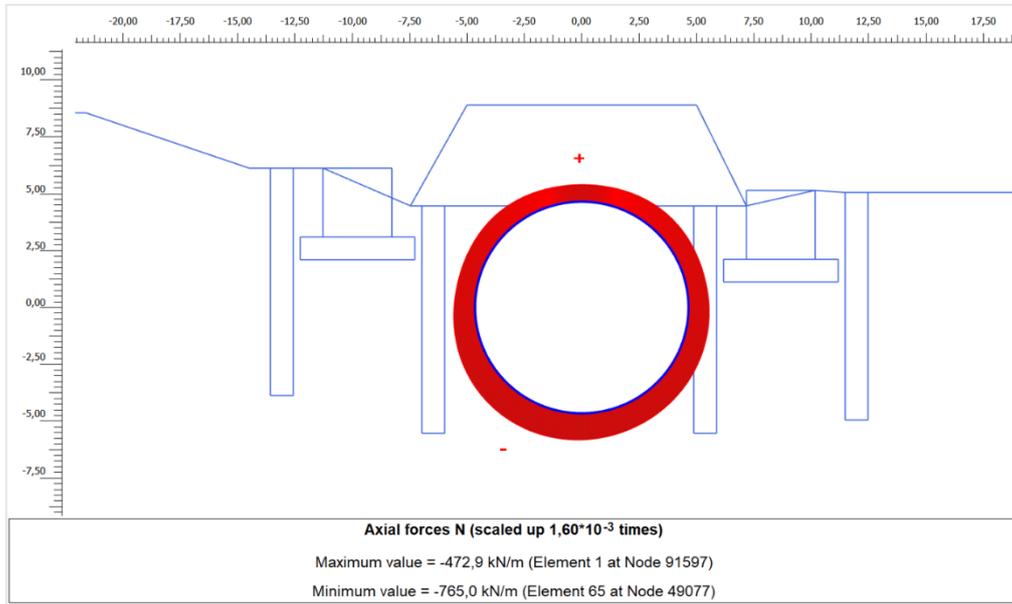


Figura 9-55: Sezione di calcolo pk 2+625 – sforzo normale

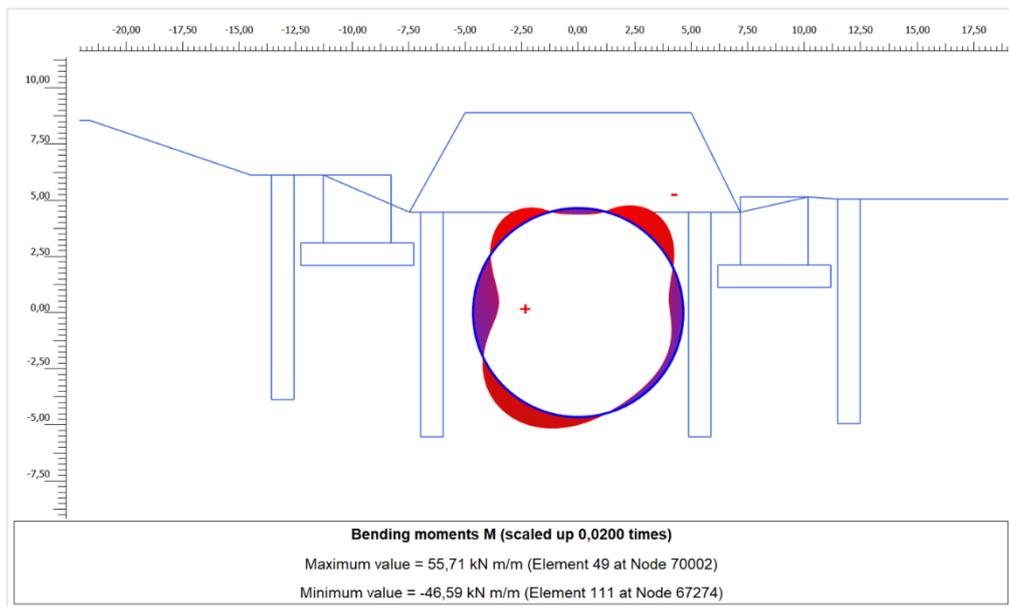


Figura 9-56: Sezione di calcolo pk 2+625 – momento flettente

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 75 di 266

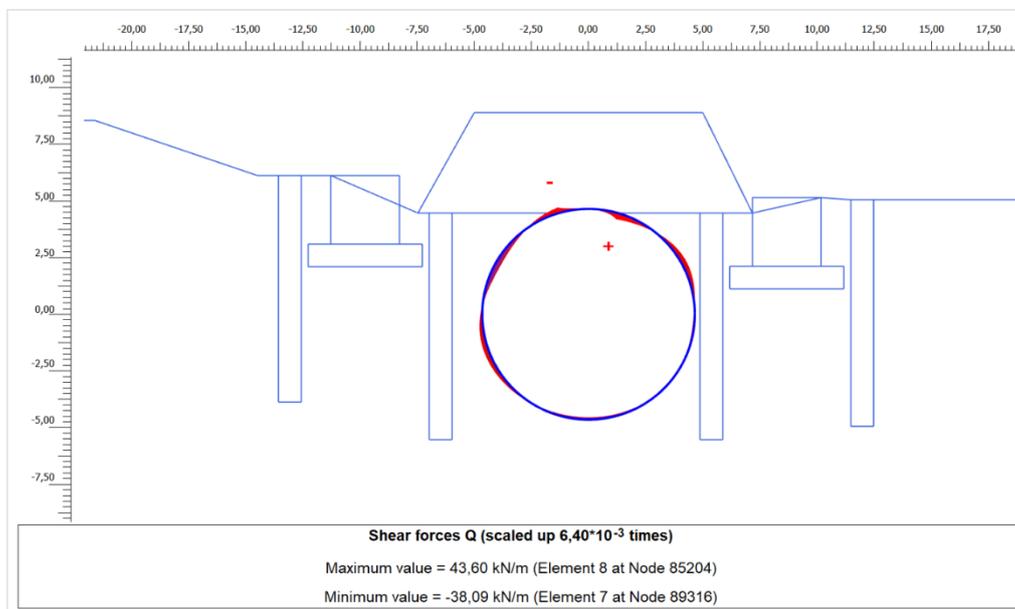


Figura 9-57: Sezione di calcolo pk 2+625 – sforzo di taglio

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica, 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 $(1+\xi) = 1.31$.

Le caratteristiche della sezione verificata sono:

- $b = 45 \text{ cm}$; $h = 180 \text{ cm}$;
- $A_f = 16 \text{ } \varnothing 20$
- $A'_f = 16 \text{ } \varnothing 20$
- copriferro rispetto al lembo più esterno = 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 76 di 266

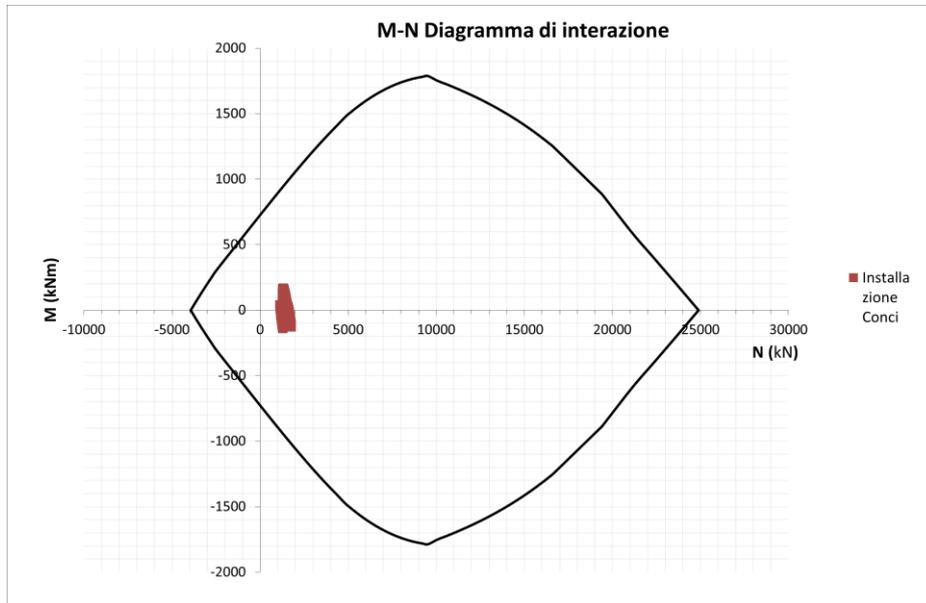


Figura 9-58: Dominio di resistenza e verifiche allo SLU - LT

Verifiche a taglio allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

Nella figura seguente si riportano le verifiche a taglio allo SLU. 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.

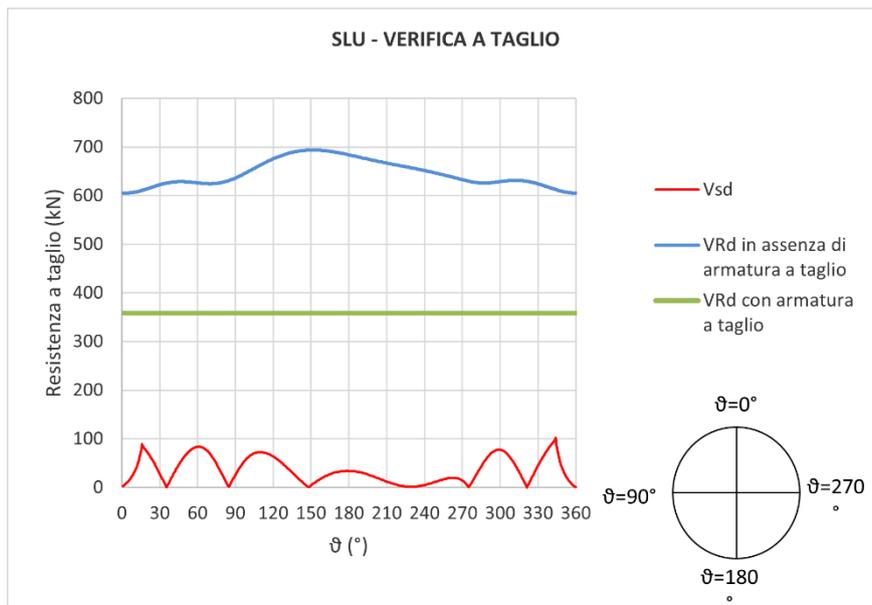


Figura 9-59: Verifica a taglio allo SLU

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

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 77 di 266

Si riporta di seguito l'andamento dello stato tensionale della sezione circolare al variare dell'angolo che descrive la circonferenza dell'anello.

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) utilizzato nelle verifiche è pari a 5 cm.

Le verifiche risultano soddisfatte sia lato acciaio, sia lato calcestruzzo.

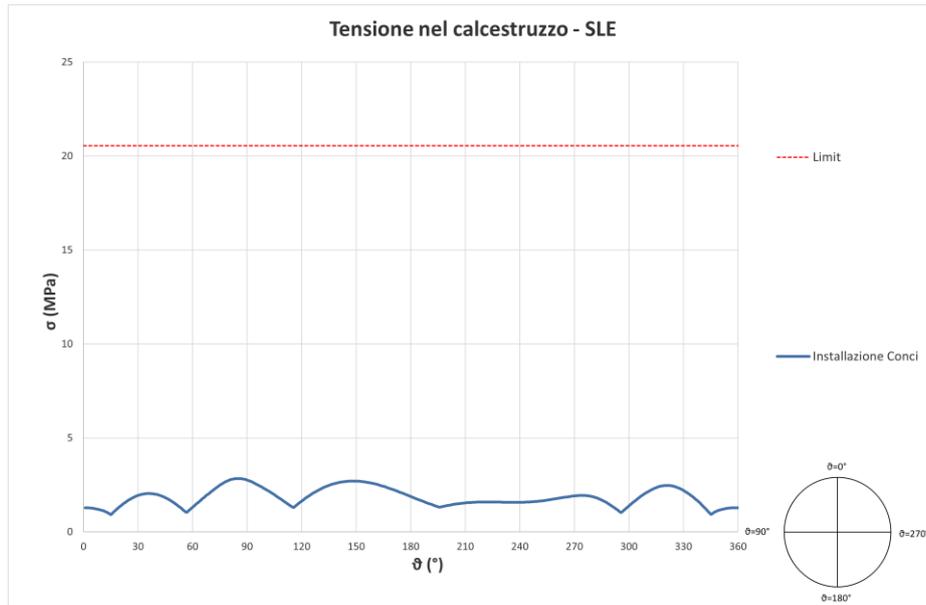


Figura 9-60: Verifica tensionale calcestruzzo

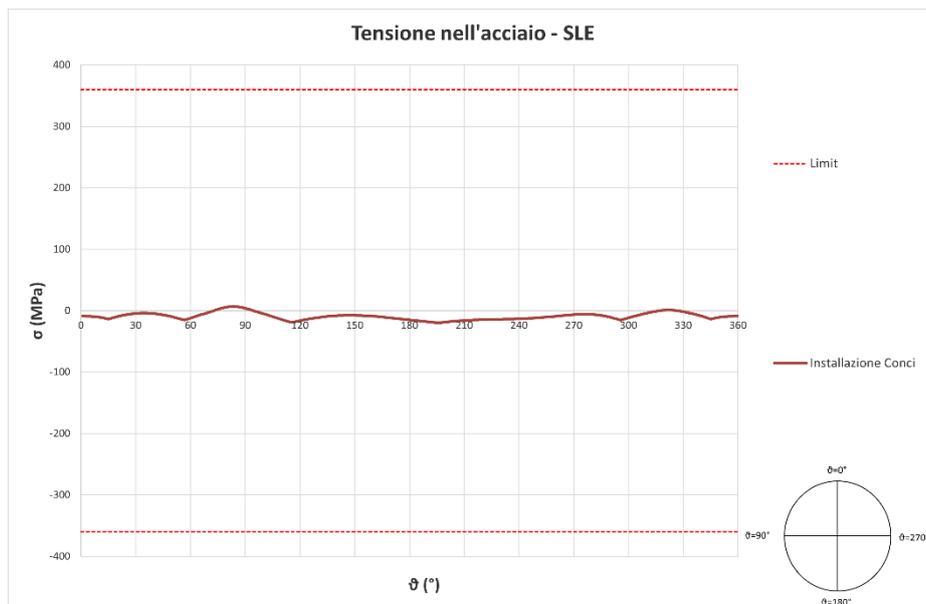


Figura 9-61: Verifica tensionale acciaio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 78 di 266

Essendo i valori di apertura delle fessure all'intradosso inferiori al limite imposto dalla Normativa di 0.30 mm, le verifiche a fessurazione risultano soddisfatte.

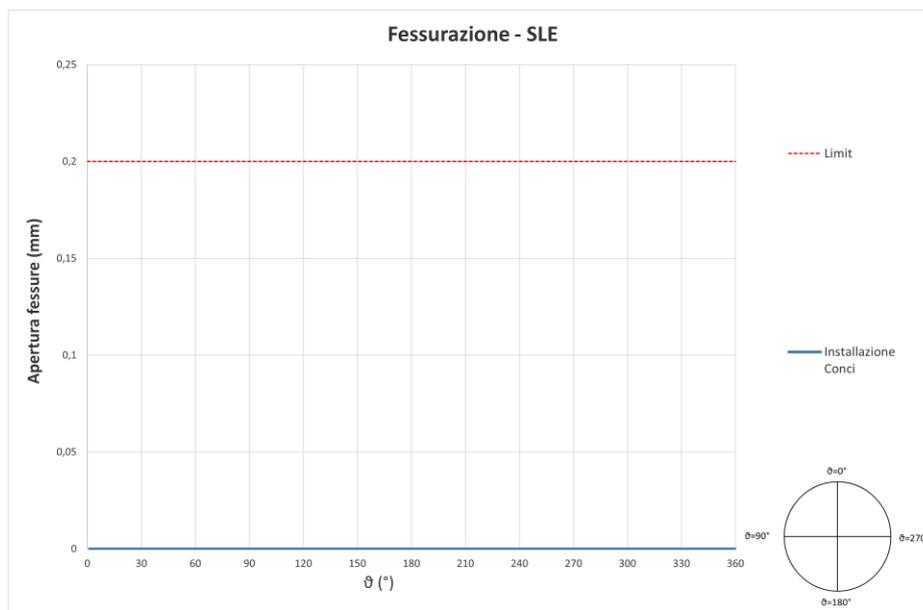


Figura 9-62: Verifica a fessurazione

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

9.6.4 Verifiche sismiche dei conci di galleria

L'analisi è stata eseguita in riferimento alla sezione trasversale della galleria considerando la deformazione tangenziale γ prodotta dall'azione sismica e trascurando l'interazione cinematica tra il rivestimento ed il terreno. La deformazione è quindi utilizzata per stimare gli incrementi di sollecitazione sul rivestimento della galleria, tramite soluzioni analitiche in forma chiusa. La tensione tangenziale massima agente alla quota della galleria è stimata mediante la seguente espressione, ottenuta dall'equilibrio dinamico di una colonna di terreno:

$$\tau_{max} = \sigma_v(z) \cdot r_d(z) \cdot a_{max,s}/g$$

dove:

- $\sigma_v(z)$: tensione verticale totale alla profondità z ;
- $r_d(z)$: fattore di attenuazione con la profondità che tiene conto del sincronismo del moto sismico assunto pari a: $r_d(z) = 1 - 0.015z$ (Iwasaki et al., 1978); nell'equazione la profondità z è espressa in metri;
- $a_{max,s}$: accelerazione massima in superficie ($a_{max,s} = S \cdot a_g$).

La deformazione tangenziale massima del terreno alla quota della galleria è calcolata come:

$$\gamma_{max} = \frac{\tau_{max}}{G}$$

Il modulo di rigidezza G , nell'ipotesi di analisi lineare, coincide con quello iniziale G_0 (ricavato a partire dalle

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 79 di 266

indagini geofisiche a disposizione Rif.[18].

Si riportano nel seguito i valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica:

Sezioni	Coordinate Geografiche: Longitudine: 11,53 E - Latitudine: 46,60 N		
	Galleria B.P. Pila 13	Galleria B.P. Pila 14	Galleria B.D. Rilevato Autostradale
Formazione	Paragneiss di Laion	Detrito di Versante	Rilevato Autostradale
Coperture (m)	26	18	17
P_{VR} (%)	10	10	10
V_N (anni)	100	100	100
c_U (-)	2	2	2
V_R (anni)	200	200	200
T_R (anni)	1898	1898	1898
a_g (-)	0.075	0.075	0.075
F_0 (-)	2.751	2.751	2.751
Categoria di sottosuolo	B	B	B
S_S (-)	1.2	1.2	1.2
Categoria topografica	T2	T2	T2
S_T (-)	1.2	1.2	1.2
a_{max} (g)	0.108	0.108	0.108

Tabella 9-25: Parametri per la definizione dell'azione sismica per le sezioni considerate

Per la galleria naturale è stata considerata una vita nominale V_N pari a 100 anni e una classe d'uso IV, a cui corrisponde il coefficiente C_U pari a 2.0 (§2.4.3, DM 17/01/2008).

Gli incrementi di sollecitazione sono stati stimati con le soluzioni analitiche proposte da Wang (Rif. [17]), riferite al caso di galleria circolare in semispazio omogeneo ed isotropo nell'ipotesi, a favore di sicurezza, di perfetta aderenza ("no-slip") all'interfaccia tra rivestimento e terreno.

La soluzione di Wang presenta le seguenti ipotesi:

- suolo definito come mezzo infinito, elastico, omogeneo e isotropo;
- rivestimento della galleria assimilato ad un tubo a pareti sottili;
- condizioni di aderenza e slittamento tra la galleria e il terreno.

Secondo la formulazione di Wang l'incremento delle sollecitazioni massime sul rivestimento della galleria è calcolato come segue:

$$N_{max} = \pm K_2 \frac{E_m}{2(1 + \nu_m)} R_l \gamma_{max}$$

$$M_{max} = \pm \frac{1}{6} K_1 \frac{E_m}{(1 + \nu_m)} R_l^2 \gamma_{max}$$

$$\frac{\Delta D_{max}}{D} = \pm \frac{1}{3} K_1 F \gamma_{max}$$

$$K_1 = \frac{12(1 - \nu_m)}{2F + 5 - 6\nu_m}$$

$$K_2 = 1 + \frac{F[(1 - 2\nu_m) - (1 - 2\nu_m)C] - \frac{1}{2}(1 - 2\nu_m)^2 + 2}{F[(3 - 2\nu_m) + (1 - 2\nu_m)C] + C\left[\frac{5}{2} - 8\nu_m + 6\nu_m^2\right] + 6 - 8\nu_m}$$

In cui k_1 e k_2 rappresentano i coefficienti di risposta. I fattori di rigidezza a compressione e flessione che compaiono nelle espressioni di Wang sono i seguenti:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	80 di 266

$$C = \frac{E_m(1 - \nu_l^2)R_l}{E_l t(1 + \nu_m)(1 - 2\nu_m)}$$

$$F = \frac{E_m(1 - \nu_l^2)R_l^3}{6E_l I_{l,1}(1 + \nu_m)}$$

in cui :

- E_m rappresenta il modulo elastico dinamico del terreno;
- ν_m rappresenta il coefficiente di Poisson del terreno;
- R_l è il raggio nominale della galleria;
- E_l è il modulo elastico del calcestruzzo costituente il rivestimento;
- ν_l è il coefficiente di Poisson del calcestruzzo;
- $I_{l,1}$ è il momento di inerzia del rivestimento;
- t_l è lo spessore dell'anello.

Nella tabella seguente si riportano i parametri utilizzati per il calcolo dell'incremento delle sollecitazioni:

Sezione	R_l (m)	E_m (kPa)	ν_m (-)	E_l (kPa)	ν_{CLS} (-)	t_l (m)	I_l (m ⁴ /m)	γ_{max} (-)
Pk 2+625	4.65	400000	0.3	31447000	0.15	0.45	0.0058	1.74E-05

Tabella 9-26: Parametri per la definizione dell'incremento delle sollecitazioni

Sezione	C	F	K2	K1
Pk 2+625	0.25	27.63	1.15	0.14

Tabella 9-27: Valori dei coefficienti adimensionali

	Pila 14
ΔN (kN)	± 26.5
ΔM (kNm)	± 3.6

Tabella 9-28: Incremento delle sollecitazioni dovute al sisma

Nella figure seguenti si riportano le verifiche allo SLV; i valori delle sollecitazioni di calcolo in condizioni simiche sono stati ottenuti aggiungendo alle sollecitazioni della combinazione SLE il massimo valore dell'incremento dovuto all'effetto sismico (scorrimento impedito), secondo le due combinazioni seguenti:

- 1) $N + \Delta N_{sisma}$ e $M + \Delta M_{sisma}$;
- 2) $N - \Delta N_{sisma}$ e $M - \Delta M_{sisma}$.

Nel seguito si riportano i domini di resistenza in riferimento alle sezioni verificate, le cui caratteristiche sono:

- $b = 180$ cm ; $h = 45$ cm ;
- $A_f = 16\phi 20$ (copriferro 5 cm) ;
- $A'f = 16\phi 20$ (copriferro 5 cm) .

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 81 di 266

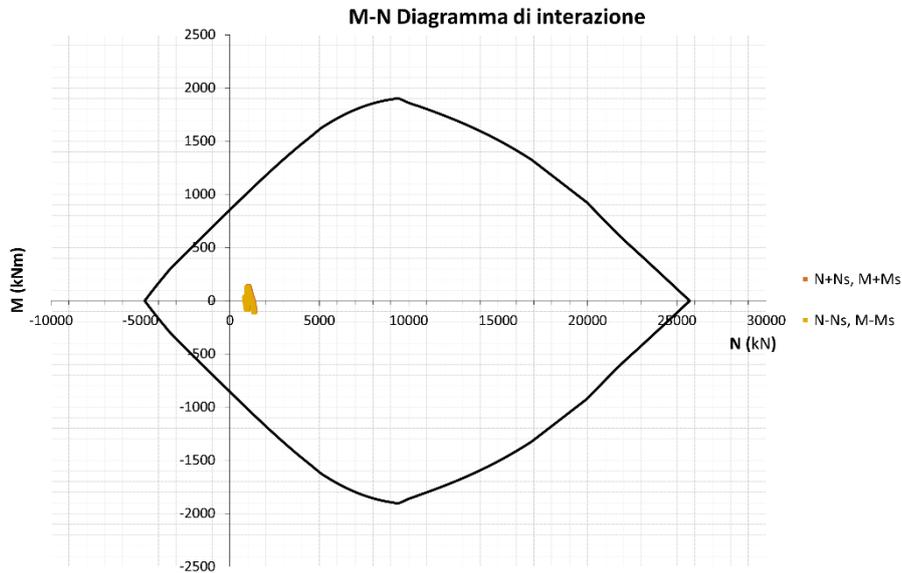


Figura 9-63: Dominio di resistenza e verifiche sismiche

9.6.5 Considerazioni in merito ai valori di volume perso assunti nel progetto

La fresa deve garantire in ogni punto del tracciato la possibilità di produrre cedimenti al piano campagna contenuti entro un valore corrispondente ad un V_p pari a 0,1%, equivalente a pressione al fronte di 1.0 bar. Pertanto si assume tale valore come rappresentativo della "soglia di esercizio". In altri termini sono considerate condizioni di normale avanzamento dello scavo quelle nelle quali il V_p risulterà sempre minore o uguale a 0,1%.

Per ottenere una mappatura degli effetti indotti in situazioni impreviste o addirittura imprevedibili, che esulano dalle normali condizioni operative dello scavo, si considerano valori di V_p maggiori, rappresentativi di soglie limite che eccedono tale livello di riferimento.

Si fa presente che la probabilità che il V_p superi i livelli di soglia prefissati diminuisce rapidamente all'aumentare della soglia stessa.

Per la caratterizzazione delle distribuzioni dei cedimenti superficiali è necessaria la definizione del parametro $V_p(\%)$ Volume perso. I valori impiegati nelle analisi svolte sono riportati nella tabella seguente:

V_p (%)	Condizione
0.1	Condizione "attesa" in fase di scavo.
0.4	Condizione di problema operativo legato alla macchina e/o alla testa della TBM.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 82 di 266

1.0	Raggiungimento della soglia di allarme corrispondente ad una pressione al fronte nulla. Analisi cautelativa i cui risultati permettono di avere un quadro dei possibili effetti indotti da imprevisti locali per il funzionamento dello scavo meccanizzato e per il contesto geologico.
-----	---

Tabella: Volume perso (VL)

Sono di seguito riportati i risultati ottenuti dalla modellazione in termini di spostamenti verticali, cedimenti alla base della protesi e di zone di plasticizzazione ottenuti nella fase di simulazione del passaggio della TBM simulando una perdita di volume del 0.4% e del 1%.

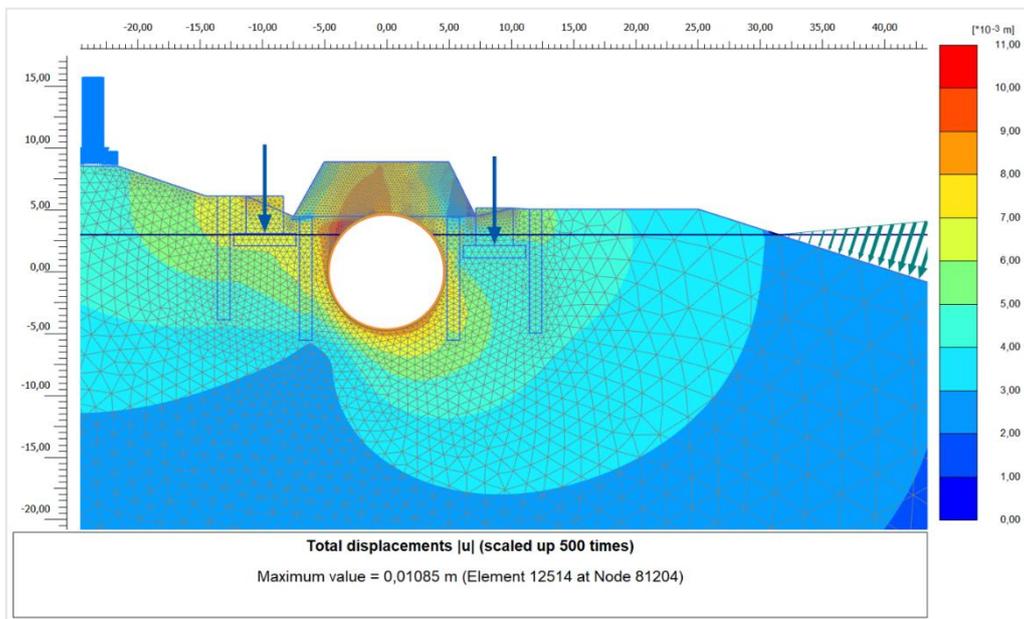


Figura 9-64: Spostamenti con VL=0.4%

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 83 di 266

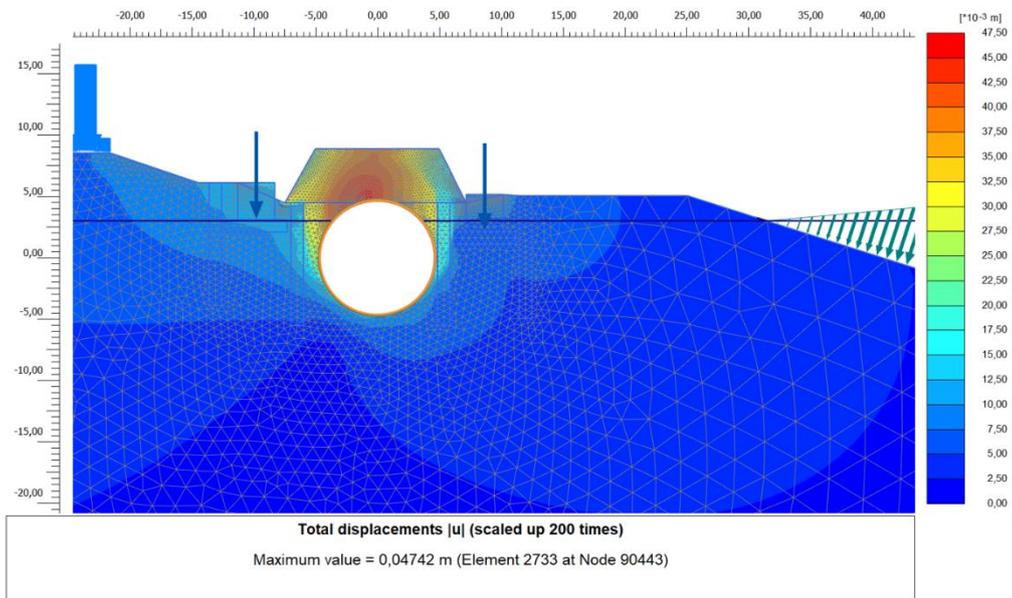


Figura 9-65: Spostamenti con VL=1.0%

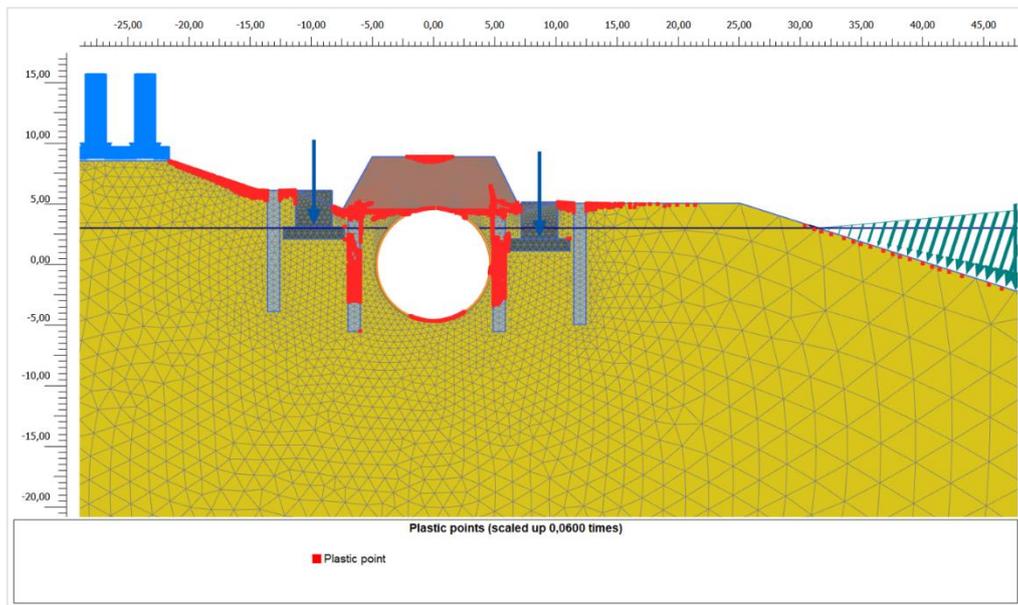


Figura 9-66: Plasticizzazioni con VL=0.4%

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 84 di 266

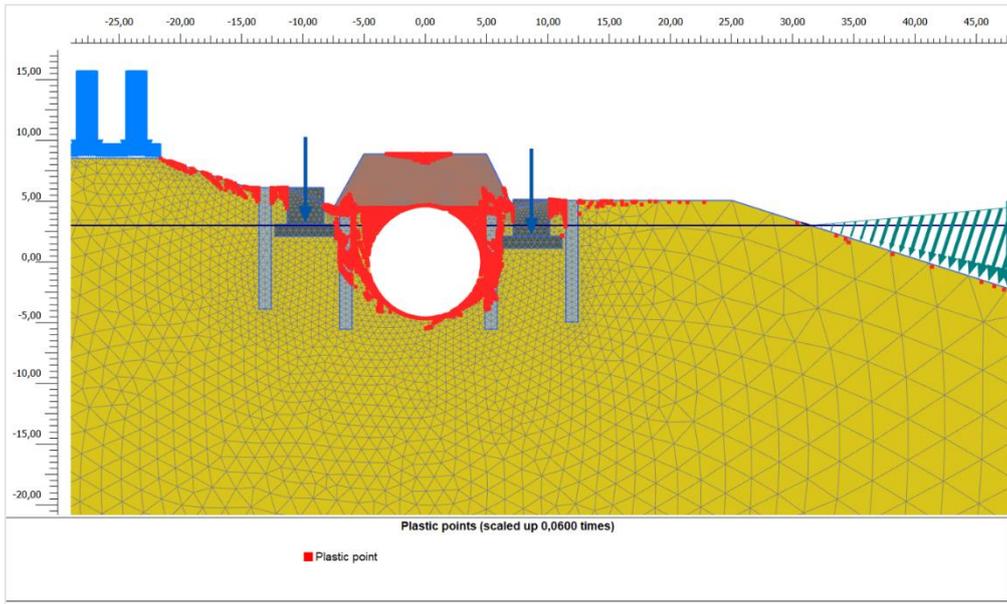


Figura 9-67: Plasticizzazioni con VL=1.0%

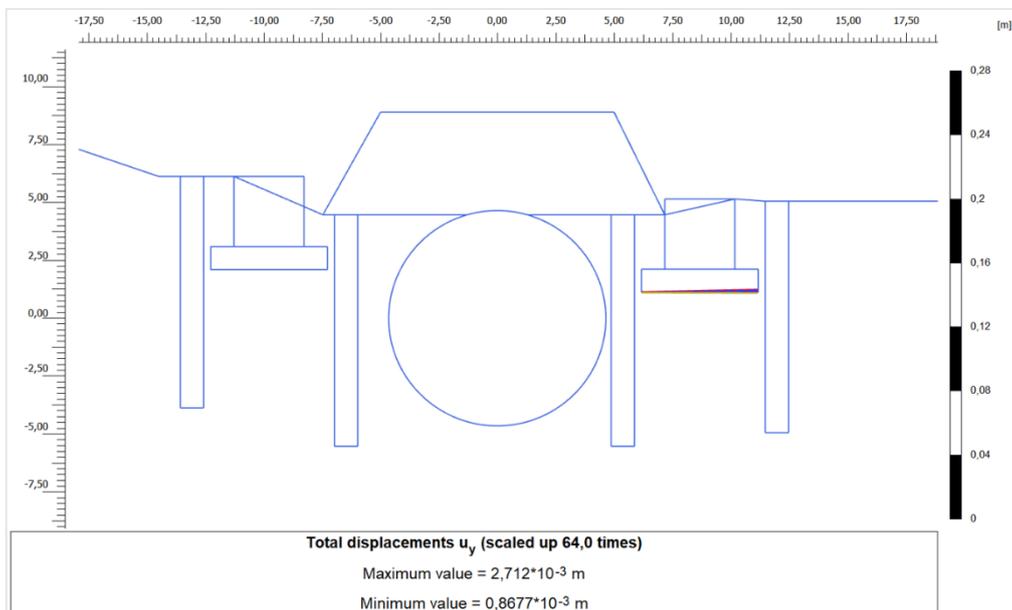


Figura 9-68: Cedimenti sul traliccio di destra con VL=0.4%

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 85 di 266

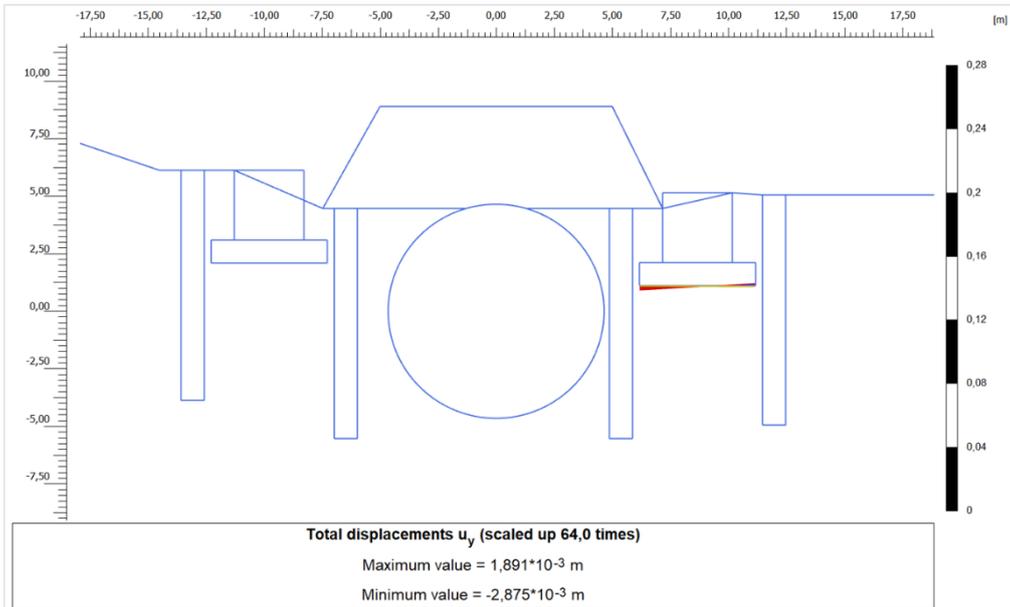


Figura 9-69: Cedimenti sul traliccio di destra con VL=1%

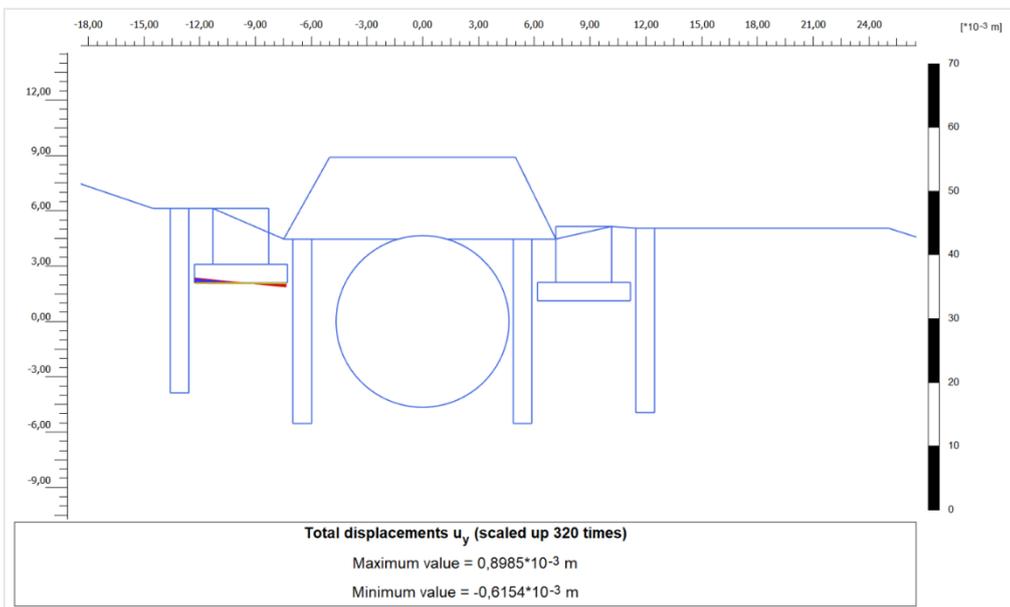


Figura 9-70: Cedimenti sul traliccio di destra con VL=0.4%

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 86 di 266

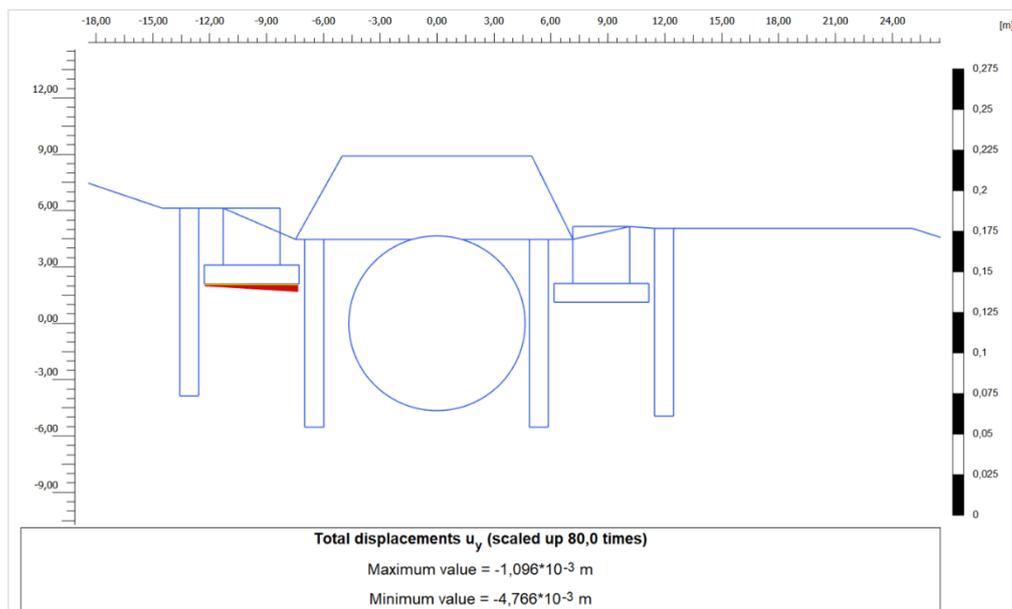


Figura 9-71: Cedimenti sul traliccio di sinistra con VL=1%

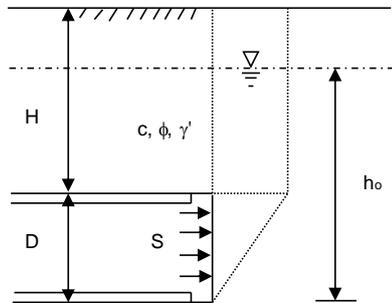
I cedimenti sui due tralicci esistenti risultano inferiori a quelli ammessi mentre i cedimenti della ferrovia risultano trascurabili in quanto inferiori al millimetro.

9.7 SEZIONE 12 PK 2+680 B.P.

9.7.1 Stabilità del fronte con metodo di analisi all'equilibrio limite: Leca & Dormieux (1990)

In questo paragrafo si riportano le verifiche allo stato limite ultimo (SLU GEO) riferite alla stabilità del fronte e del cavo nel caso in cui la TBM attraversa tratti in basse coperture di gallerie superficiali. Tale verifica viene svolta secondo il metodo proposto da Anagnostou e Kovari (1996) descritto al §6.1.1.2.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 87 di 266



$$S = F_0 \cdot \gamma' \cdot D - F_1 \cdot c + F_2 \cdot \gamma' \left(h_0 - \frac{D}{2} \right) - F_3 \cdot c \cdot \frac{(h_0 - \frac{D}{2})}{D}$$

DATI DI PARTENZA			
D	9.3	[m]	Diametro della galleria
H	4.8	[m]	Copertura in calotta
γ'	20	[kN/m ³]	Peso per unità di volume
c	0	[kPa]	Coesione
ϕ	37	[°]	Angolo di attrito
h ₀	7.16	[m]	Altezza della falda rispetto al piano della galleria

PARAMETRI CORRETTIVI (Vedi grafici)		H/D	0.52
F ₀	0	Parametro correttivo funzione di $\phi, H/D, H+D$ e h_0 H+D= 14.1 h ₀ = 1.5D = 13.95	
F ₁	0	Parametro correttivo funzione di ϕ e H/D H/D= 0.52	
F ₂	0.5	Parametro correttivo funzione di ϕ e $\min(h_0-D, H)/D$ $\min(h_0-D, H)/D = -0.23$	
F ₃	0.1	Parametro correttivo funzione di ϕ e $\min(h_0-D, H)/D$ $\min(h_0-D, H)/D = -0.23$	

SPINTA MINIMA da applicare per avere la stabilità del fronte		
S	0.25	[bar] In condizioni di EQ LIMITE

Applicando un fattore di sicurezza di **2.5** si ottiene:

S	0.63	[bar]
----------	------	-------

Figura 9-72: Verifica di stabilità del fronte Anagnostou e Kovari (1996)

Il range di valori di pressione da applicare al fronte per garantire la stabilità di esso rimane inferiori al carico massimo per evitare il blow-up, si ritiene comunque necessaria l'applicazione di almeno 100 kPa al fronte di scavo.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 88 di 266

9.7.2 Interazione terreno struttura

Per analizzare l'interazione tra l'esecuzione della galleria e la protesi sono state compiute analisi numeriche mediante codice di calcolo agli elementi finiti, tramite il software di calcolo Plaxis 2D 2021.

Le analisi sono state riferite alla sezione di calcolo ortogonale all'asse del tracciato nelle condizioni geotecniche e geometriche ritenute maggiormente gravose. Tale sezione è caratterizzata da un'altezza di ricoprimento pari a circa 4 m. Nella sezione considerata la galleria attraversa i depositi sabbioso-ghiaiosi delle alluvioni terrazzate recenti.

Le condizioni al contorno imposte sono: spostamenti liberi lungo la sommità, spostamenti impediti sul fondo del dominio e spostamenti orizzontali impediti e verticali liberi per i nodi ai lati.

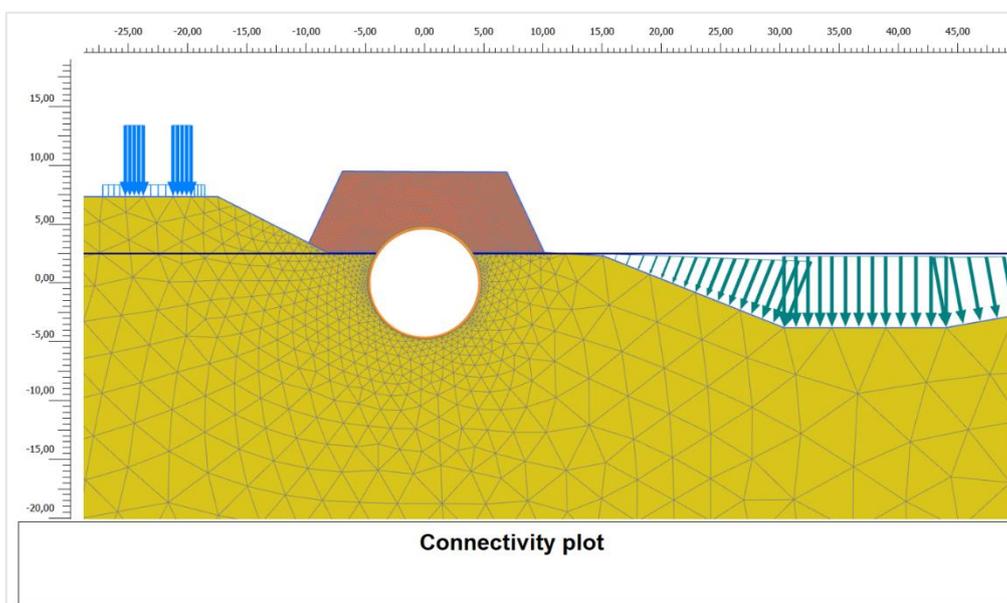


Fig. 9-2 Mesh del modello

Il livello piezometrico nel contesto geotecnico oggetto di analisi ha carattere stagionale ed ha come naturale ricettore il Fiume Isarco, la cui quota costituisce il livello piezometrico di riferimento nell'area. Come da profilo geotecnico, il livello piezometrico risulta quindi sostanzialmente a quota calotta della galleria (473.4 m.s.l.m.).

Il modello geotecnico assunto nelle analisi è costituito, quindi, dai uno strato di depositi alluvionali ar;

Lo strato di depositi alluvionali è stato modellato con il criterio di resistenza Hardening Soil ($m = 0.1$).

Nelle analisi, i parametri geotecnici assegnati sono riassunti nella tabella seguente:

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
Formazione	Asse galleria							
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
ar	150	4		20	0	37	60	0.40

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	89 di 266

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_o = coefficiente di spinta a riposo

Tabella 9-29: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica del pk 2+625

I conci installati al passaggio della TBM sono stati modellati come elementi plate a comportamento elastico con valori di rigidezza flessionale EI e rigidezza estensionale EA desunti dalle caratteristiche geometriche e dalle proprietà del calcestruzzo adottato (C45/55). In corrispondenza dell'interfaccia terreno-conci si è inoltre assunto un valore del coefficiente riduttivo dei parametri di resistenza e rigidezza del terreno di contatto, $R_{inter}=0,7$.

Conci prefabbricati		
EA	[kN/m]	16.38E6
EI	[kNm ² /m]	210E3
w	[kN/m/m]	11.30
v	[-]	0.25

Tabella 9-30: Parametri adottati per i conci di galleria

Dalle analisi sono stati valutati:

- l'entità degli spostamenti indotti dalla realizzazione della galleria §9.7.5;
- i fenomeni di plasticizzazione al contorno del cavo §9.7.5;
- i valori delle sollecitazioni agenti sul rivestimento definitivo §9.7.3.

Le fasi simulate nell'analisi sono le seguenti:

5. generazione dello stato tensionale iniziale;
6. attivazione carichi ferroviari e tralicci;
7. attivazione protesi e interventi di consolidamento in jet-growing;
8. simulazione del passaggio della TBM con applicazione della contrazione radiale;
9. installazione dei conci prefabbricati.

9.7.3 Verifiche dei conci di galleria

Verifiche a pressoflessione allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

Le verifiche a pressoflessione e taglio dei conci di galleria sono state condotte nella fase in cui vi è l'installazione immediata dei conci di rivestimento (intero carico litostatico sul rivestimento in conci prefabbricati) **nella condizione a lungo termine.**

Di seguito sono riportate le sollecitazioni agenti sul concio di lunghezza 1.8m e spessore 0.45m ottenute dalla modellazione numerica.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 90 di 266

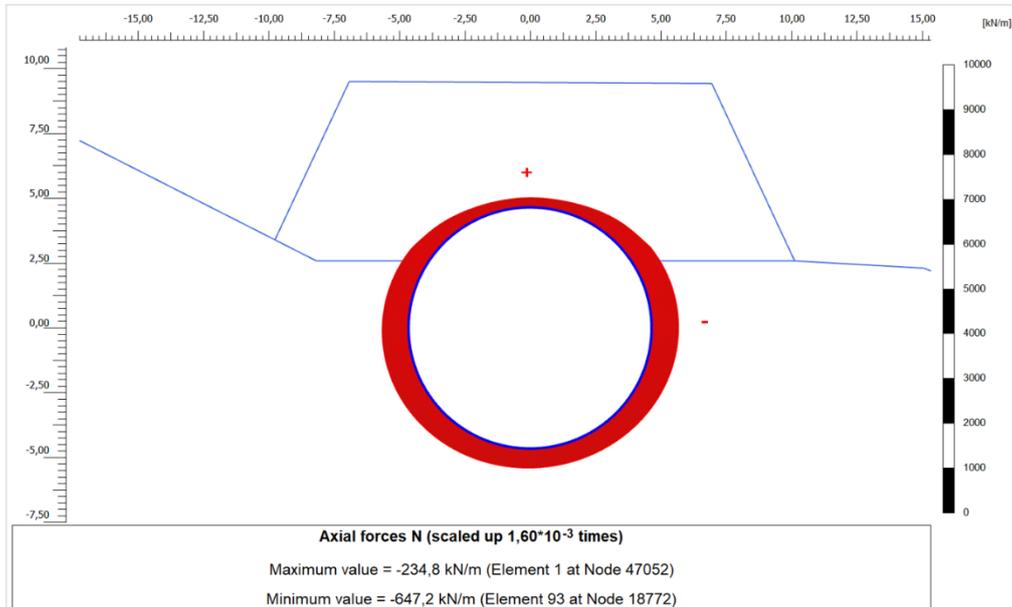


Figura 9-73: Sezione di calcolo pk 2+680 – sforzo normale

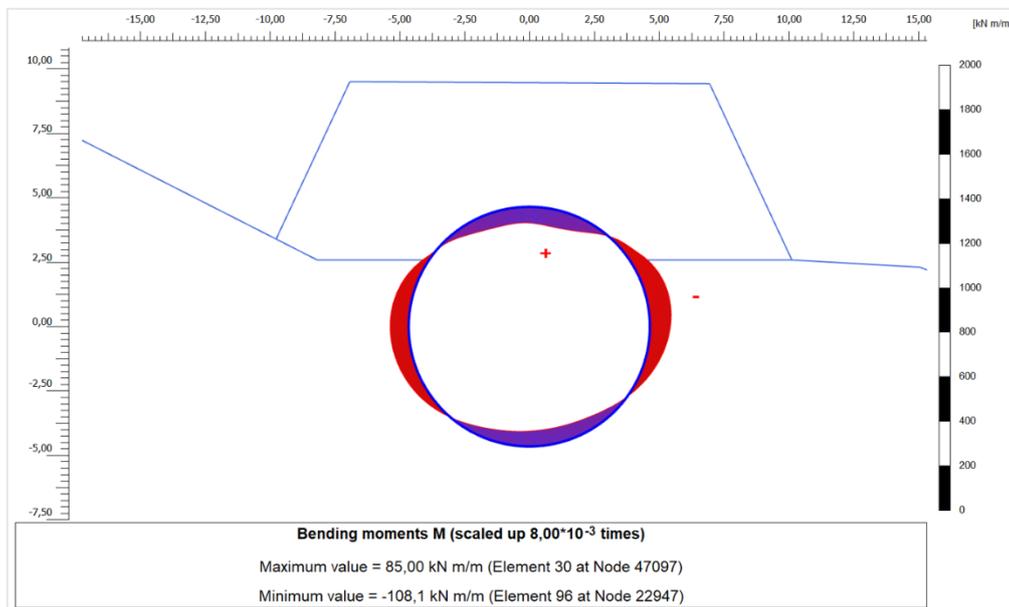


Figura 9-74: Sezione di calcolo pk 2+680 – momento flettente

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 91 di 266

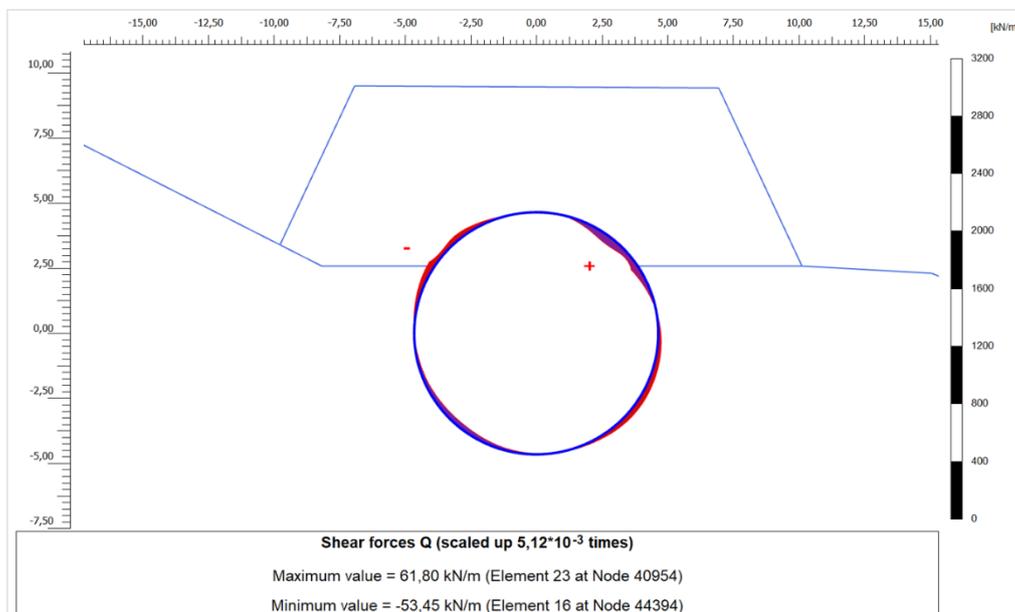


Figura 9-75: Sezione di calcolo pk 2+680 – sforzo di taglio

I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica, 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 $(1+\xi) = 1.31$.

Le caratteristiche della sezione verificata sono:

- $b = 45 \text{ cm}$; $h = 180 \text{ cm}$;
- $A_f = 16 \text{ } \varnothing 20$
- $A'_f = 16 \text{ } \varnothing 20$
- copriferro rispetto al lembo più esterno = 5 cm.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 92 di 266

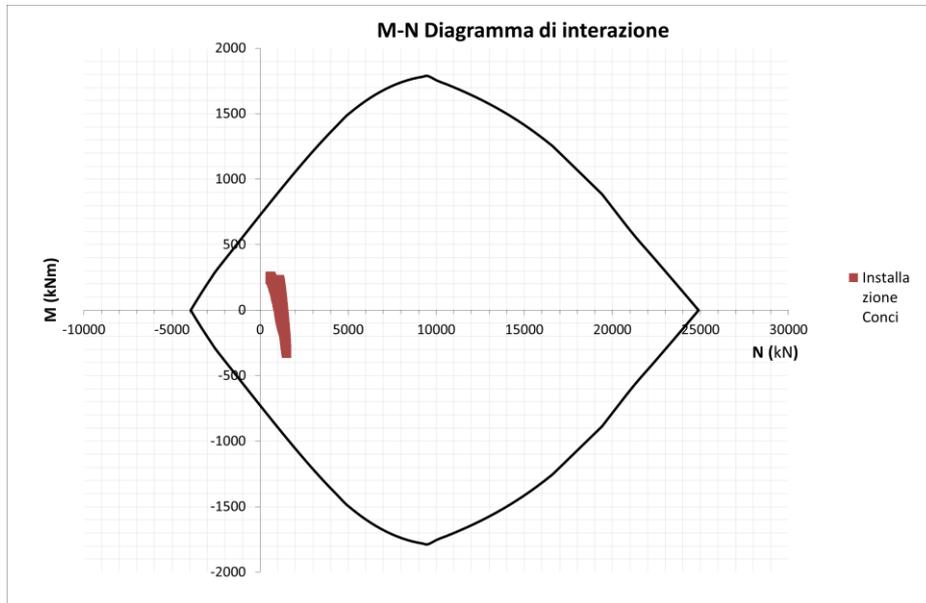


Figura 9-76: Dominio di resistenza e verifiche allo SLU - LT

Verifiche a taglio allo Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

Nella figura seguente si riportano le verifiche a taglio allo SLU. 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.

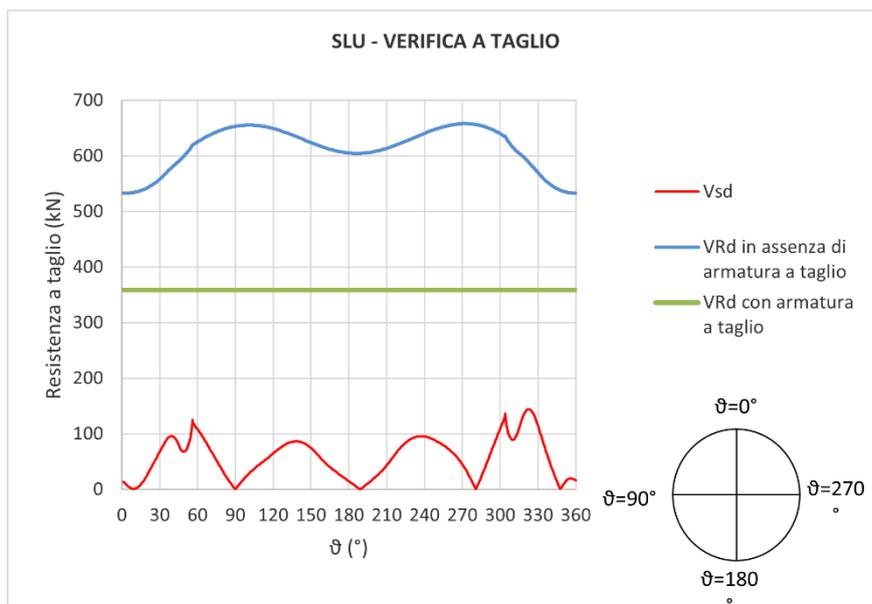


Figura 9-77: Verifica a taglio allo SLU

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

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 93 di 266

Si riporta di seguito l'andamento dello stato tensionale della sezione circolare al variare dell'angolo che descrive la circonferenza dell'anello.

Il copriferro netto (sul ferro più esterno) utilizzato nelle verifiche è pari a 5 cm.

Le verifiche risultano soddisfatte sia lato acciaio, sia lato calcestruzzo.

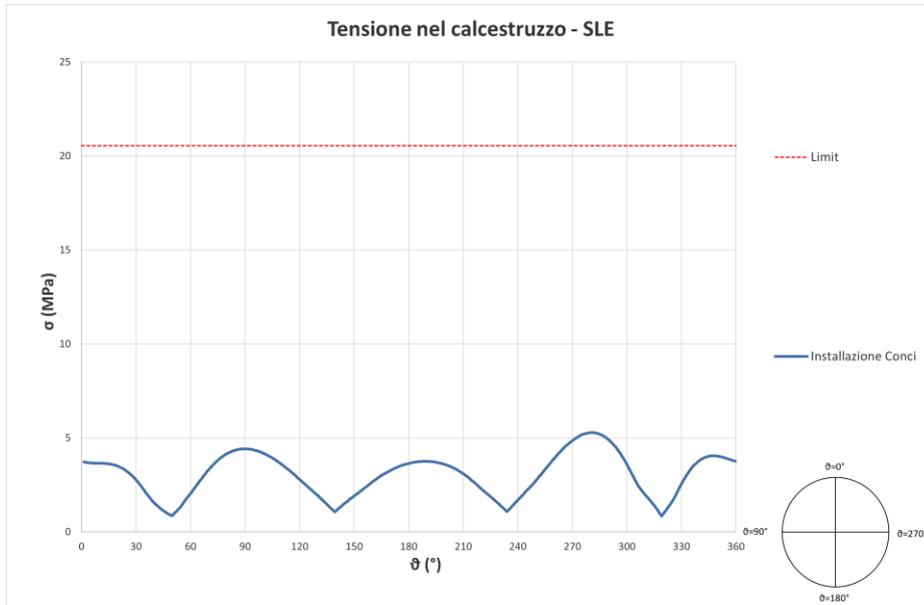


Figura 9-78: Verifica tensionale calcestruzzo

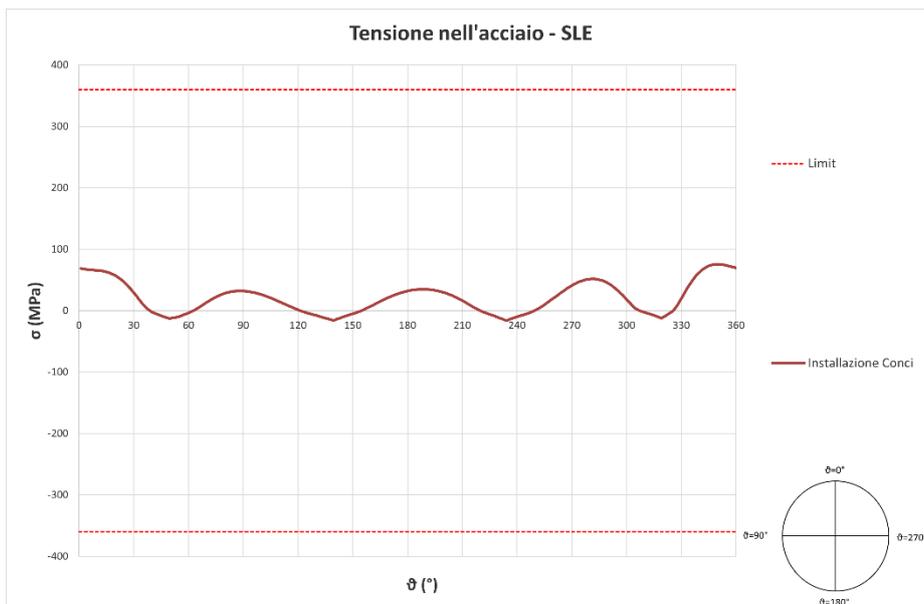


Figura 9-79: Verifica tensionale acciaio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 94 di 266

Essendo i valori di apertura delle fessure all'intradosso inferiori al limite imposto dalla Normativa di 0.30 mm, le verifiche a fessurazione risultano soddisfatte.

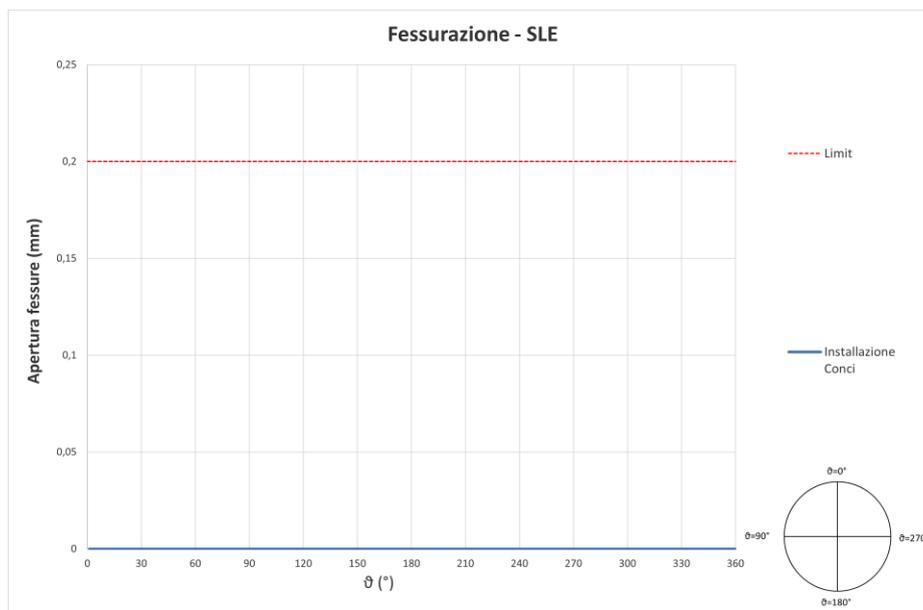


Figura 9-80: Verifica a fessurazione

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

9.7.4 Verifiche sismiche dei conci di galleria

L'analisi è stata eseguita in riferimento alla sezione trasversale della galleria considerando la deformazione tangenziale γ prodotta dall'azione sismica e trascurando l'interazione cinematica tra il rivestimento ed il terreno. La deformazione è quindi utilizzata per stimare gli incrementi di sollecitazione sul rivestimento della galleria, tramite soluzioni analitiche in forma chiusa. La tensione tangenziale massima agente alla quota della galleria è stimata mediante la seguente espressione, ottenuta dall'equilibrio dinamico di una colonna di terreno:

$$\tau_{max} = \sigma_v(z) \cdot r_d(z) \cdot a_{max,s}/g$$

dove:

- $\sigma_v(z)$: tensione verticale totale alla profondità z ;
- $r_d(z)$: fattore di attenuazione con la profondità che tiene conto del sincronismo del moto sismico assunto pari a: $r_d(z) = 1 - 0.015z$ (Iwasaki et al., 1978); nell'equazione la profondità z è espressa in metri;
- $a_{max,s}$: accelerazione massima in superficie ($a_{max,s} = S \cdot a_g$).

La deformazione tangenziale massima del terreno alla quota della galleria è calcolata come:

$$\gamma_{max} = \frac{\tau_{max}}{G}$$

Il modulo di rigidezza G , nell'ipotesi di analisi lineare, coincide con quello iniziale G_0 (ricavato a partire dalle

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 95 di 266

indagini geofisiche a disposizione Rif.[18].

Si riportano nel seguito i valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica:

Sezioni	Coordinate Geografiche: Longitudine: 11,53 E - Latitudine: 46,60 N		
	Galleria B.P. Pila 13	Galleria B.P. Pila 14	Galleria B.D. Rilevato Autostradale
Formazione	Paragneiss di Laion	Detrito di Versante	Rilevato Autostradale
Coperture (m)	26	18	17
P _{VR} (%)	10	10	10
V _N (anni)	100	100	100
c _U (-)	2	2	2
V _R (anni)	200	200	200
T _R (anni)	1898	1898	1898
a _g (-)	0.075	0.075	0.075
F ₀ (-)	2.751	2.751	2.751
Categoria di sottosuolo	B	B	B
S _S (-)	1.2	1.2	1.2
Categoria topografica	T2	T2	T2
S _T (-)	1.2	1.2	1.2
a _{max} (g)	0.108	0.108	0.108

Tabella 9-31: Parametri per la definizione dell'azione sismica per le sezioni considerate

Per la galleria naturale è stata considerata una vita nominale VN pari a 100 anni e una classe d'uso IV, a cui corrisponde il coefficiente Cu pari a 2.0 (§2.4.3, DM 17/01/2008).

Gli incrementi di sollecitazione sono stati stimati con le soluzioni analitiche proposte da Wang (Rif. [17]), riferite al caso di galleria circolare in semispazio omogeneo ed isotropo nell'ipotesi, a favore di sicurezza, di perfetta aderenza ("no-slip") all'interfaccia tra rivestimento e terreno.

La soluzione di Wang presenta le seguenti ipotesi:

- suolo definito come mezzo infinito, elastico, omogeneo e isotropo;
- rivestimento della galleria assimilato ad un tubo a pareti sottili;
- condizioni di aderenza e slittamento tra la galleria e il terreno.

Secondo la formulazione di Wang l'incremento delle sollecitazioni massime sul rivestimento della galleria è calcolato come segue:

$$N_{max} = \pm K_2 \frac{E_m}{2(1 + \nu_m)} R_l \gamma_{max}$$

$$M_{max} = \pm \frac{1}{6} K_1 \frac{E_m}{(1 + \nu_m)} R_l^2 \gamma_{max}$$

$$\frac{\Delta D_{max}}{D} = \pm \frac{1}{3} K_1 F \gamma_{max}$$

$$K_1 = \frac{12(1 - \nu_m)}{2F + 5 - 6\nu_m}$$

$$K_2 = 1 + \frac{F[(1 - 2\nu_m) - (1 - 2\nu_m)C] - \frac{1}{2}(1 - 2\nu_m)^2 + 2}{F[(3 - 2\nu_m) + (1 - 2\nu_m)C] + C[\frac{5}{2} - 8\nu_m + 6\nu_m^2] + 6 - 8\nu_m}$$

In cui k1 e k2 rappresentano i coefficienti di risposta. I fattori di rigidezza a compressione e flessione che compaiono nelle espressioni di Wang sono i seguenti:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 96 di 266

$$C = \frac{E_m(1 - \nu_l^2)R_l}{E_l t(1 + \nu_m)(1 - 2\nu_m)}$$

$$F = \frac{E_m(1 - \nu_l^2)R_l^3}{6E_l I_{l,1}(1 + \nu_m)}$$

in cui :

- E_m rappresenta il modulo elastico dinamico del terreno;
- ν_m rappresenta il coefficiente di Poisson del terreno;
- R_l è il raggio nominale della galleria;
- E_l è il modulo elastico del calcestruzzo costituente il rivestimento;
- ν_l è il coefficiente di Poisson del calcestruzzo;
- $I_{l,1}$ è il momento di inerzia del rivestimento;
- t_l è lo spessore dell'anello.

Nella tabella seguente si riportano i parametri utilizzati per il calcolo dell'incremento delle sollecitazioni:

Sezione	R_l (m)	E_m (kPa)	ν_m (-)	E_l (kPa)	ν_{CLS} (-)	t_l (m)	I_l (m ⁴ /m)	γ_{max} (-)
Pk 2+625	4.65	400000	0.3	31447000	0.15	0.45	0.0058	1.74E-05

Tabella 9-32: Parametri per la definizione dell'incremento delle sollecitazioni

Sezione	C	F	K2	K1
Pk 2+625	0.25	27.63	1.15	0.14

Tabella 9-33: Valori dei coefficienti adimensionali

	Pila 14
ΔN (kN)	± 26.5
ΔM (kNm)	± 3.6

Tabella 9-34: Incremento delle sollecitazioni dovute al sisma

Nella figure seguenti si riportano le verifiche allo SLV; i valori delle sollecitazioni di calcolo in condizioni simiche sono stati ottenuti aggiungendo alle sollecitazioni della combinazione SLE il massimo valore dell'incremento dovuto all'effetto sismico (scorrimento impedito), secondo le due combinazioni seguenti:

- 3) $N + \Delta N_{sisma}$ e $M + \Delta M_{sisma}$;
- 4) $N - \Delta N_{sisma}$ e $M - \Delta M_{sisma}$.

Nel seguito si riportano i domini di resistenza in riferimento alle sezioni verificate, le cui caratteristiche sono:

- $b = 180$ cm ; $h = 45$ cm ;
- $A_f = 16\phi 20$ (copriferro 5 cm) ;
- $A'f = 16\phi 20$ (copriferro 5 cm) .

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 97 di 266

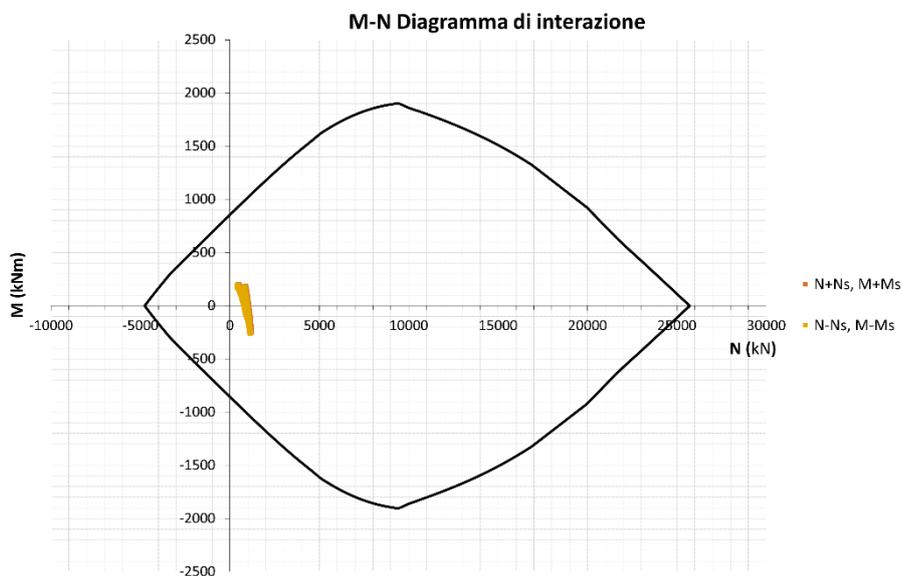


Figura 9-81: Dominio di resistenza e verifiche sismiche

9.7.5 Considerazioni in merito ai valori di volume perso assunti nel progetto

La fresa deve garantire in ogni punto del tracciato la possibilità di produrre cedimenti al piano campagna contenuti entro un valore corrispondente ad un V_p pari a 0,1%, equivalente a pressione al fronte di 1.0 bar. Pertanto si assume tale valore come rappresentativo della "soglia di esercizio". In altri termini sono considerate condizioni di normale avanzamento dello scavo quelle nelle quali il V_p risulterà sempre minore o uguale a 0,1%.

Per ottenere una mappatura degli effetti indotti in situazioni impreviste o addirittura imprevedibili, che esulano dalle normali condizioni operative dello scavo, si considerano valori di V_p maggiori, rappresentativi di soglie limite che eccedono tale livello di riferimento.

Si fa presente che la probabilità che il V_p superi i livelli di soglia prefissati diminuisce rapidamente all'aumentare della soglia stessa.

Per la caratterizzazione delle distribuzioni dei cedimenti superficiali è necessaria la definizione del parametro $V_p(\%)$ Volume perso. I valori impiegati nelle analisi svolte sono riportati nella tabella seguente:

V_p (%)	Condizione
0.1	Condizione "attesa" in fase di scavo.
0.4	Condizione di problema operativo legato alla macchina e/o alla testa della TBM.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 98 di 266

1.0	Raggiungimento della soglia di allarme corrispondente ad una pressione al fronte nulla. Analisi cautelativa i cui risultati permettono di avere un quadro dei possibili effetti indotti da imprevisti locali per il funzionamento dello scavo meccanizzato e per il contesto geologico.
-----	---

Tabella: Volume perso (VL)

Sono di seguito riportati i risultati ottenuti dalla modellazione in termini di spostamenti verticali, cedimenti alla base della protesi e di zone di plasticizzazione ottenuti nella fase di simulazione del passaggio della TBM simulando una perdita di volume del 0.4% e del 1%.

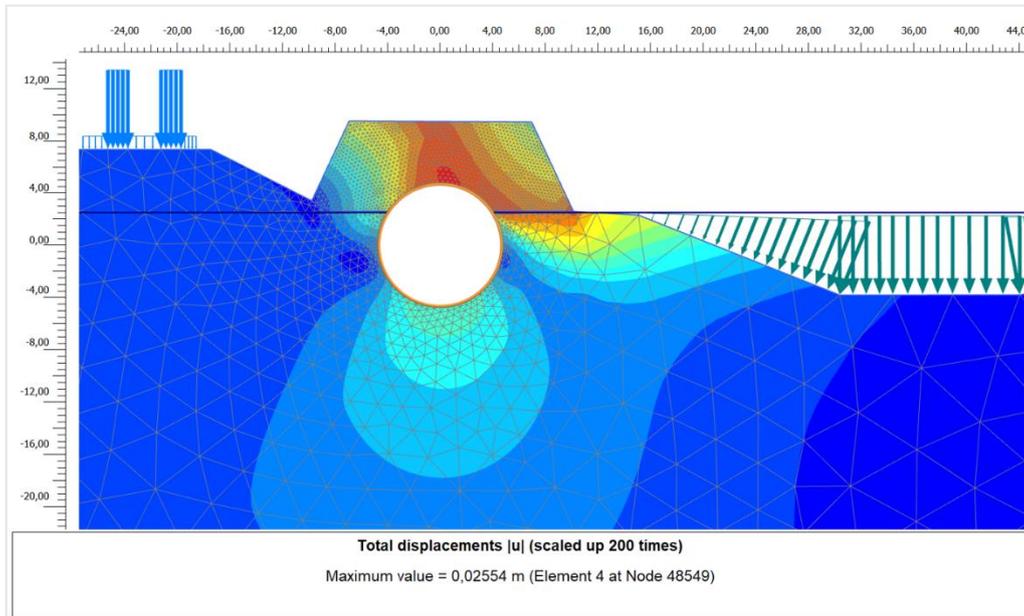


Figura 9-82: Spostamenti con VL=0.4%

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 99 di 266

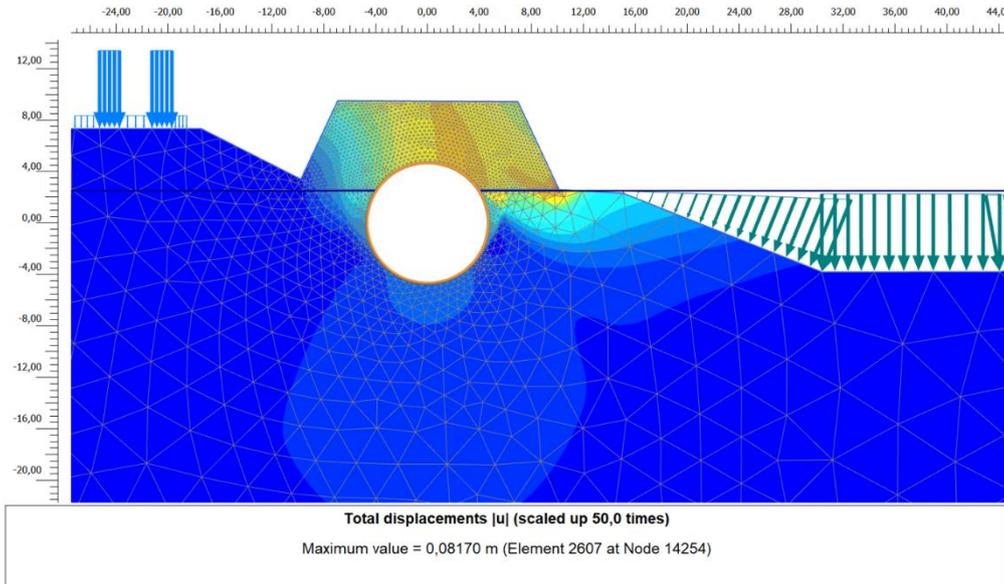


Figura 9-83: Spostamenti con VL=1.0%

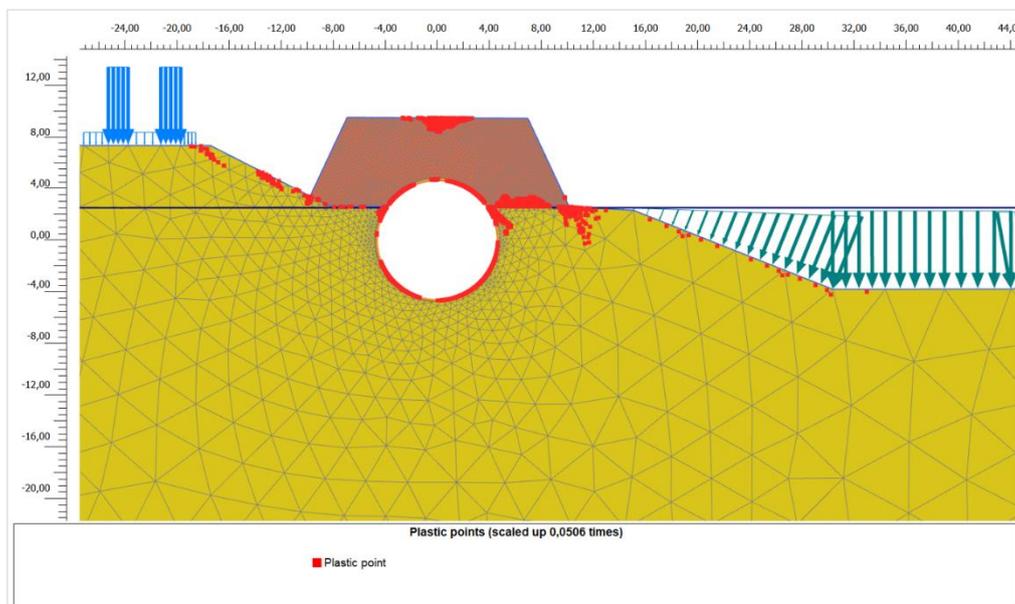


Figura 9-84: Plasticizzazioni con VL=0.4%

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 100 di 266

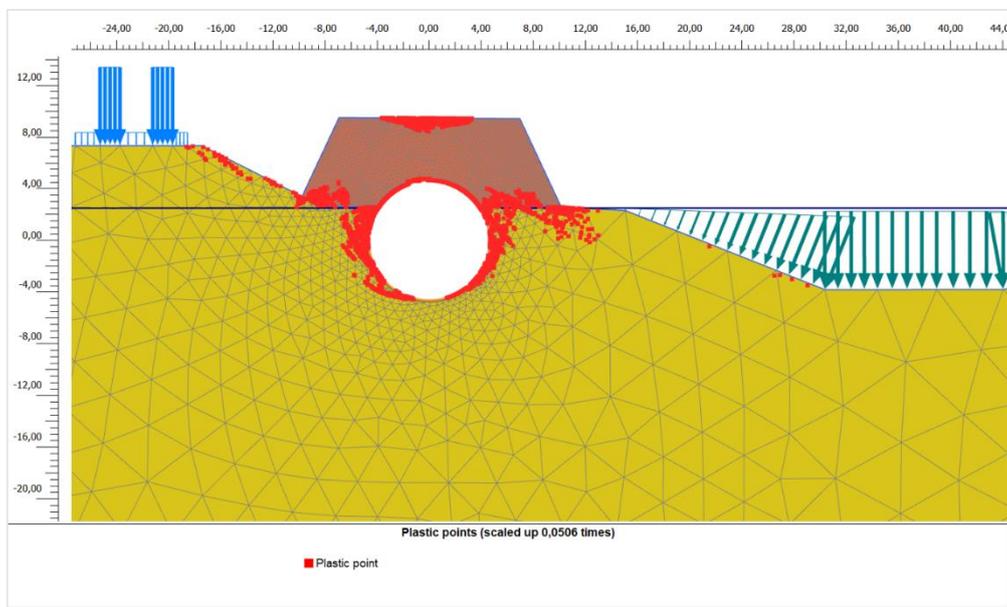


Figura 9-85: Plasticizzazioni con VL=1.0%

I cedimenti della ferrovia risultano trascurabili in quanto inferiori al millimetro.

9.8 SEZIONE 6 PK 0+515 B.D.

9.8.1 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 che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa 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 9-86, 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 9.496 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.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	101 di 266

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]010582
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.946732

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]00307
 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]06306
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]06306
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera999174

Figura 9-86: Output programma di calcolo GV4

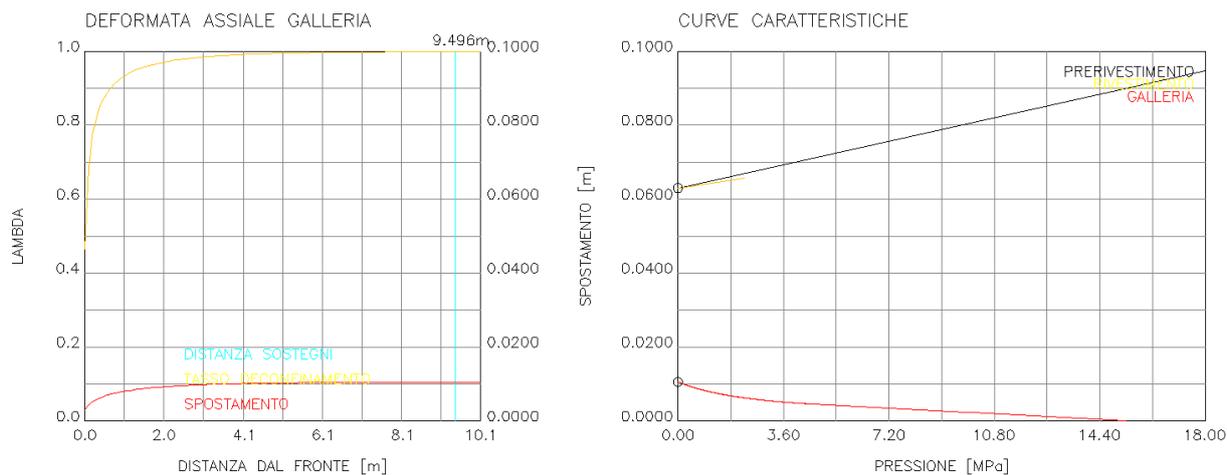


Fig. 9-87 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell’anello

9.8.1.1. 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 6 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 102 di 266

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
PRL	145	566	100	27	380	36	1800	0.9
BSSb	365			27	1434	33	6800	0.9
BSSa	160			27	2088	35	14000	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 9-35: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 0+515 B.D.

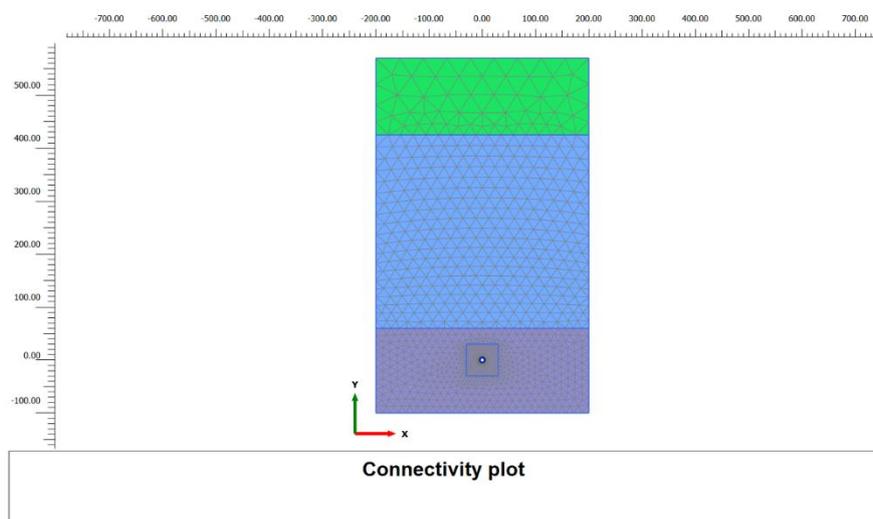


Figura 9-88: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 0+515 B.D.

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.

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 103 di 266	

2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 99.9% ($\lambda=0.999$);
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)
Nmax	-84.44	0.19	1.04	-197.59	0.59	2.42
Nmin	-112.18	0.98	-1.20	-262.51	3.01	-2.81
Mmax	-88.22	1.08	3.87	-206.43	3.30	9.05
Mmin	-100.99	-1.51	-1.11	-236.32	-4.64	-2.61
Tmax	-97.35	0.71	5.25	-227.81	2.17	12.29
Tmin	-97.89	-0.18	-5.35	-229.07	-0.56	-12.53

Tabella 9-36: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

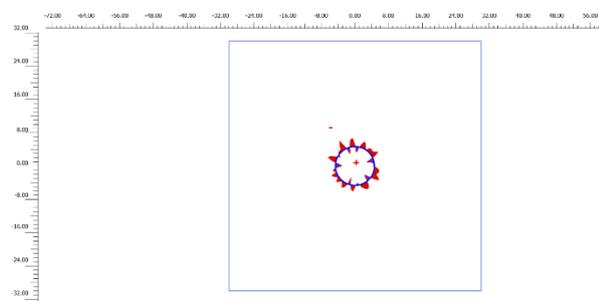
LT	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-4544.67	-9.68	0.69	-10634.52	-29.67	1.62
Nmin	-4698.34	-10.62	0.05	-10994.12	-32.56	0.12
Mmax	-4553.83	-9.51	-0.39	-10655.95	-29.14	-0.92
Mmin	-4595.61	-16.53	-0.13	-10753.72	-50.68	-0.31
Tmax	-4598.62	-14.02	3.50	-10760.77	-42.99	8.20
Tmin	-4573.31	-12.80	-3.64	-10701.54	-39.25	-8.52

Tabella 9-37: 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.

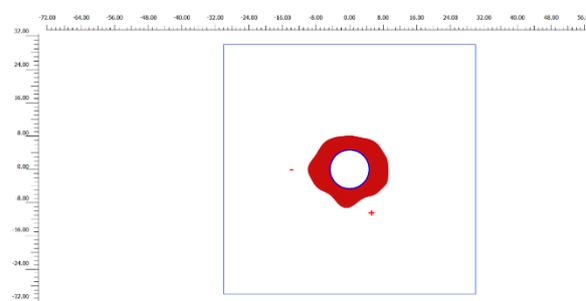
Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 104 di 266



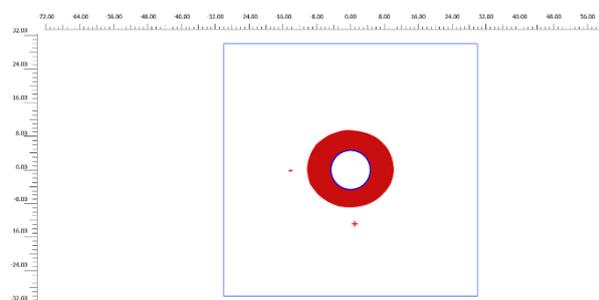
Bending moments M (scaled up 1.60 times)
Maximum value = 1.078 kN m/m (Element 10 at Node 85)
Minimum value = -1.515 kN m/m (Element 2 at Node 1449)

a)



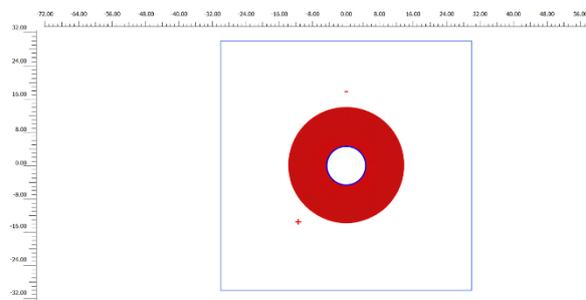
Bending moments M (scaled up 0.320 times)
Maximum value = -0.507 kN m/m (Element 12 at Node 113)
Minimum value = -16.53 kN m/m (Element 6 at Node 753)

b)



Axial forces N (scaled up 0.0500 times)
Maximum value = -84.44 kN/m (Element 11 at Node 53)
Minimum value = -112.2 kN/m (Element 6 at Node 753)

c)



Axial forces N (scaled up 2.00*10⁻³ times)
Maximum value = -4545 kN/m (Element 8 at Node 298)
Minimum value = -4668 kN/m (Element 1 at Node 1490)

d)

Figura 9-89: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.8.2 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 105 di 266

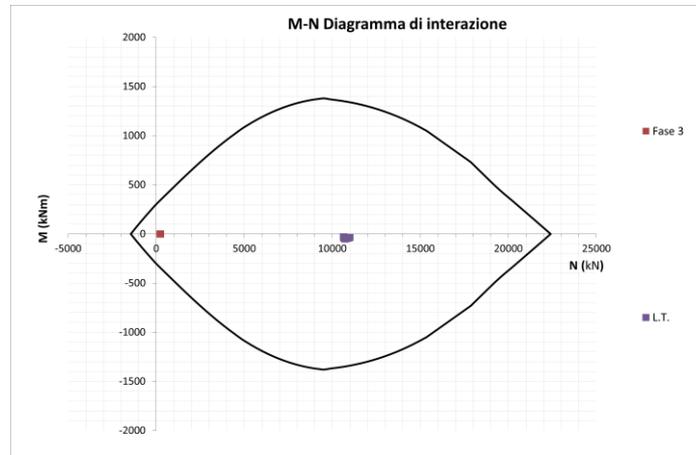


Figura 9-90: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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.

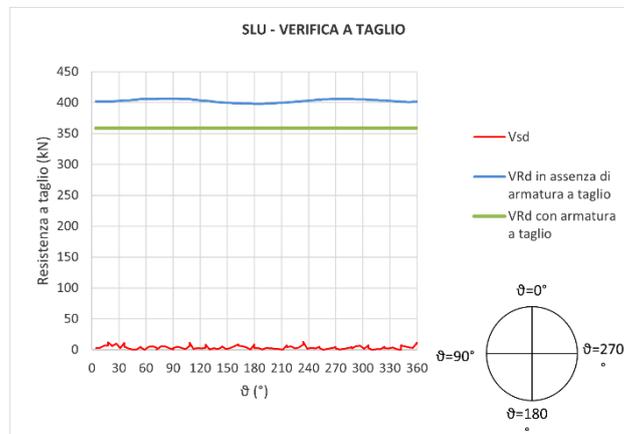


Figura 9-91: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 106 di 266

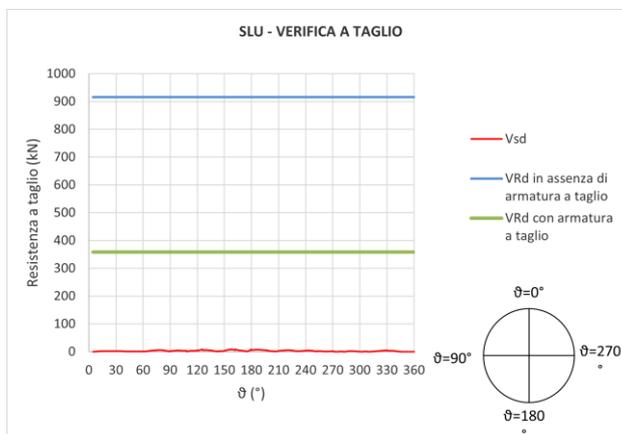


Figura 9-92: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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.

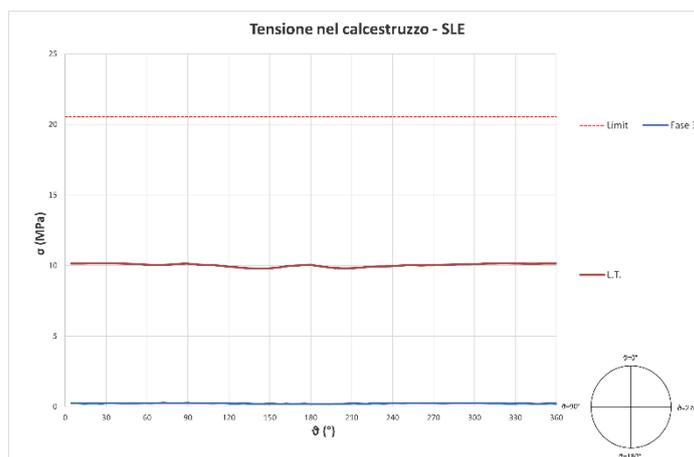


Figura 9-93: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 107 di 266

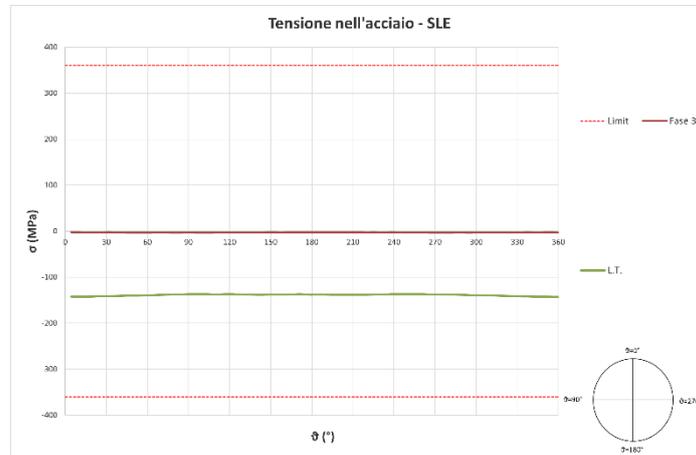


Figura 9-94: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

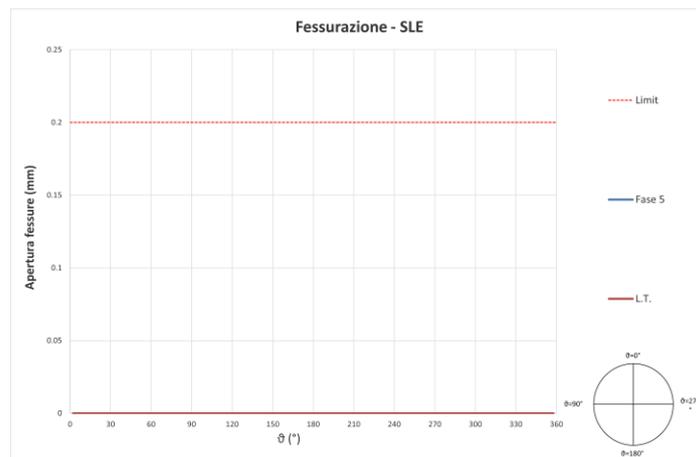


Figura 9-95: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	108 di 266

9.9 SEZIONE 7 PK 1+065 B.D.

9.9.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione 7 a pk 1+065 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di sovra scavo. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_o	γ	c'_d	ϕ'_{dp}	E'_d
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
BSSb (in faglia)	1+065	554	14.960	27	0.860	23	1300

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria

σ_o = tensione totale iniziale al livello del cavo

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'_d = valore di progetto della coesione

E'_d = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 9-38: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U _f [m]	U _f /Req [%]	R _{pf} [m]	R _{pf} /Req [-]
Senza pressione al fronte	1+065 B.D.	0.096	1.934	8.152	1.650
Con 3 bar di pressione al fronte		0.080	1.623	7.784	1.576

U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
R_{PF} = raggio plastico al fronte
R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,94 m)

Tabella 9-39: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Le deformazioni attese risultano comunque importanti, ma applicando una contropressione di 3 bar al fronte si riescono a ridurre le convergenze e a ridurre la fascia plastica. Tale pressione risulta pertanto necessaria.

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	109 di 266

9.9.2 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 più 10 cm di sovra scavo. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Pertanto, il software GV4 viene utilizzato al solo scopo di valutare la convergenza al fronte e per effettuare l'analisi di stabilità.

Il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria viene valutato direttamente nel modello numerico tale per cui si ottenga in Plaxis 2D una convergenza complessiva del cavo della galleria data dalla somma della convergenza al fronte ricavata in GV4 (Allegato 1) e del gap tra scudo e ammasso roccioso. Tale rilascio viene cautelativamente applicato direttamente sul rivestimento definitivo. Al fine di colmare il gap totale più la convergenza del fronte, da modello numerico, risulta necessario applicare un fattore di rilascio tensionale pari al 98%.

In questo modo viene simulato l'avanzamento della TBM fin quando lo scudo entra in contatto con l'ammasso circostante e si ottiene una modellazione più realistica, soprattutto nelle zone di faglia, dove sono presenti nel modello particolari situazioni stratigrafiche.

9.9.2.1. 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 7 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k0
<i>Formazione</i>								
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
PRL	255	554	90	27	720	34	3500	0.9
BSSb	363			27	860	23	1300	0.9
BSSa	89			27	2000	36	14000	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

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 110 di 266

Tabella 9-40: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 1+065 B.D.

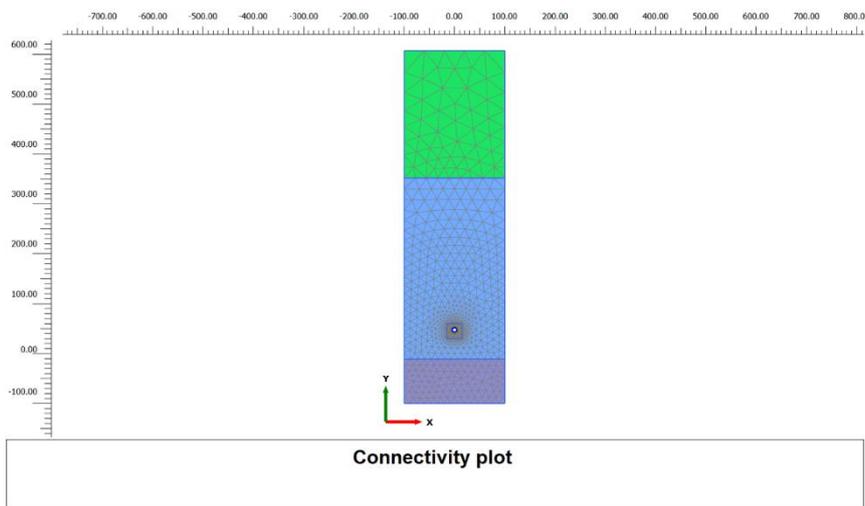


Figura 9-96: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 1+065 B.D.

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.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 98% ($\lambda=0.98$);
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 fasi di avanzamento della TBM fino a chiusura del gap ammasso scudo (Fase 2 e 4) si ottiene una convergenza del cavo totale pari circa a 24cm, che depurata della convergenza al fronte di 8cm (Allegato 1), risulta circa pari al gap ammasso roccioso – scudo pari a 16cm.

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
---------------	---	---------------------------------------

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 111 di 266

	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-1277.47	9.77	-2.82	-2989.27	29.96	-6.60
Nmin	-1362.76	-9.63	-2.67	-3188.87	-29.53	-6.24
Mmax	-1333.08	11.69	-1.58	-3119.40	35.83	-3.70
Mmin	-1361.50	-11.02	0.78	-3185.92	-33.79	1.83
Tmax	-1334.48	6.30	13.83	-3122.69	19.31	32.36
Tmin	-1336.55	4.46	-17.21	-3127.52	13.66	-40.28

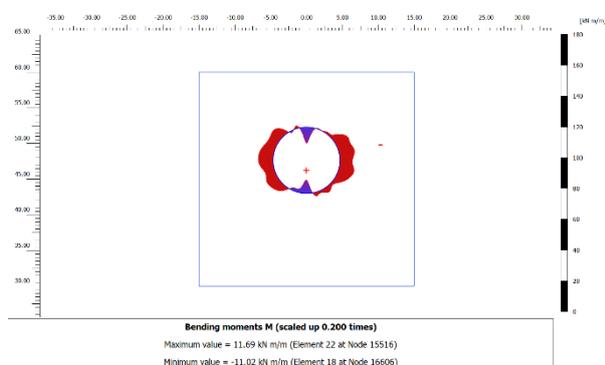
Tabella 9-41: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

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	-5337.94	5.45	19.52	-12490.78	16.72	45.69
Nmin	-5464.90	-23.93	3.48	-12787.87	-73.34	8.14
Mmax	-5437.47	10.45	-3.92	-12723.69	32.05	-9.17
Mmin	-5425.28	-29.91	-0.79	-12695.15	-91.68	-1.85
Tmax	-5438.95	-0.27	27.74	-12727.13	-0.84	64.91
Tmin	-5444.04	-2.52	-30.91	-12739.06	-7.72	-72.34

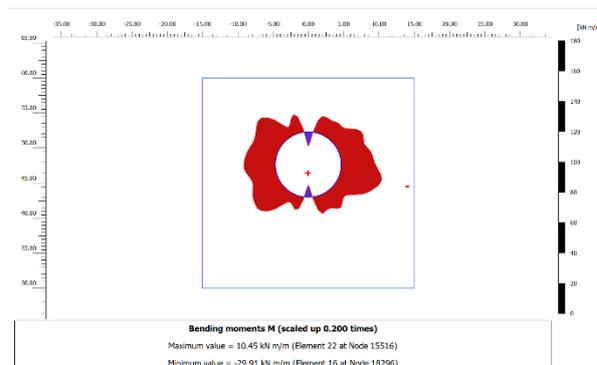
Tabella 9-42: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

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:

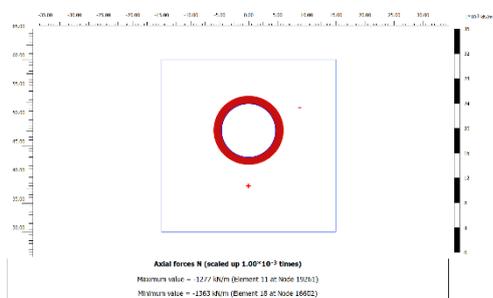


a)

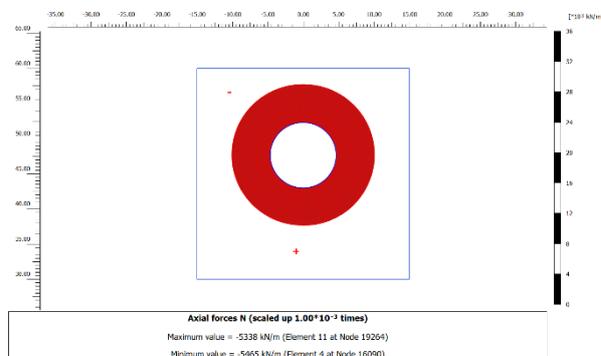


b)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 112 di 266



c)



d)

Figura 9-97: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.9.3 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.

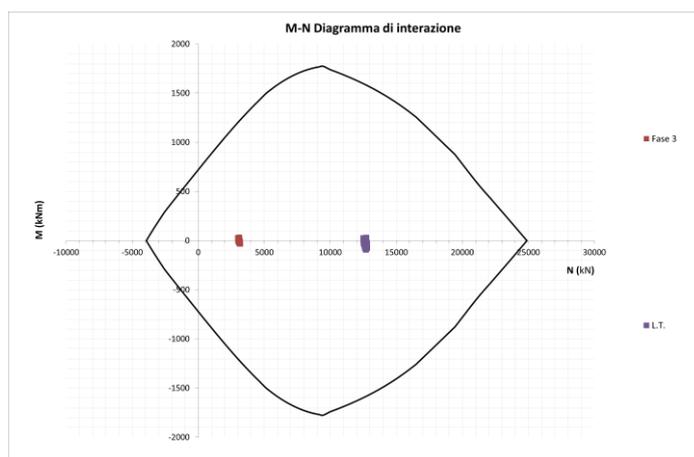


Figura 9-98: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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 e 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 113 di 266

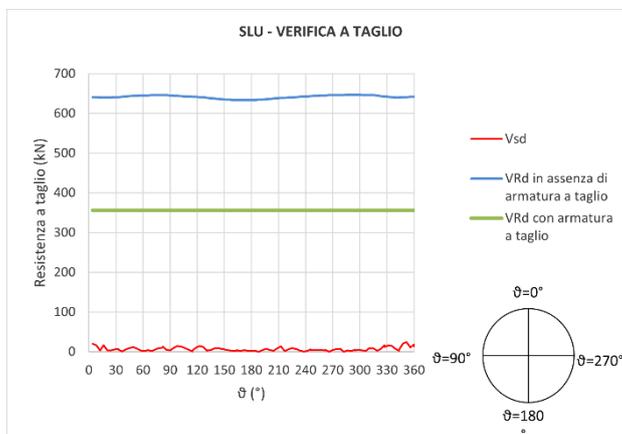


Figura 9-99: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

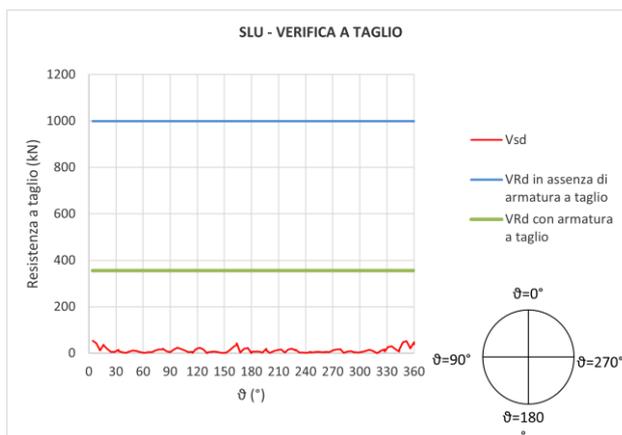


Figura 9-100: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 114 di 266

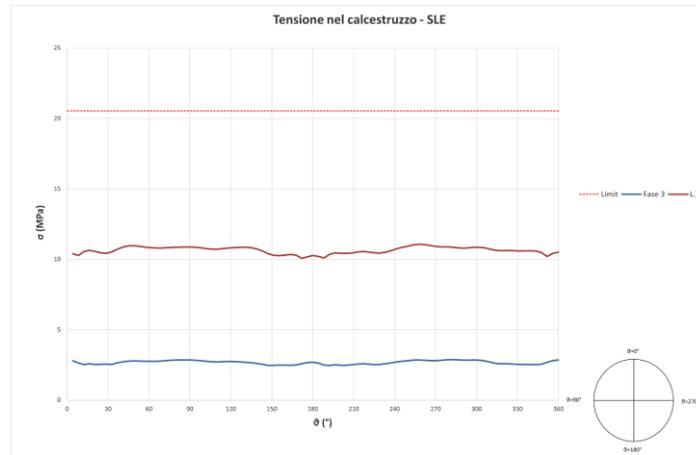


Figura 9-101: Stato tensionale cls (Fase3 - L.T.)

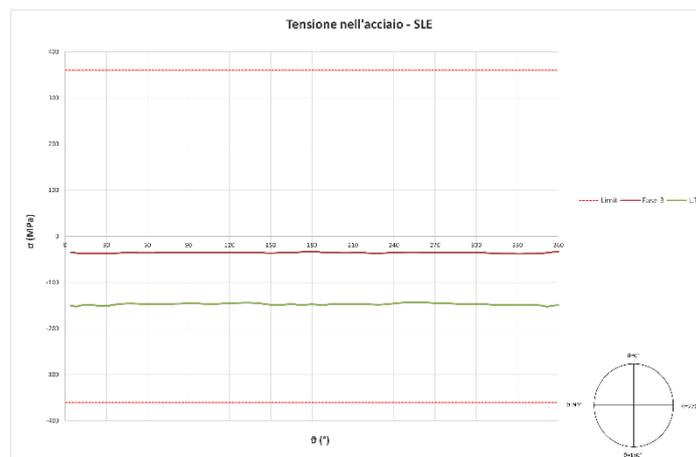


Figura 9-102: Stato tensionale acciaio (Fase3 - L.T.)

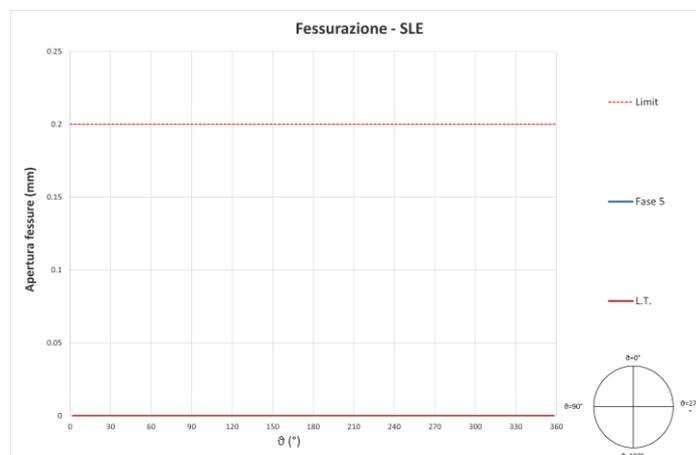


Figura 9-103: Stato di fessurazione (Fase3 - L.T.)

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	115 di 266

9.10 SEZIONE 8 PK 1+500 B.D.

9.10.1 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 che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa 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 9-104, 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 9.496 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] ..... .030316
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] ..... 8.841177

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] ..... .000000
Pressione al punto di equilibrio [MPa] ..... .000000
Spostamento al punto di equilibrio [m] ..... .00879
Convergenza radiale scudo [m] ..... .000000
Tensione scudo [MPa] ..... .000000
Coefficiente di sicurezza scudo ..... .000000
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] ..... .000000
Pressione punto di equilibrio [MPa] ..... .000000
Spostamento punto di equilibrio [MPa] ..... .06876
Spostamento galleria alla messa in opera [m] ..... .06876
Convergenza radiale rivestimento [m] ..... .000000
Tensione CLS [MPa] ..... .000000
Coefficiente di sicurezza CLS ..... 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] ..... 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] ..... 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera ..... .997771

```

Figura 9-104: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 116 di 266

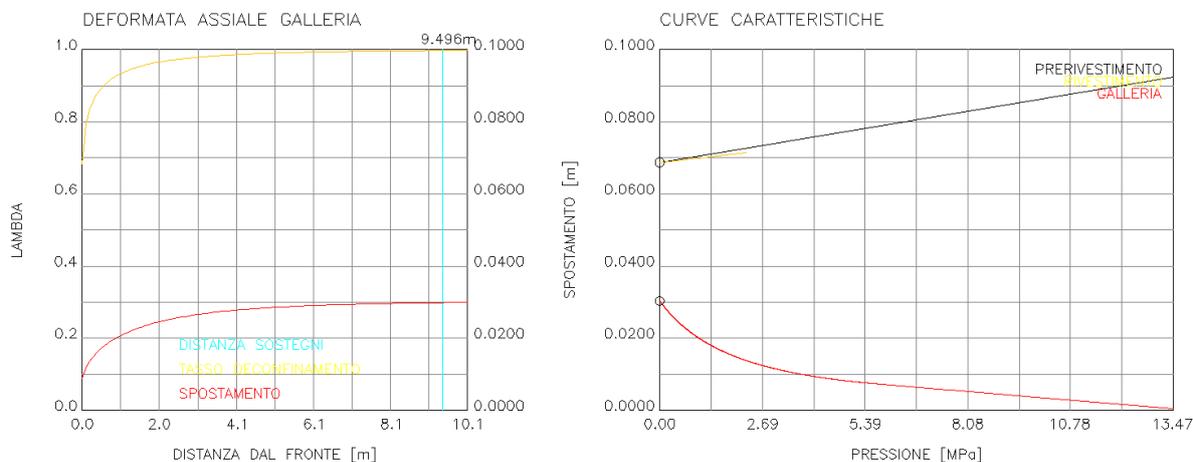


Fig. 9-105 – Definizione della preconvergenza della galleria prima della messa in opera dell'anello

9.10.1.1. 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 8 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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]	[-]
PRL	255	518	90	27	720	34	3500	0.9
BSSb	354			27	1434	30	6800	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 9-43: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 1+500 B.D.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 117 di 266

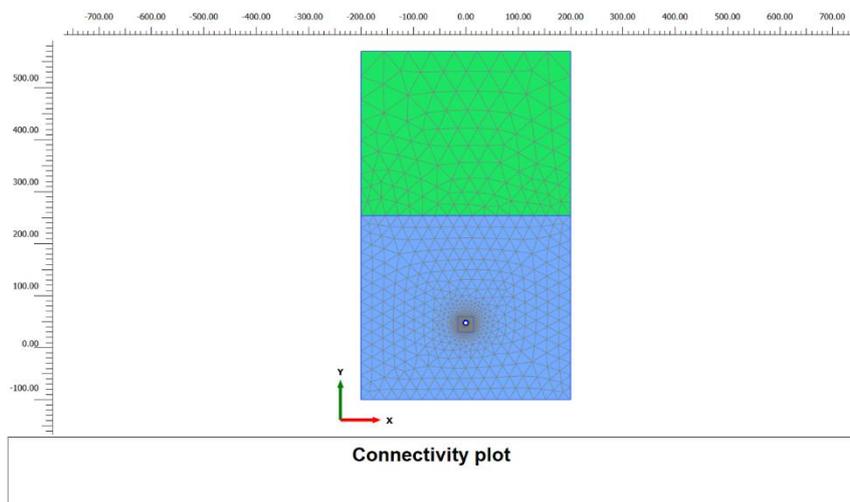


Figura 9-106: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 1+500 B.D.

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.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, 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}	-119.90	-0.50	0.07	-280.56	-1.55	0.16
N_{min}	-180.53	0.24	0.04	-422.43	0.73	0.10
M_{max}	-160.23	0.48	0.33	-374.93	1.46	0.76

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 118 di 266

Mmin	-135.55	-1.73	0.06	-317.19	-5.30	0.15
Tmax	-147.67	-0.72	1.59	-345.55	-2.22	3.72
Tmin	-151.75	-0.30	-1.30	-355.09	-0.93	-3.04

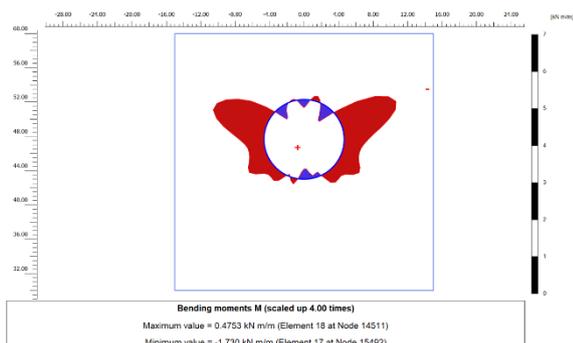
Tabella 9-44: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

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	-4516.14	-13.50	-0.79	-10567.76	-41.39	-1.85
Nmin	-4647.44	-15.53	-0.54	-10875.02	-47.60	-1.26
Mmax	-4595.45	-6.99	0.53	-10753.36	-21.42	1.25
Mmin	-4545.01	-15.72	-0.06	-10635.33	-48.20	-0.14
Tmax	-4618.05	-9.56	4.19	-10806.23	-29.31	9.81
Tmin	-4578.66	-10.00	-4.16	-10714.06	-30.64	-9.74

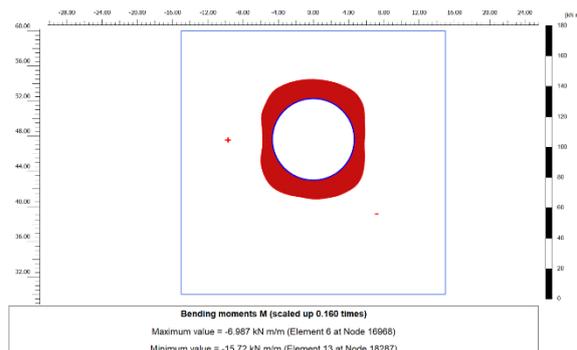
Tabella 9-45: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

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:

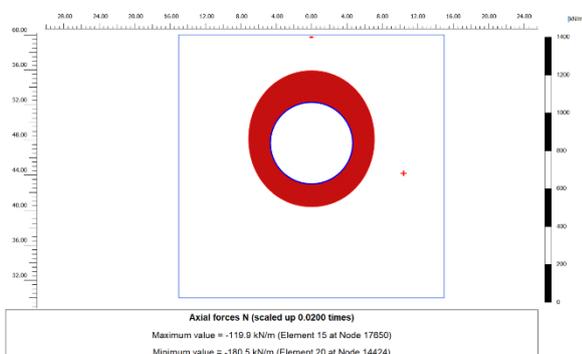


a)

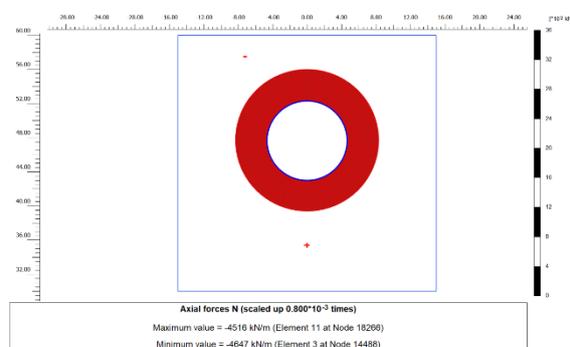


b)

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	119 di 266



c)



d)

Figura 9-107: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo A.

9.10.2 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.

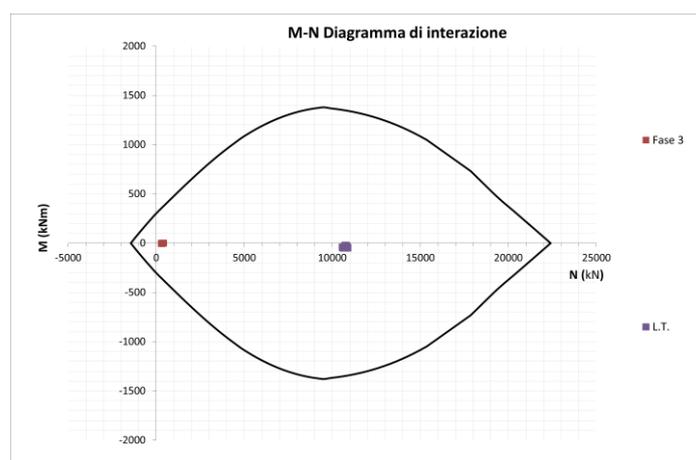


Figura 9-108: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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 e 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 120 di 266

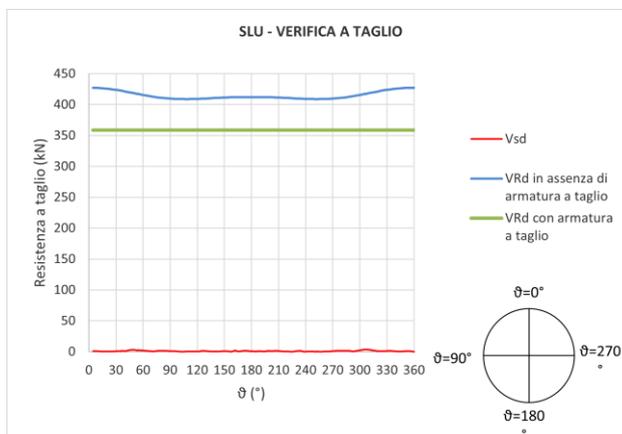


Figura 9-109: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

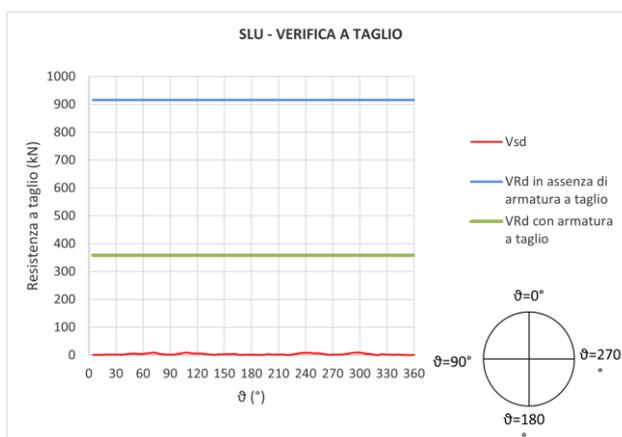


Figura 9-110: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 121 di 266

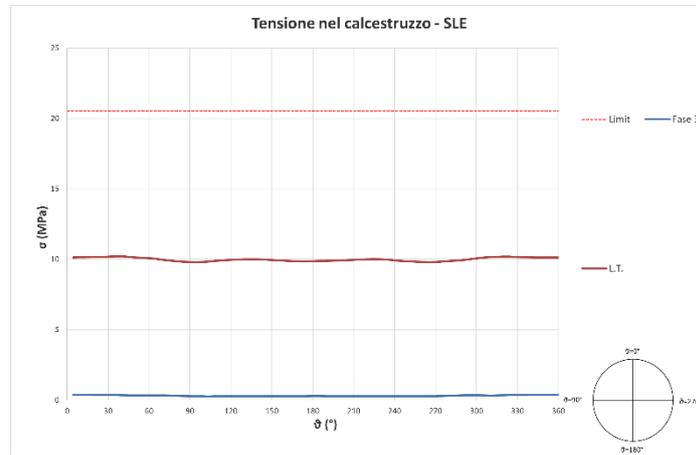


Figura 9-111: Stato tensionale cls (Fase3 - L.T.)

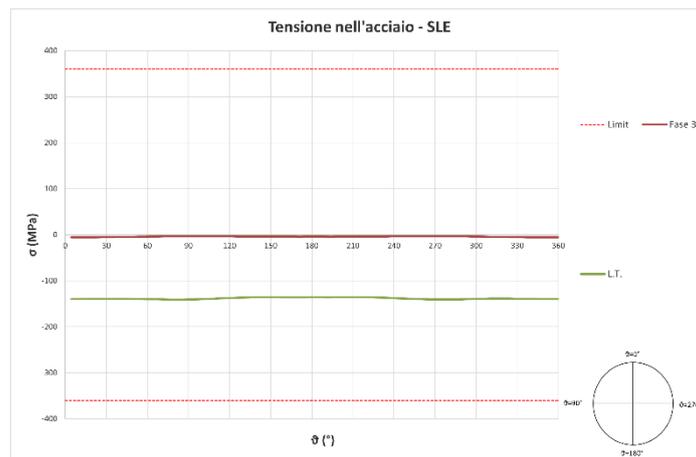


Figura 9-112: Stato tensionale acciaio (Fase3 - L.T.)

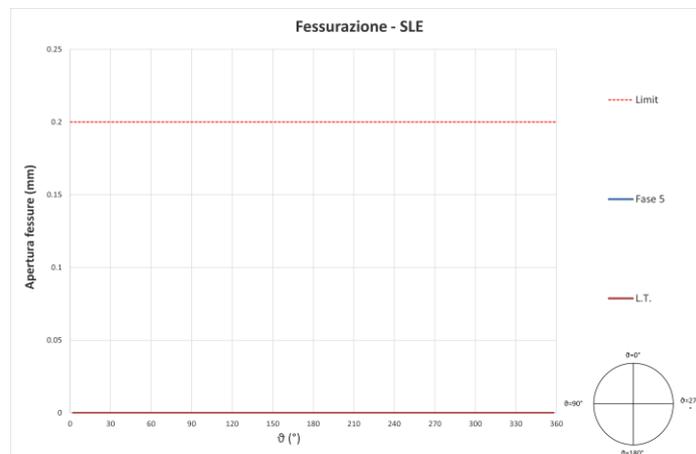


Figura 9-113: Stato di fessurazione (Fase3 - L.T.)

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	122 di 266

9.11 SEZIONE 9 PK 2+720 B.D.

9.11.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione 9 a pk 2+720 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di sovra scavo. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_o	γ	c'_d	ϕ'_{dp}	E'_d
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
BSSb (in faglia)	2+720	175	4.73	27	0.297	27	800

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria

σ_o = tensione totale iniziale al livello del cavo

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'_d = valore di progetto della coesione

E'_d = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 9-46: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U _f [m]	U _f /Req [%]	R _{pf} [m]	R _{pf} /Req [-]
Senza pressione al fronte	2+720 B.D.	0.059	1.191	7.713	1.561
Con 3 bar di pressione al fronte		0.037	0.740	6.792	1.375

U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
R_{PF} = raggio plastico al fronte
R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,94 m)

Tabella 9-47: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Le deformazioni attese risultano comunque importanti, ma applicando una contropressione di 3 bar al fronte si riescono a ridurre le convergenze e a ridurre la fascia plastica. Tale pressione risulta pertanto necessaria.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	123 di 266

9.11.2 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 più 10 cm di sovra scavo. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione non si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Al fine di calcolare il rilascio tensionale si considera la pressione applicata in corrispondenza del punto di installazione dell'anello, come si evince dall'output riportato in Allegato 1.

Pertanto il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria si calcola come segue:

$$\lambda = 1 - \frac{P_{\text{rivestimento}}}{P_0} = 1 - \frac{0.3}{4.73} = 0.937$$

Dove:

- $P_{\text{rivestimento}}=P_{\text{fronte}}=0.3$ MPa rappresenta la pressione al punto di equilibrio;
- $P_0=4.73$ MPa rappresenta la tensione geostatica originaria.

9.11.2.1. 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 9 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
<i>Formazione</i>	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
PRL	153	175	90	27	298	39	1800	0.9
BSSb Danneggiamento 13*	32			27	297	27	800	0.9
BSSb	95			27	492	36	2500	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 9-48: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 2+720 B.D.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 124 di 266

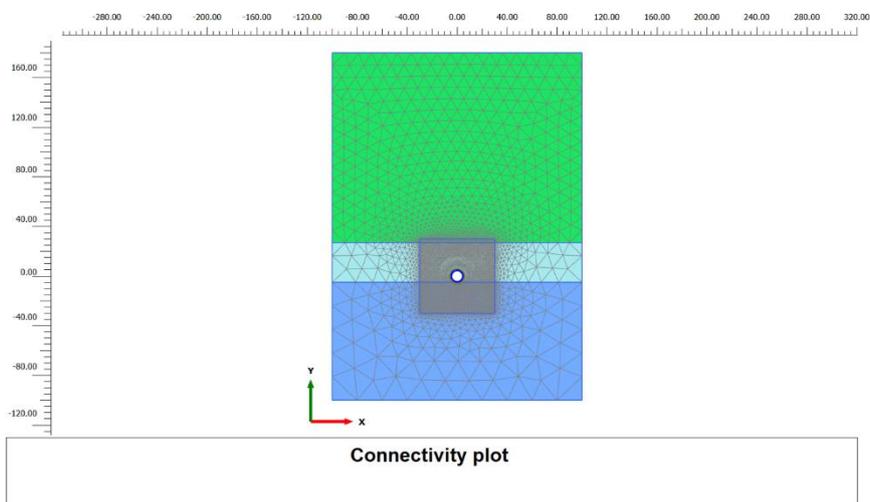


Figura 9-114: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 2+720 B.D.

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.

Le fasi di analisi sono le seguenti:

0. Costruzione della geometria del modello;
1. Inizializzazione dello stato tensionale;
2. Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 93.7% ($\lambda=0.937$);
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)
Nmax	-1321.30	11.85	8.65	-3091.84	36.33	20.25
Nmin	-1382.78	13.97	0.05	-3235.70	42.84	0.12
Mmax	-1324.69	15.35	2.75	-3099.78	47.05	6.43

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 125 di 266

Mmin	-1372.18	-18.88	0.09	-3210.90	-57.89	0.21
Tmax	-1335.41	2.70	26.84	-3124.86	8.28	62.81
Tmin	-1335.39	2.70	-26.83	-3124.82	8.26	-62.79

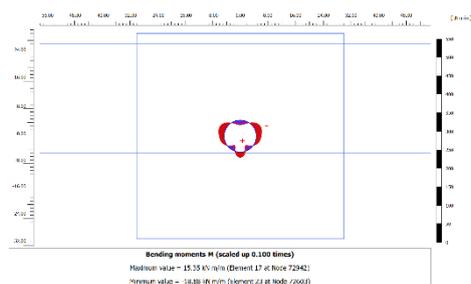
Tabella 9-49: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

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	-5361.50	7.83	-3.33	-12545.92	24.01	-7.79
Nmin	-5548.65	3.41	0.02	-12983.83	10.46	0.05
Mmax	-5362.81	8.43	2.20	-12548.97	25.84	5.14
Mmin	-5374.67	-44.95	0.47	-12576.74	-137.80	1.09
Tmax	-5383.02	-14.95	43.23	-12596.28	-45.82	101.17
Tmin	-5383.10	-14.95	-43.22	-12596.46	-45.84	101.14

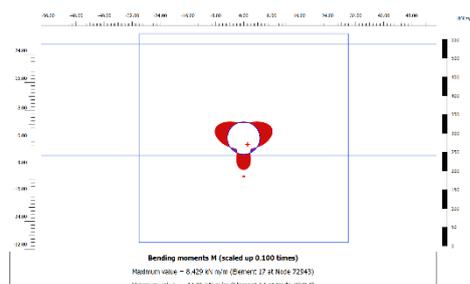
Tabella 9-50: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

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.

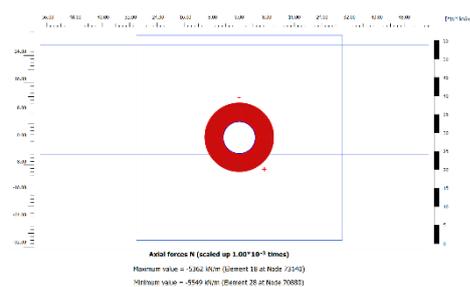
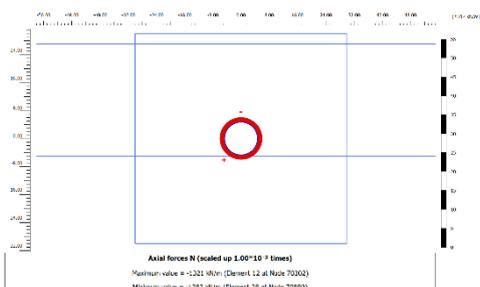
Lo sforzo normale è considerato negativo se di compressione, il momento flettente è considerato positivo se tende le fibre di intradosso del rivestimento. Si riportano di seguito i grafici relativi agli andamenti degli sforzi ottenuti dalla simulazione in Plaxis 2D:



a)



b)



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 126 di 266

c)

d)

Figura 9-115: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.11.3 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 IB0U1BEZZRHGN0000003.

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.

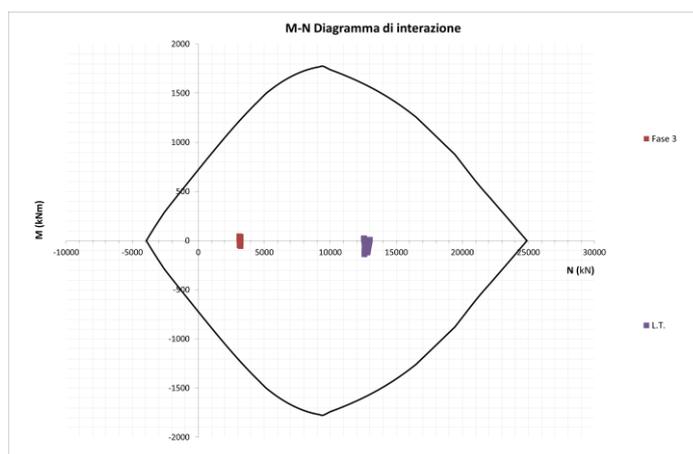


Figura 9-116: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 127 di 266

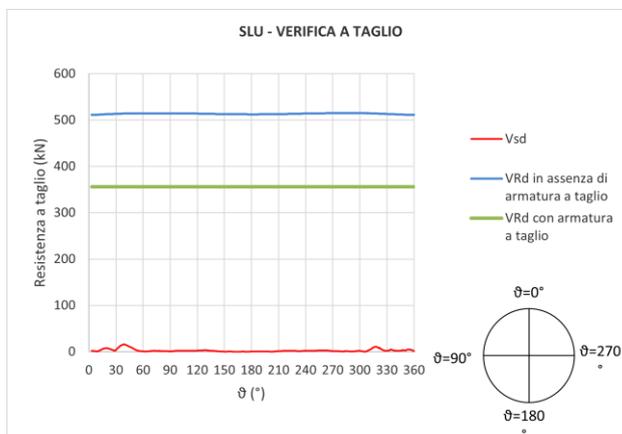


Figura 9-117: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

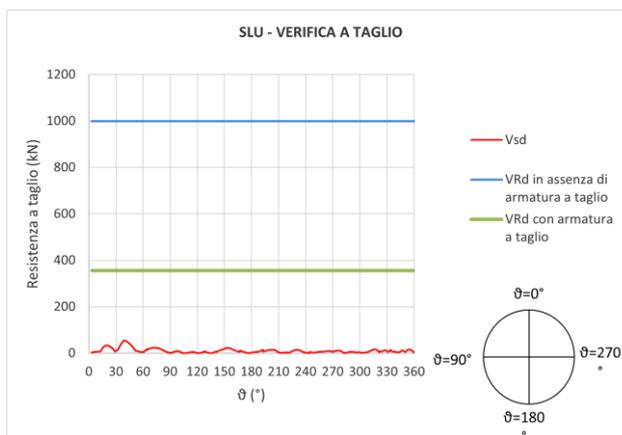


Figura 9-118: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 128 di 266

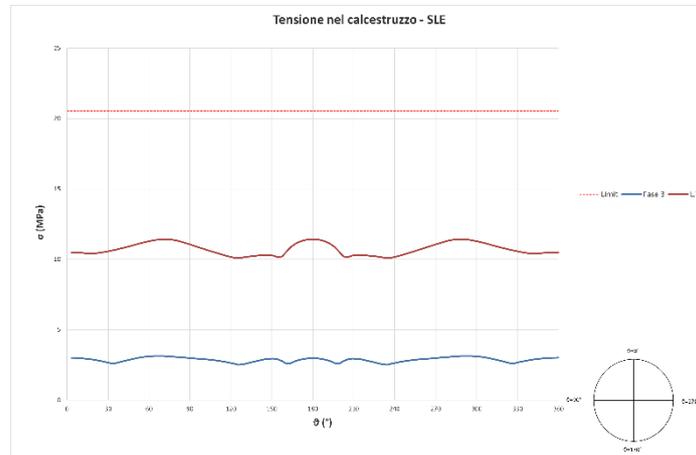


Figura 9-119: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

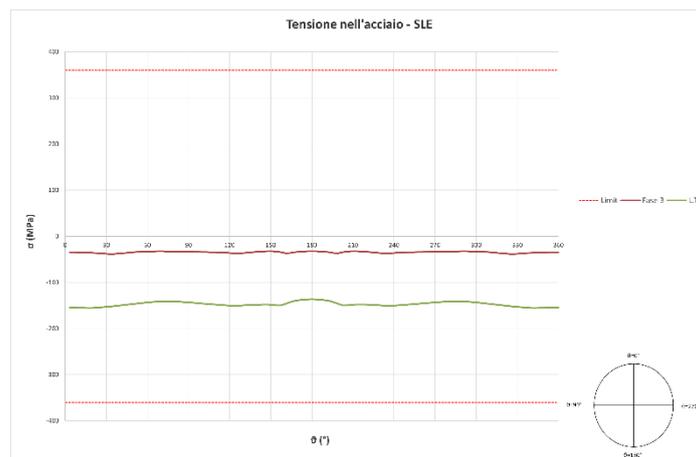


Figura 9-120: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

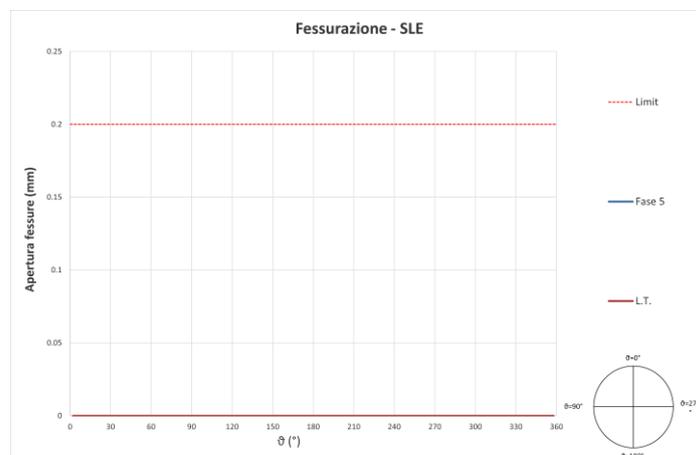


Figura 9-121: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	129 di 266

9.12 SEZIONE 10 PK 2+910 B.D.

9.12.1 Stabilità del fronte e del cavo

Nel seguito si riassumono i dati di input utilizzati per le analisi di stabilità del fronte della sezione 10 a pk 2+910 eseguita con il metodo delle linee caratteristiche assumendo un gioco radiale tra estradosso scudo e ammasso circostante pari a 6 cm più 10 cm di sovra scavo. Inoltre si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte pari a 9.496 m.

Unità	pk	H	σ_o	γ	c'_d	ϕ'_{dp}	E'_d
	[km]	[m]	[MPa]	[kN/m ³]	[MPa]	[°]	[MPa]
PRL (in faglia)	2+910	102	2.75	27	0.174	27	800

H = copertura rispetto al piano dei centri della galleria

σ_o = tensione totale iniziale al livello del cavo

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'_d = valore di progetto della coesione

E'_d = valore di progetto del modulo elastico dell'ammasso ($E_d = E_k$)

Tabella 9-51: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi della stabilità del fronte

Sono stati valutati lo spostamento ed il raggio plastico al fronte dalla curva caratteristica al fronte con cavità sferica. L'entità degli spostamenti e delle plasticizzazioni sono tali da ritenere il nucleo-fronte instabile e quindi la verifica di stabilità del fronte non è soddisfatta.

A tal proposito l'analisi è stata ripetuta con l'applicazione di una contropressione al fronte. Si riportano di seguito i valori di convergenza e raggio plastico valutati con o senza contropressione.

Analisi	Sezione di calcolo	U _f [m]	U _f /Req [%]	R _{pf} [m]	R _{pf} /Req [-]
Senza pressione al fronte	2+910 B.D.	0.039	0.786	7.713	1.561
Con 3 bar di pressione al fronte		0.019	0.378	6.350	1.285

U_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
R_{PF} = raggio plastico al fronte
R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria (= 4,94 m)

Tabella 9-52: Risultati dell'analisi della stabilità del fronte

Le deformazioni attese risultano comunque importanti, ma applicando una contropressione di 3 bar al fronte si riescono a ridurre le convergenze e a ridurre la fascia plastica. Tale pressione risulta pertanto necessaria.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	130 di 266

9.12.2 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 più 10 cm di sovra scavo. Inoltre, si è ipotizzata una lunghezza dello scudo pari a 11.115 m e che l'intasamento dell'anello avvenga a una distanza dal fronte conservativa pari a 9.496 m. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 45 cm.

In corrispondenza di tale sezione non si verifica un contatto tra ammasso roccioso e scudo. Al fine di calcolare il rilascio tensionale si considera la pressione applicata in corrispondenza del punto di installazione dell'anello, come si evince dall'output riportato in Allegato 1.

Pertanto il rilascio tensionale da applicare alla fase precedente alla messa in opera del rivestimento della galleria si calcola come segue:

$$\lambda = 1 - \frac{P_{\text{rivestimento}}}{P_0} = 1 - \frac{0.3}{2.75} = 0.891$$

Dove:

- $P_{\text{rivestimento}}=P_{\text{fronte}}=0.3$ MPa rappresenta la pressione al punto di equilibrio;
- $P_0=2.75$ MPa rappresenta la tensione geostatica originaria.

9.12.2.1. 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 10 delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena.

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 131 di 266	

Stratigrafia di calcolo	S	C	Falda	γ	c	ϕ	E	k₀
Formazione	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
[-]	[m]	[m]	[m da calotta]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[MPa]	[-]
PRL	100	102	35	27	298	39	1800	0.9
BSSb Danneggiamento 14*	28			27	174	27	700	0.9
BSSb	77			27	492	36	2500	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 9-53: Parametri geotecnici di calcolo per l'analisi numerica della sezione a pk 2+910 B.D.

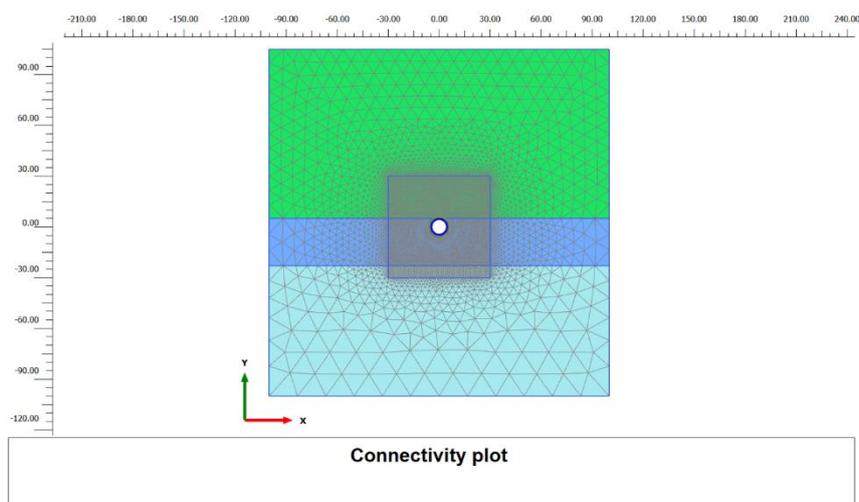


Figura 9-122: Geometria di analisi – Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena pk 2+910 B.D.

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.

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 132 di 266

- Rilascio parziale, in corrispondenza del rivestimento definitivo, dello stato tensionale sul contorno di scavo della canna pari al 89.1% ($\lambda=0.891$);
- 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	-1265.47	-17.87	0.00	-2961.20	-54.78	-0.01
Nmin	-1361.32	-8.29	-5.67	-3185.50	-25.40	-13.26
Mmax	-1285.07	13.25	-1.58	-3007.07	40.62	-3.71
Mmin	-1265.47	-17.87	0.01	-2961.20	-54.78	0.03
Tmax	-1279.83	-0.60	22.73	-2994.81	-1.84	53.19
Tmin	-1301.22	5.05	-8.45	-3044.85	15.48	-19.77

Tabella 9-54: Sollecitazioni sull'anello (Fase 3)

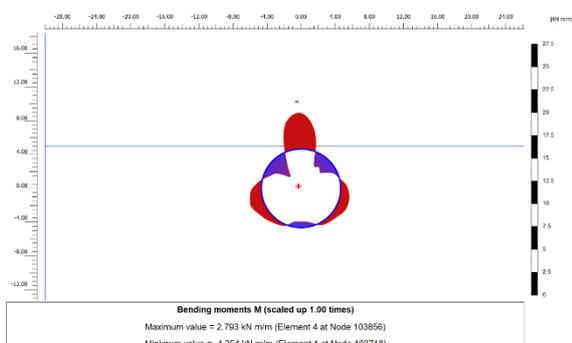
LT	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
Nmax	-2842.30	-34.38	0.01	-6650.97	-105.40	0.01
Nmin	-2963.63	4.29	0.05	-6934.89	13.15	0.12
Mmax	-2861.10	14.72	0.30	-6694.96	45.11	0.71
Mmin	-2842.30	-34.38	0.01	-6650.97	-105.40	0.01
Tmax	-2861.40	-6.77	34.23	-6695.69	-20.76	80.11
Tmin	-2850.14	-29.66	-13.44	-6669.32	-90.91	-31.44

Tabella 9-55: Sollecitazioni sull'anello (L.T.)

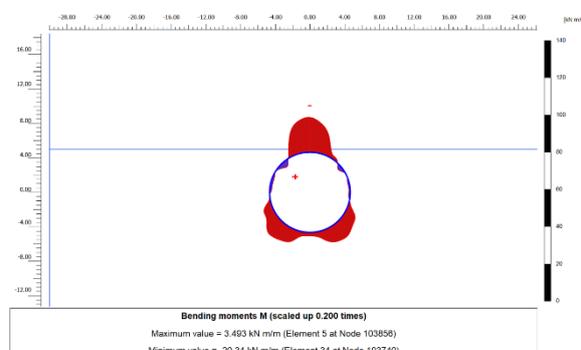
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è condotta, in accordo con la vigente normativa, secondo il metodo degli stati limite, verificando la corrispondenza delle sezioni allo stato limite ultimo S.L.U. ed agli stati limite di esercizio S.L.E.

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:

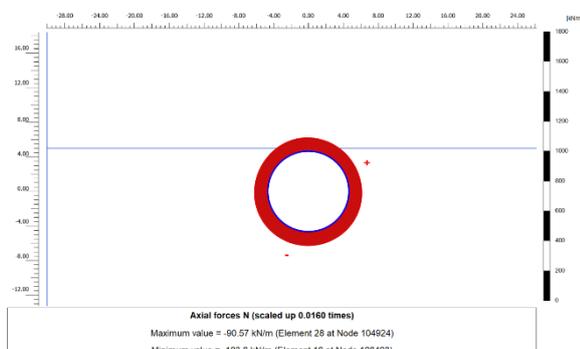
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 133 di 266



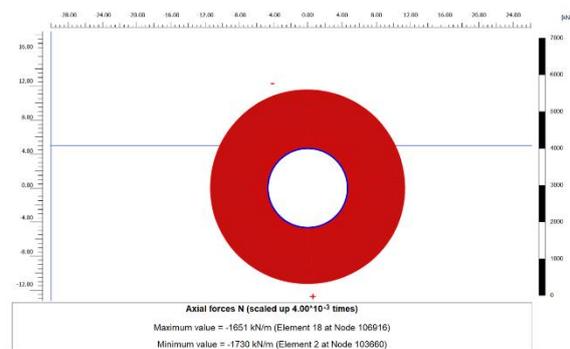
a)



b)



c)



d)

Figura 9-123: 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 §8.1 considerando in questa sezione l'applicazione del concio Tipo B.

9.12.3 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 134 di 266

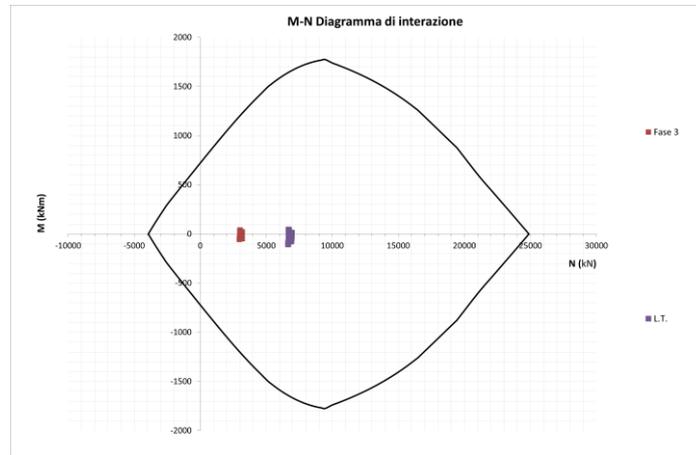


Figura 9-124: Dominio M-N (Fase3 – L.T.)

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.

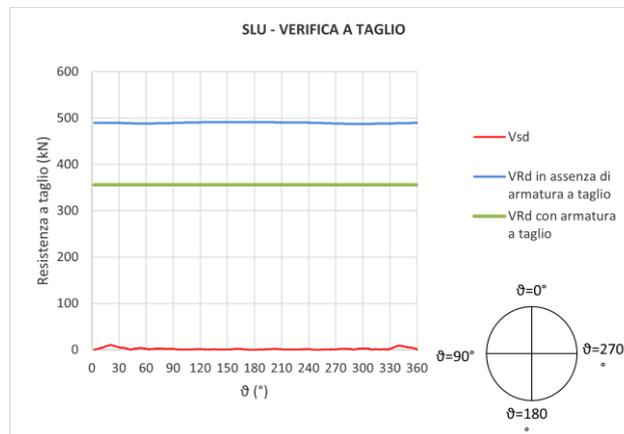


Figura 9-125: Verifica a taglio – Condizione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 135 di 266

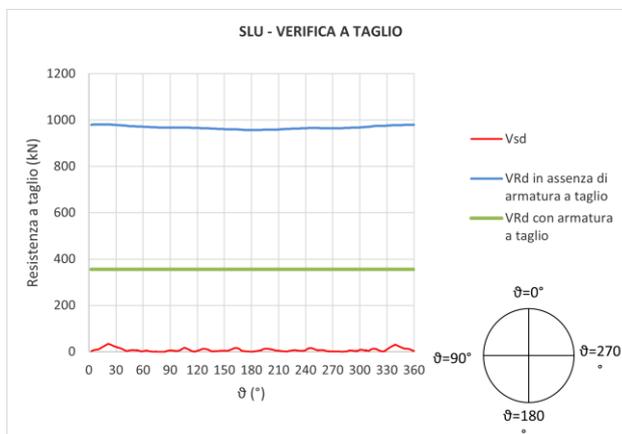


Figura 9-126: Verifica a taglio – Condizione L.T.

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.

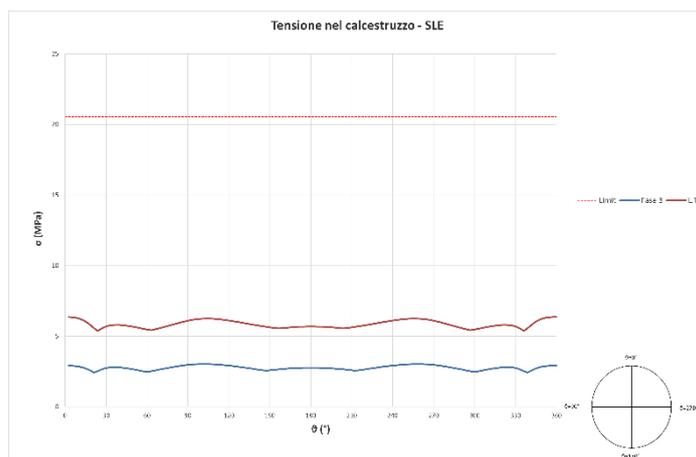


Figura 9-127: Stato tensionale cls (Fase3 – L.T.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 136 di 266

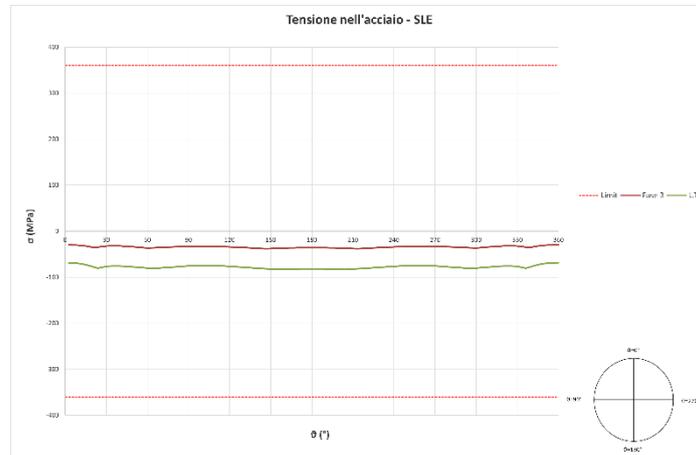


Figura 9-128: Stato tensionale acciaio (Fase3 – L.T.)

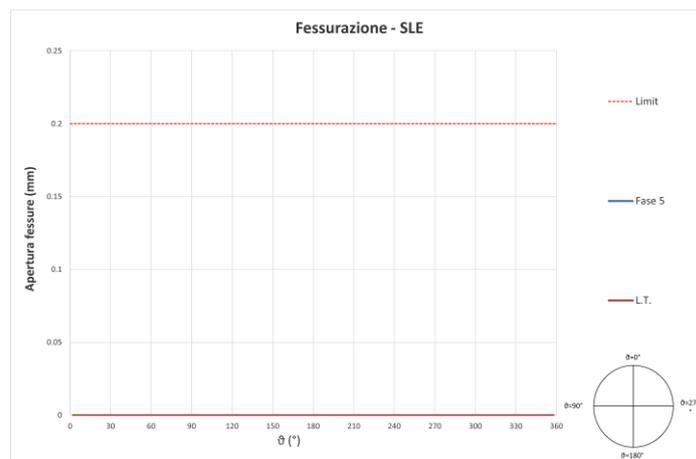


Figura 9-129: Stato di fessurazione (Fase3 – L.T.)

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	137 di 266

10. VERIFICA NEI RIGUARDI DELL'ESPOSIZIONE AL FUOCO

Per i dettagli delle verifiche nei riguardi dell'esposizione al fuoco si rimanda all'elaborato IBOU1BEZZRHGN0000003.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	138 di 266

11. RISULTATI DEI CALCOLI

Dalle analisi riportate al capitolo 9 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+500 B.P.	BSSb Faglia		X	
2	0+700 B.P.	BSSb	X		
3	1+830 B.P.	BSSb Faglia		X	
4	2+110 B.P.	BSSb	X		
5	2+335 B.P.	PRL	X		
6	0+515 B.D.	BSSa	X		
7	1+065 B.D.	BSSb		X	
8	1+500 B.D.	BSSb	X		
9	2+720 B.D.	BSSb Faglia		X	
10	2+910 B.D.	PRL Faglia		X	
11	2+625 B.P.	ar		X	
11	2+680 B.P.	ar		X	

Tabella 11-1: 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 per le gallerie di Interconnessione Ponte Gardena (GN07).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 139 di 266

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
Interconnessione PG BP	0+243	0+466	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+223	124	866
Interconnessione PG BP	0+466	0+675	Filladi	si - Rio Gola	400-800	Tipo B	0+209	116	814
Interconnessione PG BP	0+675	1+385	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+709	394	2759
Interconnessione PG BP	1+385	1+475	Filladi	si	400-800	Tipo B	0+090	50	351
Interconnessione PG BP	1+475	1+809	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+334	186	1300
Interconnessione PG BP	1+809	1+849	Filladi	si	100-400	Tipo B	0+040	22	156
Interconnessione PG BP	1+849	2+061	Filladi	no	100-400	Tipo A	0+212	118	826
Interconnessione PG BP	2+061	2+085	Filladi	si	100-400	Tipo B	0+023	13	90
Interconnessione PG BP	2+085	2+187	Filladi	no	100-400	Tipo A	0+103	57	400
Interconnessione PG BP	2+187	2+248	Filladi	si	100-400	Tipo B	0+060	33	234
Interconnessione PG BP	2+085	2+218	Paragneiss	no	50-100	Tipo A	0+133	74	517
Interconnessione PG BP	2+187	2+231	Paragneiss	si	50-100	Tipo C	0+044	24	170
Interconnessione PG BP	2+248	2+275	Paragneiss	Struttura fratturata	50-100	Tipo C	0+027	15	105
Interconnessione PG BP	2+218	2+245	Dep. di frana inattiv	no	50-100	Tipo C	0+027	15	105
Interconnessione PG BP	2+275	2+629	Dep. Alluv/Fluviogl	no	0-50	Tipo C	0+354	197	1379

Tabella 11-2: Riepilogo delle tipologie di conci per galleria di Interconnessione Ponte Gardena BP GN07

Totale conci Tipo A	Totale conci Tipo B	Totale conci Tipo C
6667	1645	1760

Tabella 11-3: Numero totale conci per tipologia per galleria di Interconnessione Ponte Gardena BP GN07

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
Interconnessione PG BD	0+254	0+847	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+594	330	2310
Interconnessione PG BD	0+847	1+047	Filladi	si - Rio Gola	400-800	Tipo B	0+199	111	774
Interconnessione PG BD	1+047	1+063	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+016	9	63
Interconnessione PG BD	1+063	1+083	Filladi	si	400-800	Tipo B	0+021	11	80
Interconnessione PG BD	1+083	1+678	Filladi	no	400-800	Tipo A	0+595	330	2312
Interconnessione PG BD	1+678	1+768	Filladi	si	100-400	Tipo B	0+090	50	349
Interconnessione PG BD	1+768	2+343	Filladi	no	100-400	Tipo A	0+575	320	2237
Interconnessione PG BD	2+343	2+383	Filladi	si	100-400	Tipo B	0+040	22	156
Interconnessione PG BD	2+383	2+721	Filladi	no	100-400	Tipo A	0+338	188	1313
Interconnessione PG BD	2+721	2+799	Filladi	si	100-400	Tipo B	0+078	44	305
Interconnessione PG BD	2+799	2+904	Filladi	no	100-400	Tipo A	0+104	58	406
Interconnessione PG BD	2+904	2+961	Paragneiss	si	100-400	Tipo B	0+057	32	222
Interconnessione PG BD	2+961	3+119	Paragneiss	no	50-100	Tipo A	0+158	88	614
Interconnessione PG BD	3+119	3+134	Paragneiss	Struttura fratturata	50-100	Tipo C	0+015	8	58
Interconnessione PG BD	3+119	3+189	Dep. Alluv/Fluviogl	no	0-50	Tipo C	0+070	39	273

Tabella 11-4: Riepilogo delle tipologie di conci per galleria di Interconnessione Ponte Gardena BD GN07

Totale conci Tipo A	Totale conci Tipo B	Totale conci Tipo C
9256	1886	331

Tabella 11-5: Numero totale conci per tipologia per galleria di Interconnessione Ponte Gardena BD GN07

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 140 di 266

12. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse all'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato nel tratto di scavo meccanizzato delle Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena (GN07).

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 141 di 266

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	142 di 266

13. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI DIAGNOSI

13.1 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 1 (PK. 0+500)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
Pk 0+500 B.P.
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] 14.98500
Modulo di Young [MPa] 1300.00000
Coefficiente di Poisson20000
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]83800
Angolo attrito picco [deg] 23.00000
Coesione residua [MPa]83800
Angolo attrito residuo [MPa] 23.00000
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]591692
Raggio plastico galleria [m] 17.768493
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]180143
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]058873
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]171591
Raggio plastico fronte sferico [m] 8.870817

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]591692
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 17.768493

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 143 di 266

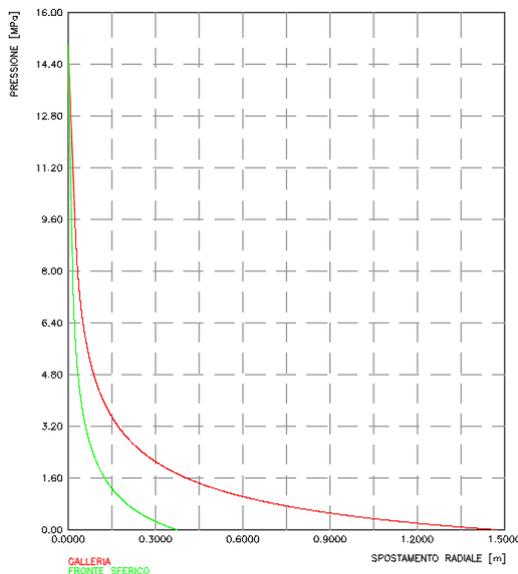


Figura 13-1: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+500 B.P.)

13.2 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 2 (PK. 0+700)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
Pk 0+700 B.P
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]	15.66000
Modulo di Young [MPa]	9100.00000
Coefficiente di Poisson .....	.20000
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]	1.59600
Angolo attrito picco [deg]	31.50000
Coesione residua [MPa]	1.59600
Angolo attrito residuo [MPa]	31.50000
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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 144 di 266

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]023524
Raggio plastico galleria [m] 8.450616
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]009260
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]002341
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]006822
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.168482

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]023524
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.450616

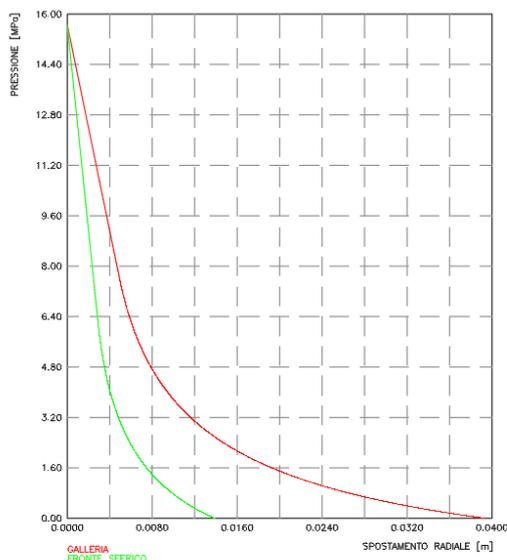


Figura 13-2: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+700 B.P.)

13.3 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 3 (PK. 1+830)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
Pk 1+830 B.P.
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)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	145 di 266

- 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] 8.37000
Modulo di Young [MPa] 1300.00000
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]59700
Angolo attrito picco [deg] 27.00000
Coesione residua [MPa]59700
Angolo attrito residuo [MPa] 27.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

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

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]165255
Raggio plastico galleria [m] 11.970074
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]057768
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]016443
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]047924
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.303963

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]165255
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 11.970074

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 146 di 266

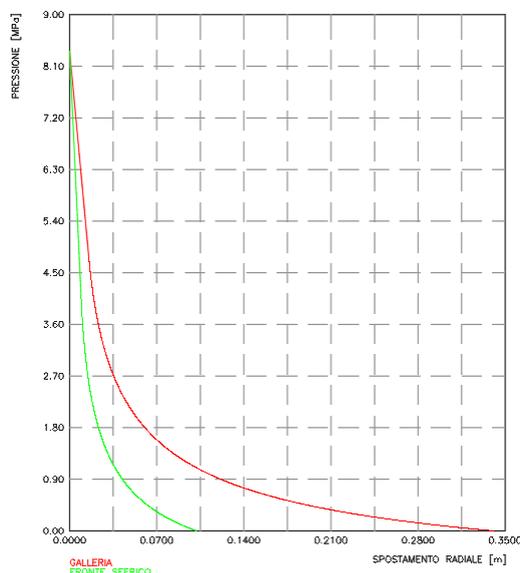


Figura 13-3: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 1+830 B.P.)

13.4 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 4 (PK. 2+110)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
Pk 2+110 B.P.
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]	4.86000
Modulo di Young [MPa]	3500.00000
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] .....	.63500
Angolo attrito picco [deg]	36.00000
Coesione residua [MPa] .....	.63500
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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 147 di 266

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]013189
 Raggio plastico galleria [m] 6.879498
 Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
 Spostamento radiale fronte sferico [m]005574
 Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]002222
 Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]003825
 Raggio plastico fronte sferico [m] 5.597802

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]013189
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.879498

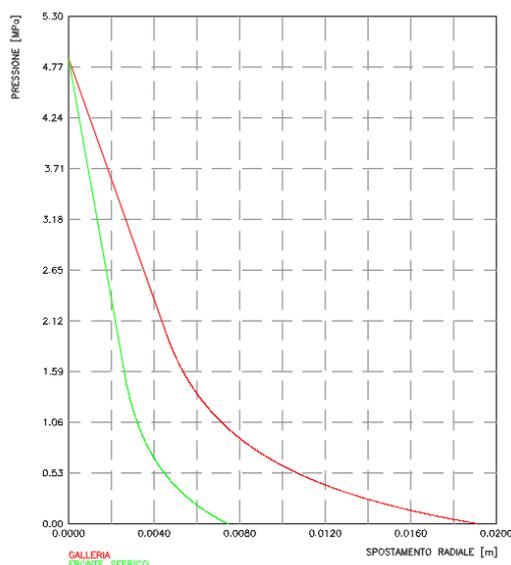


Figura 13-4: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 2+110 B.P.)

13.5 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 5 (PK. 2+335)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
 Pk 2+335
 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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 148 di 266

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	1.72800
Modulo di Young [MPa]	1800.00000
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] .....	.37800
Angolo attrito picco [deg]	36.00000
Coesione residua [MPa] .....	.37800
Angolo attrito residuo [deg]	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] .....	.006885
Raggio plastico galleria [m]	5.935779
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.003080
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.001838
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.001997
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.197821

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] .....	.006885
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	5.935779

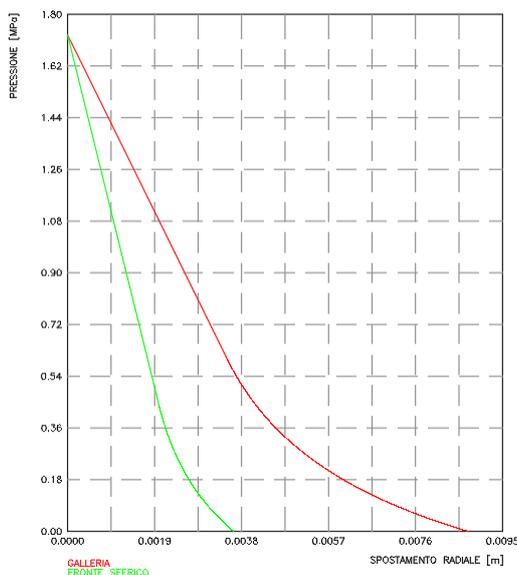


Figura 13-5: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 2+335 B.P.)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 149 di 266

13.6 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 6 (PK. 0+515)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
Pk 0+515 B.D.
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 ometetica (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 ometetica)

D A T I A N A L I S I

R galleria [m]	4.84000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	15.28200
Modulo di Young [MPa]	14000.00000
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]	2.08800
Angolo attrito picco [deg]	35.00000
Coesione residua [MPa]	2.08800
Angolo attrito residuo [MPa]	35.00000
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] .....	.010426
Raggio plastico galleria [m]	6.946732
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.004388
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.001815
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m] ...	.003024
Raggio plastico fronte sferico [m]	5.613783

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] .....	.010426
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	6.946732

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 150 di 266

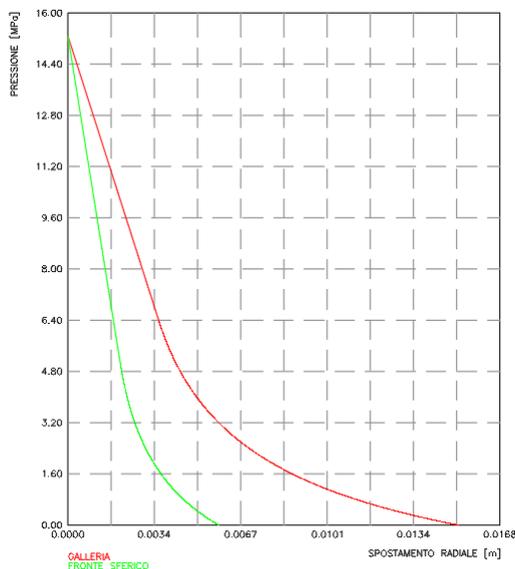


Figura 13-6: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 0+515 B.D.)

13.7 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 7 (PK. 1+065)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione PonteGardena
Pk 1+065 B.D.
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]	14.95800
Modulo di Young [MPa]	1800.00000
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] .....	.93700
Angolo attrito picco [deg]	25.00000
Coesione residua [MPa] .....	.93700
Angolo attrito residuo [MPa]	25.00000
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 GARDENA"					
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	GN0700002	C	151 di 266
08 - GALLERIE		Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C					

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]296721
Raggio plastico galleria [m] 14.508027
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]097166
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]029524
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]086049
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.986620

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]296721
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 14.508027

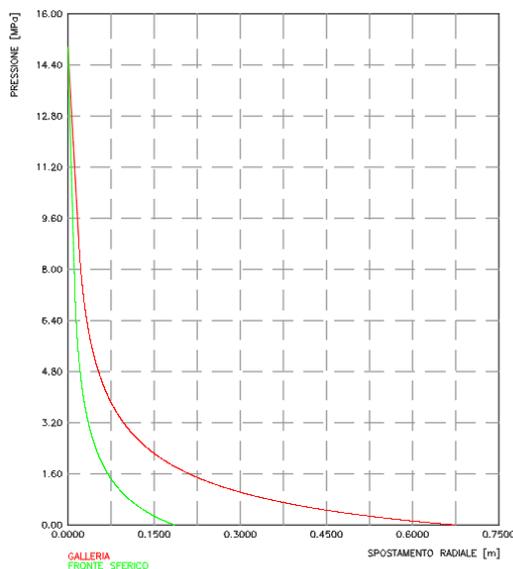


Figura 13-7: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 1+065 B.D.)

13.8 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 8 (PK. 1+500)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Gardena
Pk 1+500 B.D.
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)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	152 di 266

- 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]	13.98600
Modulo di Young [MPa]	6800.00000
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]	1.43400
Angolo attrito picco [deg]	30.00000
Coesione residua [MPa]	1.43400
Angolo attrito residuo [MPa]	30.00000
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] .....	.030272
Raggio plastico galleria [m]	8.859940
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.011713
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.003012
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.008779
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.300930

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] .....	.030272
Raggio plastico galleria fine calcolo [m]	8.859940

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 153 di 266

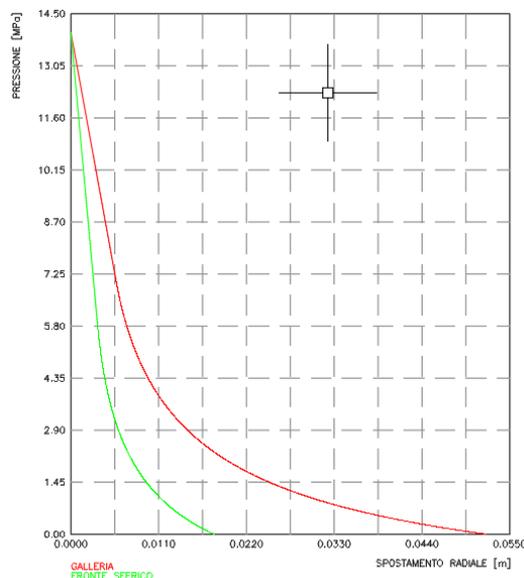


Figura 13-8: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 1+500 B.D.)

13.9 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 9 (PK. 2+720)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
Pk 2+720
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]	4.72500
Modulo di Young [MPa]	800.00000
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] .....	.29700
Angolo attrito picco [deg]	27.00000
Coesione residua [MPa] .....	.29700
Angolo attrito residuo [MPa]	27.00000
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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 154 di 266

Modulo di softening apparente H_a [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]173939
Raggio plastico galleria [m] 12.901633
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]059458
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]017307
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]050442
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.556621

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]173939
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 12.901633

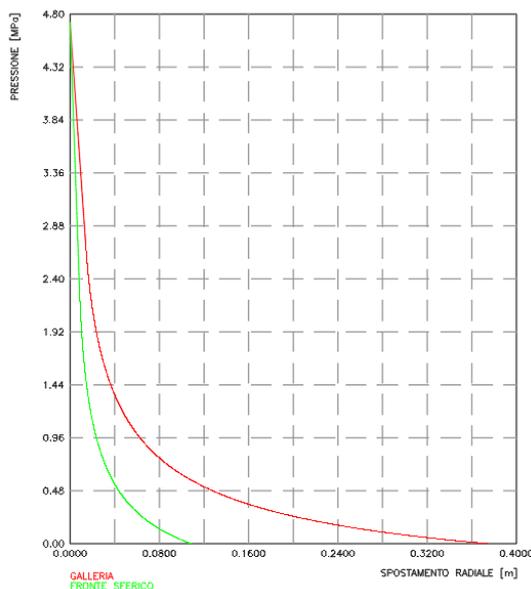


Figura 13-9: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 2+720 B.P.)

13.10 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 10 (PK. 2+910)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria di Interconnessione Ponte Gardena
Pk 2+910
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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	155 di 266

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] 700.00000
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]17400
Angolo attrito picco [deg] 27.00000
Coesione residua [MPa]17400
Angolo attrito residuo [MPa] 27.00000
Angolo dilatanza [deg]00000
Modulo di softening apparente Ha [MPa]00000
Modulo di softening H [MPa]00000

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

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]115246
Raggio plastico galleria [m] 12.793923
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]039422
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]011467
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]033421
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.556621

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]115246
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 12.793923

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	<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>GN0700002</td> <td>C</td> <td>156 di 266</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	156 di 266
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	156 di 266								

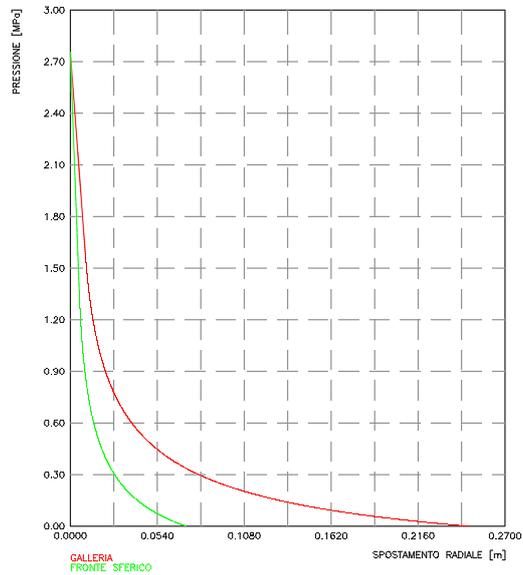


Figura 13-10: Curva caratteristica in fase di diagnosi (pk 2+910 B.D.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	157 di 266

14. CURVE CARATTERISTICHE IN FASE DI TERAPIA

14.1 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 1 (PK. 0+500)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni

Pk 0+500 B.P.

Terapia con sovrascavo e pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA

VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1

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] 4.94000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 14.99000

Modulo di Young [MPa] 1300.00000

Coefficiente di Poisson25000

Peso specifico (sovraccarico gravitativo) [kN/m3]80000

Pressione interstiziale falda indisturbata [MPa] .. .00000

Pressione interstiziale al bordo scavo B.T. [MPa].. .00000

Raggio influenza idraulica galleria B.T. [m] 4.94000

Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000

Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.94000

RESISTENZA ROCCIA

Coesione picco [MPa]83800

Angolo attrito picco [deg] 23.00000

Coesione residua [MPa]83800

Angolo attrito residuo [MPa] 23.00000

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]16000

Pressione sul fronte di scavo [MPa]30000

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]10000

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

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	158 di 266

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
 Spostamento radiale galleria [m]591284
 Raggio plastico galleria [m] 18.135610
 Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]300000
 Spostamento radiale fronte sferico [m]144573
 Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]058833
 Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]171472
 Raggio plastico fronte sferico [m] 8.578695

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .14457
 LAMBDA : .83366

Trasformazione Omotetica

U [m] : .17147
 LAMBDA : .86072

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .14457
 LAMBDA : .83366

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .05883
 LAMBDA : .64785

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .17147
 LAMBDA : .86072

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .42162
 LAMBDA : .97039

Trasformazione Omotetica

U [m] : .51036
 LAMBDA : .98779

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .28173
 LAMBDA : .92738

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .23633
 LAMBDA : .90566

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .29679
 LAMBDA : .93346

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]591284
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 18.135610

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m] 13.27915
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]94596
 Spostamento al punto di equilibrio [m]14582
 Convergenza radiale scudo [m]00125
 Tensione scudo [MPa] 56.62782
 Coefficiente di sicurezza scudo 3531.83304
 Pressione rottura scudo [MPa] 2414.39788
 Rigidezza scudo [MPa] 2699.74346

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 159 di 266

Raggio plastico punto di equilibrio [m]	13.39110
Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.93950
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.30699
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.30582
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00116
Tensione CLS [MPa]	10.59755
Coefficiente di sicurezza CLS	2.35904
Pressione rottura CLS [MPa]	2.21633
Rigidezza anello CLS [MPa]	3903.51171
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.970394

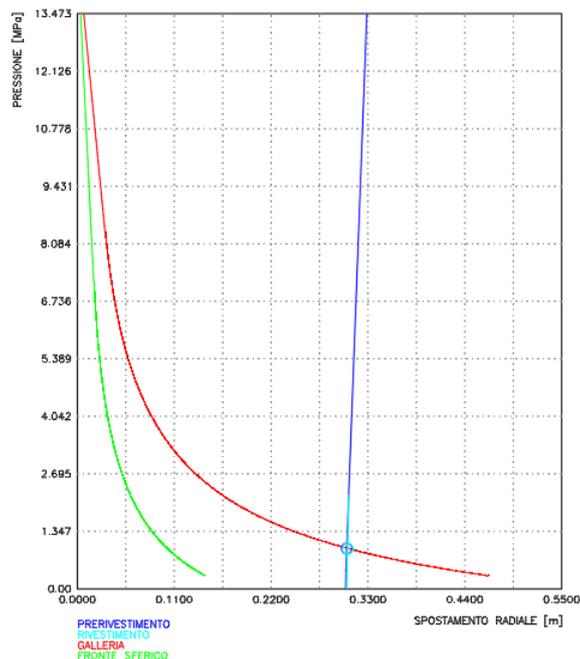


Figura 14-1: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+500 B.P.)

14.2 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 2 (PK. 0+700)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni
Pk 0+700 B.P.
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 -----

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	160 di 266

Tensione originaria [MPa]	15.66000
Modulo di Young [MPa]	9100.00000
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	
Coazione picco [MPa]	1.59600
Angolo attrito picco [deg]	32.00000
Coazione residua [MPa]	1.59600
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 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] .....	.023020
Raggio plastico galleria [m]	8.303625
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.009033
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.002291
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.006676
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.116101

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

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.00903
LAMBDA :	.77665
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00668
LAMBDA :	.64159
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico	
U [m] :	.00903
LAMBDA :	.77665
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00229
LAMBDA :	.22074
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00668
LAMBDA :	.64159

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	161 di 266

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .02051
LAMBDA : .98131

Trasformazione Omotetica

U [m] : .02276
LAMBDA : .99827

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .02066
LAMBDA : .98252

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .01962
LAMBDA : .97362

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .02029
LAMBDA : .97946

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]023020
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.303625

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]00668
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]06665
Spostamento galleria alla messa in opera [m]06665
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera998272

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 162 di 266

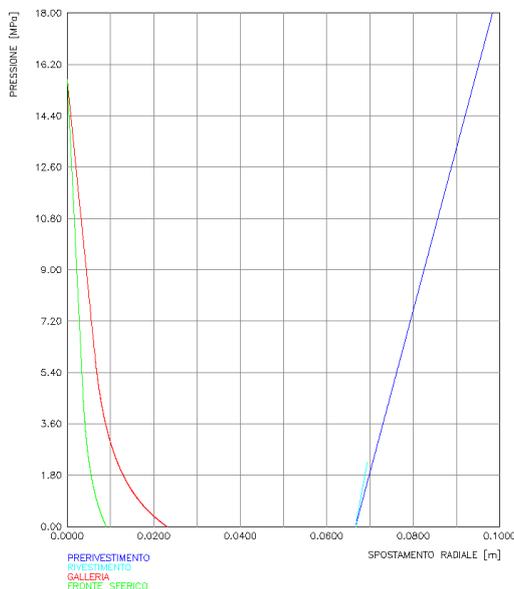


Figura 14-2: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+700 B.P.)

14.3 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 3 (PK. 1+830)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni
Pk 1+830 B.P.
Terapia con sovrascavo e pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA
VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1
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]	4.94000
PARAMETRI GEOTECNICI -----	
Tensione originaria [MPa]	8.37000
Modulo di Young [MPa]	1300.00000
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]	4.94000
Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa] ..	.00000
Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m]	4.94000
RESISTENZA ROCCIA	
Coesione picco [MPa] .....	.59700
Angolo attrito picco [deg]	27.00000
Coesione residua [MPa] .....	.59700
Angolo attrito residuo [deg]	27.00000
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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	163 di 266

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]16000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]30000
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]10000

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

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]166783
Raggio plastico galleria [m] 12.217389
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]300000
Spostamento radiale fronte sferico [m]044092
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]016595
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]048367
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.943697

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .04409
LAMBDA : .78017

Trasformazione Omotetica
U [m] : .04837
LAMBDA : .80219

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .04409
LAMBDA : .78017

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .01659
LAMBDA : .41880

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .04837
LAMBDA : .80219

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .13365
LAMBDA : .97526

Trasformazione Omotetica
U [m] : .15846
LAMBDA : .99461

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .10576
LAMBDA : .94481

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 164 di 266

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .09520
LAMBDA : .92945

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .10743
LAMBDA : .94700

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]166783
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 12.217389

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]04409
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2414.39788
Rigidezza scudo [MPa] 2699.74346

Lo scudo della fresa non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] 10.62870
Pressione punto di equilibrio [MPa]29678
Spostamento punto di equilibrio [MPa]12256
Spostamento galleria alla messa in opera [m]12219
Convergenza radiale rivestimento [m]00037
Tensione CLS [MPa] 3.34768
Coefficiente di sicurezza CLS 7.46785
Pressione rottura CLS [MPa] 2.21633
Rigidezza anello CLS [MPa] 3903.51171
Tasso di deconfinamento alla messa in opera975263

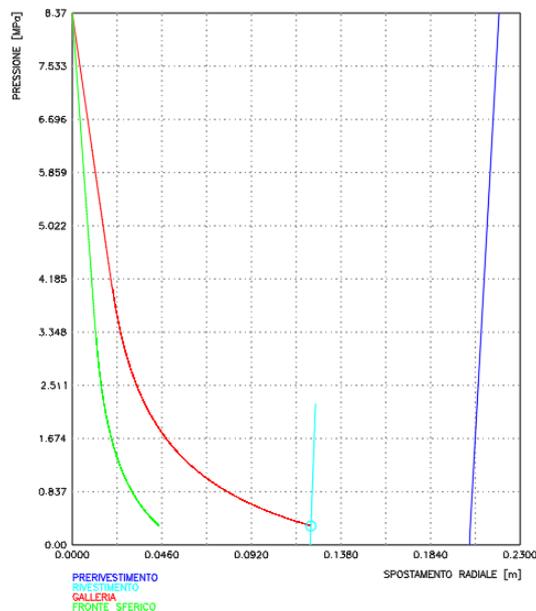


Figura 14-3: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 1+830 B.P.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	165 di 266

14.4 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 4 (PK. 2+110)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni
Pk 2+110 B.P.
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] 4.86000
Modulo di Young [MPa] 3500.00000
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]63500
Angolo attrito picco [deg] 36.00000
Coesione residua [MPa]63500
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]013392
Raggio plastico galleria [m] 6.879498
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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	166 di 266

Spostamento radiale fronte sferico [m]005645
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]002256
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]003884
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.597802

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00565
LAMBDA : .67421

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00388
LAMBDA : .46383

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00565
LAMBDA : .67421

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00226
LAMBDA : .26948

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00388
LAMBDA : .46383

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .01228
LAMBDA : .98133

Trasformazione Omotetica

U [m] : .01334
LAMBDA : .99921

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .01234
LAMBDA : .98231

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .01191
LAMBDA : .97423

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .01211
LAMBDA : .97819

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C 167 di 266

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]013392
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.879498

FRESA SCUDATA -----
 Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]00388
 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]06388
 Spostamento galleria alla messa in opera [m]06388
 Convergenza radiale rivestimento [m]00000
 Tensione CLS [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
 Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
 Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
 Tasso di deconfinamento alla messa in opera999214

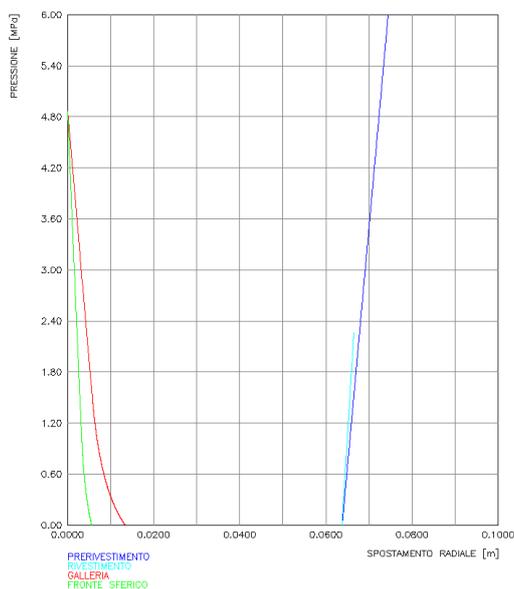


Figura 14-4: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 2+110 B.P.)

14.5 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.P. – SEZIONE 5 (PK. 2+335)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni
 Pk 2+335 B.P.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	168 di 266

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] 1.73000
Modulo di Young [MPa] 1800.00000
Coefficiente di Poisson25000
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]37800
Angolo attrito picco [deg] 36.00000
Coesione residua [MPa]37800
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]007092
Raggio plastico galleria [m] 5.935779
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]003182
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]001892
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]002057
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.197821

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .00318
LAMBDA : .54910

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	169 di 266

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00206
LAMBDA : .35490

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00318
LAMBDA : .54910

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00189
LAMBDA : .32650

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00206
LAMBDA : .35490

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .00663
LAMBDA : .97565

Trasformazione Omotetica

U [m] : .00708
LAMBDA : .99955

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .00674
LAMBDA : .98190

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .00663
LAMBDA : .97580

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00665
LAMBDA : .97663

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]007092
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 5.935779

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]00206
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]06206
Spostamento galleria alla messa in opera [m]06206
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera999551

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 170 di 266

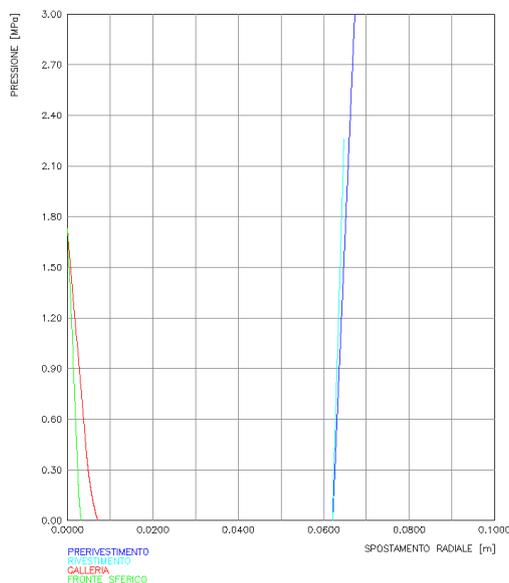


Figura 14-5: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 2+335 B.P.)

14.6 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 6 (PK. 0+515)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

Solutore numerico analisi base - ver 5.5.1 mar.2018

Galleria Interconnessioni
Pk 0+515 B.D.
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]	15.28000
Modulo di Young [MPa]	14000.00000
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]	2.08800
Angolo attrito picco [deg]	35.00000
Coesione residua [MPa]	2.08800
Angolo attrito residuo [MPa]	35.00000
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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	171 di 266

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]010582
Raggio plastico galleria [m] 6.946732
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]000000
Spostamento radiale fronte sferico [m]004443
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]001843
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]003069
Raggio plastico fronte sferico [m] 5.613783

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .00444
LAMBDA : .67504

Trasformazione Omotetica
U [m] : .00307
LAMBDA : .46631

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .00444
LAMBDA : .67504

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .00184
LAMBDA : .28001

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .00307
LAMBDA : .46631

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .00969
LAMBDA : .98055

Trasformazione Omotetica
U [m] : .01054
LAMBDA : .99917

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .01003
LAMBDA : .98840

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 172 di 266

U [m] : .00981
LAMBDA : .98326

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .00991
LAMBDA : .98570

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]010582
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 6.946732

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]00307
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]06306
Spostamento galleria alla messa in opera [m]06306
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera999174

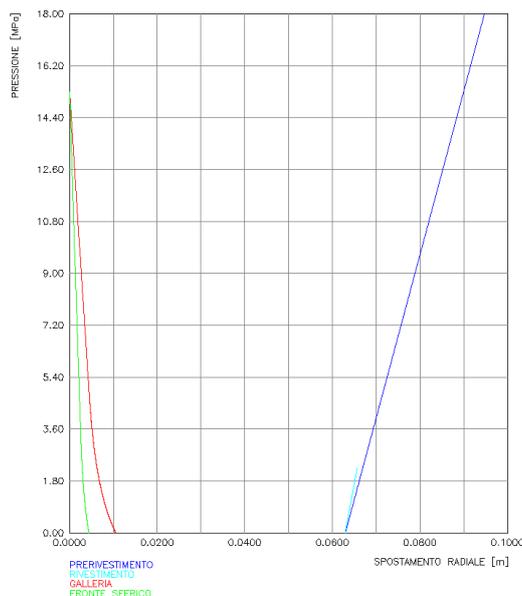


Figura 14-6: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 0+515 B.D.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	173 di 266

14.7GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 7 (PK. 1+065)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni

Pk 1+065 B.D.

Terapia con sovrascavo e pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA

VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1

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] 4.94000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 14.96000

Modulo di Young [MPa] 1800.00000

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] 4.94000

Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. . . .0.00000

Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.94000

RESISTENZA ROCCIA -----

Coesione picco [MPa]93700

Angolo attrito picco [deg] 25.00000

Coesione residua [MPa]93700

Angolo attrito residuo [MPa] 25.00000

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]16000

Pressione sul fronte di scavo [MPa]30000

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]10000

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

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000

Spostamento radiale galleria [m]297842

Raggio plastico galleria [m] 14.807780

Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]300000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	174 di 266

Spostamento radiale fronte sferico [m]080182
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]029635
Spostamento radiale fronte (trasf. ometet.) [m]086374
Raggio plastico fronte sferico [m] 7.784351

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .08018
LAMBDA : .82177

Trasformazione Ometetica
U [m] : .08637
LAMBDA : .83579

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .08018
LAMBDA : .82177

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .02964
LAMBDA : .55923

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica
U [m] : .08637
LAMBDA : .83579

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .22778
LAMBDA : .97377

Trasformazione Ometetica
U [m] : .27235
LAMBDA : .99172

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .17124
LAMBDA : .94086

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .14858
LAMBDA : .92234

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione ometetica
U [m] : .17423
LAMBDA : .94302

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]297842
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 14.807780

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m] 13.39110
Pressione al punto di equilibrio [MPa]30820
Spostamento al punto di equilibrio [m]08041
Convergenza radiale scudo [m]00023
Tensione scudo [MPa] 10.43819
Coefficiente di sicurezza scudo 19160.40858
Pressione rottura scudo [MPa] 2414.39788
Rigidità scudo [MPa] 2699.74346

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] 13.39110
Pressione punto di equilibrio [MPa]30581
Spostamento punto di equilibrio [MPa]24079
Spostamento galleria alla messa in opera [m]24041

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 175 di 266

Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00038
Tensione CLS [MPa]	3.44954
Coefficiente di sicurezza CLS	7.24734
Pressione rottura CLS [MPa]	2.21633
Rigidezza anello CLS [MPa]	3903.51171
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.973770

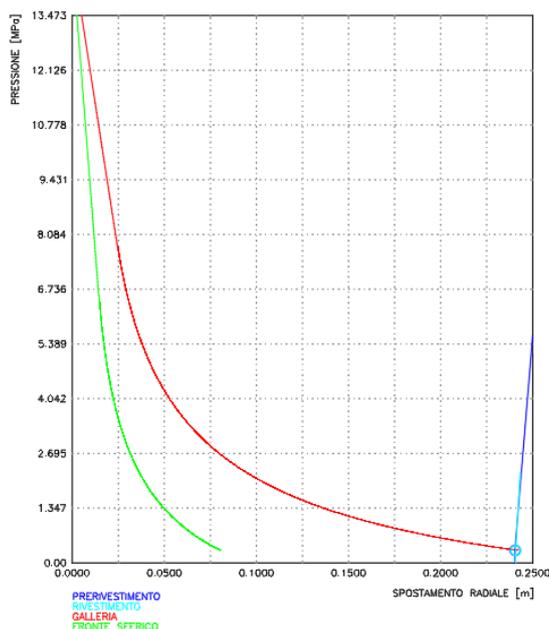


Figura 14-7: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 1+065 B.D.)

14.8 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 8 (PK. 1+500)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni
Pk 1+500 B.D.
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] 13.99000

Modulo di Young [MPa] 6800.00000

Coefficiente di Poisson25000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	176 di 266

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]	1.43400
Angolo attrito picco [deg]	30.00000
Coesione residua [MPa]	1.43400
Angolo attrito residuo [MPa]	30.00000
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] .....	.030316
Raggio plastico galleria [m]	8.841177
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa] .....	.000000
Spostamento radiale fronte sferico [m] .....	.011606
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m] .....	.003016
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m] ...	.008792
Raggio plastico fronte sferico [m]	6.300930

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

Metodo Panet-Guenot	
U [m] :	.01161
LAMBDA :	.78568
Trasformazione Omotetica	
U [m] :	.00879
LAMBDA :	.68202
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico	
U [m] :	.01161
LAMBDA :	.78568
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns	
U [m] :	.00302
LAMBDA :	.24315
Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica	
U [m] :	.00879
LAMBDA :	.68202

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	177 di 266

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .02671
LAMBDA : .97993

Trasformazione Omotetica

U [m] : .02987
LAMBDA : .99777

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .02641
LAMBDA : .97808

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .02482
LAMBDA : .96738

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .02588
LAMBDA : .97460

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]030316
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 8.841177

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]00879
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]06876
Spostamento galleria alla messa in opera [m]06876
Convergenza radiale rivestimento [m]00000
Tensione CLS [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza CLS 1000000.00000
Pressione rottura CLS [MPa] 2.26076
Rigidezza anello CLS [MPa] 3992.49340
Tasso di deconfinamento alla messa in opera997771

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	178 di 266
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C							

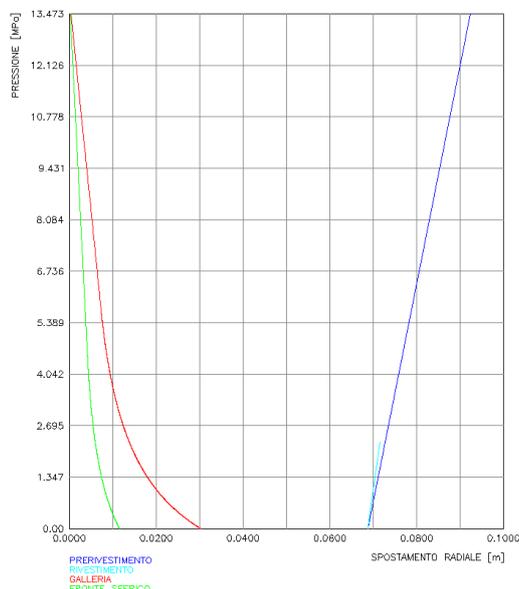


Figura 14-8: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 1+500 B.D.)

14.9 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 9 (PK. 2+720)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni

PK 2+720 B.D.

Terapia con sovrascavo e pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA

VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1

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] 4.94000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 4.73000

Modulo di Young [MPa] 800.00000

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] 4.94000

Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. . . .0.00000

Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.94000

RESISTENZA ROCCIA

Coesione picco [MPa]29700

Angolo attrito picco [deg] 27.00000

Coesione residua [MPa]29700

Angolo attrito residuo [deg] 27.00000

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 GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	179 di 266

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]16000
Pressione sul fronte di scavo [MPa]30000
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]10000

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

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000
Spostamento radiale galleria [m]175562
Raggio plastico galleria [m] 13.168196
Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]300000
Spostamento radiale fronte sferico [m]036560
Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]017468
Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]050913
Raggio plastico fronte sferico [m] 6.792021

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .03656
LAMBDA : .74696

Trasformazione Omotetica
U [m] : .05091
LAMBDA : .82318

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .03656
LAMBDA : .74696

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns
U [m] : .01747
LAMBDA : .48006

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica
U [m] : .05091
LAMBDA : .82318

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

Metodo Panet-Guenot
U [m] : .13527
LAMBDA : .97373

Trasformazione Omotetica
U [m] : .16440
LAMBDA : .99381

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico
U [m] : .09705
LAMBDA : .93287

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE	Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C 180 di 266

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .08894
LAMBDA : .92049

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .10351
LAMBDA : .94153

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]175562
Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 13.168196

FRESA SCUDATA -----
Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
Spostamento al punto di equilibrio [m]03656
Convergenza radiale scudo [m]00000
Tensione scudo [MPa]00000
Coefficiente di sicurezza scudo00000
Pressione rottura scudo [MPa] 2414.39788
Rigidezza scudo [MPa] 2699.74346

Lo scudo della fresa non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----
Raggio plastico punto di equilibrio [m] 10.16824
Pressione punto di equilibrio [MPa]29766
Spostamento punto di equilibrio [MPa]10010
Spostamento galleria alla messa in opera [m]09973
Convergenza radiale rivestimento [m]00037
Tensione CLS [MPa] 3.35756
Coefficiente di sicurezza CLS 7.44589
Pressione rottura CLS [MPa] 2.21633
Rigidezza anello CLS [MPa] 3903.51171
Tasso di deconfinamento alla messa in opera973728

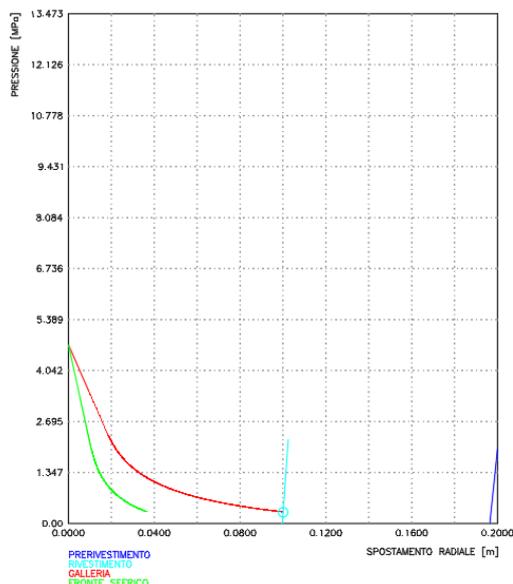


Figura 14-9: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 2+720 B.D.)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	181 di 266

14.10 GALLERIE DI INTERCONNESSIONE PONTE GARDENA – B.D. – SEZIONE 10 (PK. 2+910)

GV4 - CALCOLO GALLERIE - METODO CONVERGENZA-CONFINAMENTO

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

Galleria Interconnessioni

Pk 2+910 B.D.

Terapia con sovrascavo e pressione al fronte

TIPO DI ANALISI: CALCOLO ACCOPPIATO FRONTE-GALLERIA

VALUTAZIONE DEFORMATA GALLERIA AL FRONTE: 1

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] 4.94000

PARAMETRI GEOTECNICI -----

Tensione originaria [MPa] 2.75000

Modulo di Young [MPa] 700.00000

Coefficiente di Poisson25000

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] 4.94000

Pressione interstiziale al bordo scavo L.T. [MPa].. .00000

Raggio influenza idraulica galleria L.T. [m] 4.94000

RESISTENZA ROCCIA

Coesione picco [MPa]17400

Angolo attrito picco [deg] 27.00000

Coesione residua [MPa]17400

Angolo attrito residuo [deg] 27.00000

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]16000

Pressione sul fronte di scavo [MPa]30000

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 prerinvestimenti non collaboranti a lungo termine]

[1 prerinvestimenti collaboranti a lungo termine]

Gioco radiale posa in opera rivestimento [m]10000

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

Press. fine calcolo curva galleria [MPa]000000

Spostamento radiale galleria [m]115657

Raggio plastico galleria [m] 13.058260

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C		IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	182 di 266

Press. fine calcolo fronte sferico [MPa]300000
 Spostamento radiale fronte sferico [m]018654
 Spostamento radiale fronte (correl. Ns) [m]011508
 Spostamento radiale fronte (trasf. omotet.) [m]033541
 Raggio plastico fronte sferico [m] 6.349746

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .01865
 LAMBDA : .67250

Trasformazione Omotetica

U [m] : .03354
 LAMBDA : .82197

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .01865
 LAMBDA : .67250

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .01151
 LAMBDA : .47596

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .03354
 LAMBDA : .82197

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

Metodo Panet-Guenot

U [m] : .08776
 LAMBDA : .97185

Trasformazione Omotetica

U [m] : .10841
 LAMBDA : .99387

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da soluzione vuoto sferico

U [m] : .06127
 LAMBDA : .92641

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da correlazione Ns

U [m] : .05830
 LAMBDA : .91919

Nuovo Metodo Implicito - convergenza al fronte da trasformazione omotetica

U [m] : .06797
 LAMBDA : .94069

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]115657
 Raggio plastico galleria fine calcolo [m] 13.058260

FRESA SCUDATA -----

Raggio plastico al punto di equilibrio [m]00000
 Pressione al punto di equilibrio [MPa]00000
 Spostamento al punto di equilibrio [m]01865
 Convergenza radiale scudo [m]00000
 Tensione scudo [MPa]00000
 Coefficiente di sicurezza scudo00000
 Pressione rottura scudo [MPa] 2414.39788
 Rigidezza scudo [MPa] 2699.74346

Lo scudo della fresa non entra in contatto con la roccia.

RIVESTIMENTO DEFINITIVO (ANELLO CLS) -----

Raggio plastico punto di equilibrio [m] 8.89021

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	183 di 266
08 - GALLERIE							
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C							

Pressione punto di equilibrio [MPa] .....	.29659
Spostamento punto di equilibrio [MPa] .....	.04900
Spostamento galleria alla messa in opera [m] .....	.04863
Convergenza radiale rivestimento [m] .....	.00037
Tensione CLS [MPa]	3.34553
Coefficiente di sicurezza CLS	7.47265
Pressione rottura CLS [MPa]	2.21633
Rigidezza anello CLS [MPa]	3903.51171
Tasso di deconfinamento alla messa in opera .....	.971846

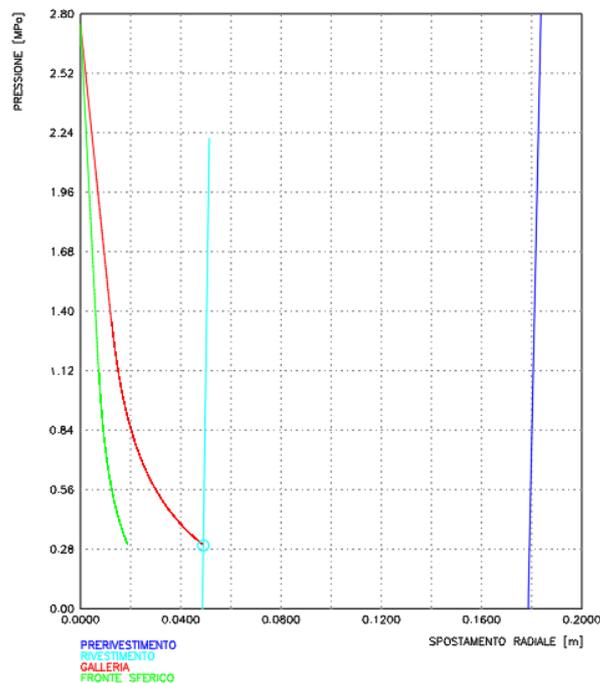


Figura 14-10: Curva caratteristica in fase di terapia (pk 2+910 B.D.)

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 184 di 266

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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 185 di 266

15. OUTPUT PLAXIS 2D

15.1.1 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 1 (pk. 0+500)

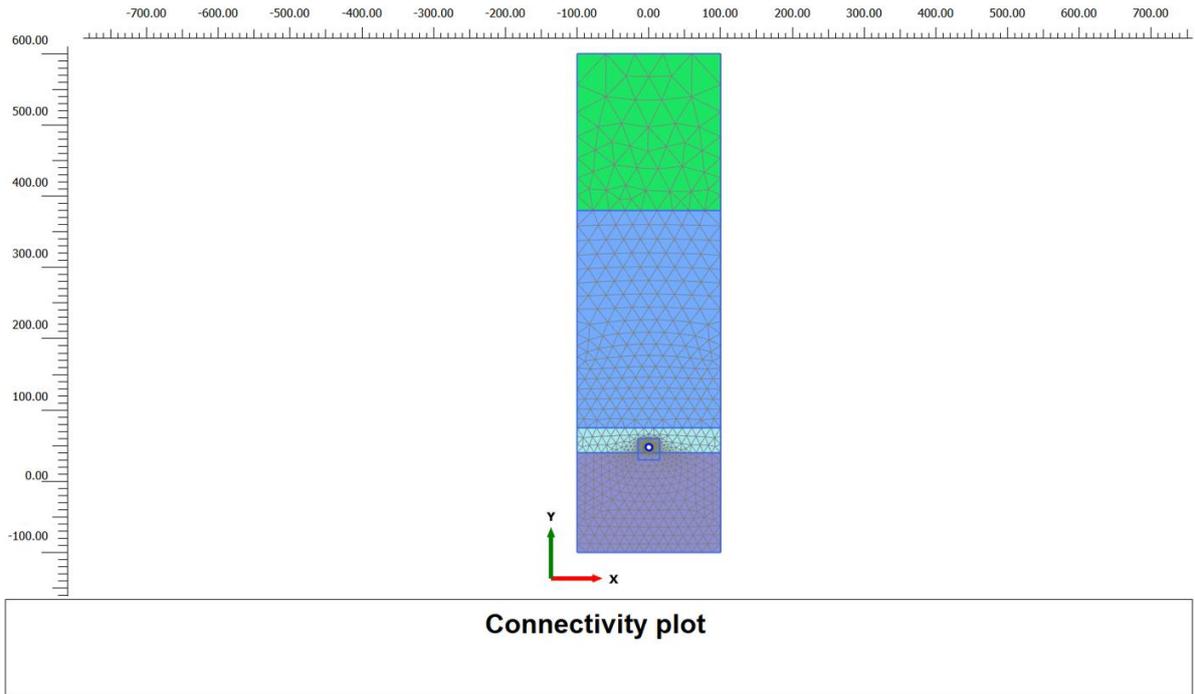


Figura 15-1: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 186 di 266

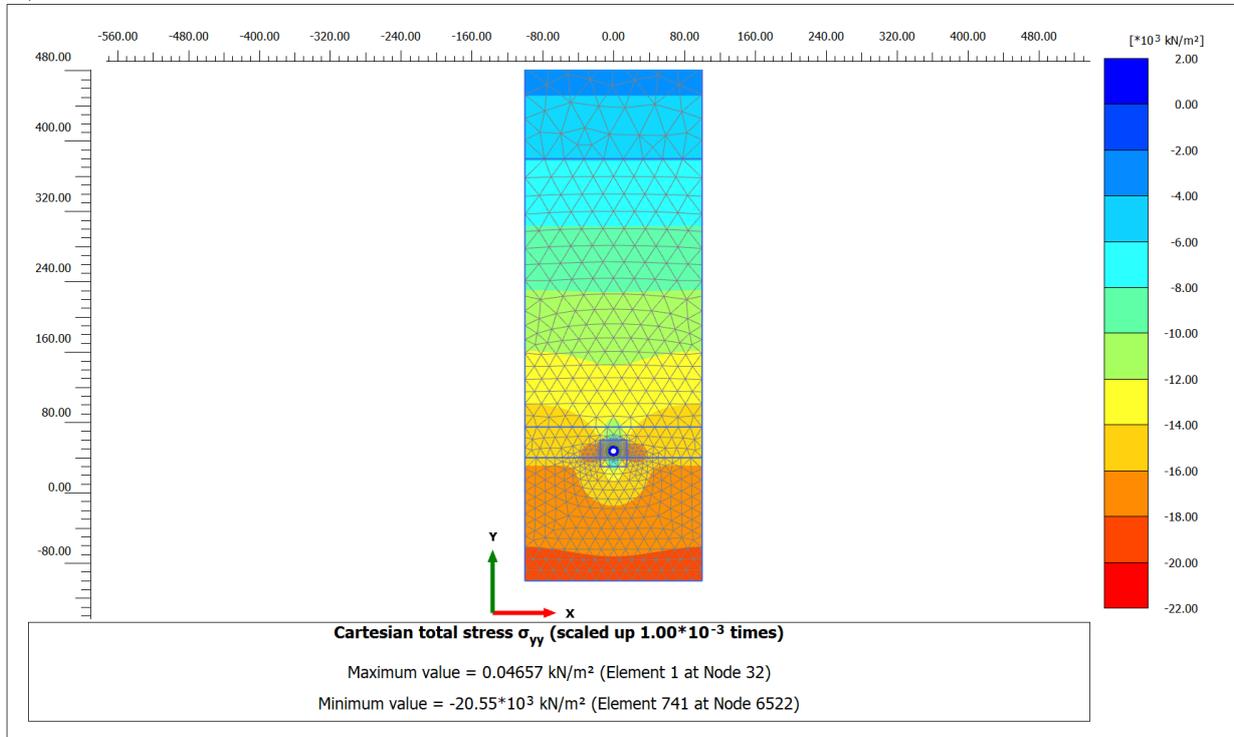


Figura 15-2: Stress σ_{yy} Fase 3

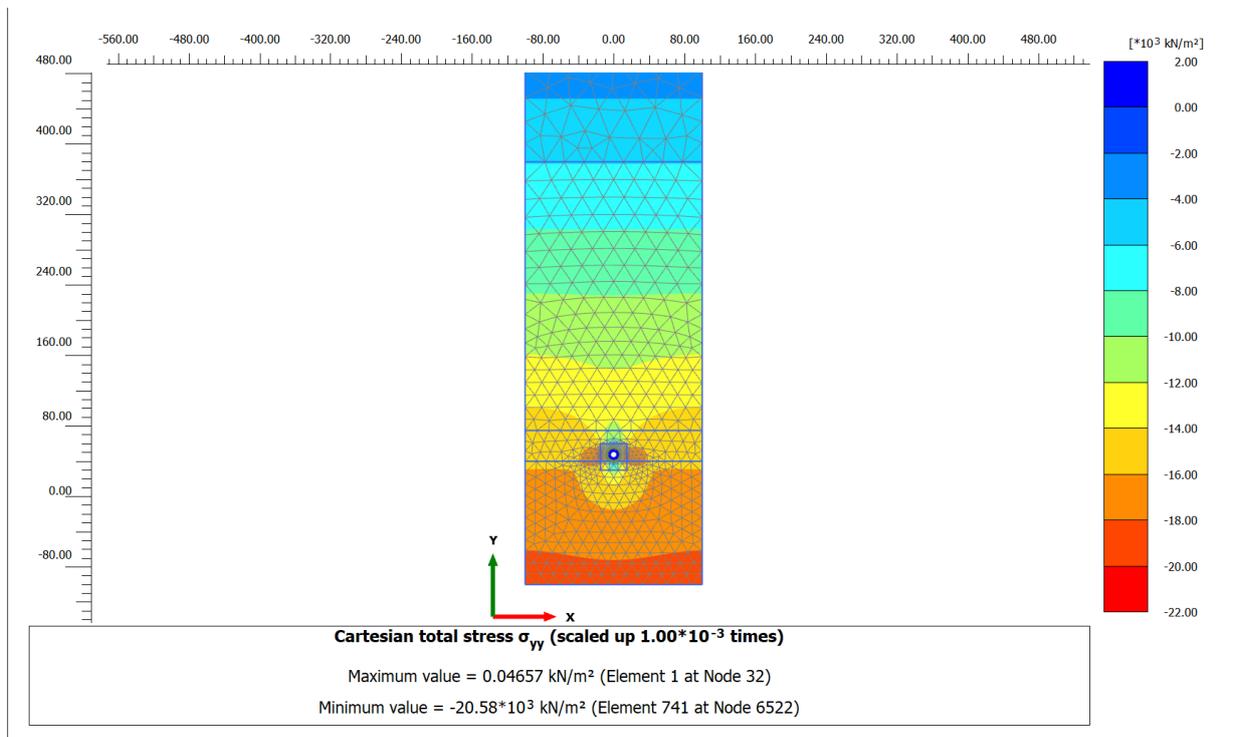


Figura 15-3: Stress σ_{yy} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 187 di 266

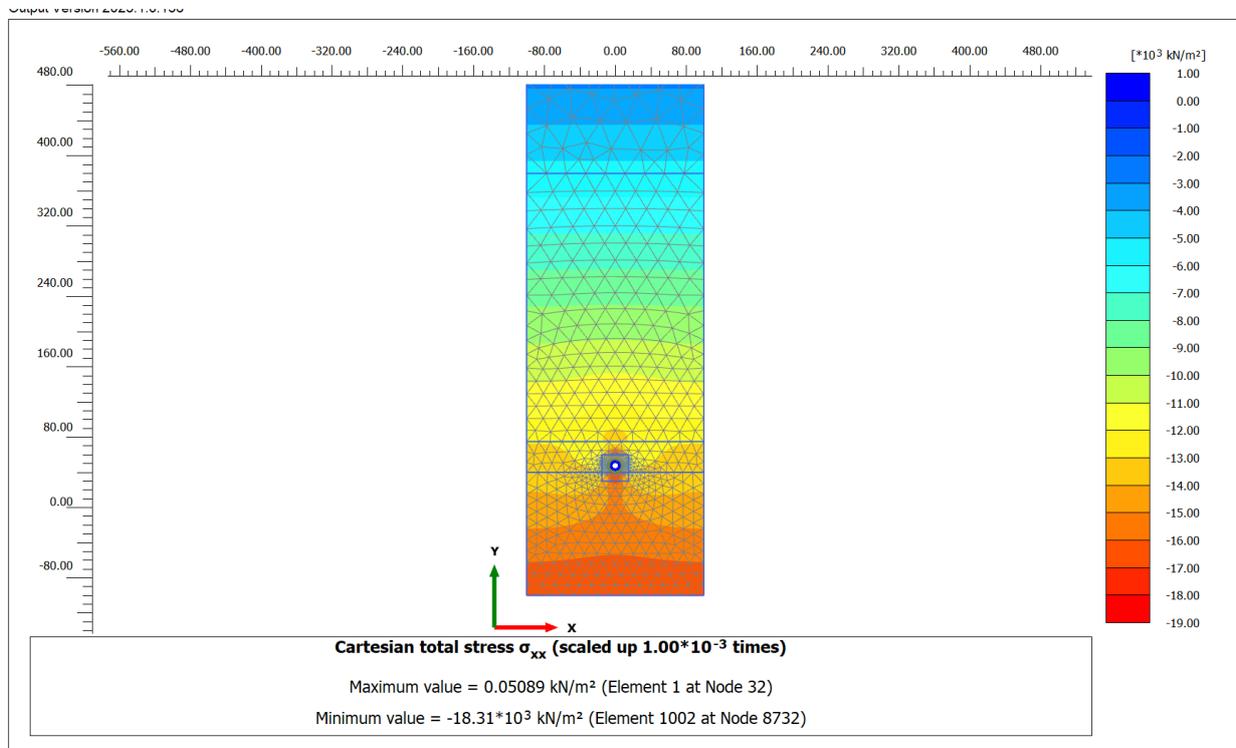


Figura 15-4: Stress σ_{xx} Fase 3

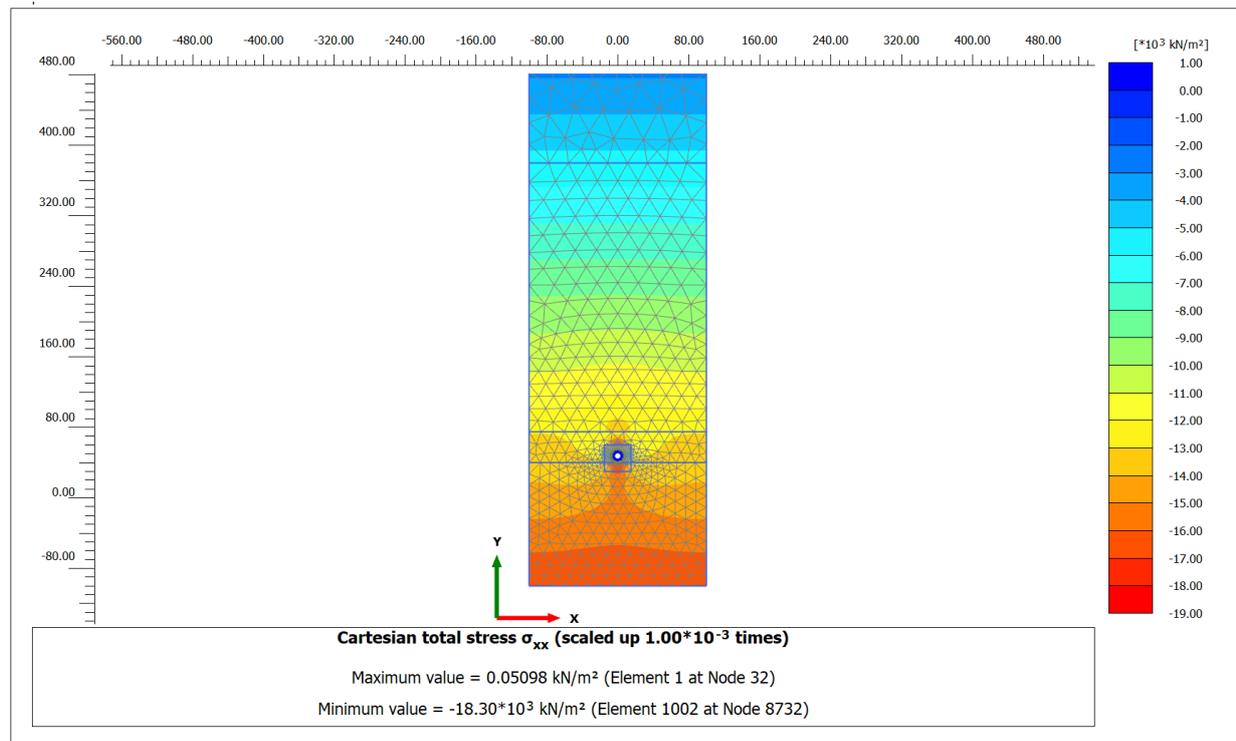


Figura 15-5: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 188 di 266

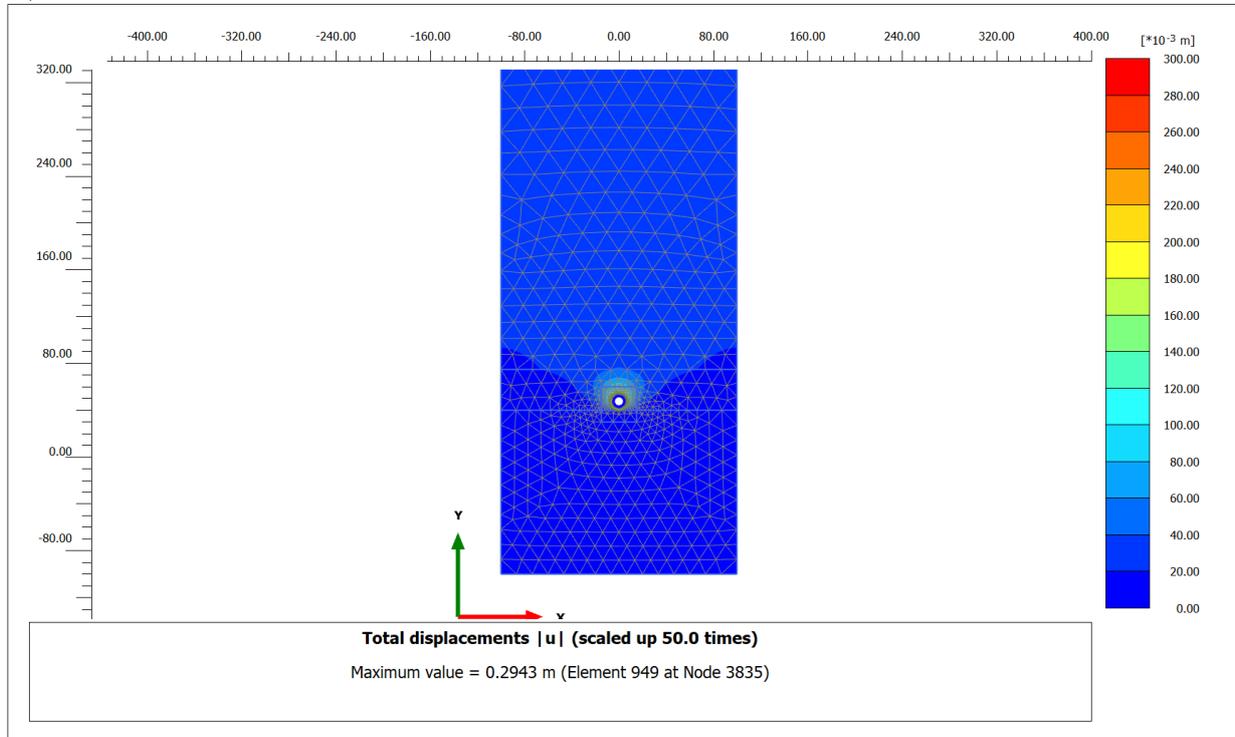


Figura 15-6: Spostamenti $|u|$ Fase 3

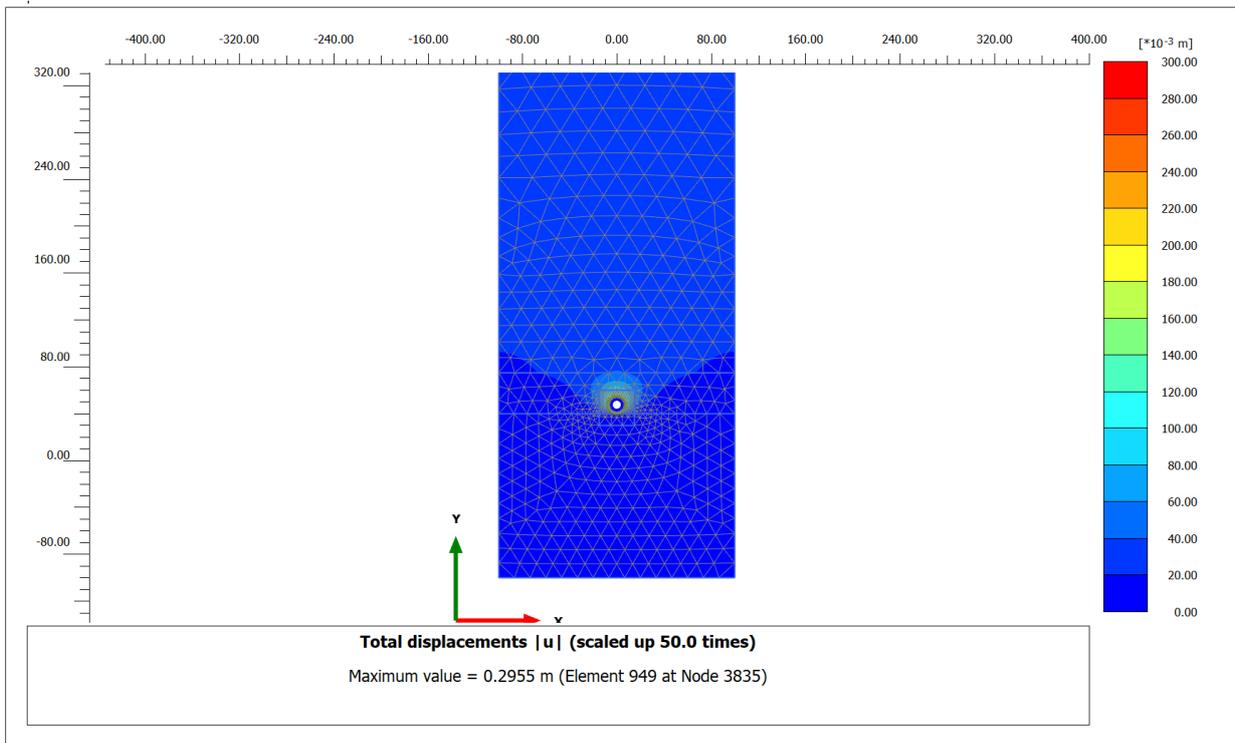


Figura 15-7: Spostamenti $|u|$ L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 189 di 266

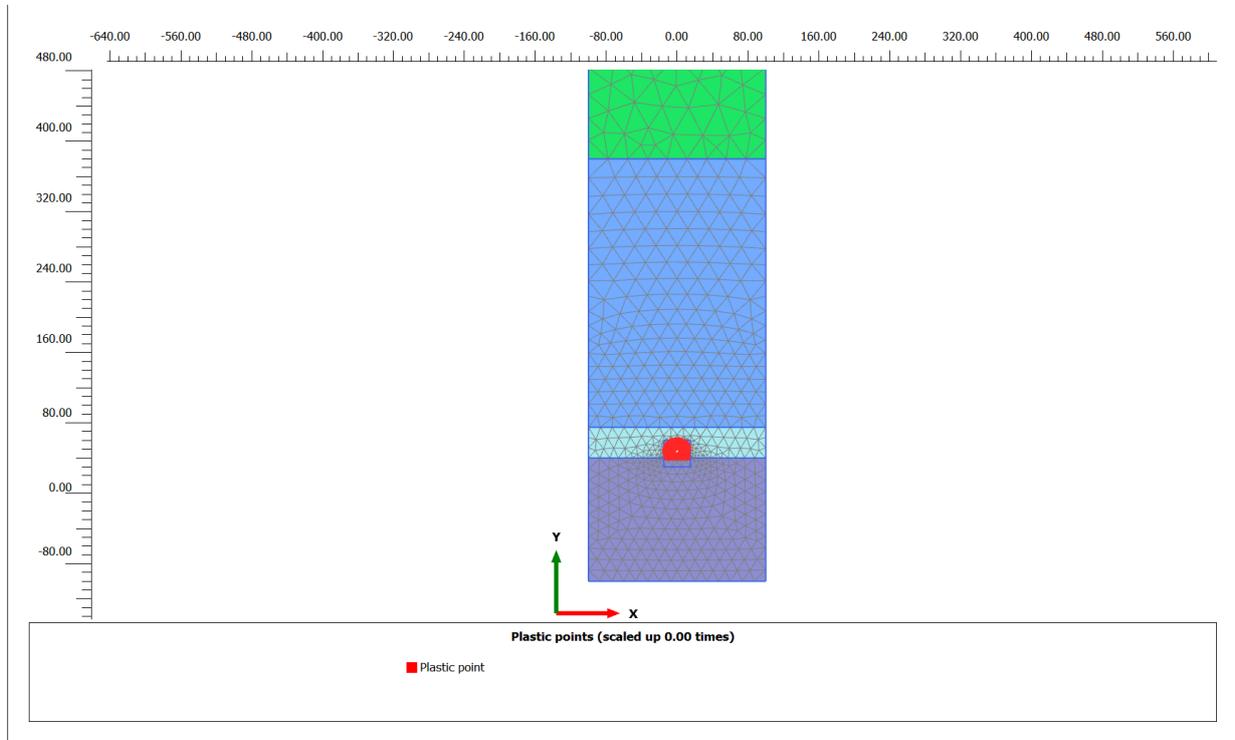


Figura 15-8: Zone di plasticizzazione Fase 3

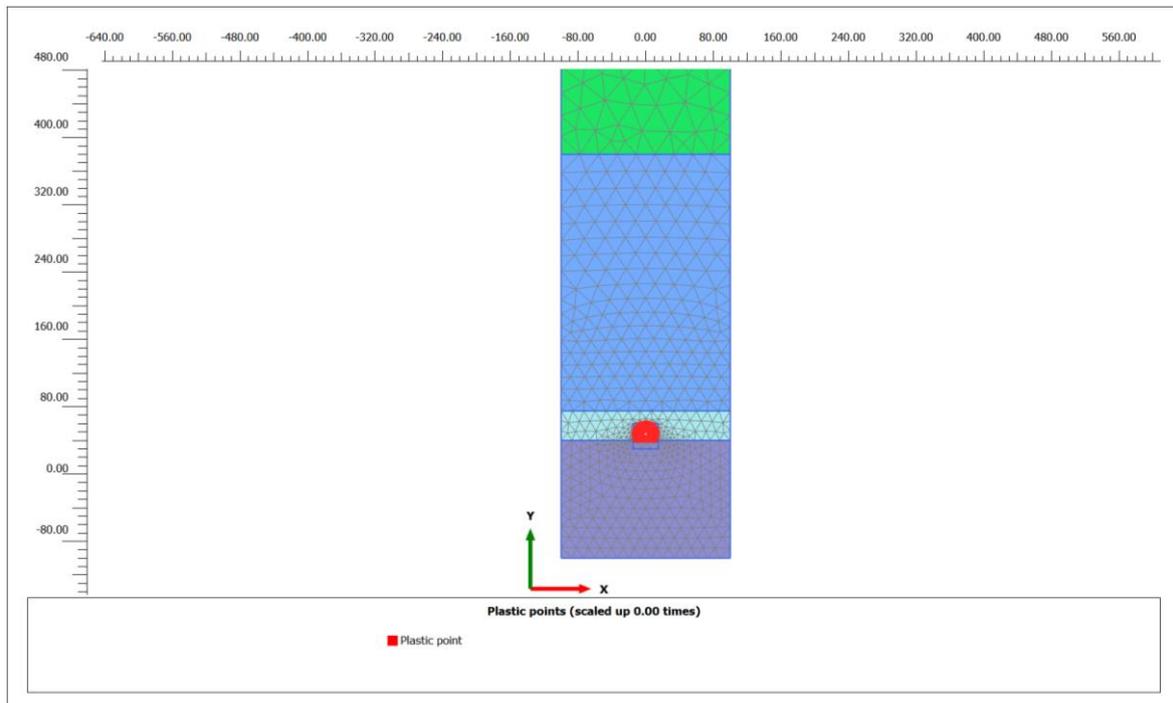


Figura 15-9: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 190 di 266

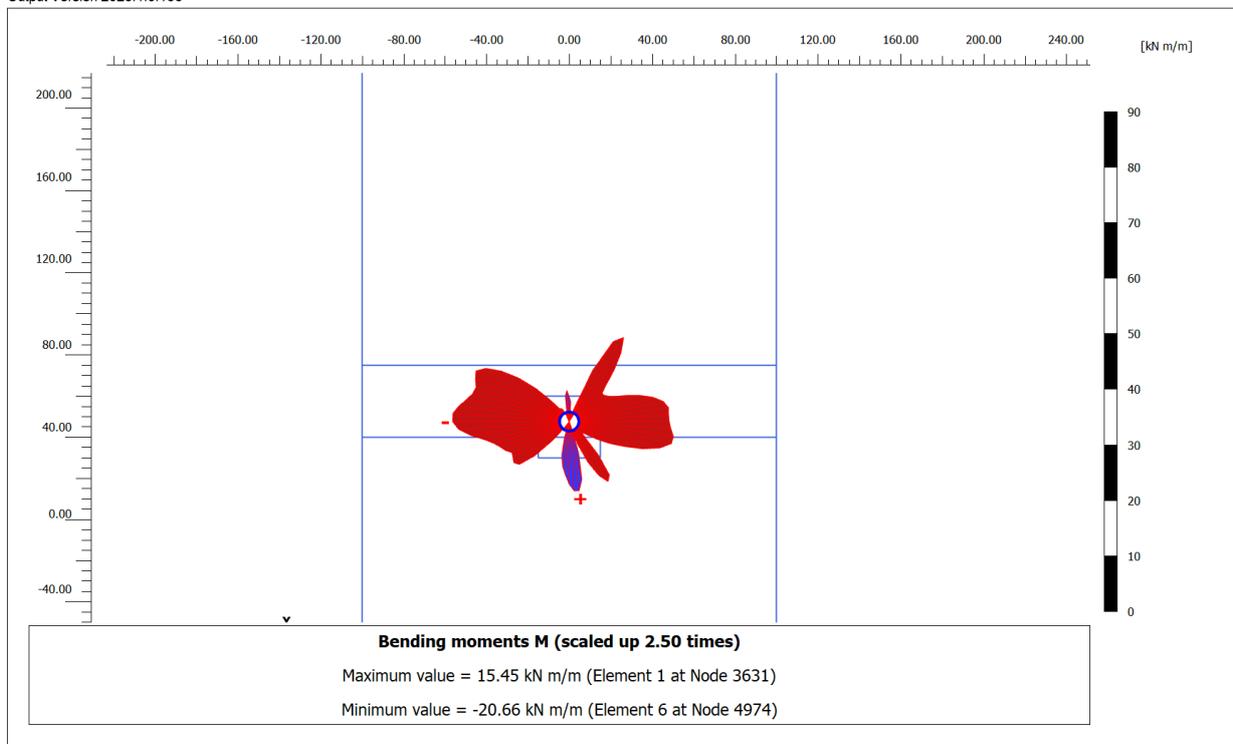


Figura 15-10: Sollecitazione momento flettente Fase 3

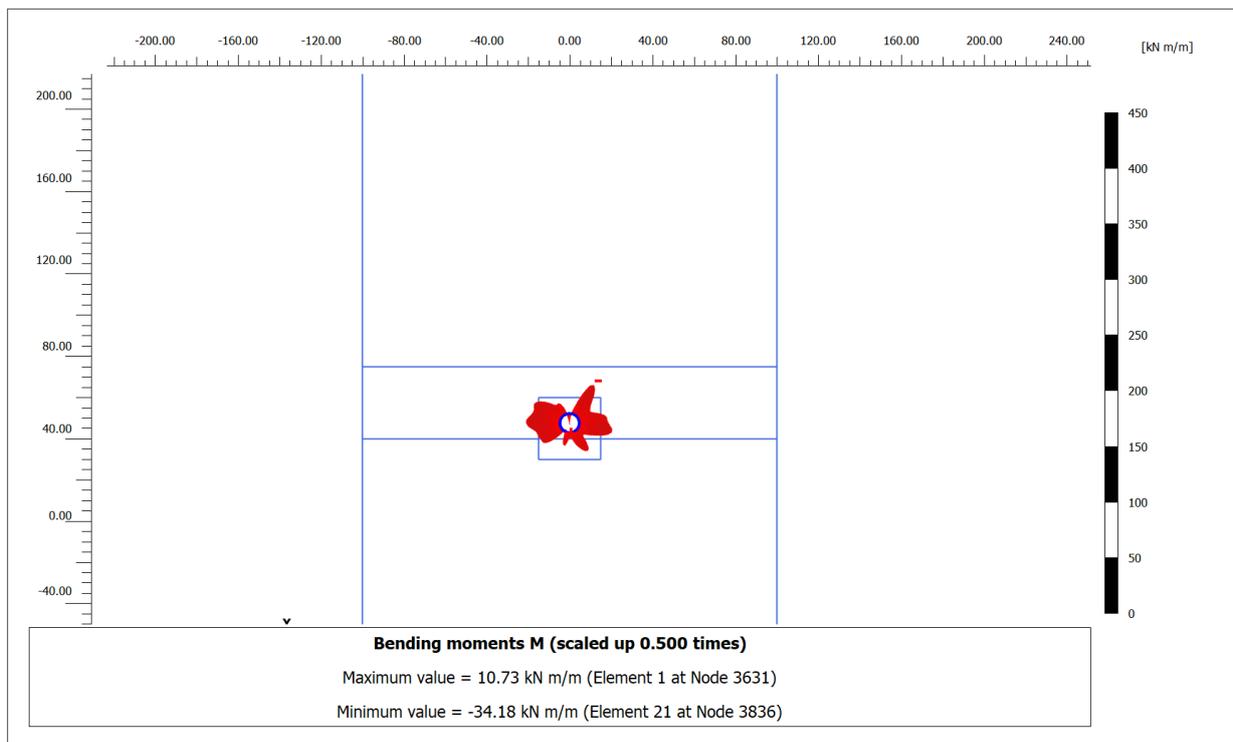


Figura 15-11: Sollecitazione momento flettente L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 191 di 266

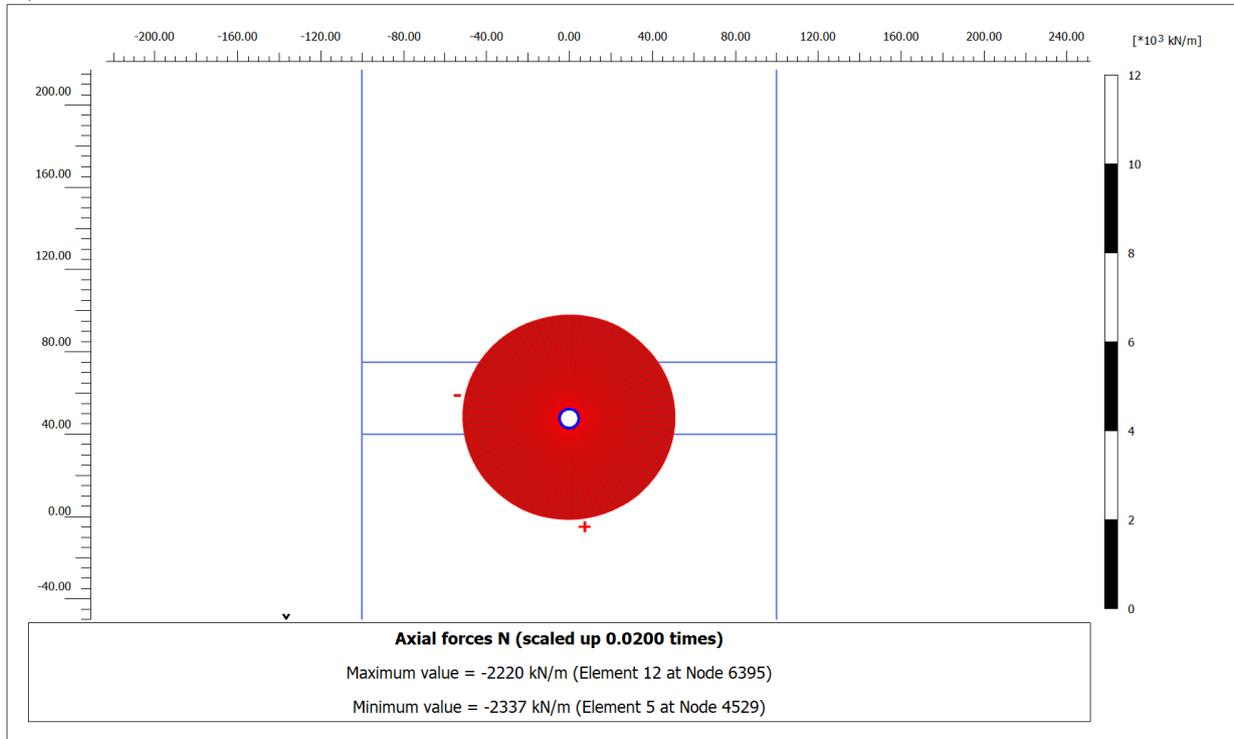


Figura 15-12: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

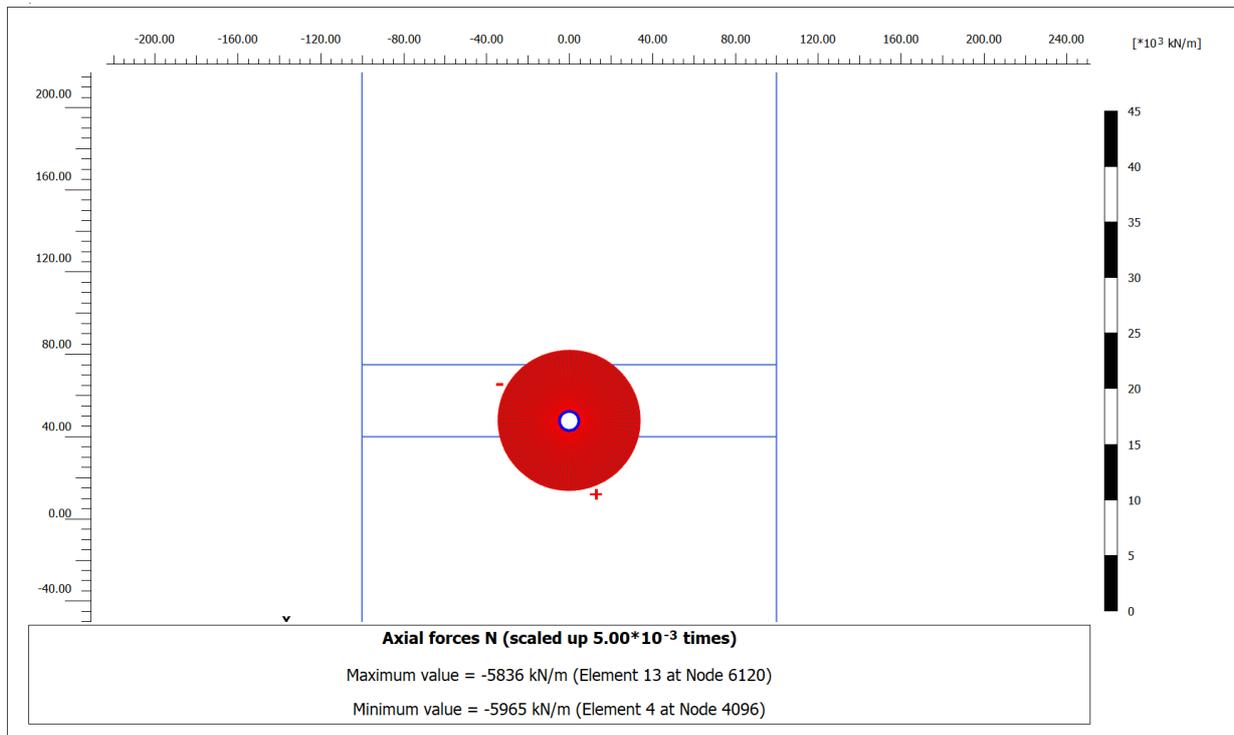


Figura 15-13: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 192 di 266

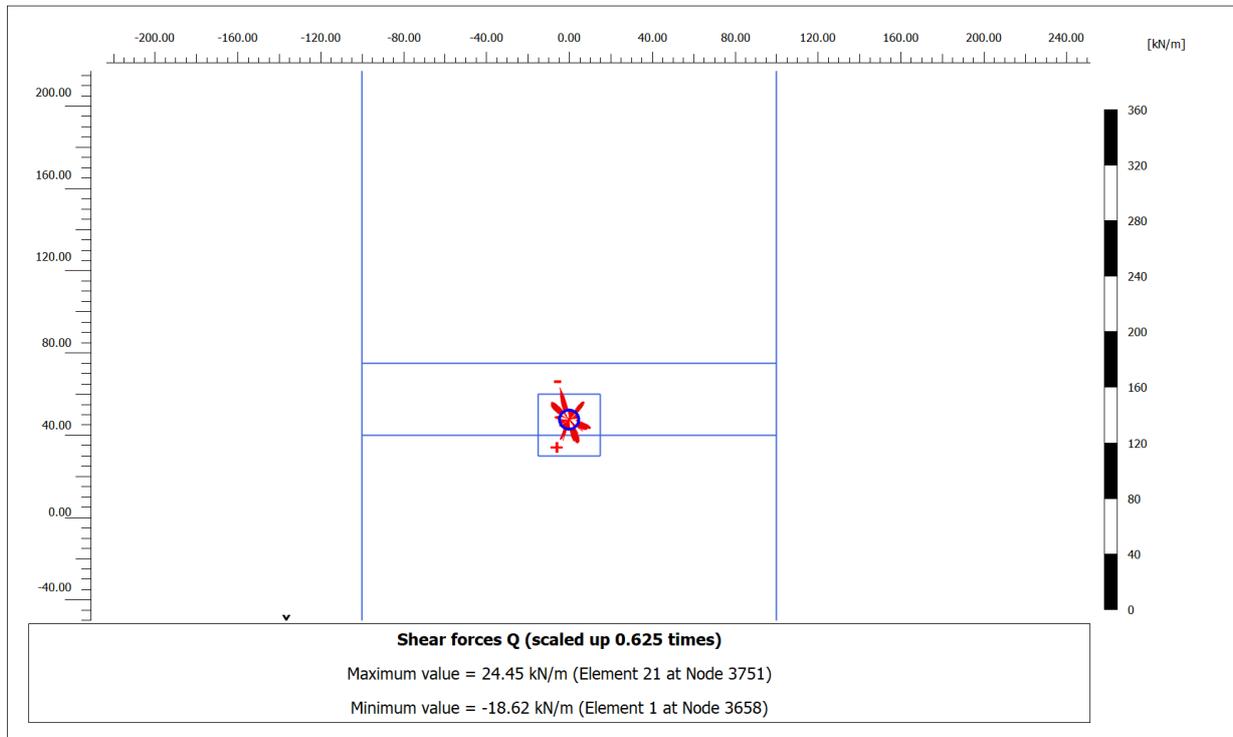


Figura 15-14: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

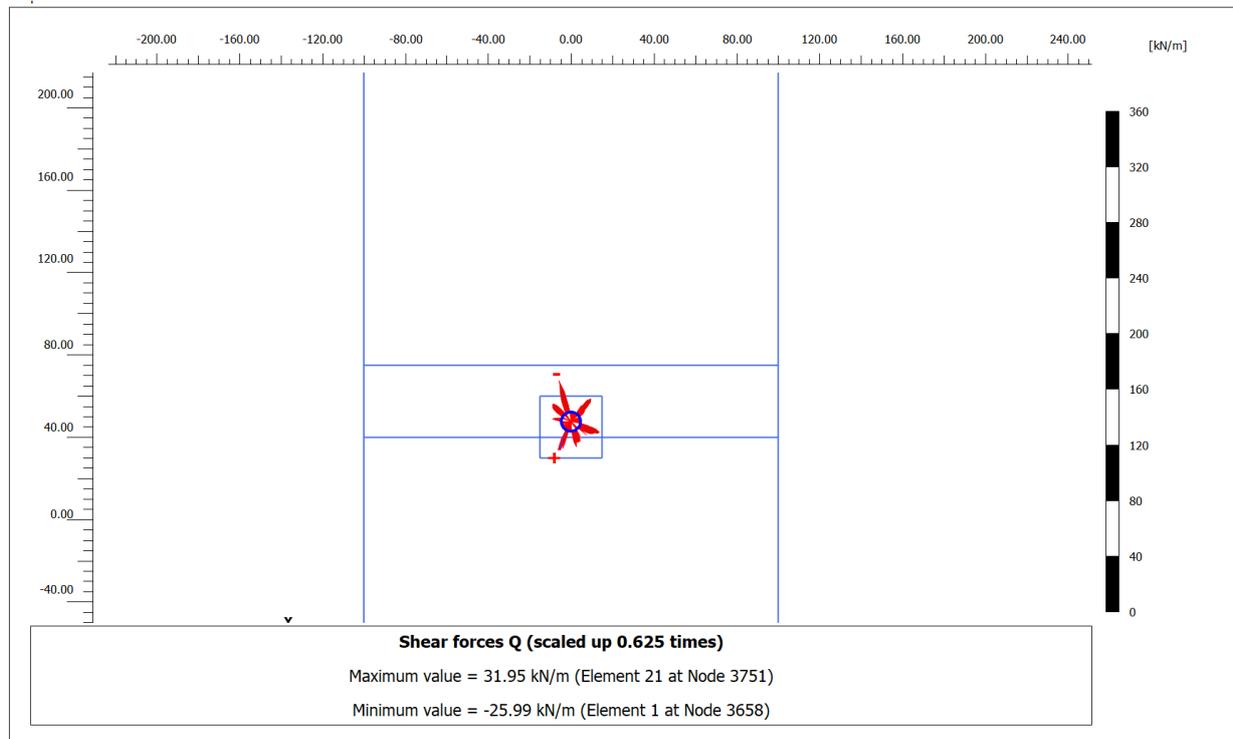


Figura 15-15: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 193 di 266

15.1.2 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 2 (pk. 0+700)

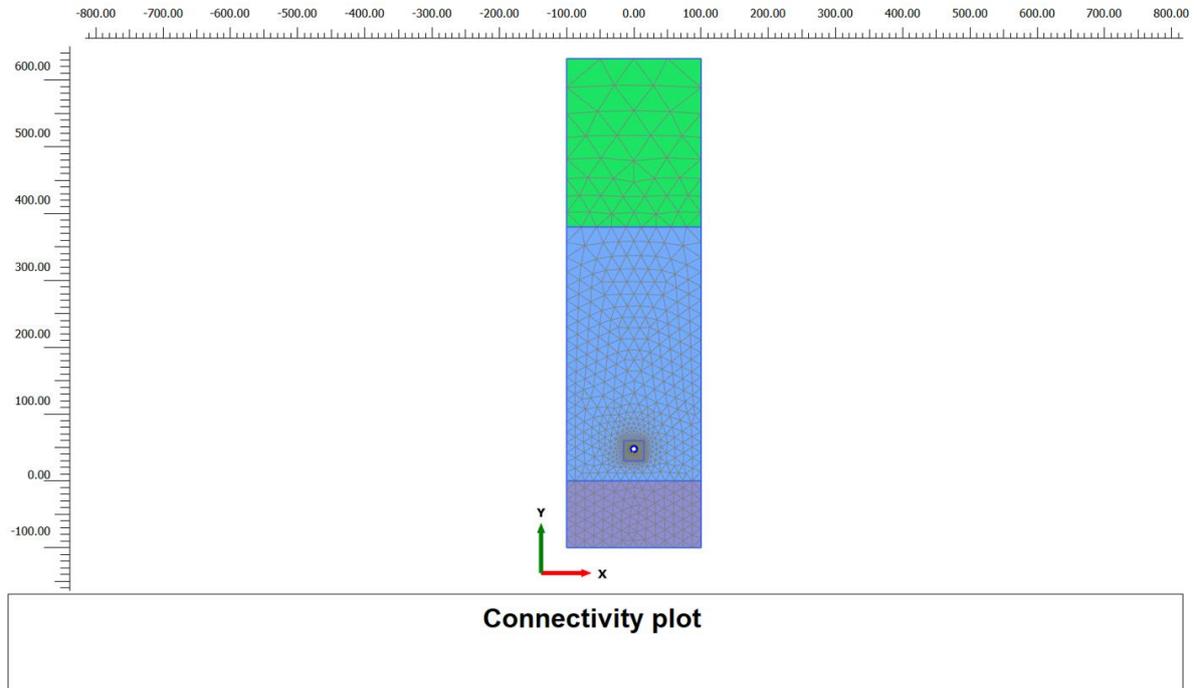


Figura 15-16: Mesh

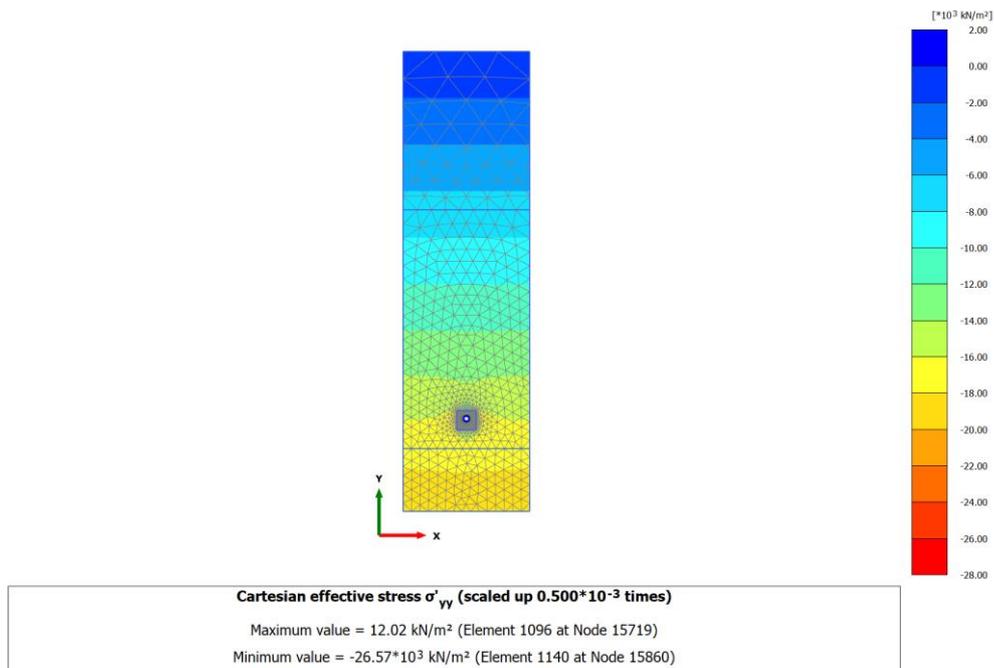
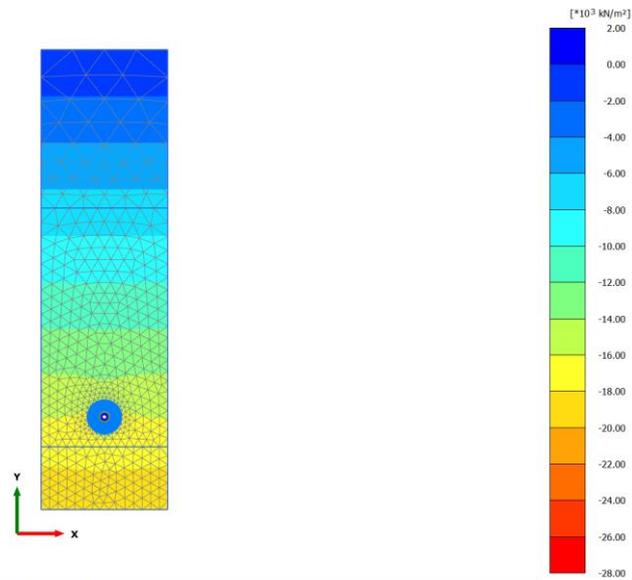


Figura 15-17: Stress σ_{yy} Fase 3

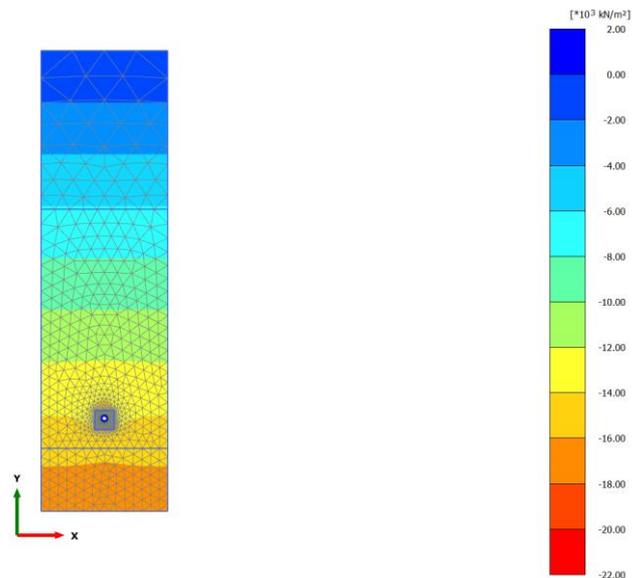
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 194 di 266



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 62.26 kN/m² (Element 1085 at Node 17044)
Minimum value = $-26.23 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1140 at Node 15860)

Figura 15-18: Stress σ_{yy} L.T.

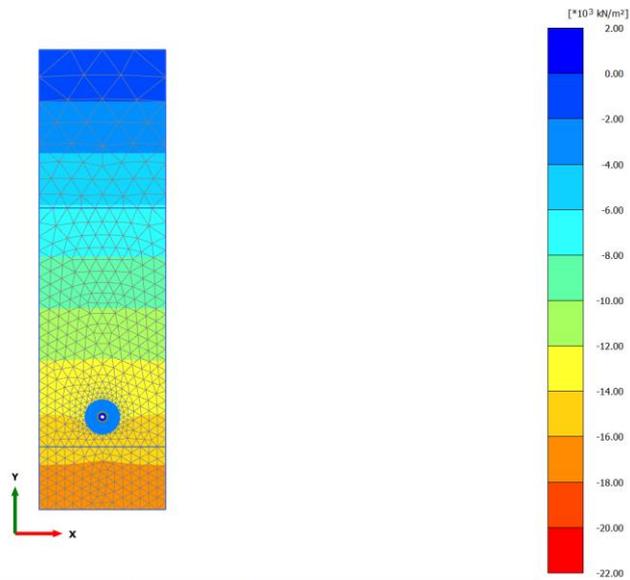


Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 23.81 kN/m² (Element 1095 at Node 16380)
Minimum value = $-21.63 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1137 at Node 15063)

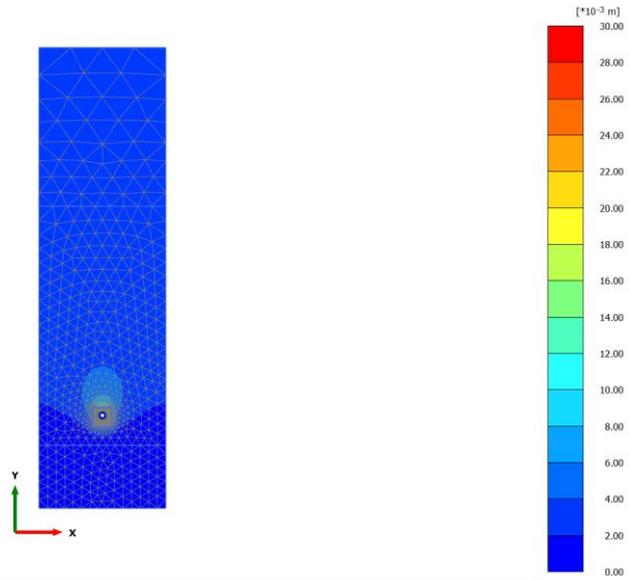
Figura 15-19: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 195 di 266



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 72.28 kN/m² (Element 1095 at Node 16380)
Minimum value = $-21.72 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1130 at Node 16748)

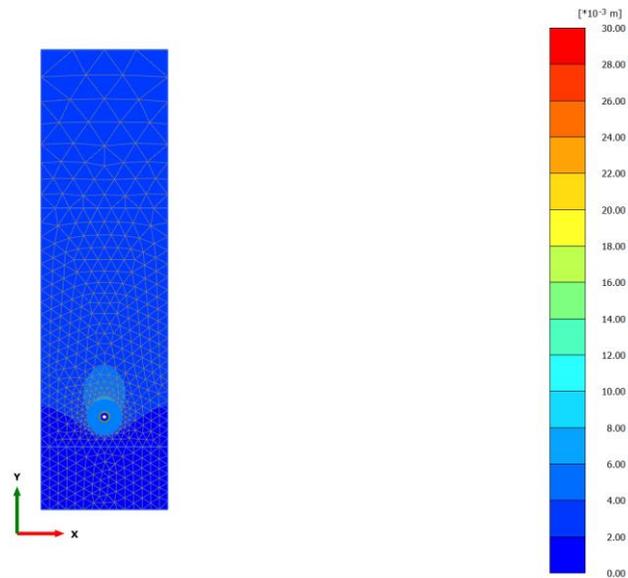
Figura 15-20: Stress σ_{xx} L.T.



Total displacements $|u|$ (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.02924 m (Element 1096 at Node 15707)

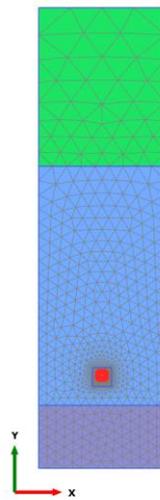
Figura 15-21: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 196 di 266



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.02975 m (Element 1096 at Node 15719)

Figura 15-22: 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 15-23: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 197 di 266

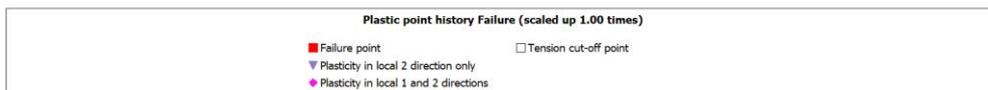
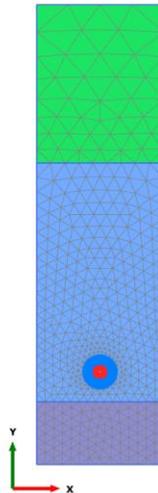


Figura 15-24: Zone di plasticizzazione L.T.

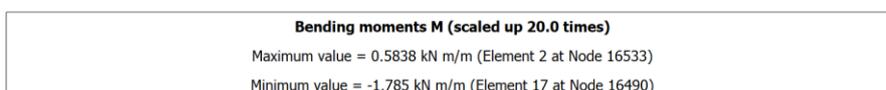
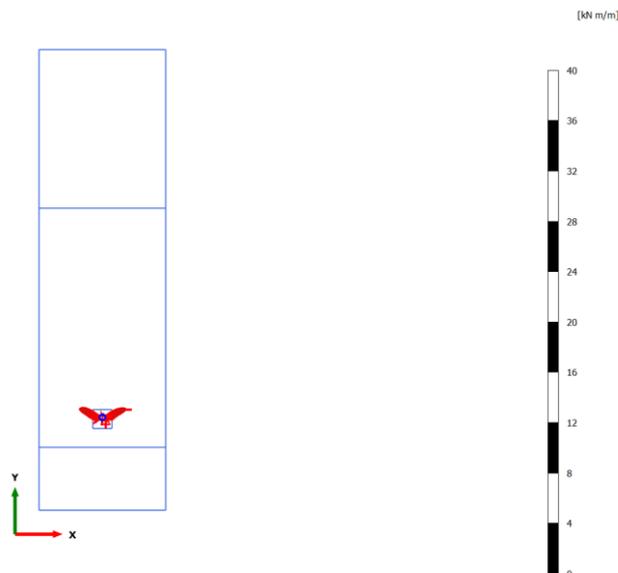


Figura 15-25: Sollecitazione momento flettente Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 198 di 266

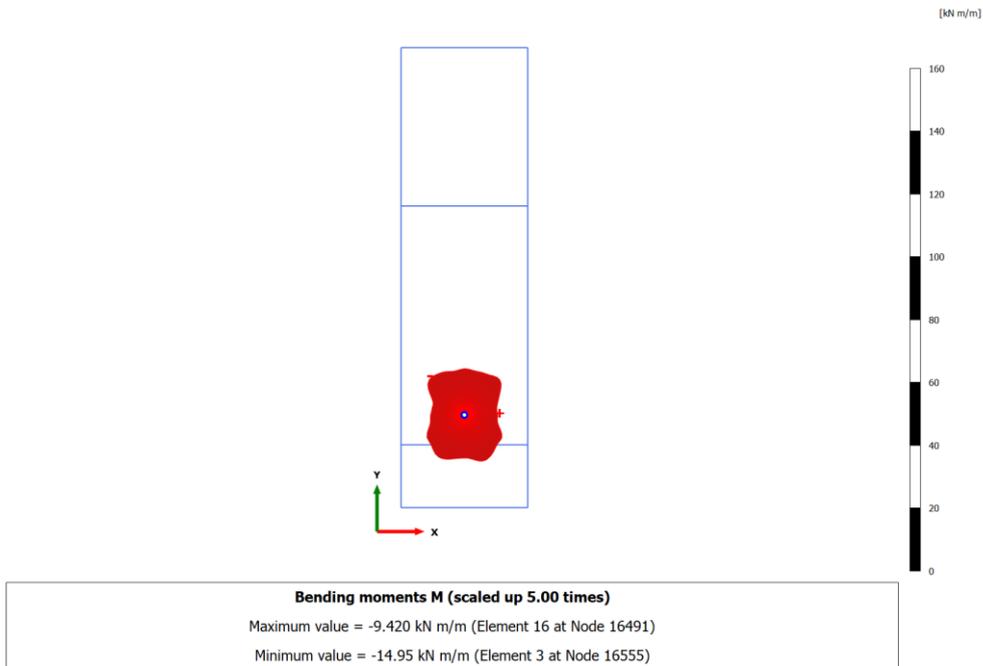


Figura 15-26: Sollecitazione momento flettente L.T.

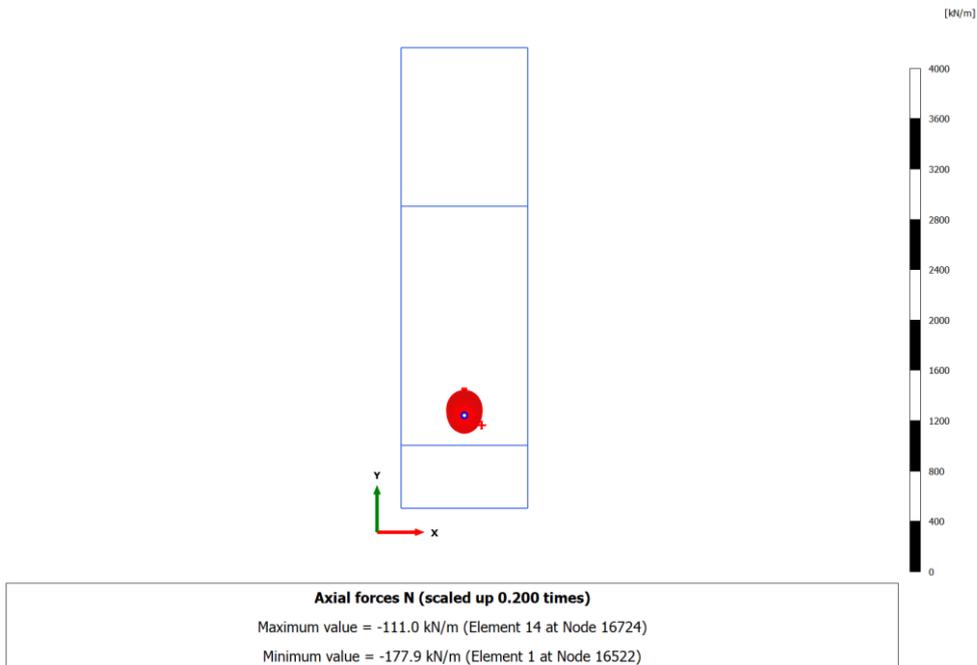


Figura 15-27: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 199 di 266

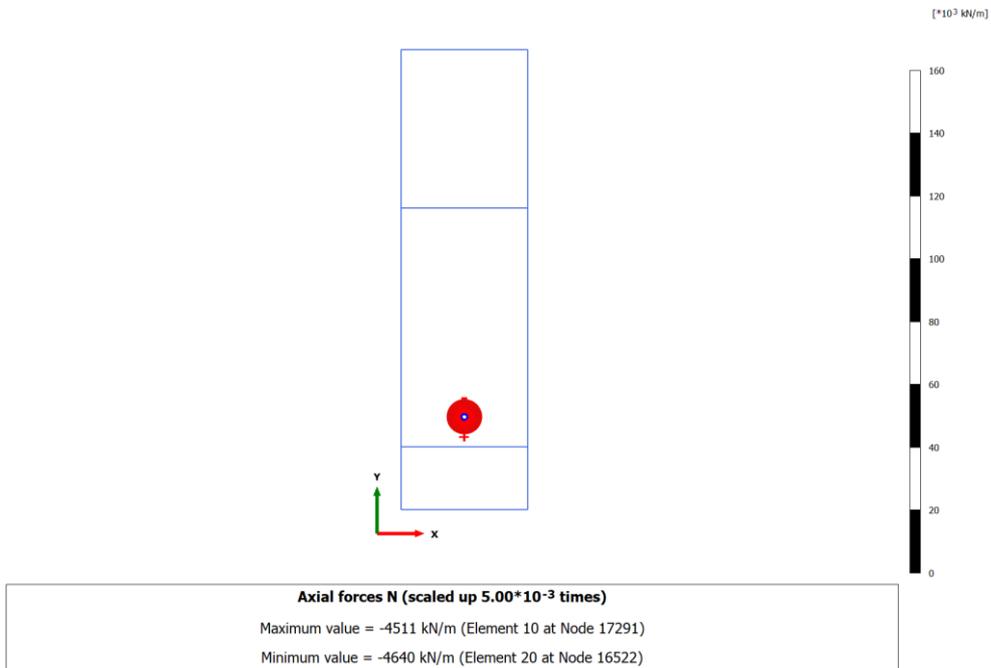


Figura 15-28: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

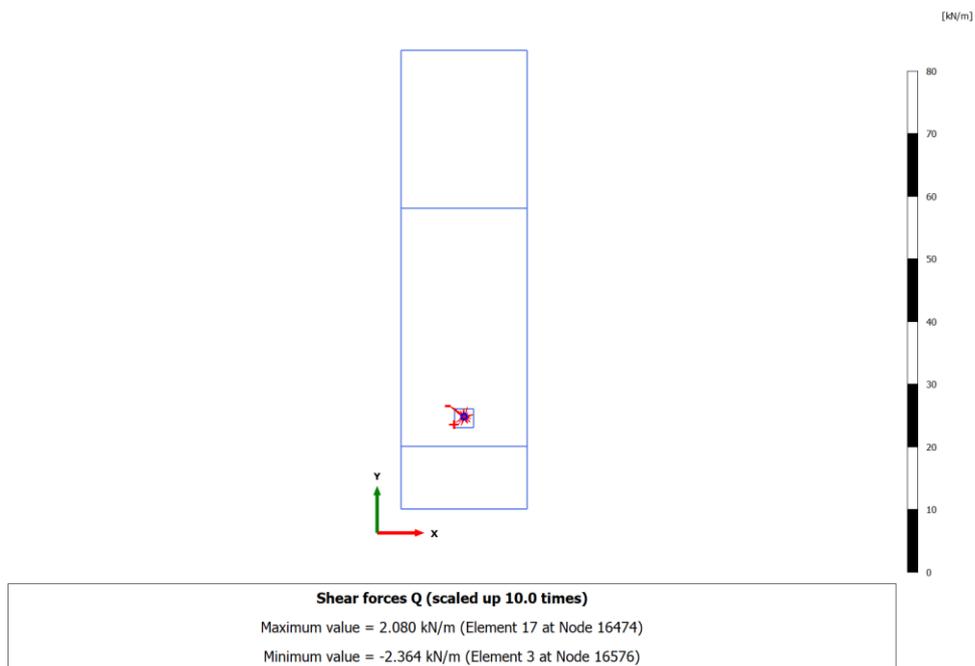


Figura 15-29: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 200 di 266

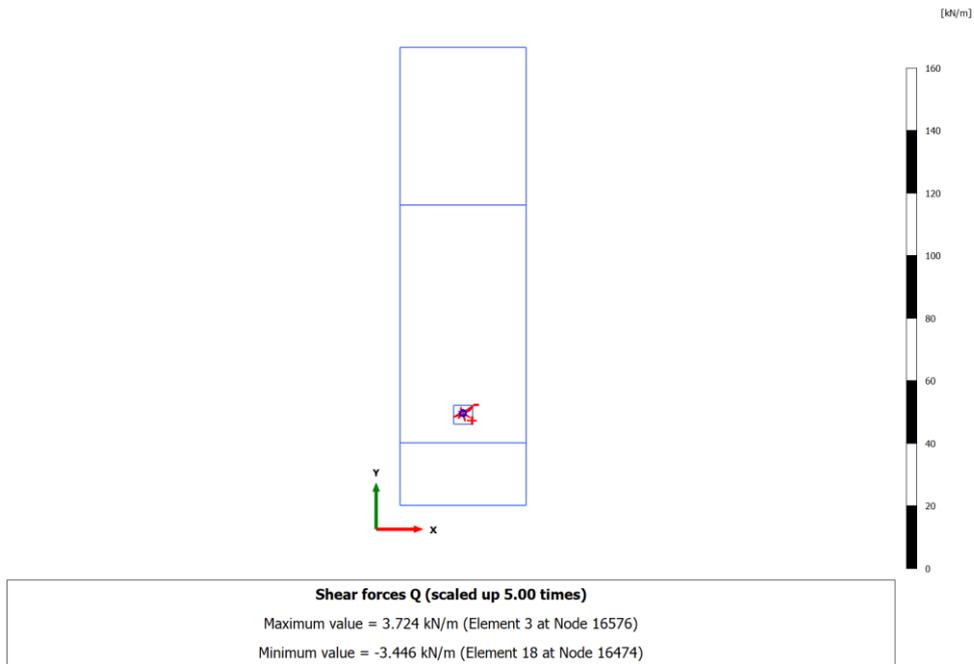


Figura 15-30: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

15.1.3 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 3 (pk. 1+830)

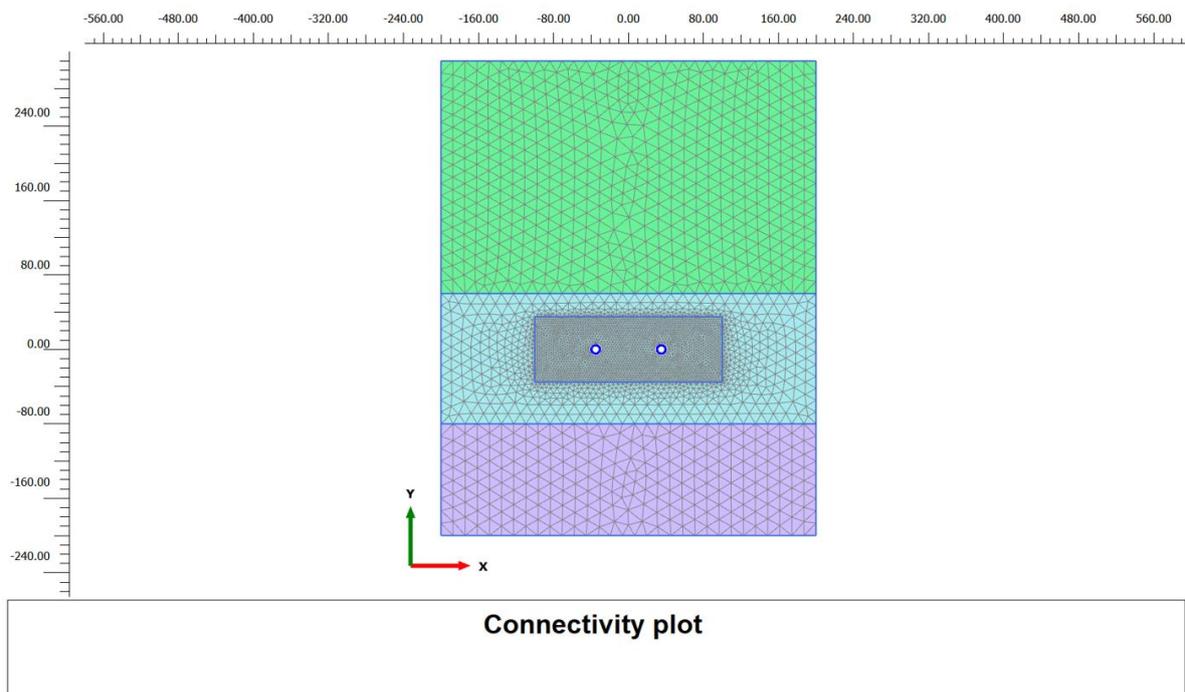


Figura 15-31: Mesh

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 201 di 266

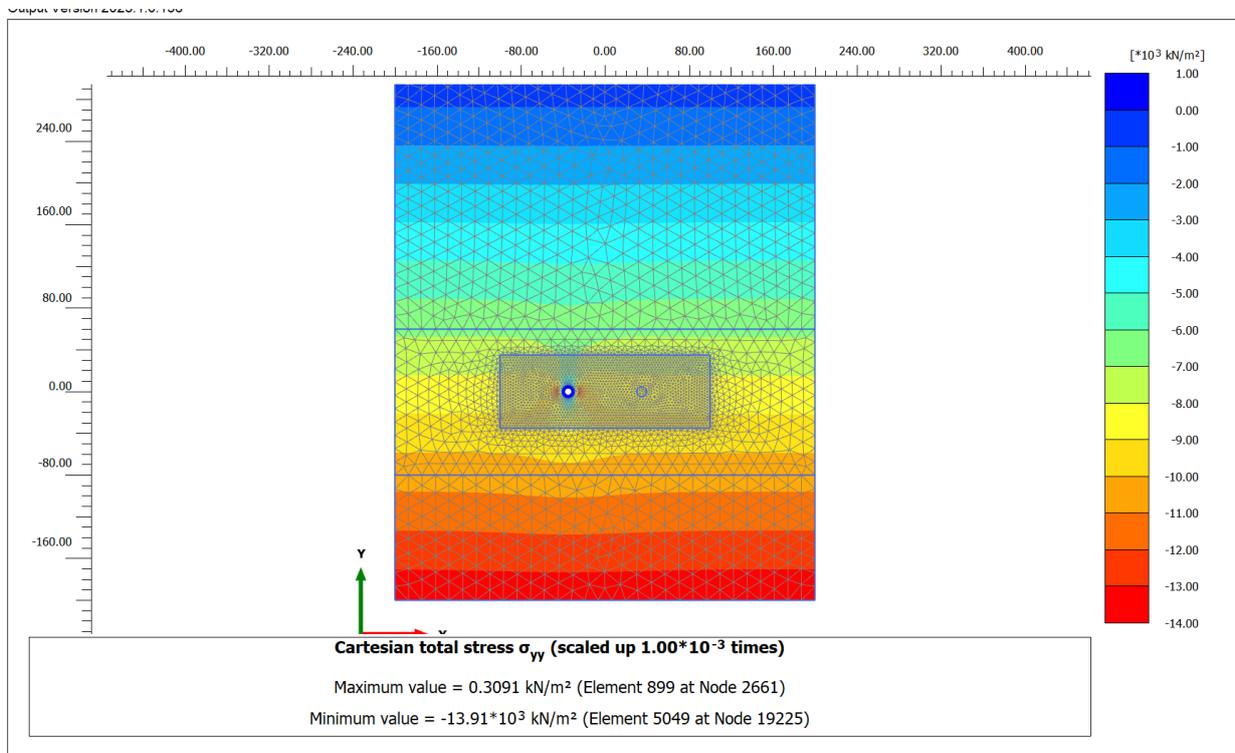


Figura 15-32: Stress σ_{yy} Fase 3

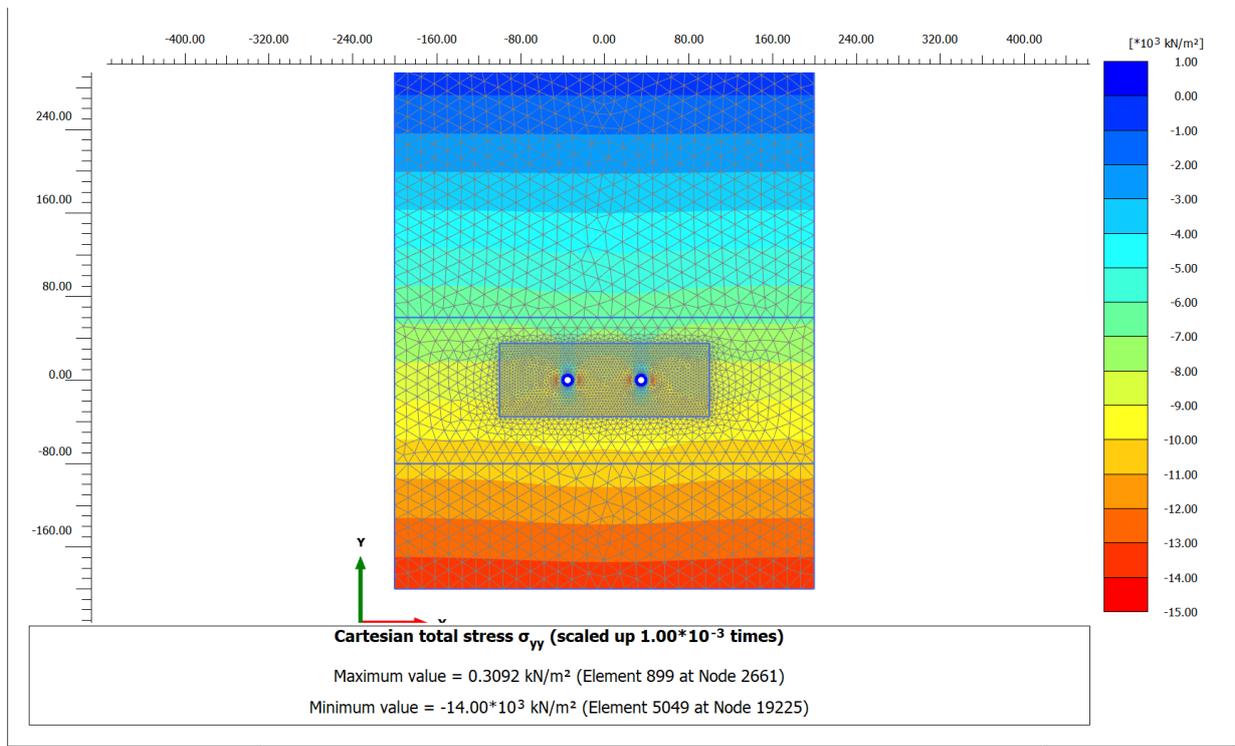


Figura 15-33: Stress σ_{yy} Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 202 di 266

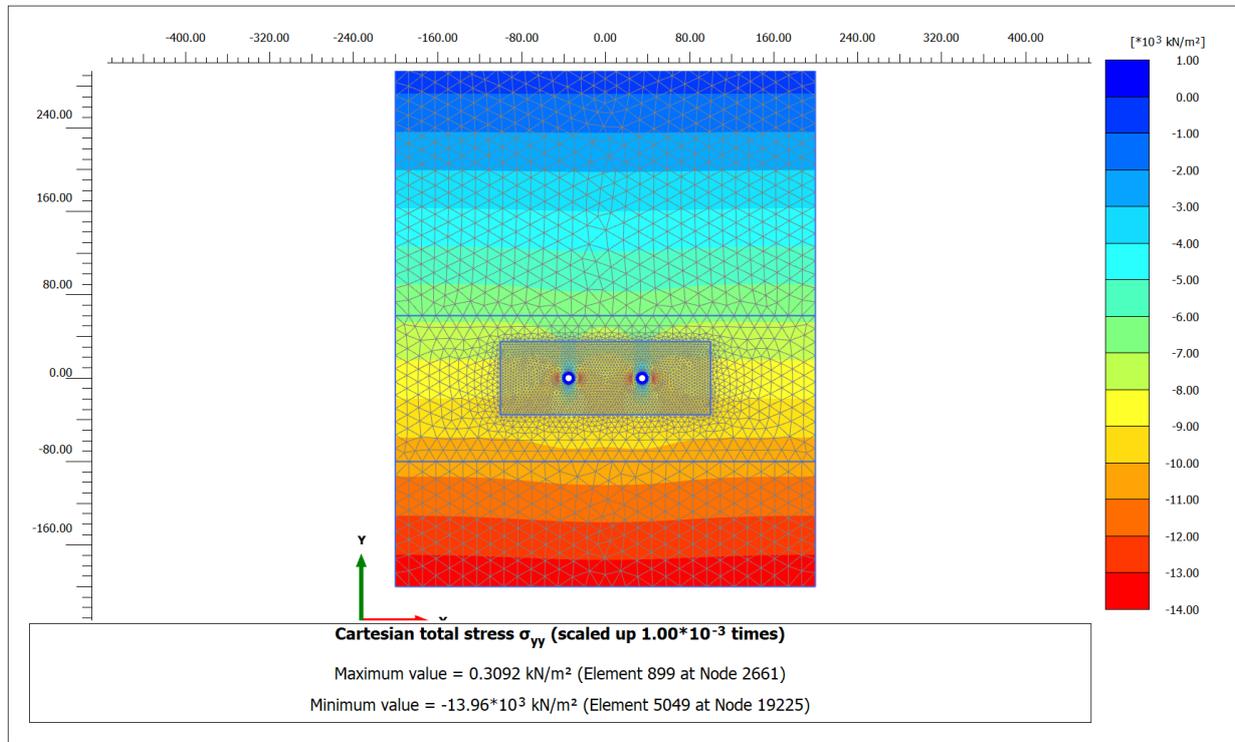


Figura 15-34: Stress σ_{yy} L.T.

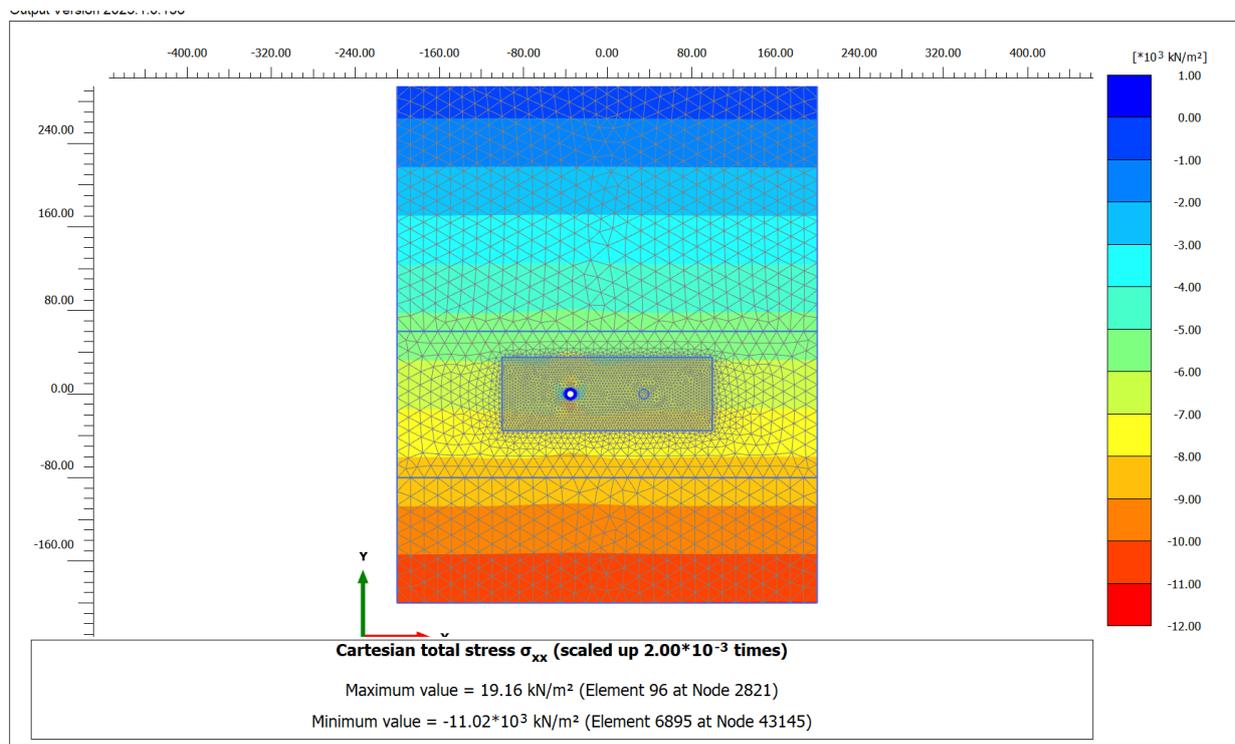


Figura 15-35: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 203 di 266

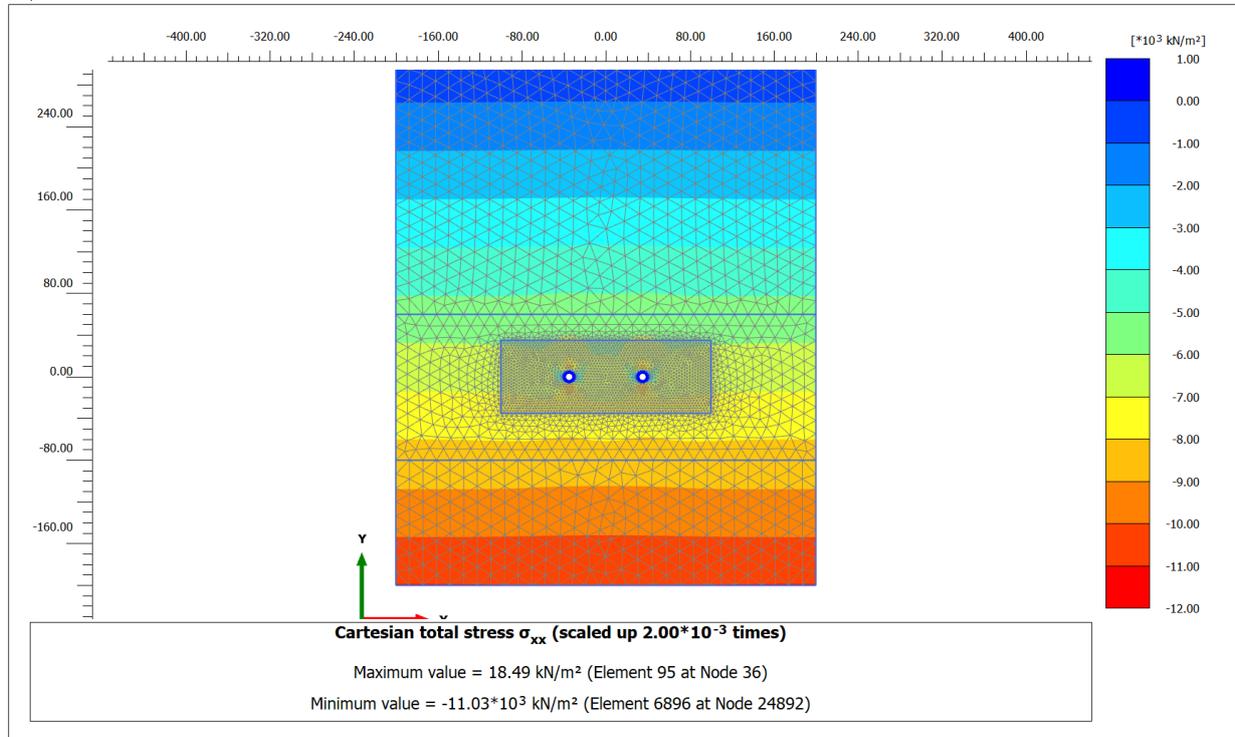


Figura 15-36: Stress σ_{xx} Fase 5

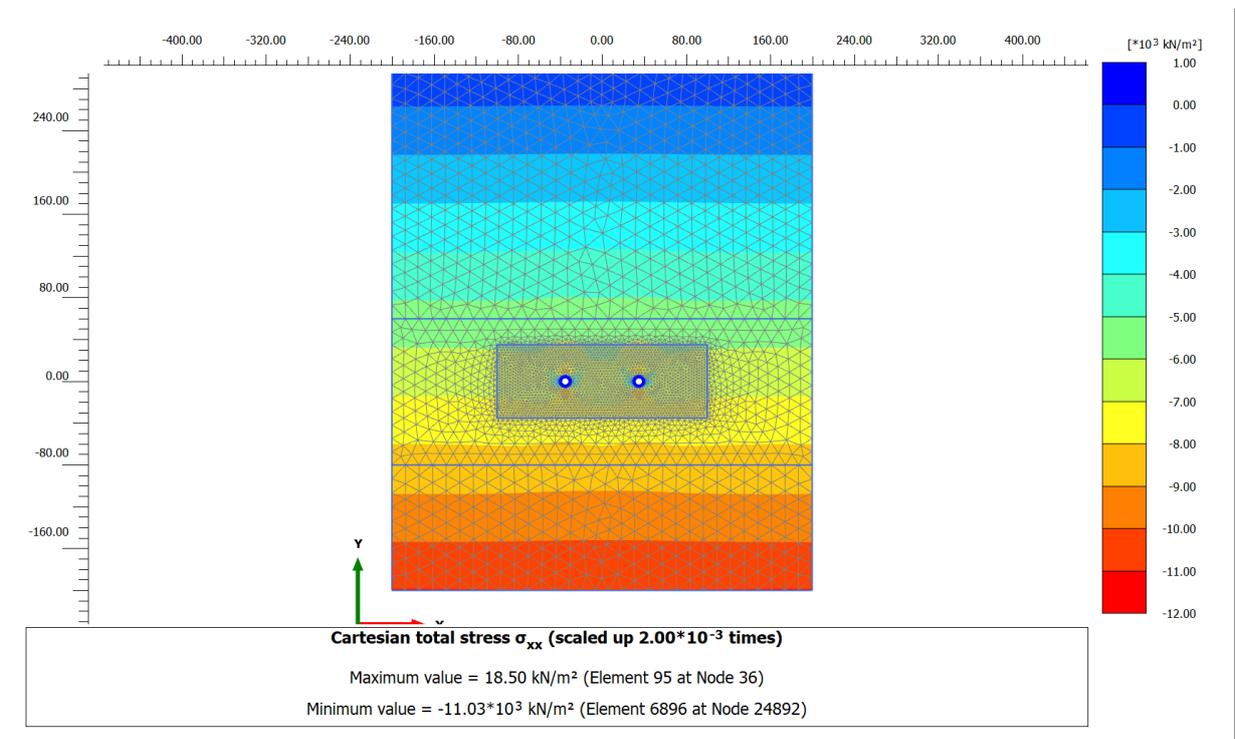


Figura 15-37: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 204 di 266

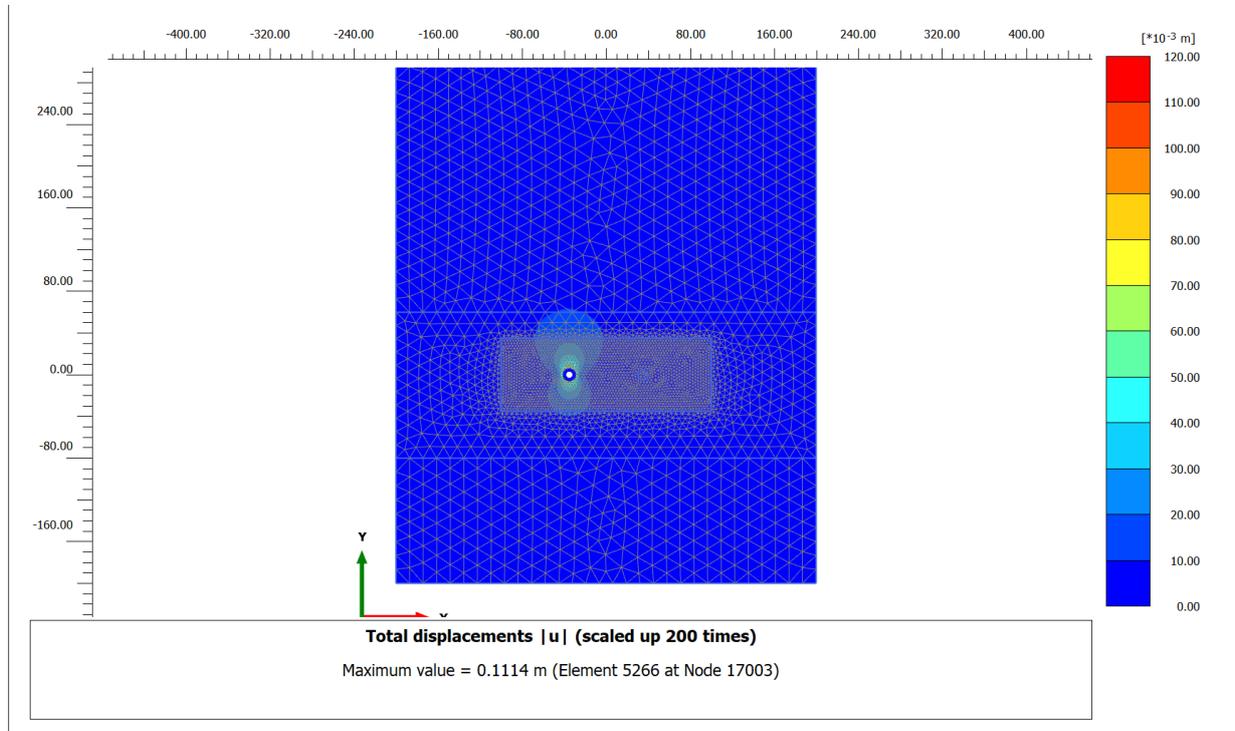


Figura 15-38: Spostamenti |u| Fase 3

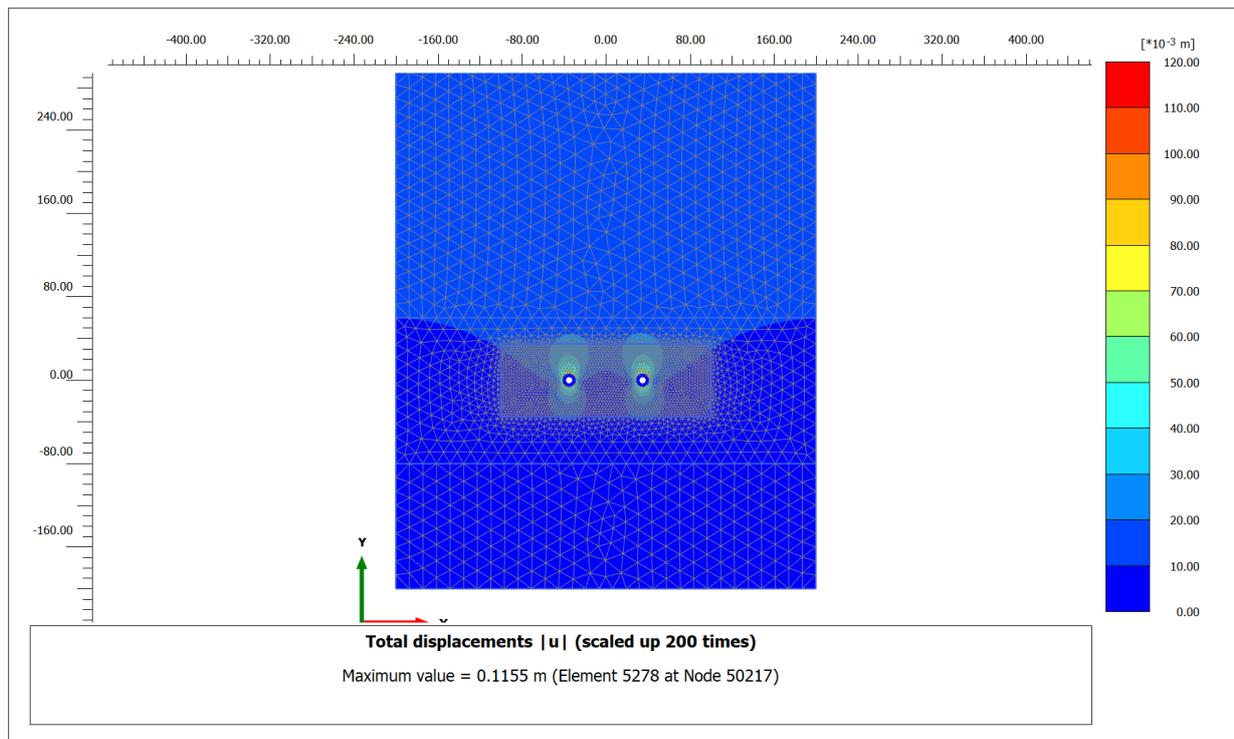


Figura 15-39: Spostamenti |u| Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 205 di 266

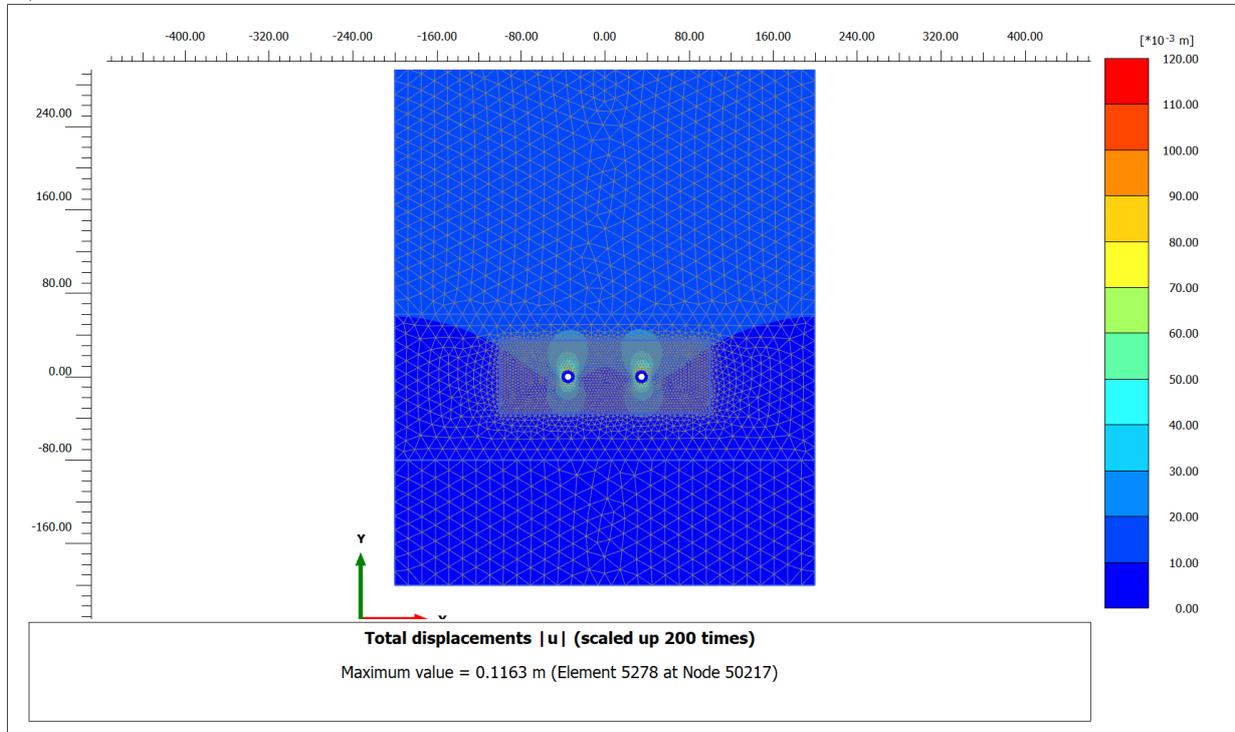


Figura 15-40: Spostamenti |u| L.T.

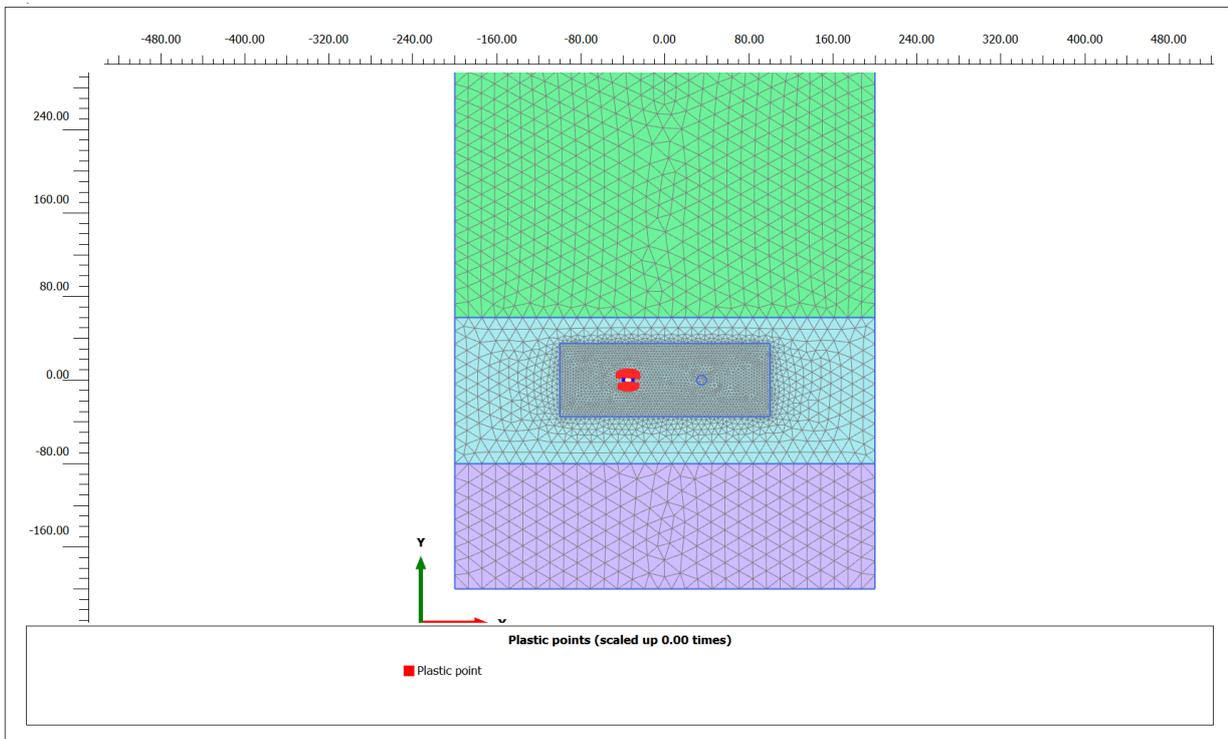


Figura 15-41: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 206 di 266

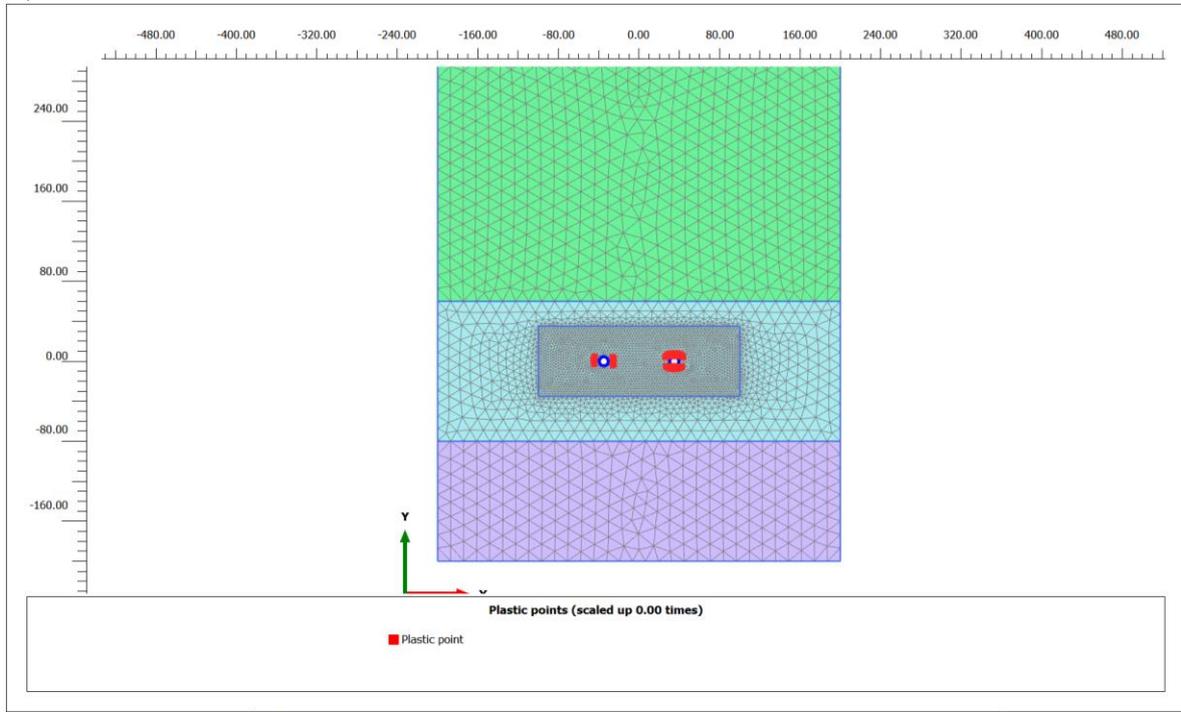


Figura 15-42: Zone di plasticizzazione Fase 5

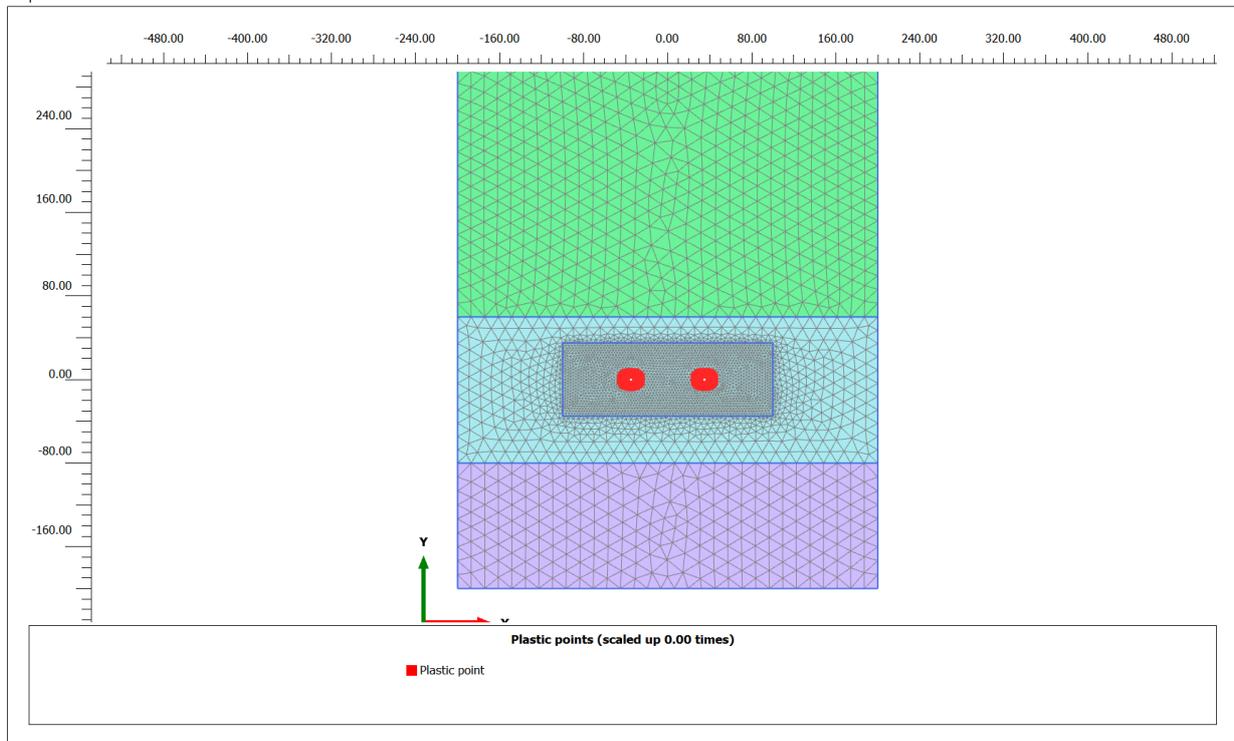


Figura 15-43: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 207 di 266

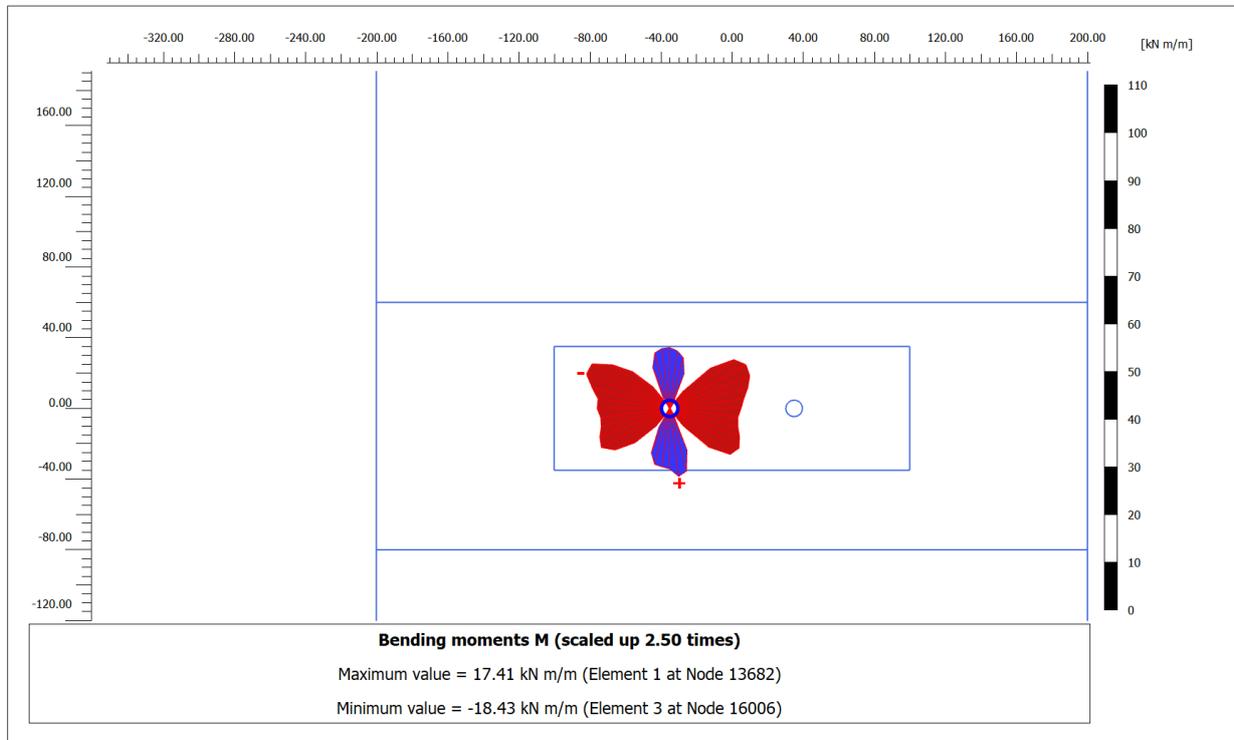


Figura 15-44: Sollecitazione momento flettente Fase 3

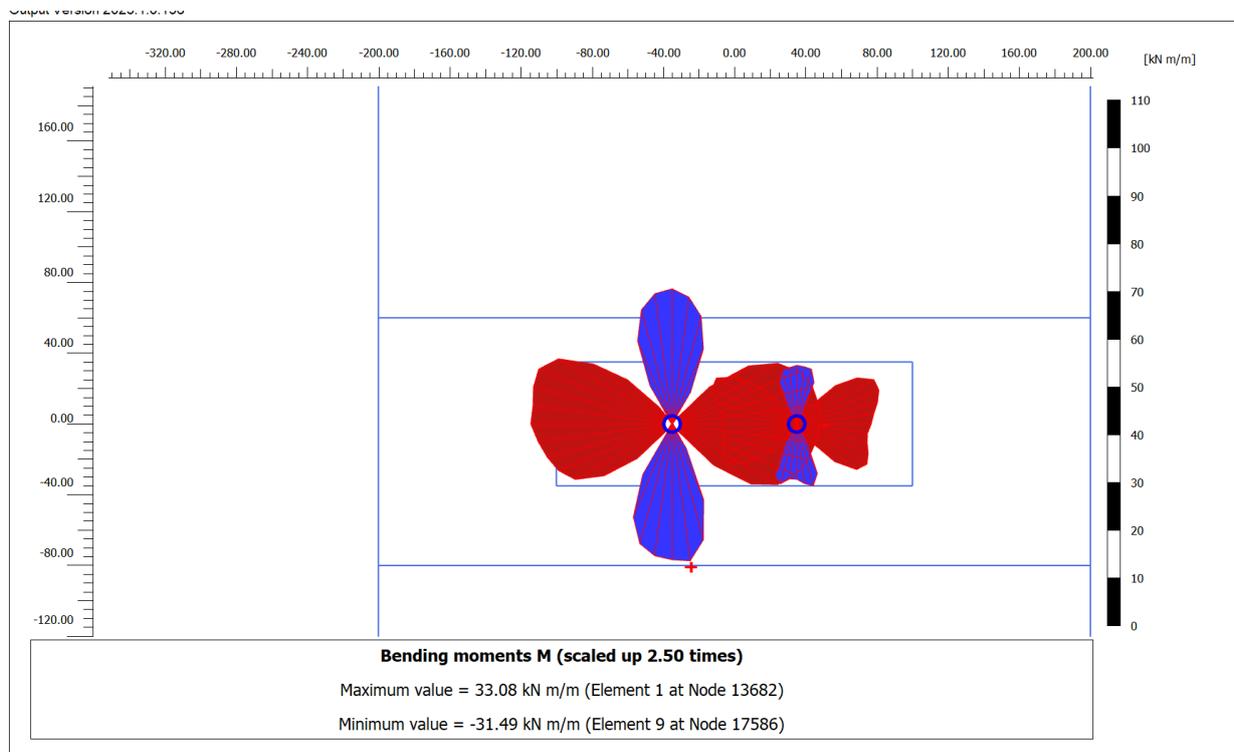


Figura 15-45: Sollecitazione momento flettente Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 208 di 266

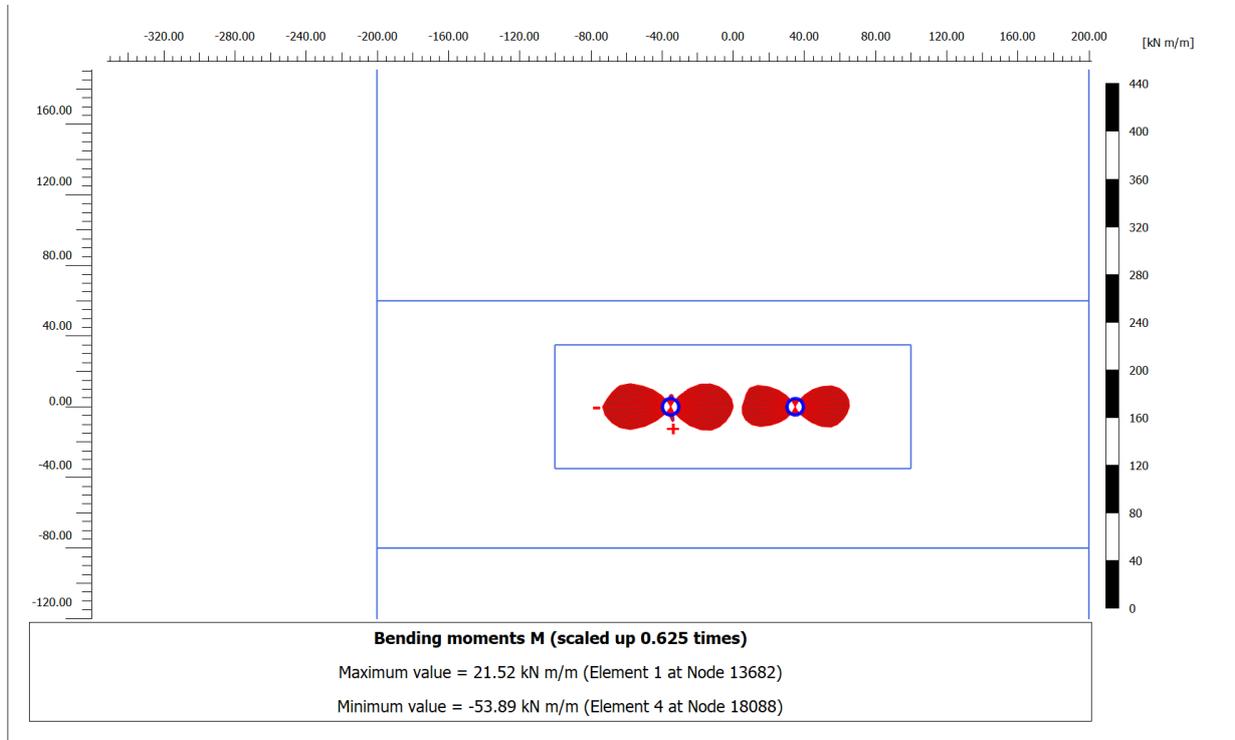


Figura 15-46: Sollecitazione momento flettente L.T.

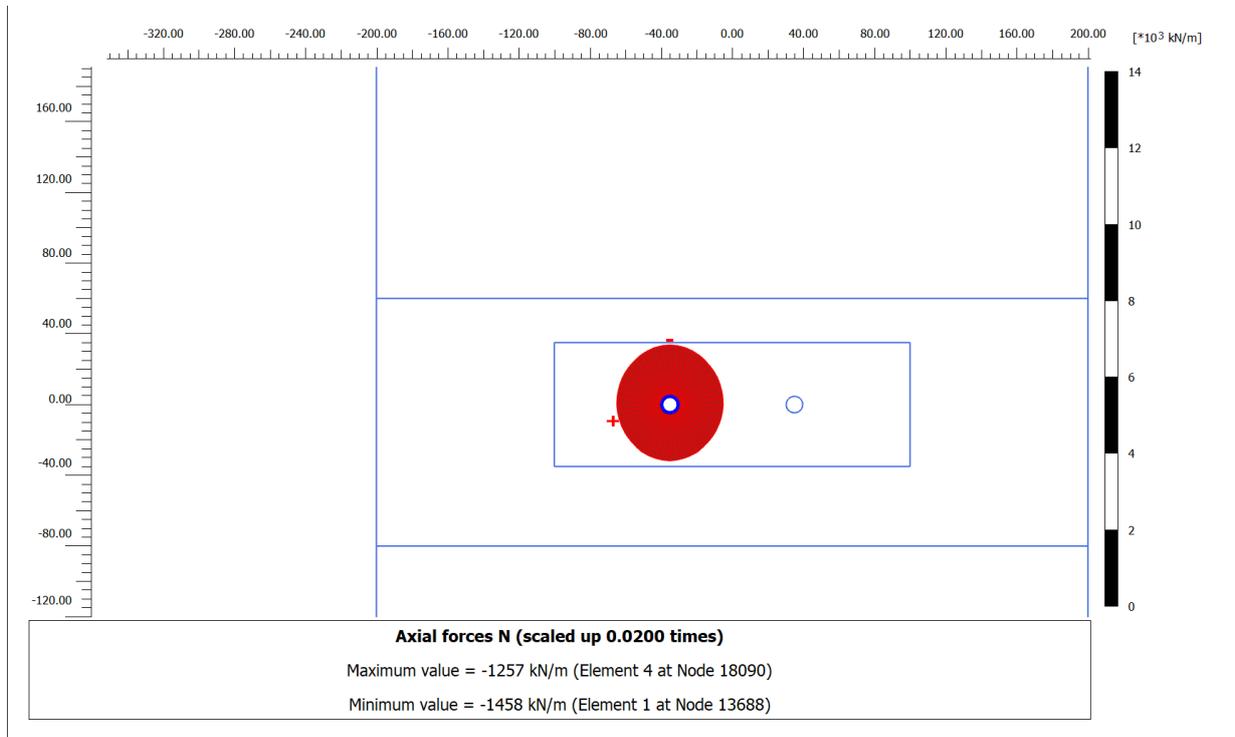


Figura 15-47: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 209 di 266

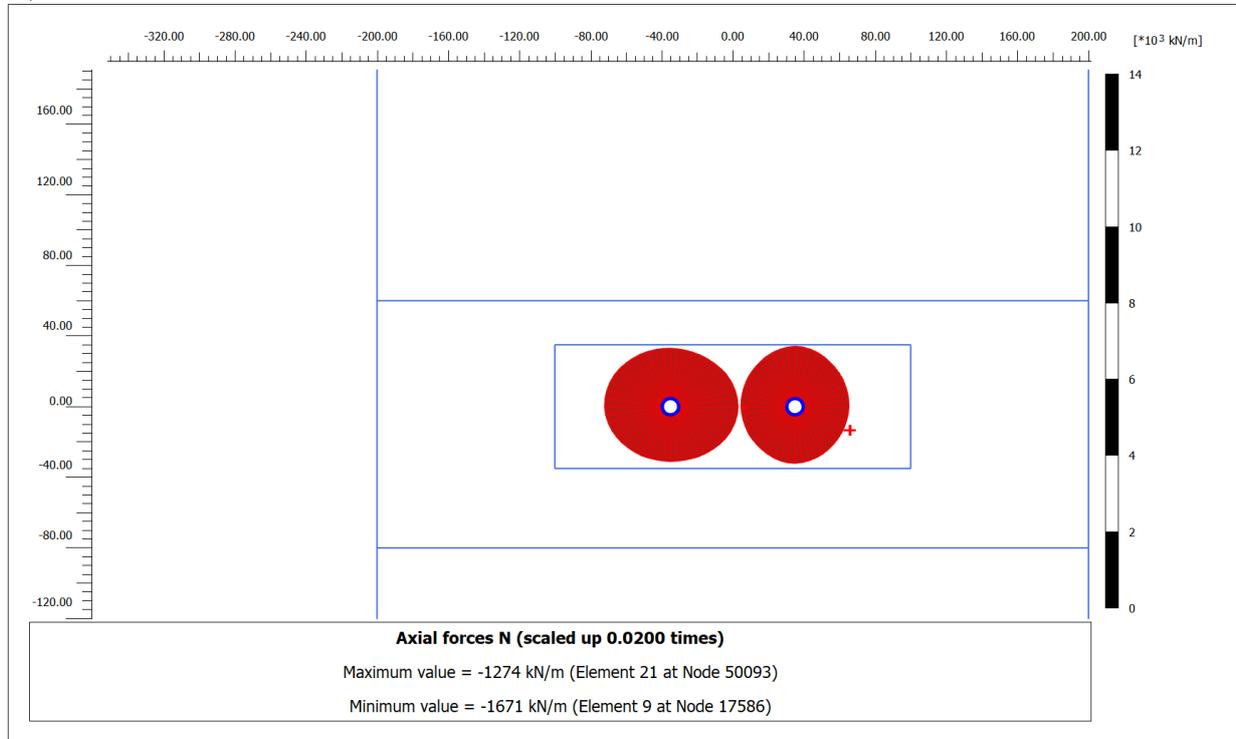


Figura 15-48: Sollecitazione sforzo assiale Fase 5

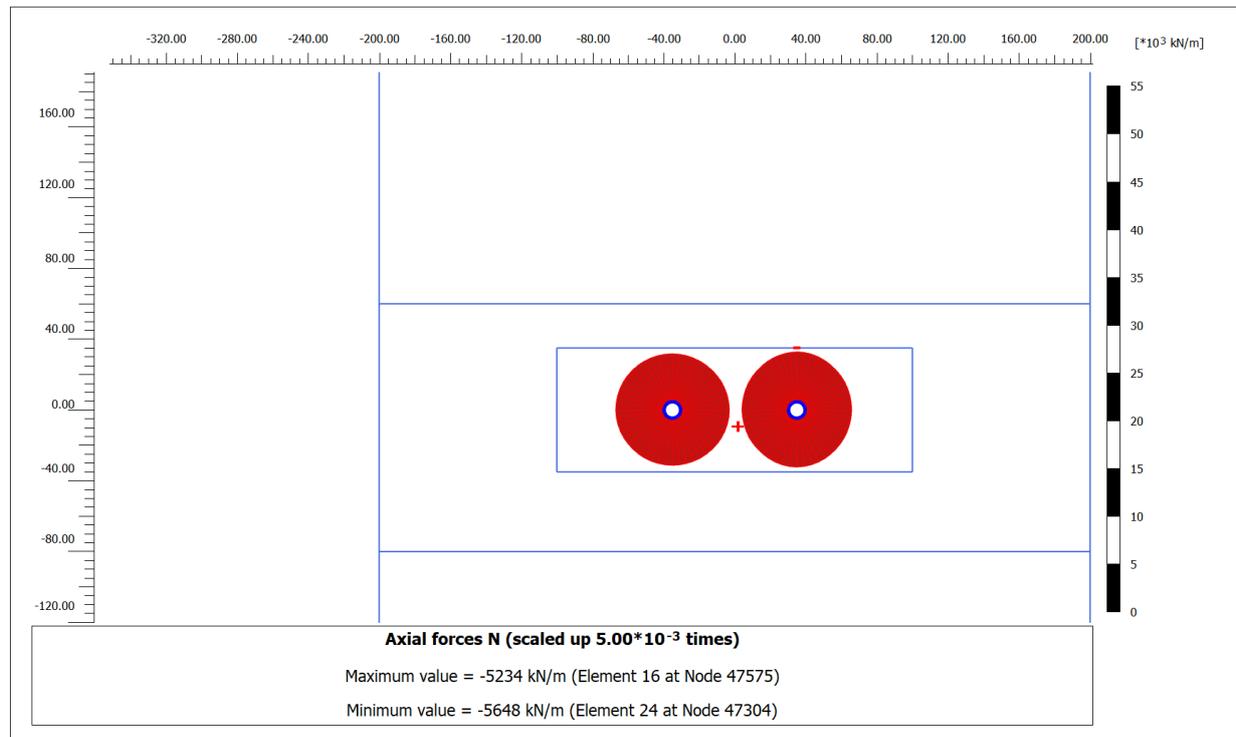


Figura 15-49: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 210 di 266

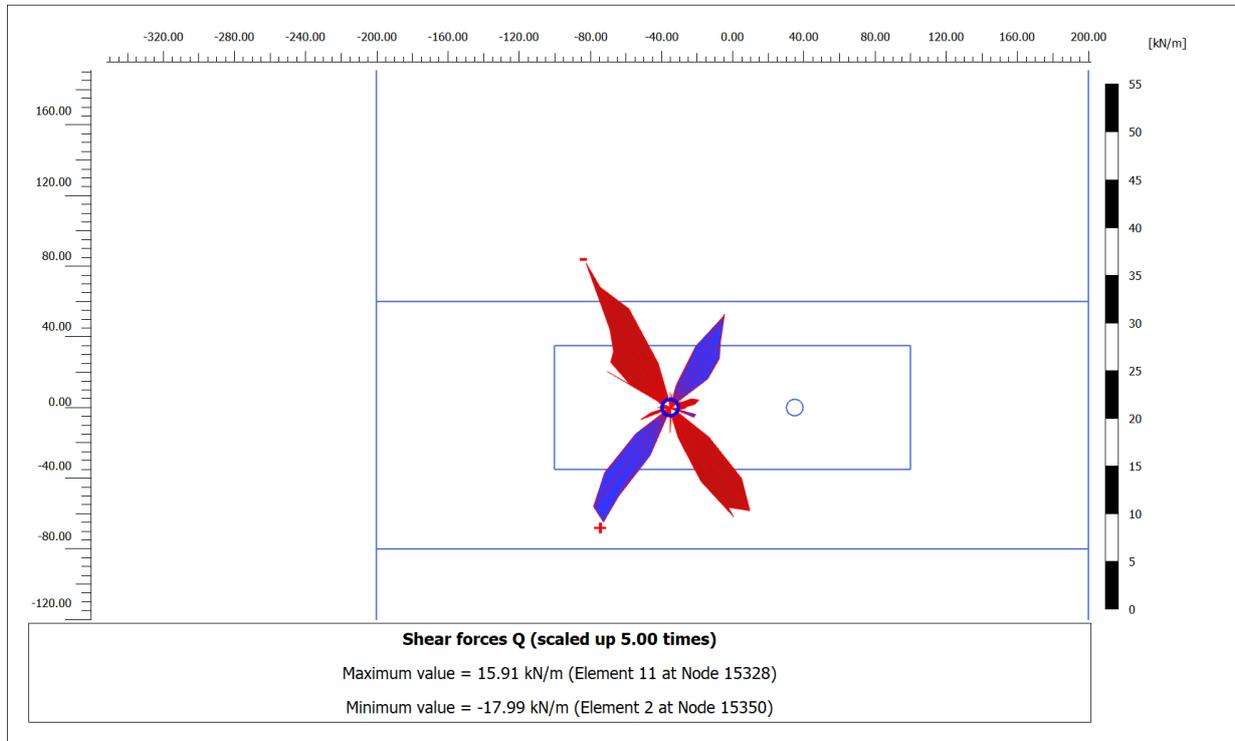


Figura 15-50: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

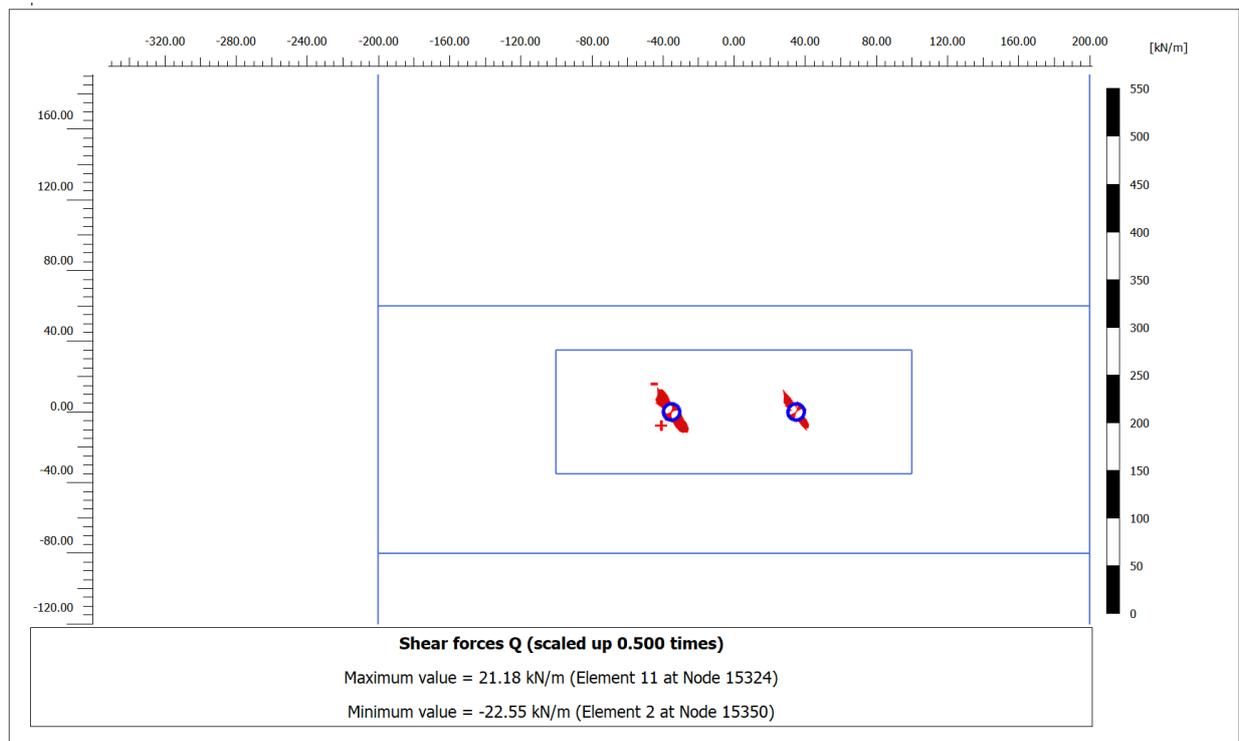


Figura 15-51: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 5

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 211 di 266

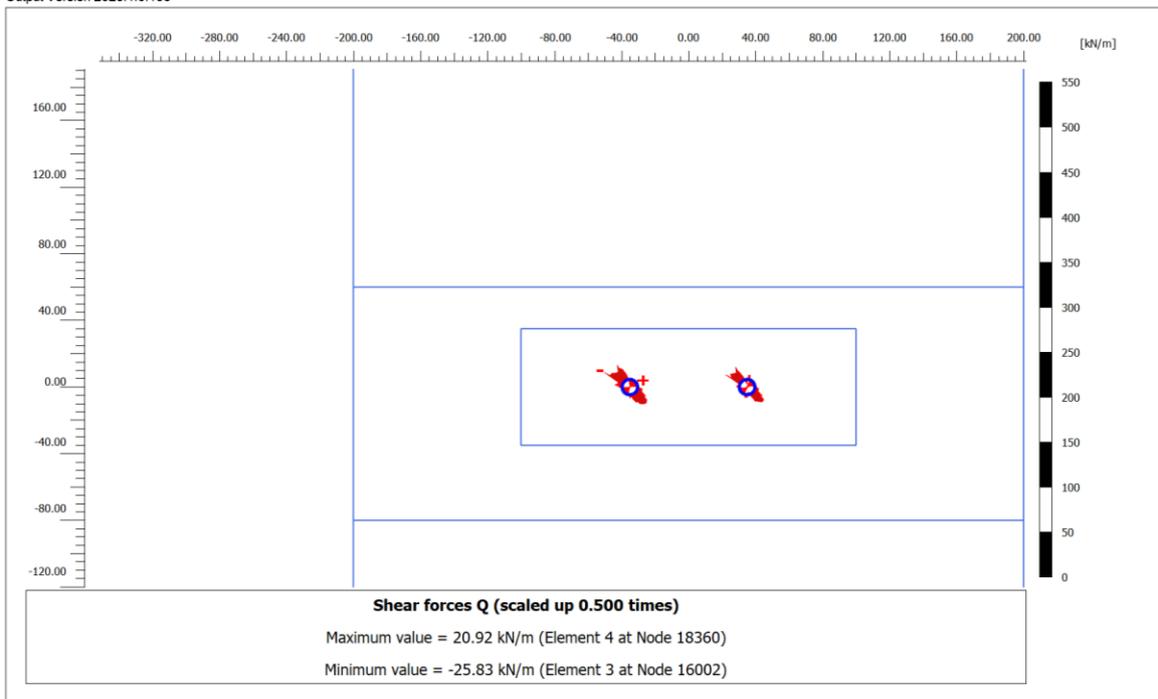


Figura 15-52: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

15.1.4 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 4 (pk. 2+110)

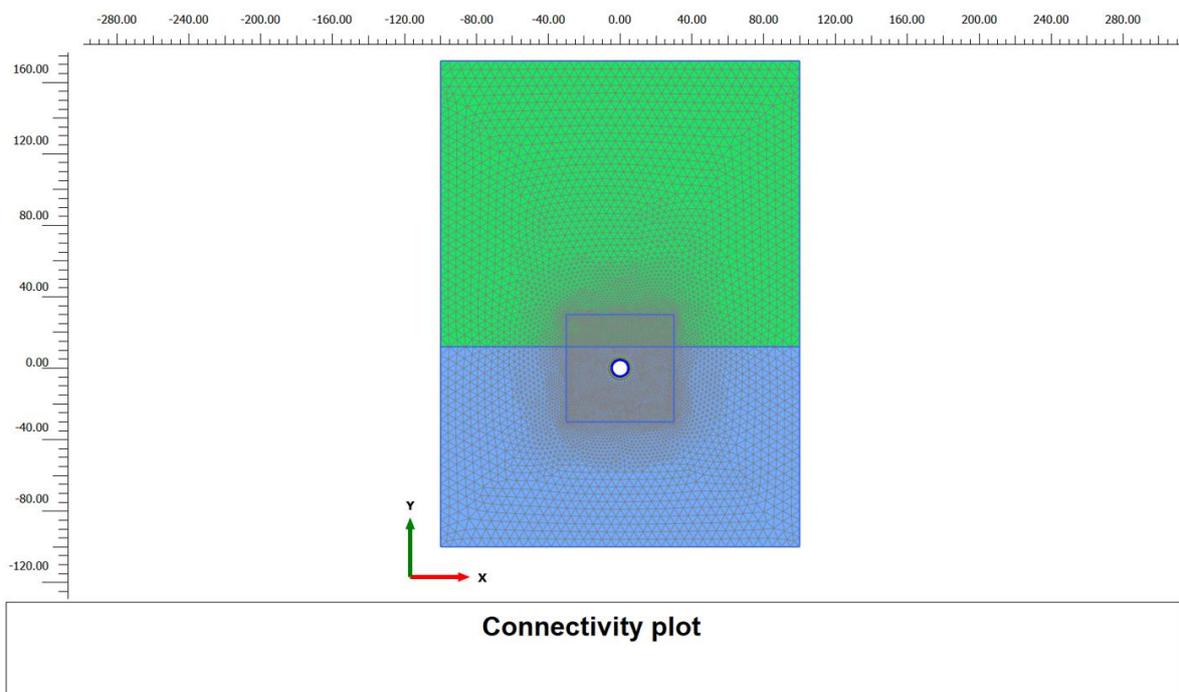
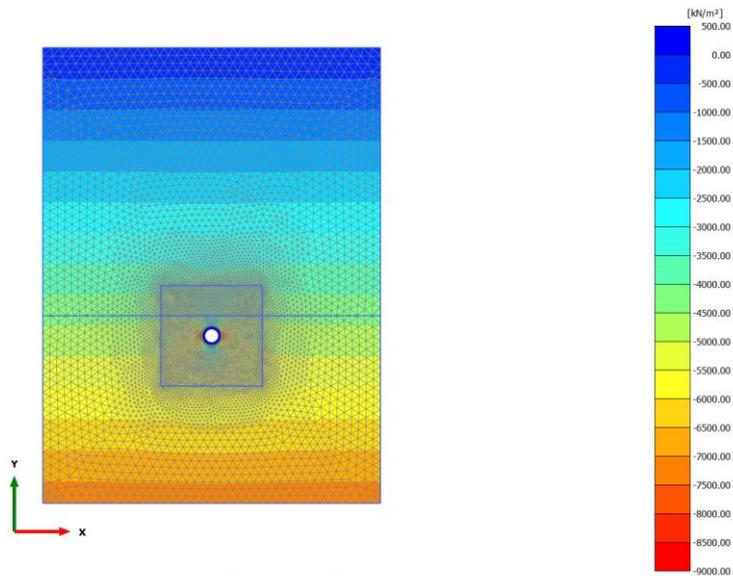


Figura 15-53: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 212 di 266

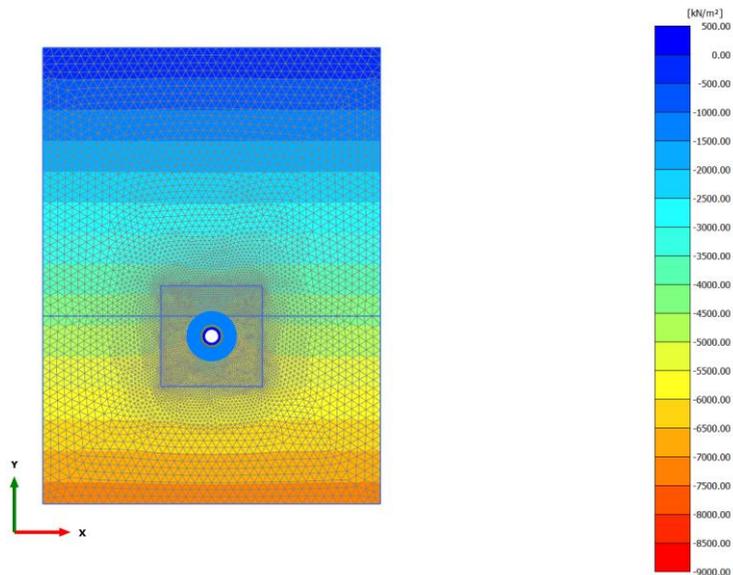


Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 12.90 kN/m² (Element 7151 at Node 98914)

Minimum value = -8603 kN/m² (Element 7265 at Node 98853)

Figura 15-54: Stress σ_{yy} Fase 3



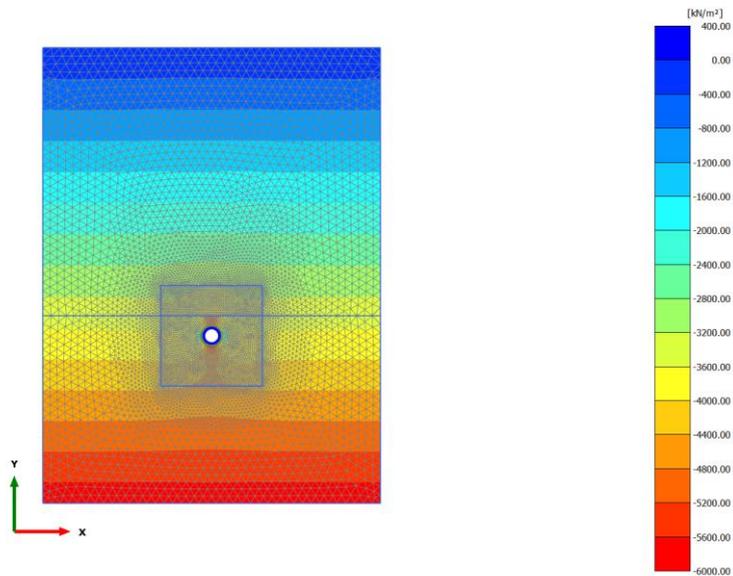
Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 12.37 kN/m² (Element 7136 at Node 111473)

Minimum value = -8646 kN/m² (Element 7258 at Node 100548)

Figura 15-55: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 213 di 266

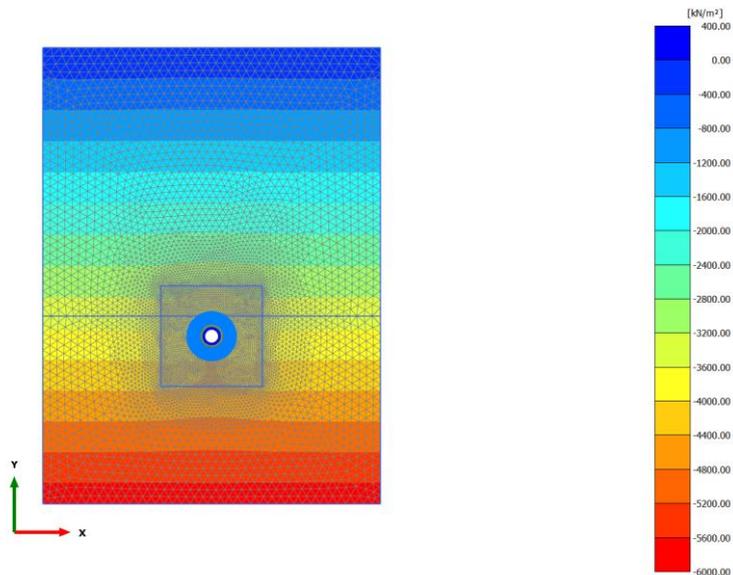


Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 3.334 kN/m² (Element 74 at Node 7423)

Minimum value = -5876 kN/m² (Element 11502 at Node 31161)

Figura 15-56: Stress σ_{xx} Fase 3



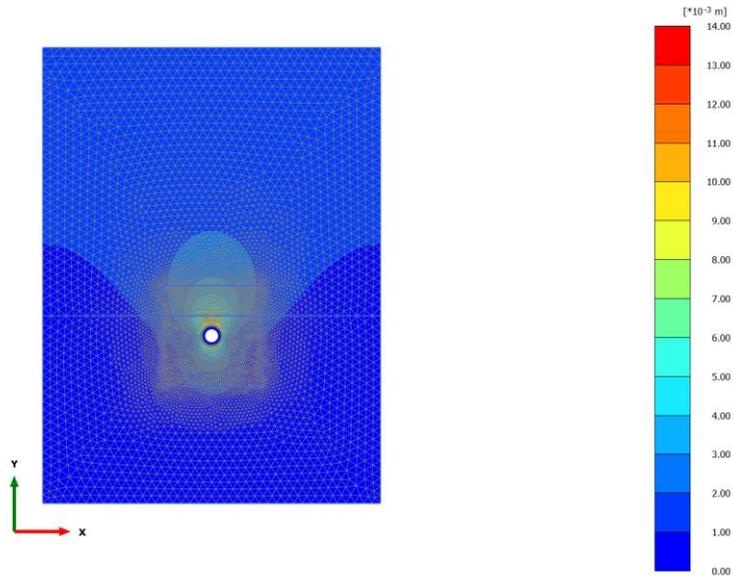
Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 5.575 kN/m² (Element 7150 at Node 111489)

Minimum value = -5876 kN/m² (Element 11502 at Node 31161)

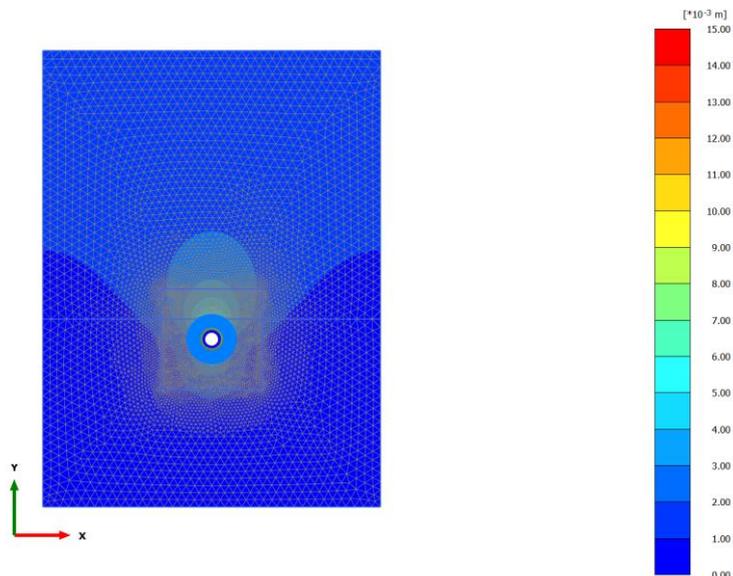
Figura 15-57: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 214 di 266



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01385 m (Element 7151 at Node 98914)

Figura 15-58: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.01401 m (Element 7151 at Node 98914)

Figura 15-59: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 215 di 266

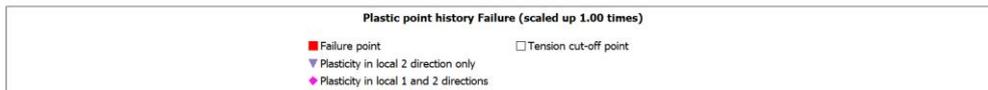
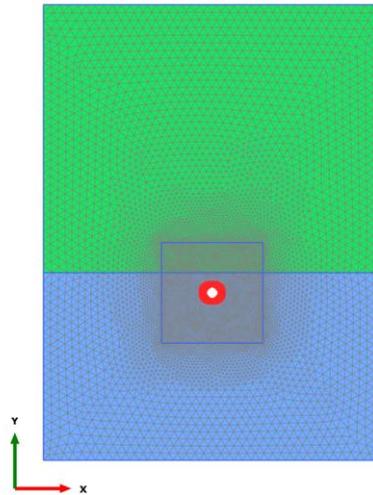


Figura 15-60: Zone di plasticizzazione Fase 3

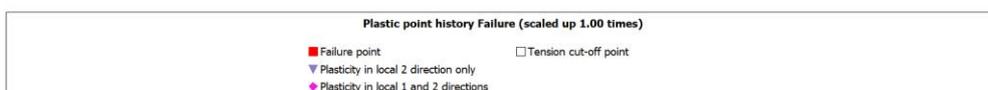
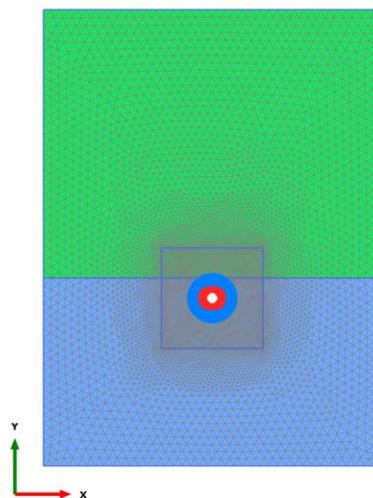
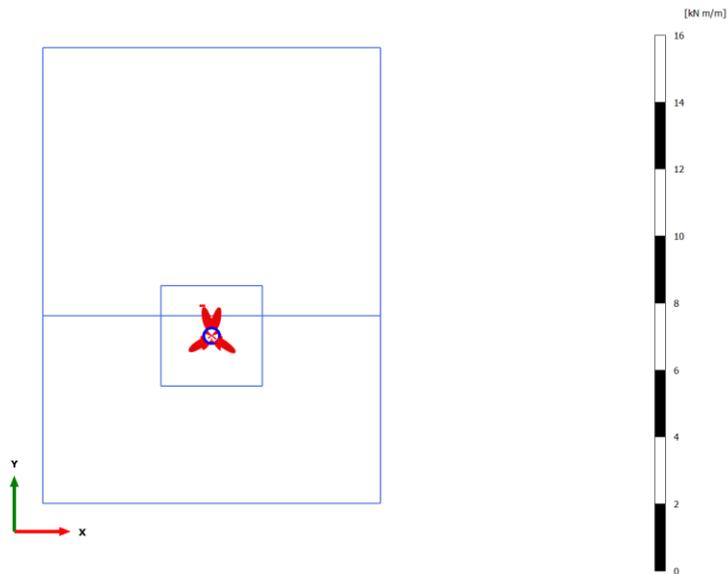


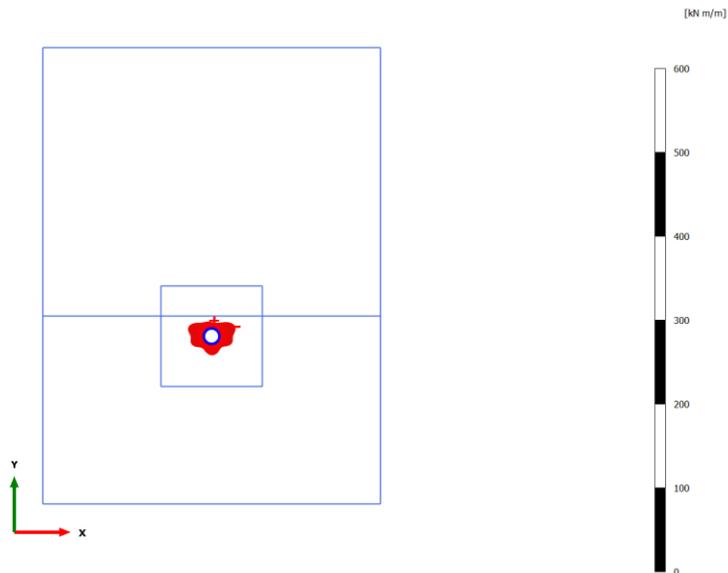
Figura 15-61: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 216 di 266



Bending moments M (scaled up 20.0 times)
Maximum value = 0.4081 kN m/m (Element 5 at Node 92744)
Minimum value = -0.6525 kN m/m (Element 2 at Node 94977)

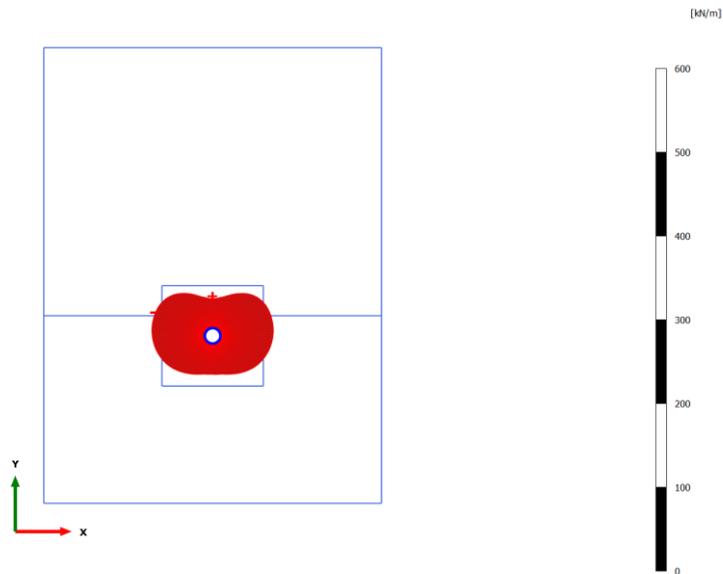
Figura 15-62: Sollecitazione momento flettente Fase 3



Bending moments M (scaled up 0.500 times)
Maximum value = -6.773 kN m/m (Element 28 at Node 98911)
Minimum value = -20.44 kN m/m (Element 23 at Node 108475)

Figura 15-63: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 217 di 266

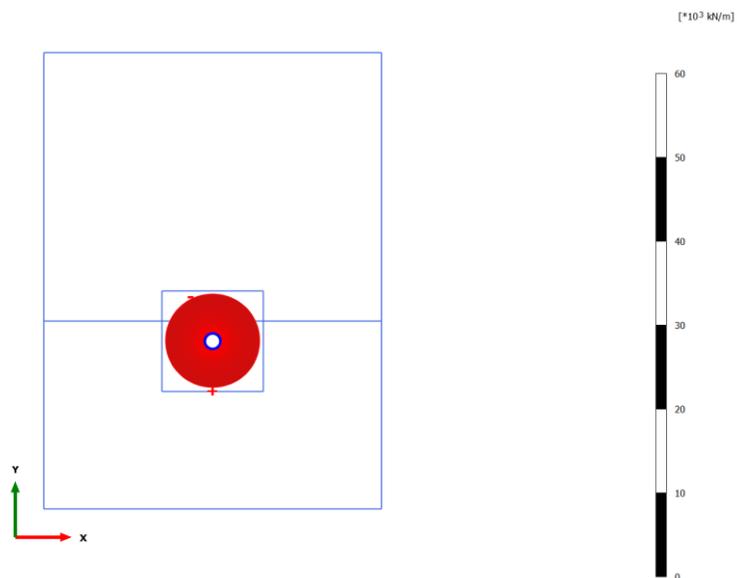


Axial forces N (scaled up 0.500 times)

Maximum value = -35.28 kN/m (Element 28 at Node 98910)

Minimum value = -63.99 kN/m (Element 6 at Node 95025)

Figura 15-64: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3



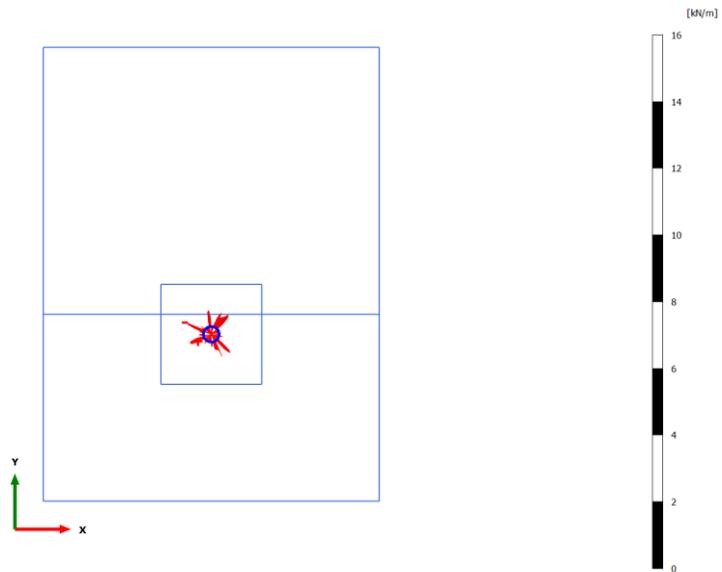
Axial forces N (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = -4578 kN/m (Element 15 at Node 108868)

Minimum value = -4708 kN/m (Element 2 at Node 94976)

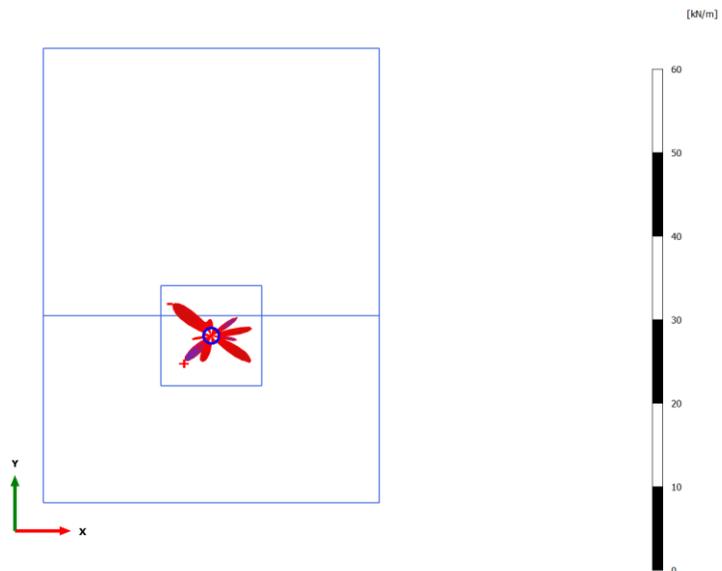
Figura 15-65: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 218 di 266



Shear forces Q (scaled up 20.0 times)
Maximum value = 0.5831 kN/m (Element 23 at Node 108472)
Minimum value = -0.5670 kN/m (Element 6 at Node 95024)

Figura 15-66: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3



Shear forces Q (scaled up 5.00 times)
Maximum value = 5.190 kN/m (Element 25 at Node 104594)
Minimum value = -5.021 kN/m (Element 4 at Node 92744)

Figura 15-67: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 219 di 266

15.1.5 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.P. – Sezione 5 (pk. 2+335)

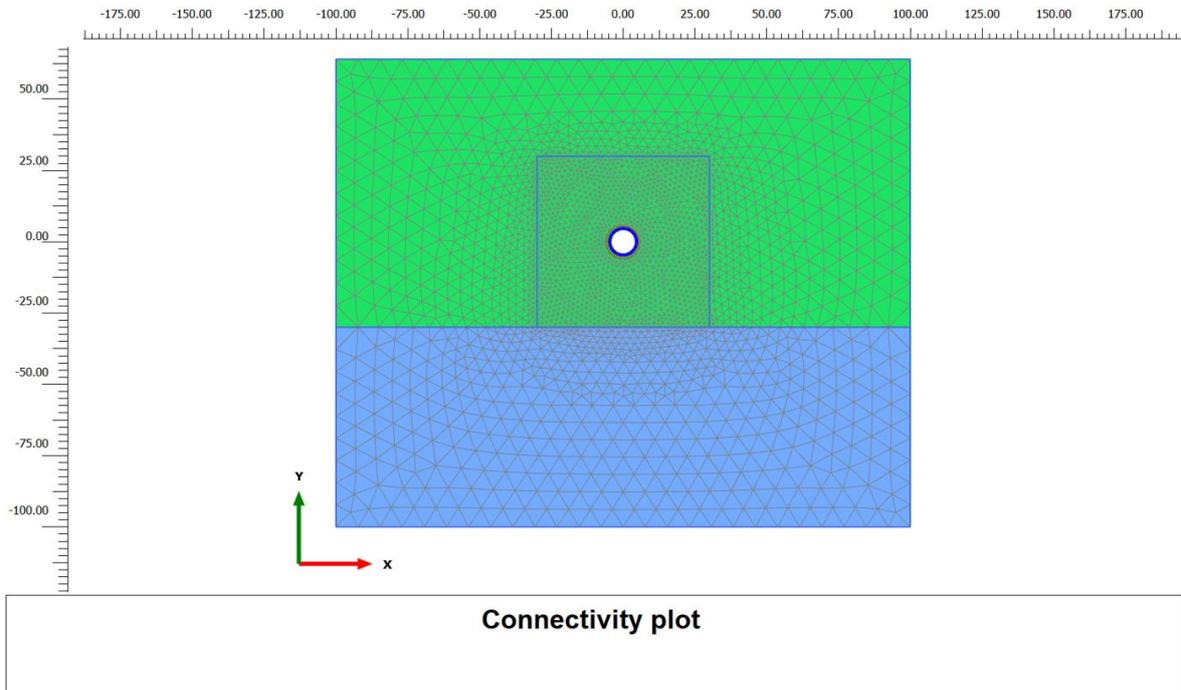


Figura 15-68: Mesh

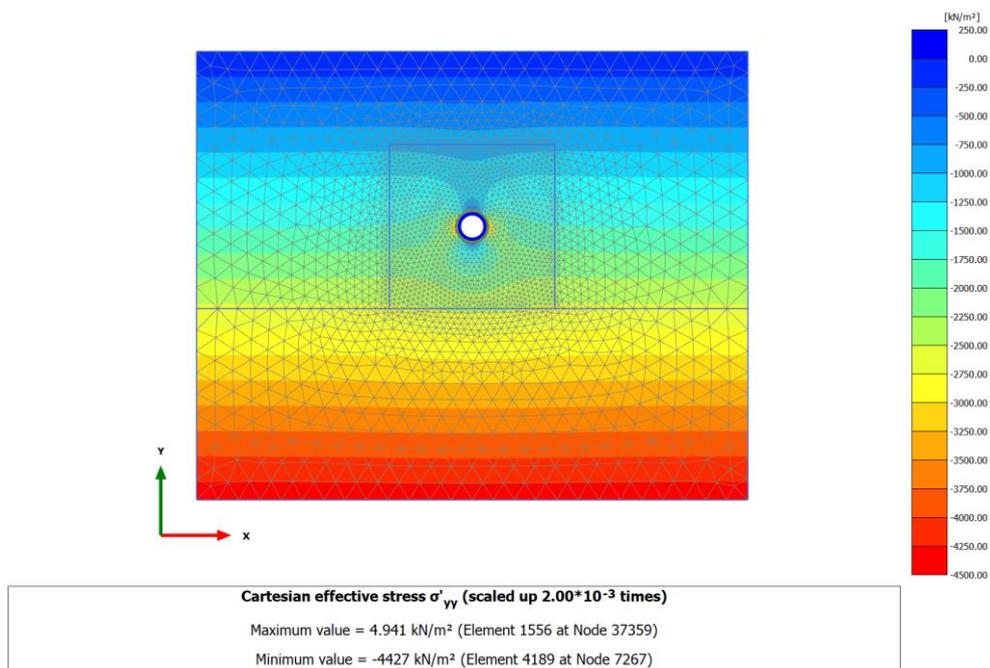
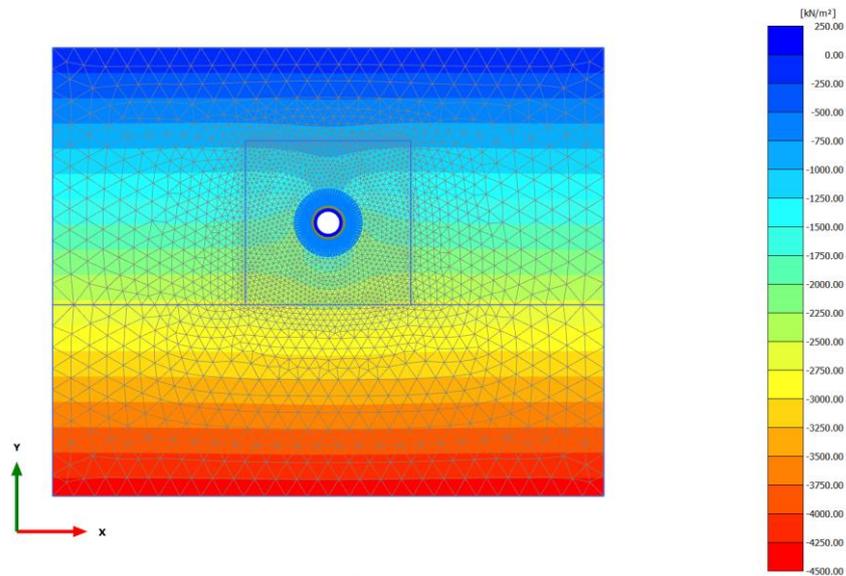


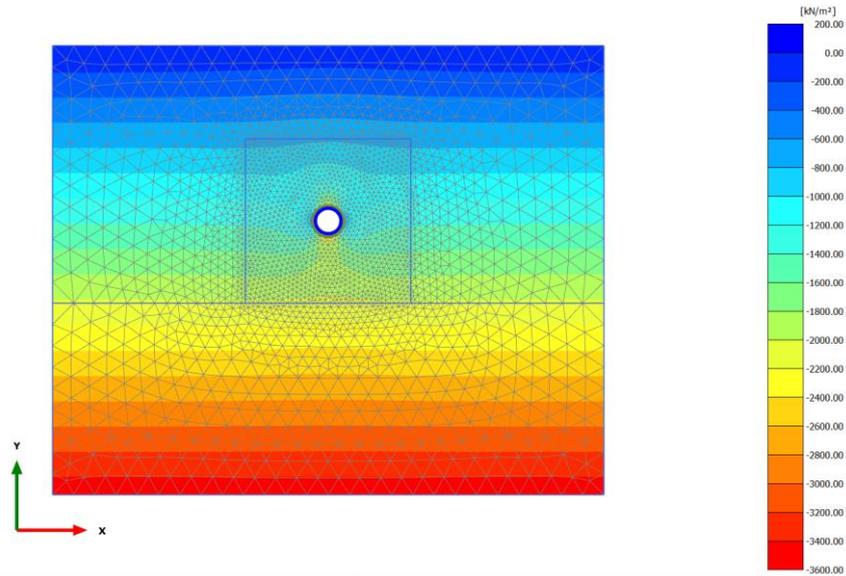
Figura 15-69: Stress σ_{yy} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 220 di 266



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 18.68 kN/m² (Element 1547 at Node 33032)
Minimum value = -4427 kN/m² (Element 4189 at Node 7267)

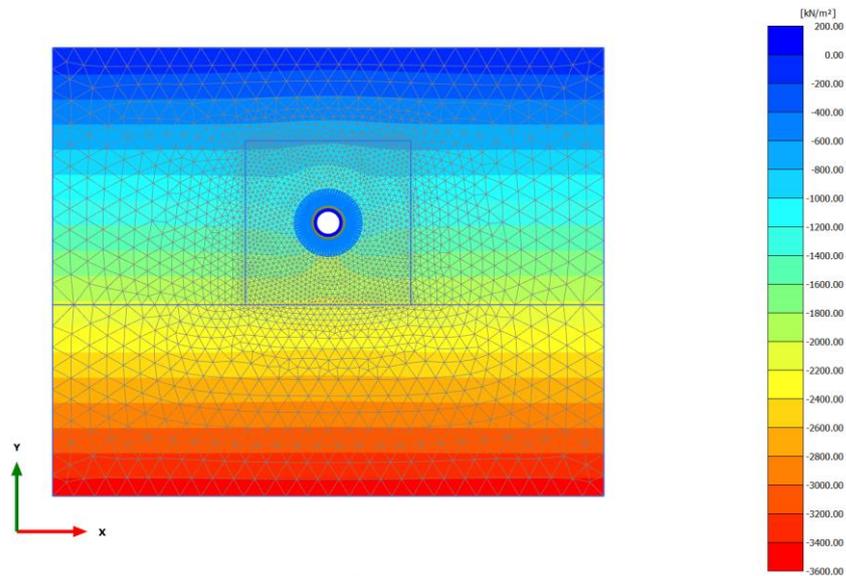
Figura 15-70: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 9.609 kN/m² (Element 28 at Node 8059)
Minimum value = -3542 kN/m² (Element 4189 at Node 7267)

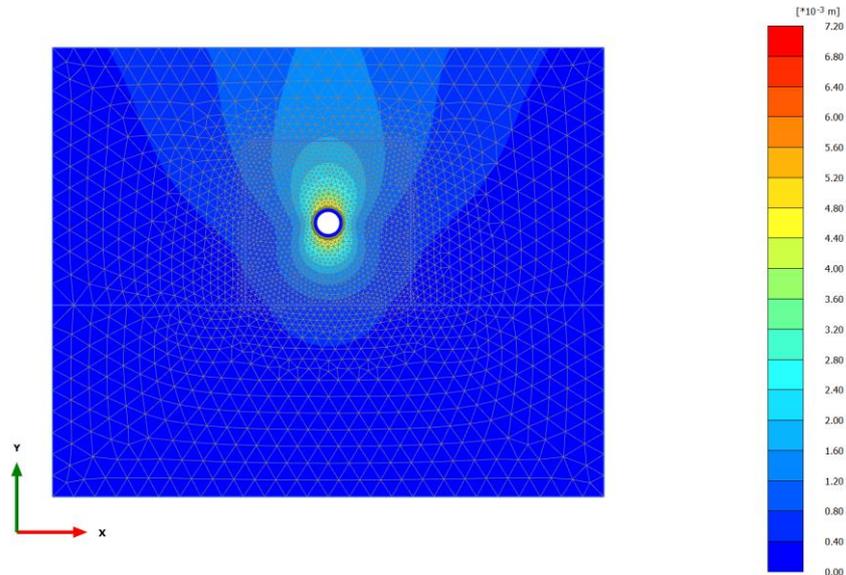
Figura 15-71: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 221 di 266



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $2.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 9.589 kN/m² (Element 28 at Node 8059)
Minimum value = -3542 kN/m² (Element 4189 at Node 7267)

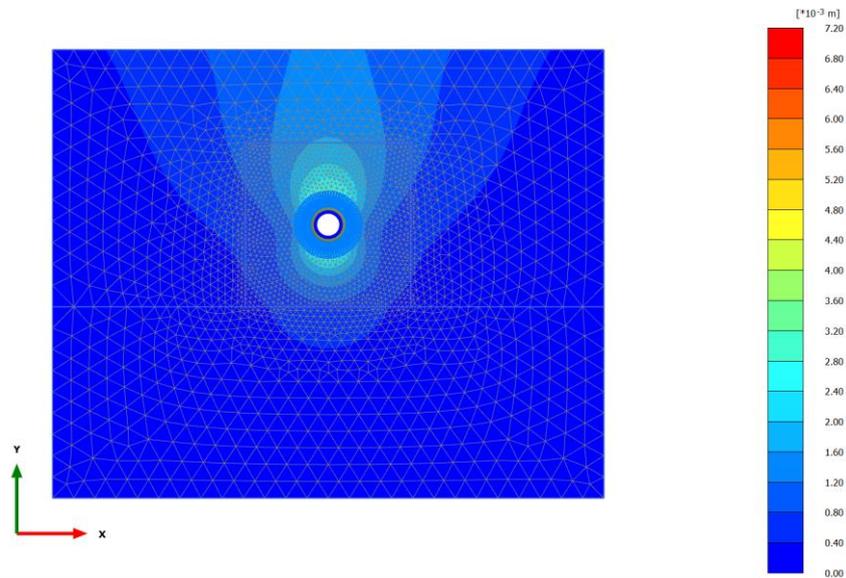
Figura 15-72: Stress σ_{xx} L.T.



Total displacements $|u|$ (scaled up $1.00 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $6.990 \cdot 10^{-3}$ m (Element 1547 at Node 33032)

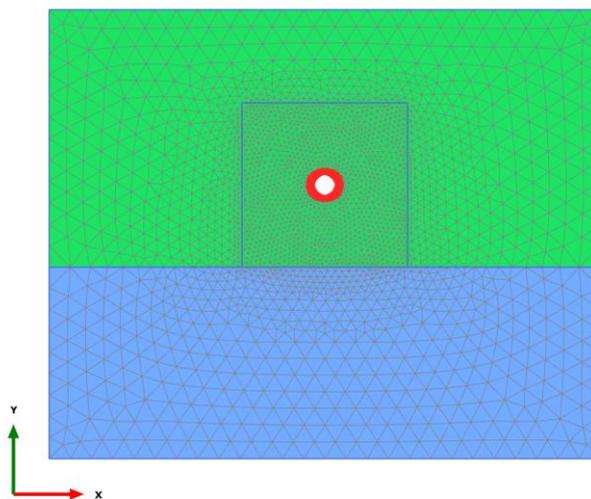
Figura 15-73: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 222 di 266



Total displacements |u| (scaled up 1.00*10³ times)
Maximum value = 7.069*10⁻³ m (Element 1547 at Node 33032)

Figura 15-74: 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 15-75: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 223 di 266

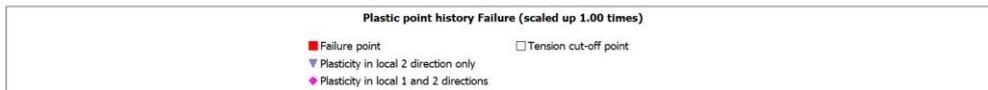
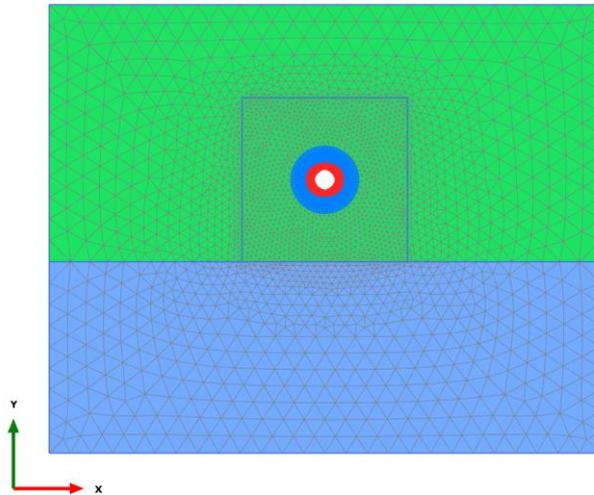


Figura 15-76: Zone di plasticizzazione L.T.

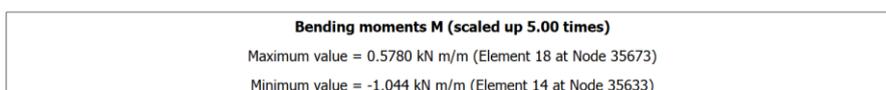
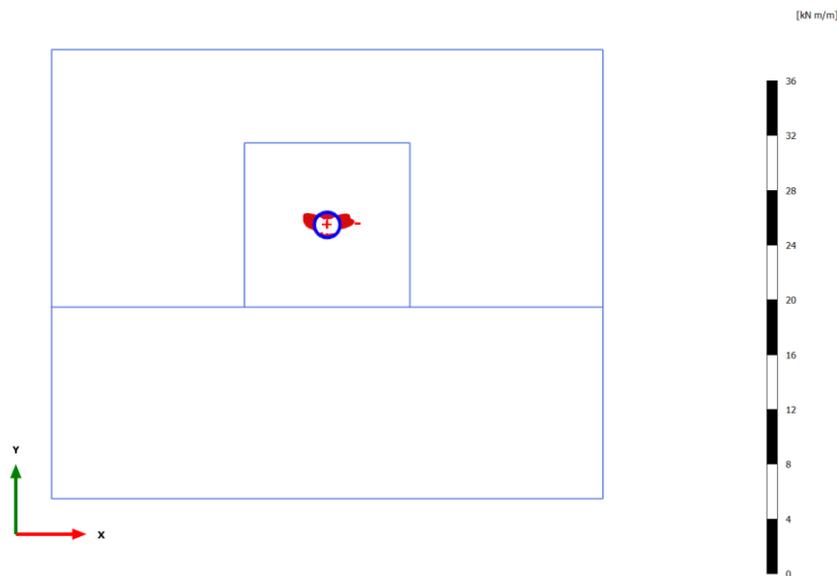


Figura 15-77: Sollecitazione momento flettente Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 224 di 266

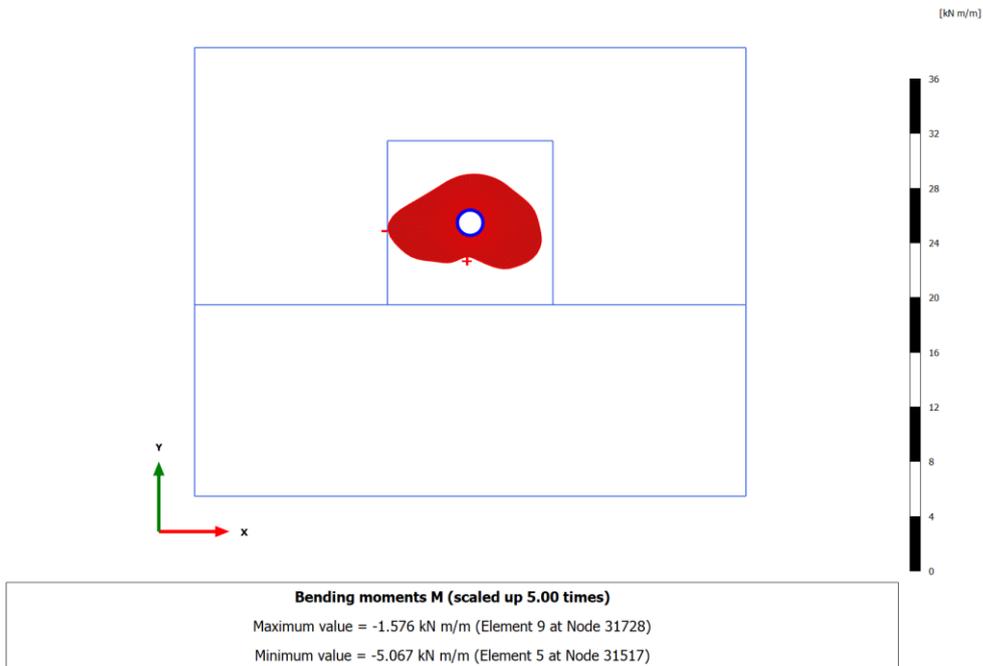


Figura 15-78: Sollecitazione momento flettente L.T.

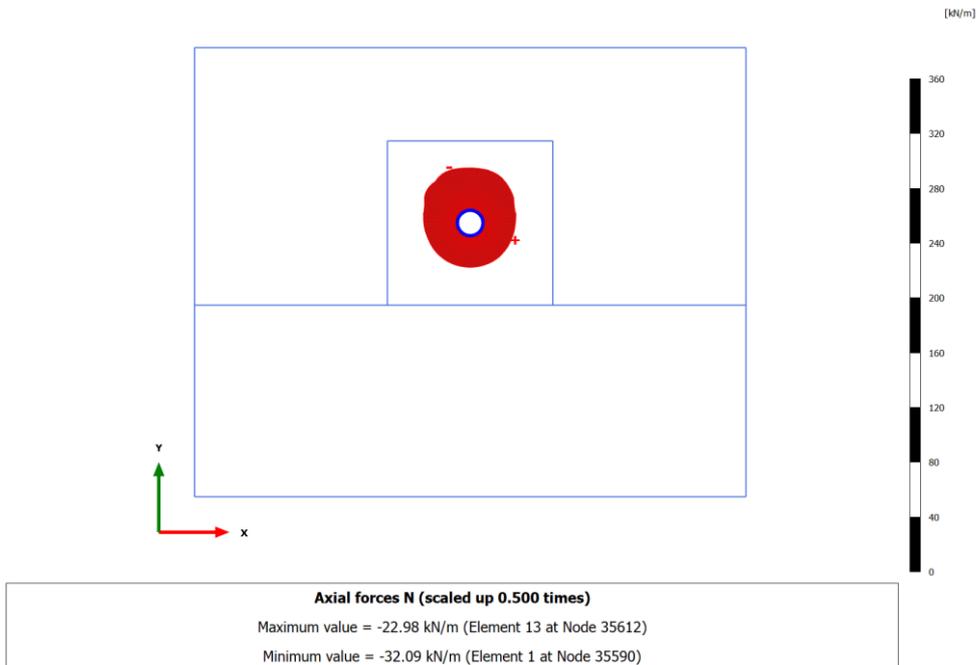


Figura 15-79: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 225 di 266

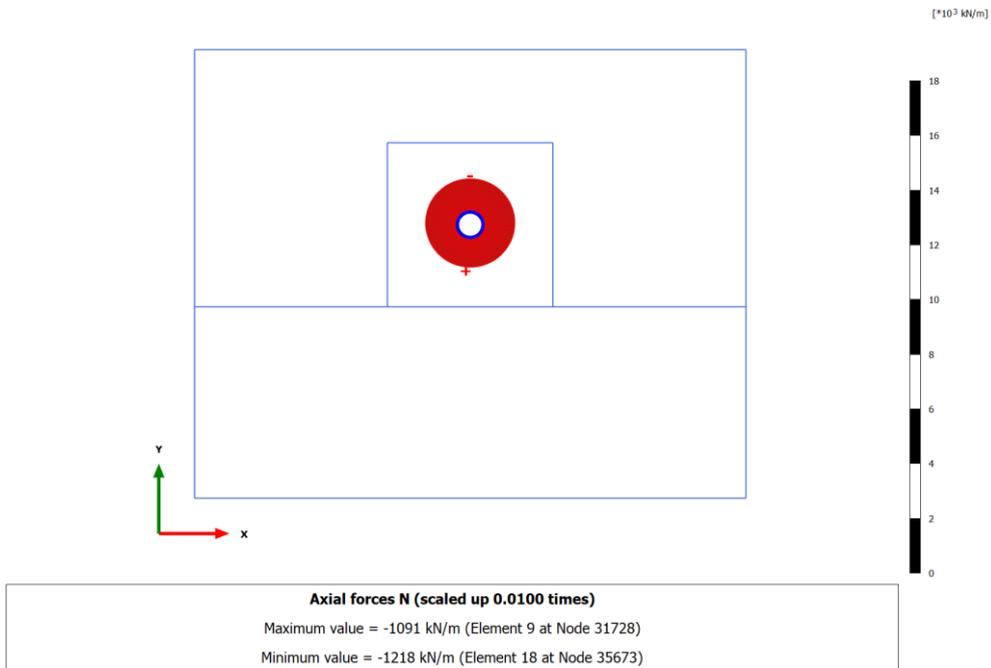


Figura 15-80: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

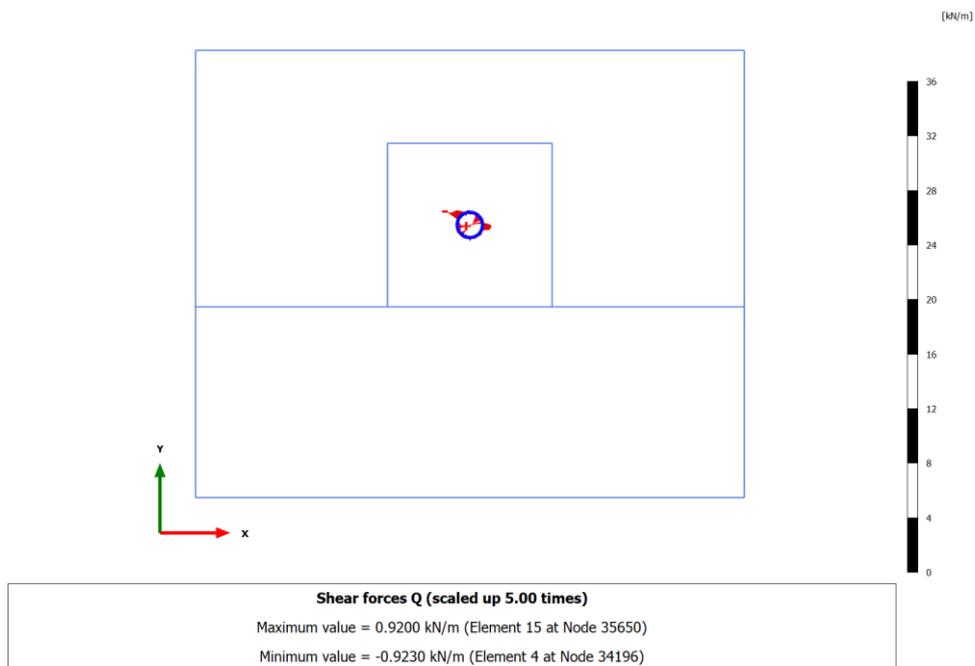


Figura 15-81: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 226 di 266

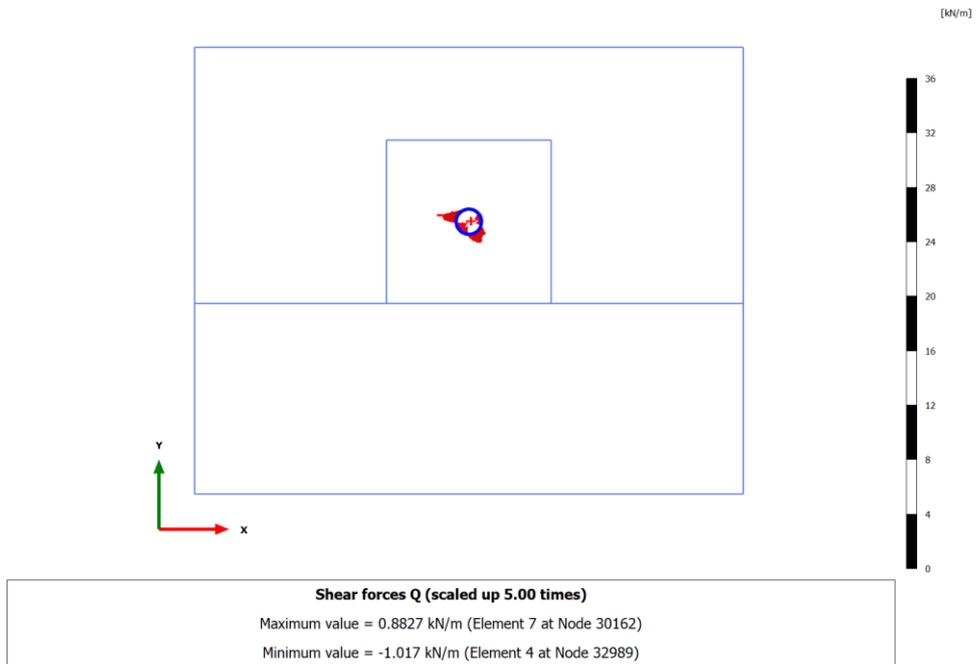


Figura 15-82: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

15.1.6 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 6 (pk 0+515)

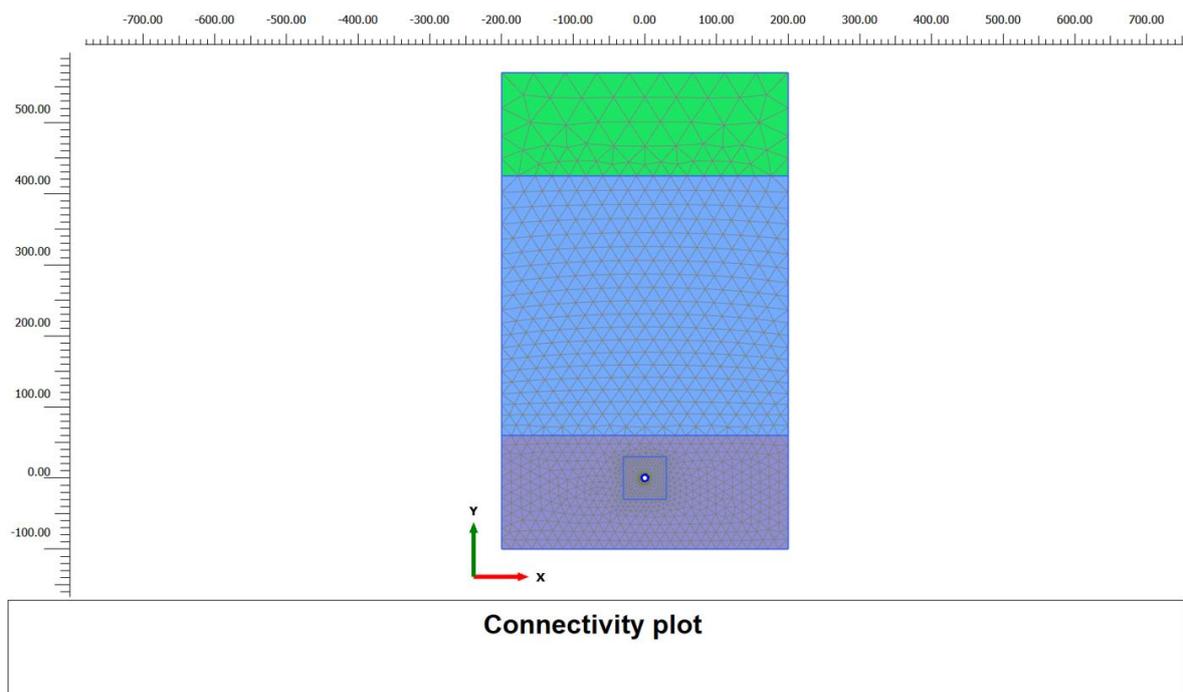
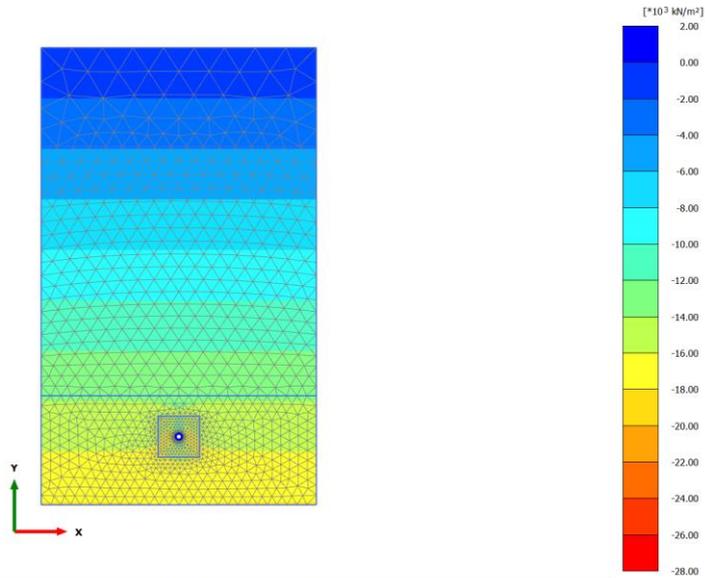


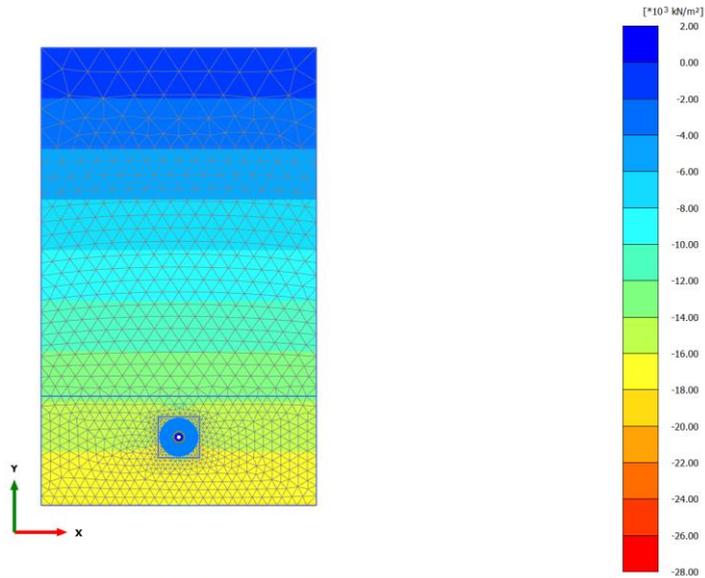
Figura 15-83: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 227 di 266



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 47.69 kN/m² (Element 1278 at Node 3277)
Minimum value = $-26.29 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1233 at Node 2334)

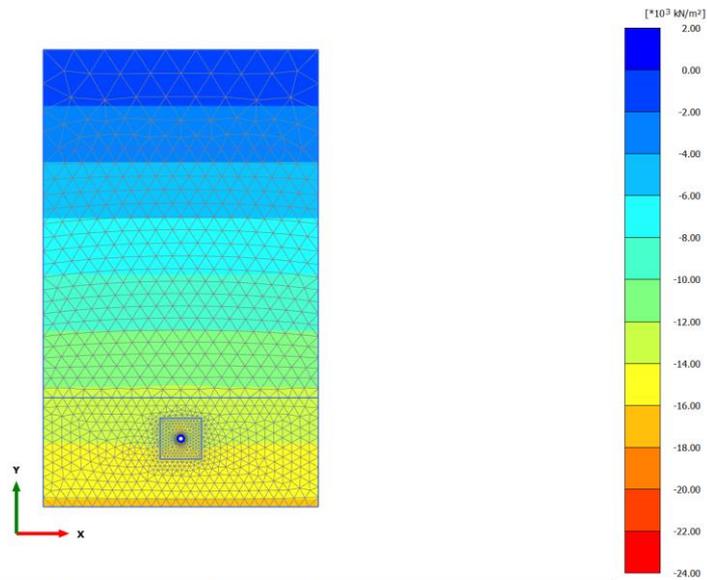
Figura 15-84: Stress σ_{yy} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $0.500 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 76.09 kN/m² (Element 1296 at Node 75)
Minimum value = $-26.54 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1233 at Node 2334)

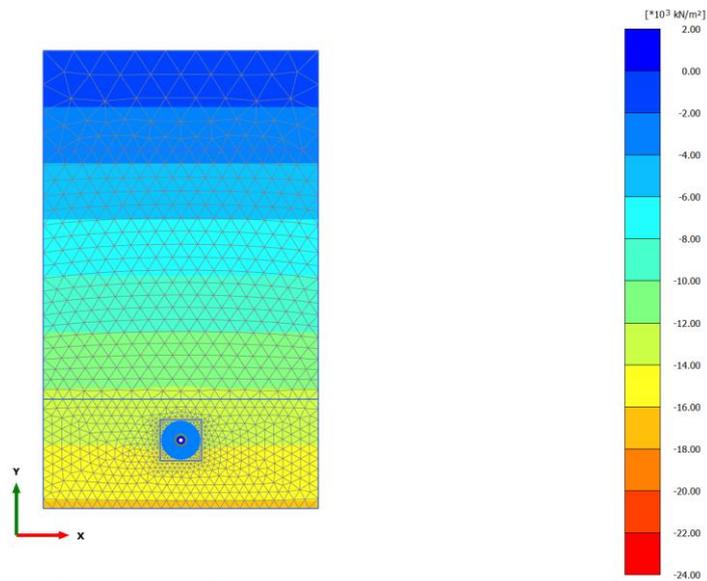
Figura 15-85: Stress σ_{yy} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 228 di 266



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 54.17 kN/m² (Element 1263 at Node 2357)
Minimum value = -22.19*10³ kN/m² (Element 1232 at Node 200)

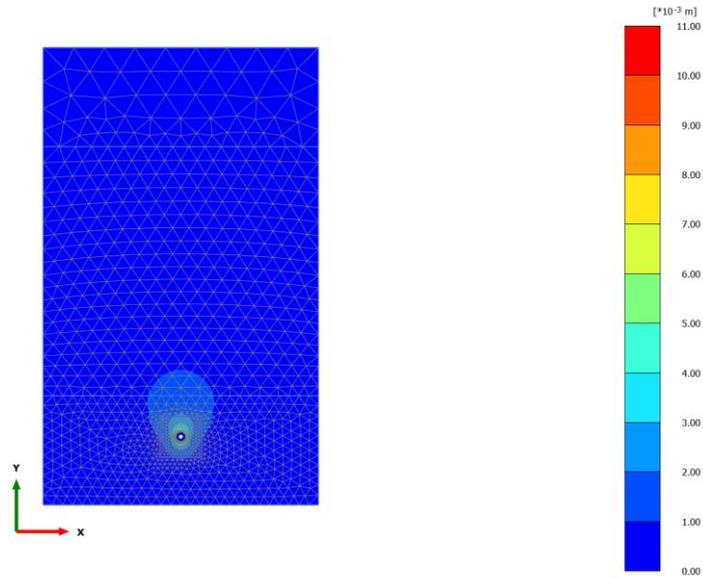
Figura 15-86: Stress σ_{xx} Fase 3



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 86.10 kN/m² (Element 1280 at Node 1333)
Minimum value = -22.15*10³ kN/m² (Element 1232 at Node 200)

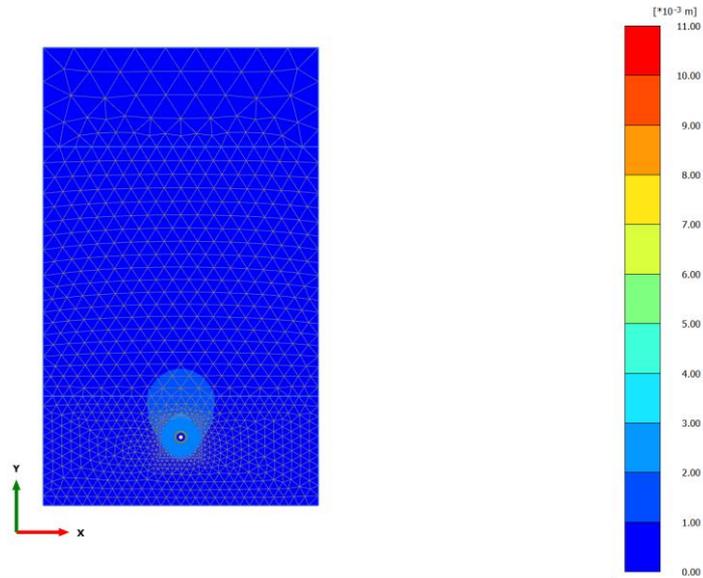
Figura 15-87: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 229 di 266



Total displacements |u| (scaled up 2.00*10³ times)
Maximum value = 0.01051 m (Element 1291 at Node 3255)

Figura 15-88: Spostamenti |u| Fase 3



Total displacements |u| (scaled up 2.00*10³ times)
Maximum value = 0.01065 m (Element 1303 at Node 3280)

Figura 15-89: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 230 di 266

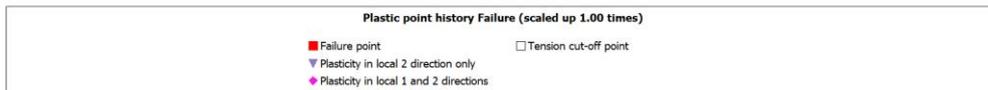
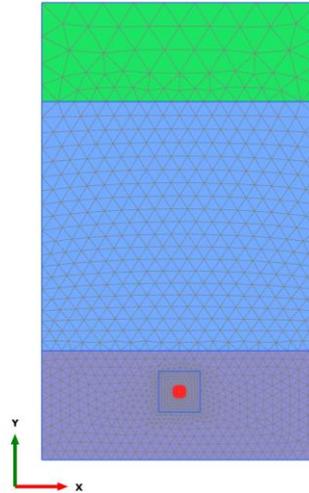


Figura 15-90: Zone di plasticizzazione Fase 3

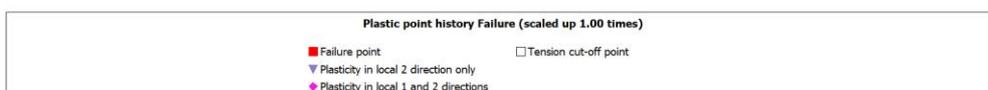
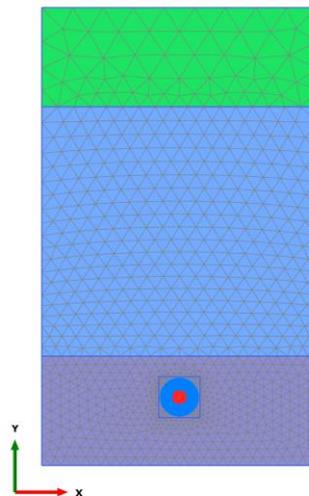


Figura 15-91: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 231 di 266

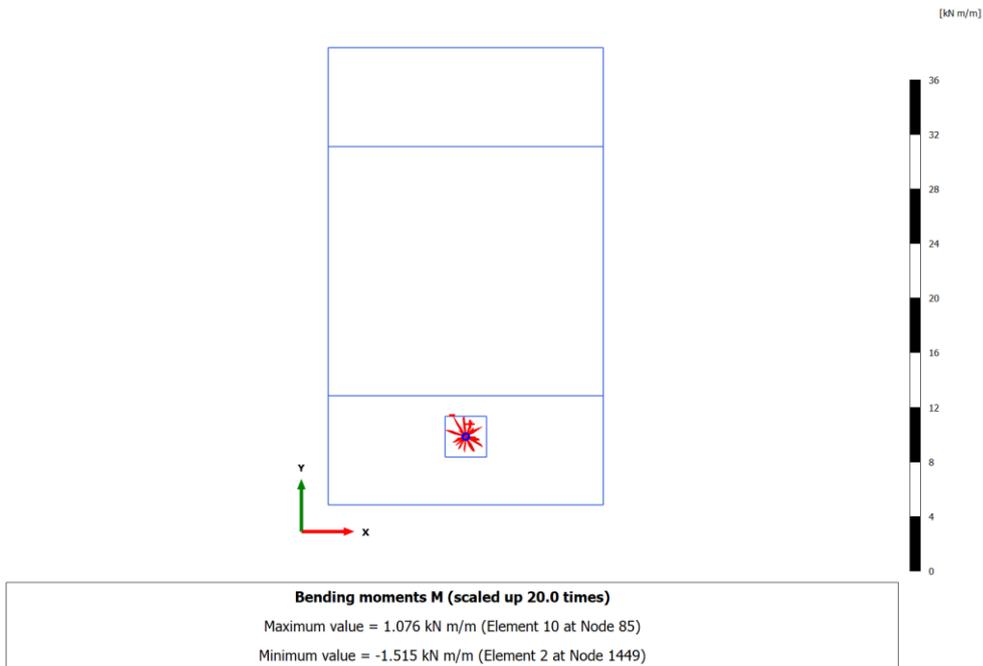


Figura 15-92: Sollecitazione momento flettente Fase 3

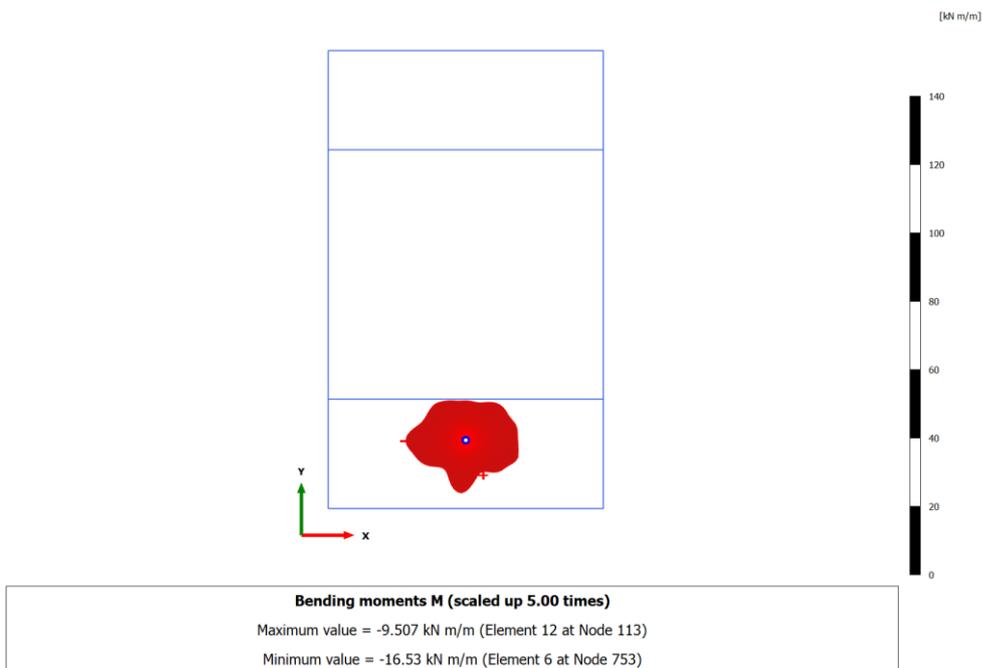


Figura 15-93: Sollecitazione momento flettente L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 232 di 266

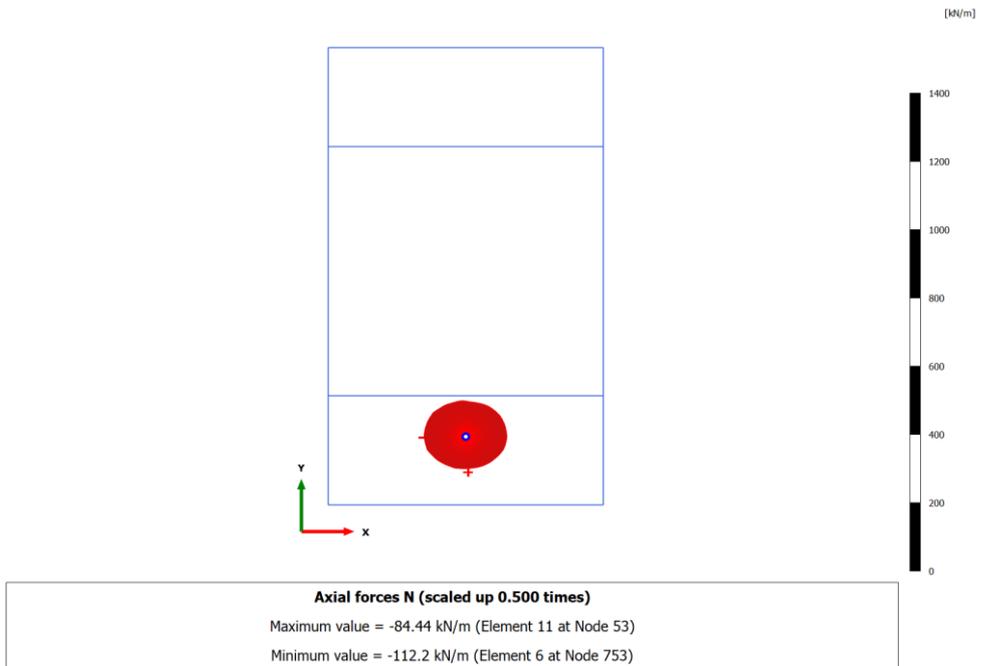


Figura 15-94: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

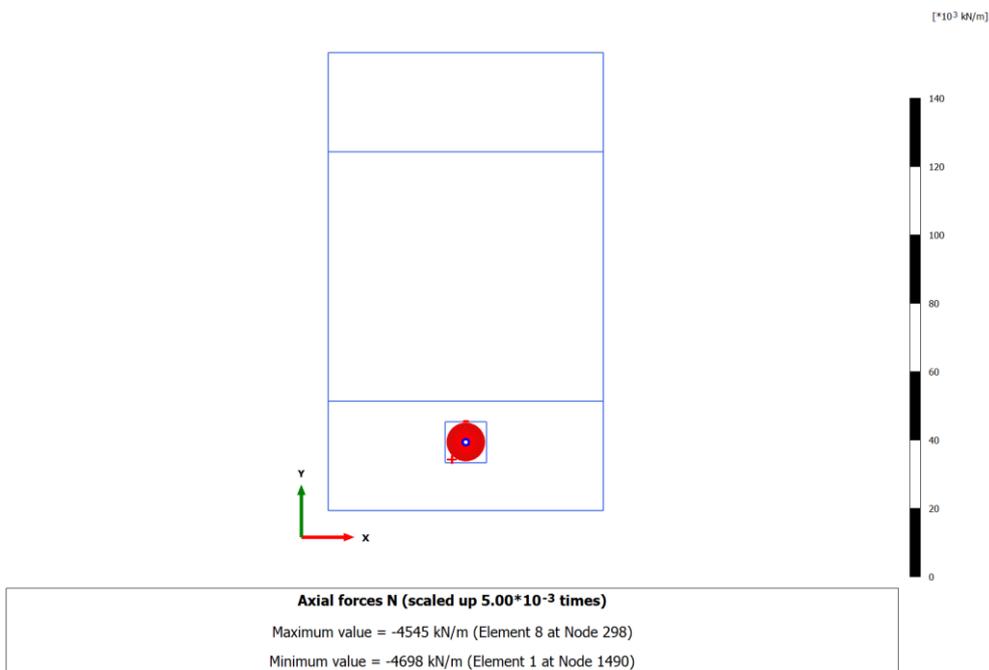


Figura 15-95: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL	SIST		
	M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	233 di 266

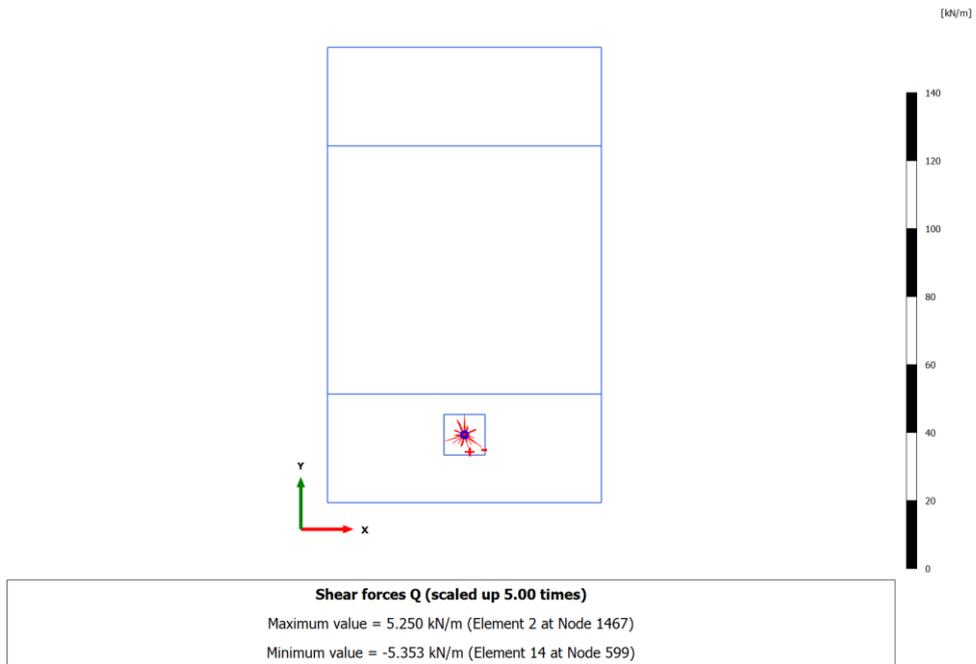


Figura 15-96: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

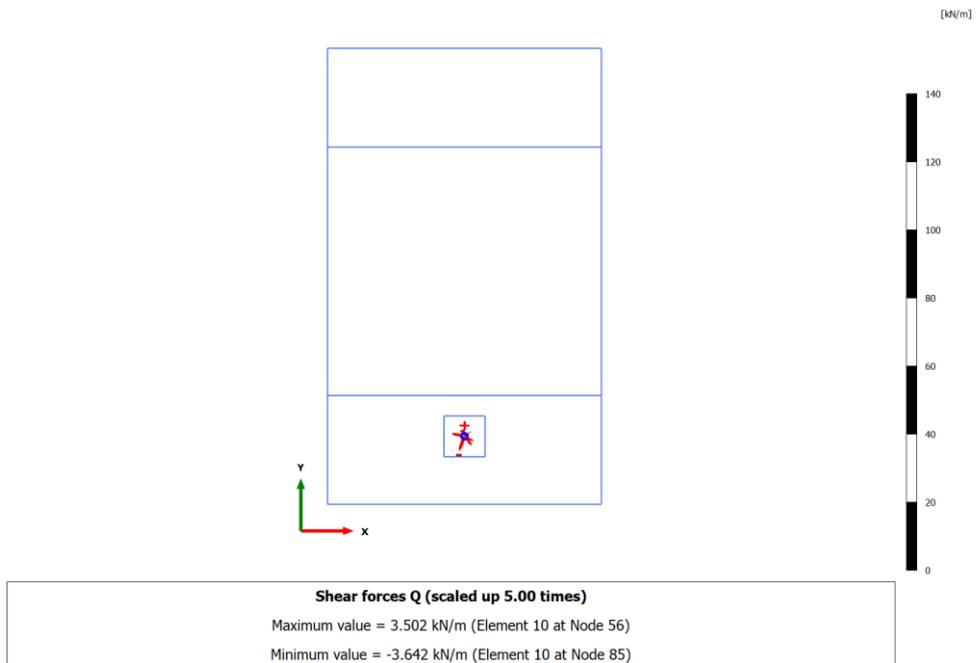


Figura 15-97: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 234 di 266

15.1.7 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 7 (pk 1+065)

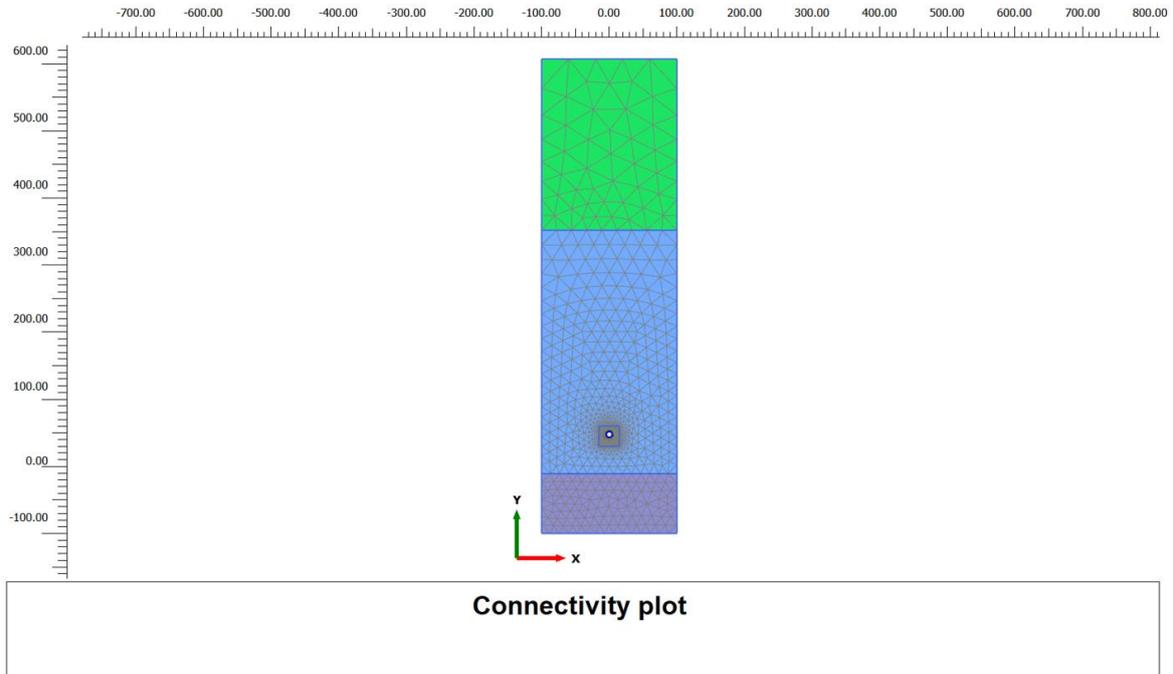


Figura 15-98: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 235 di 266

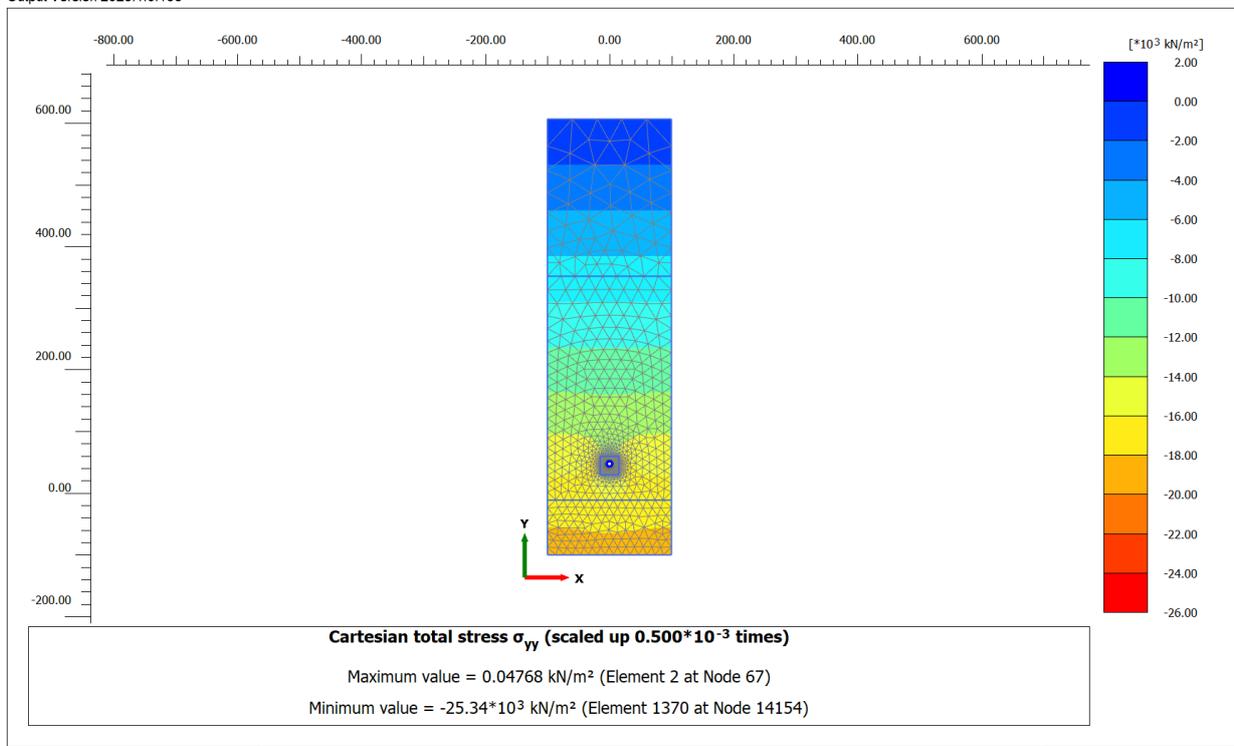


Figura 15-99: Stress σ_{yy} Fase 3

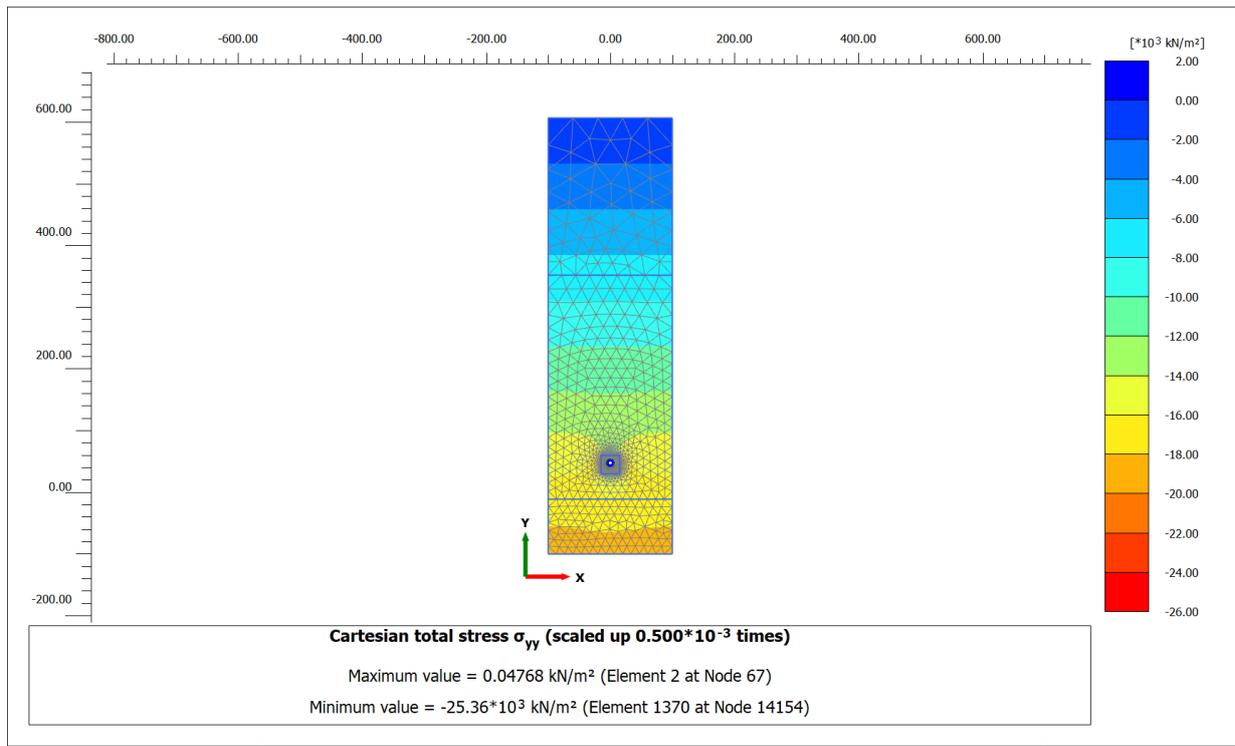


Figura 15-100: Stress σ_{yy} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 236 di 266

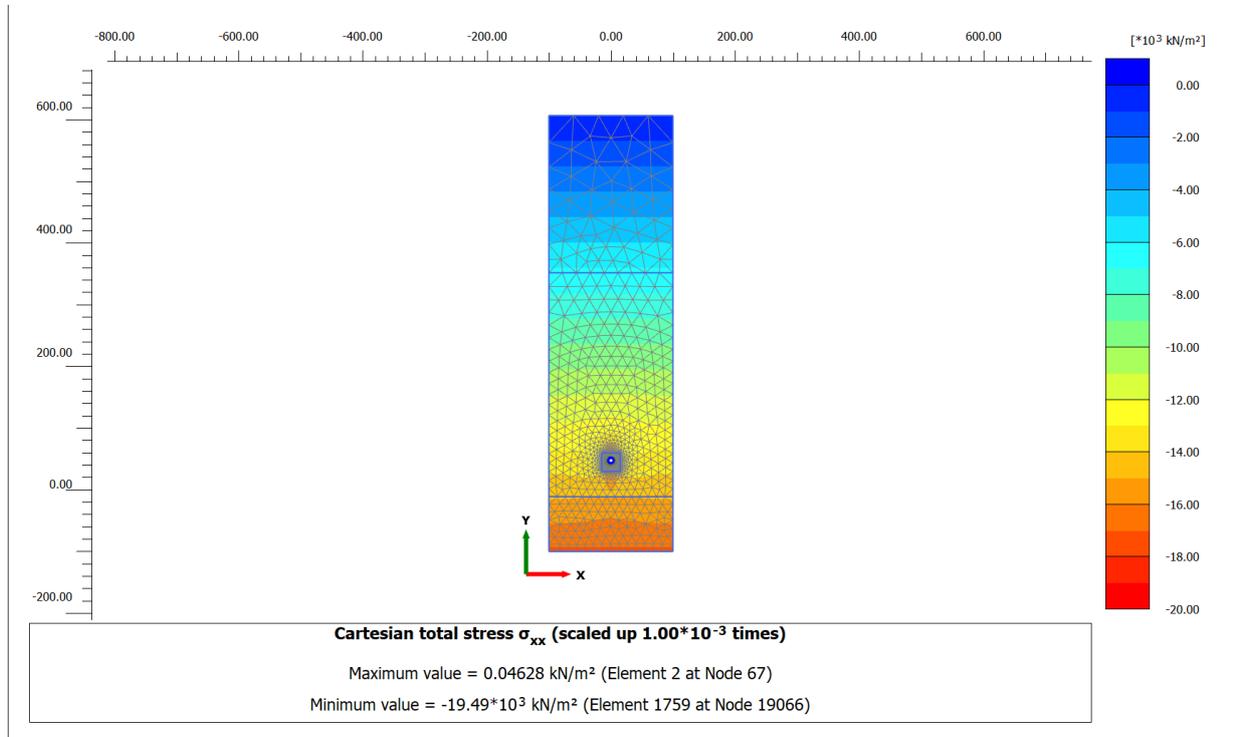


Figura 15-101: Stress σ_{xx} Fase 3

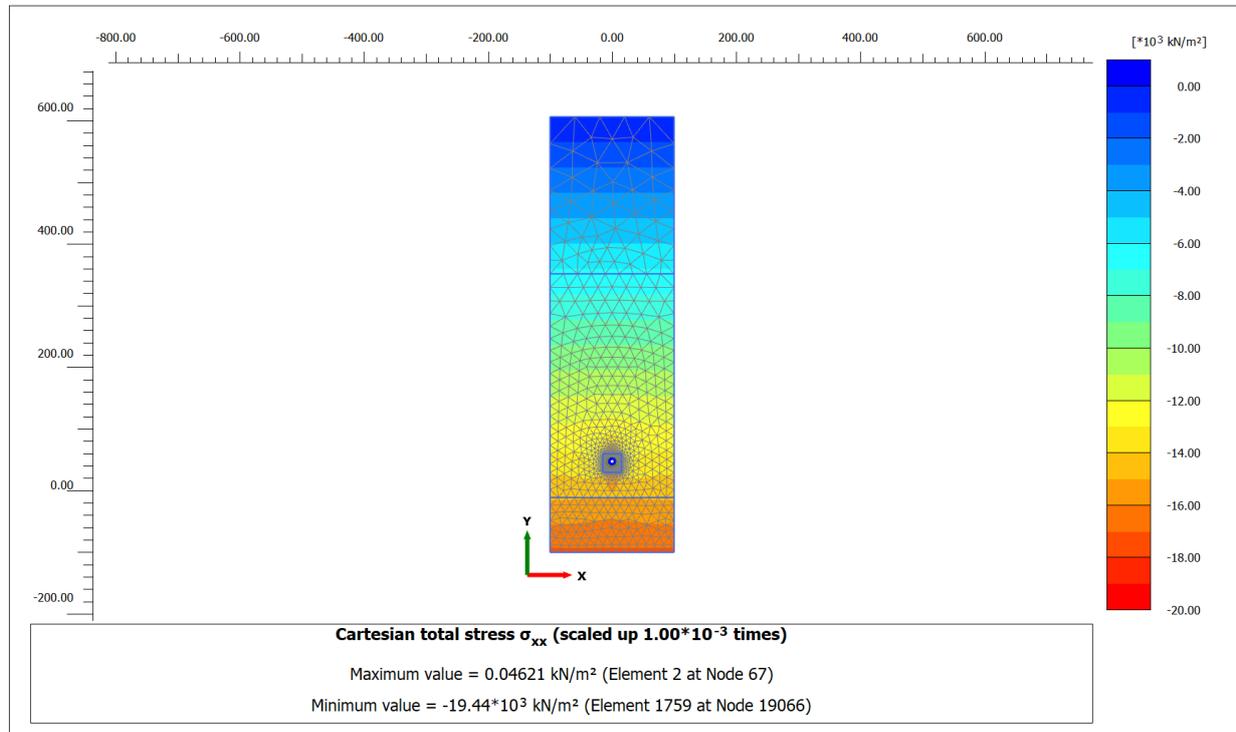


Figura 15-102: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 237 di 266

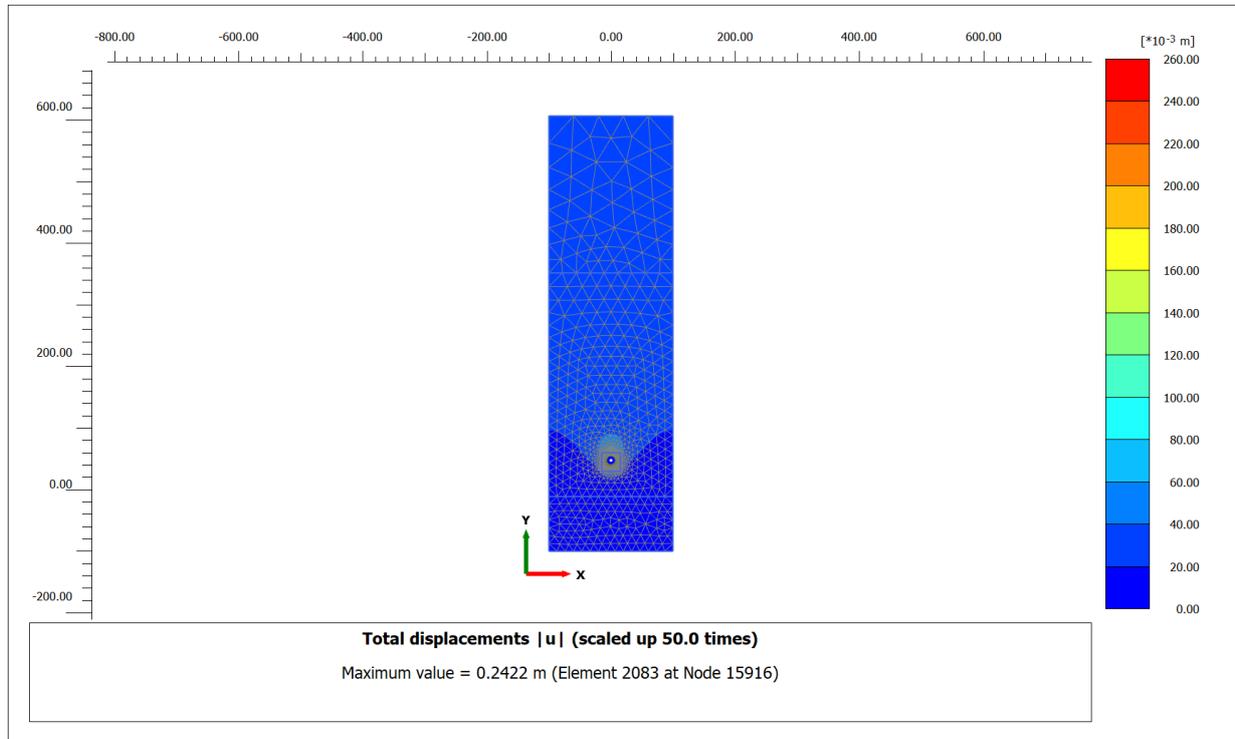


Figura 15-103: Spostamenti |u| Fase 3

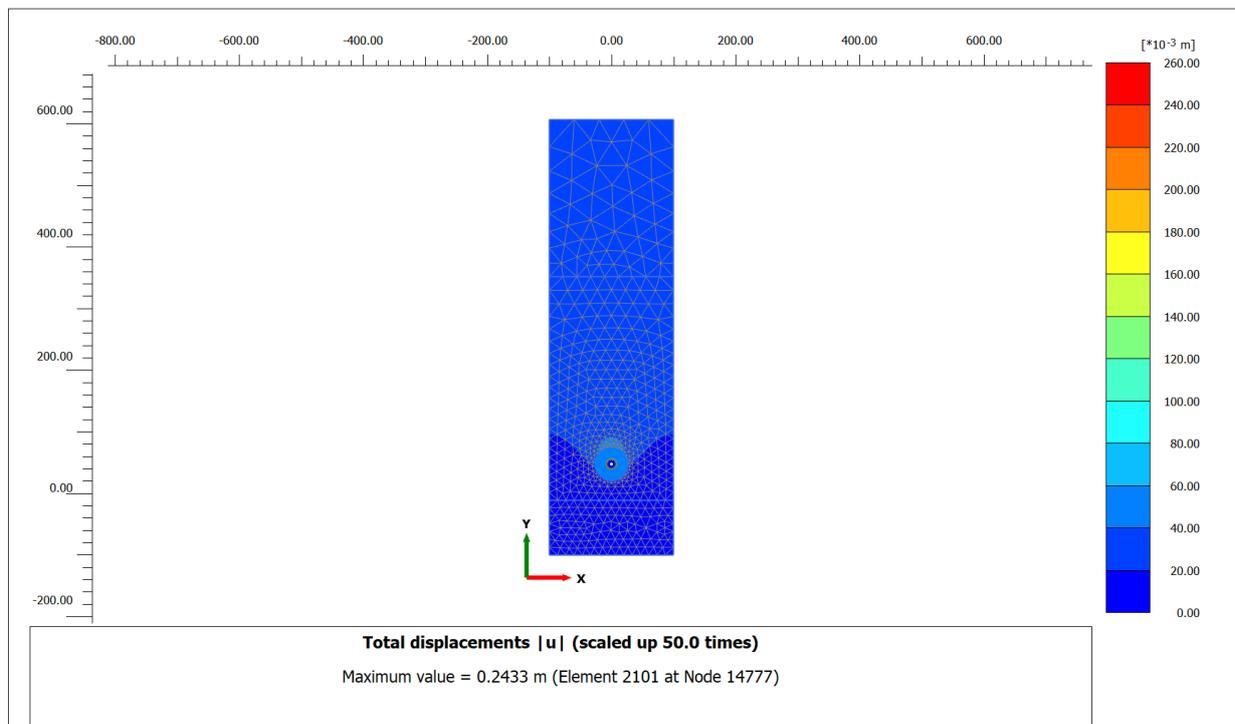


Figura 15-104: Spostamenti |u| L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 238 di 266

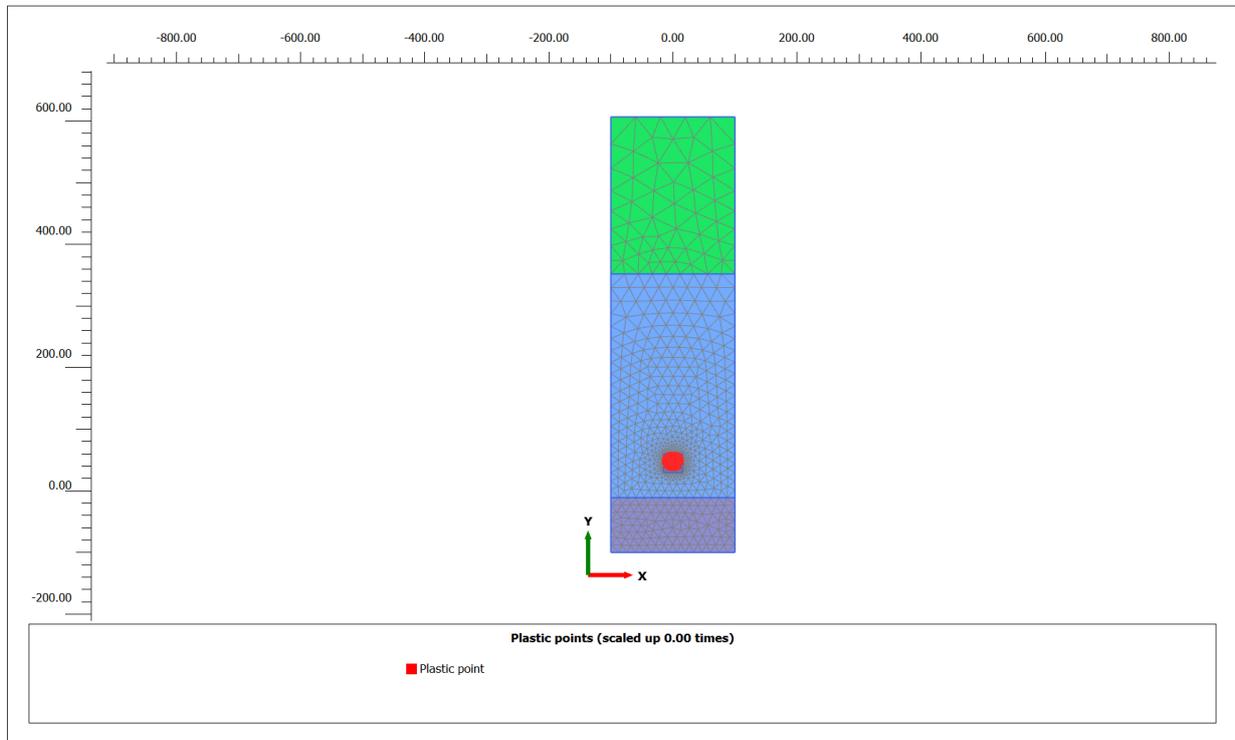


Figura 15-105: Zone di plasticizzazione Fase 3

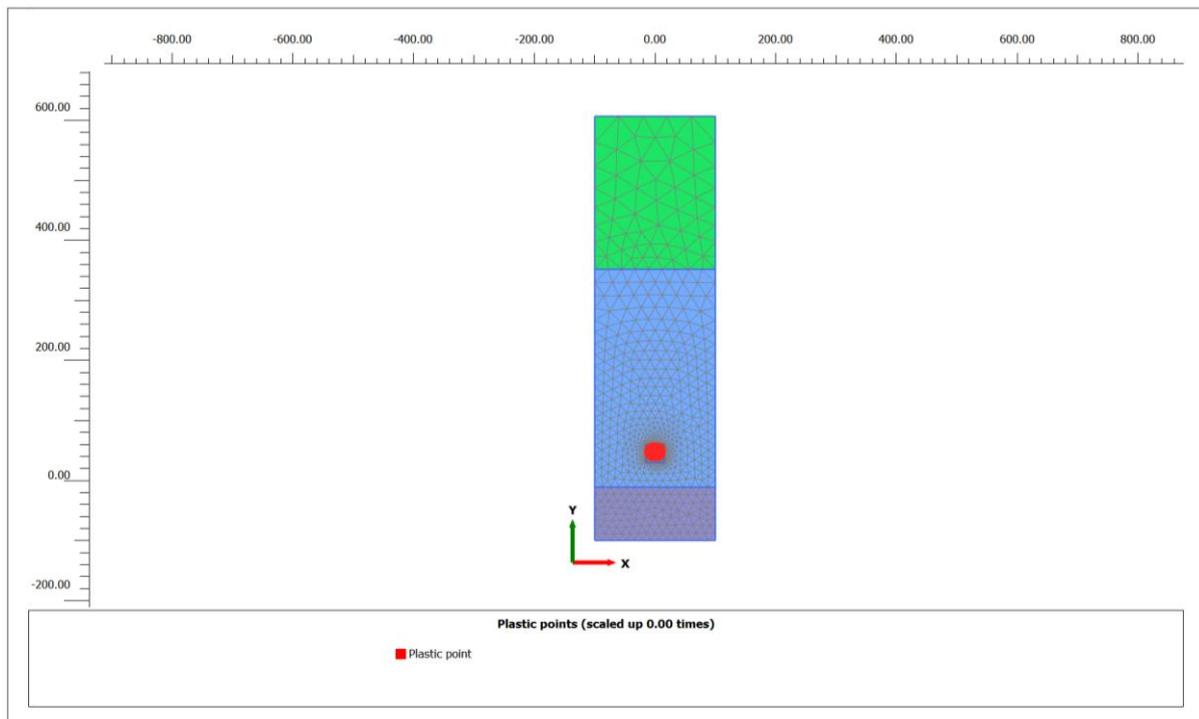


Figura 15-106: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 239 di 266

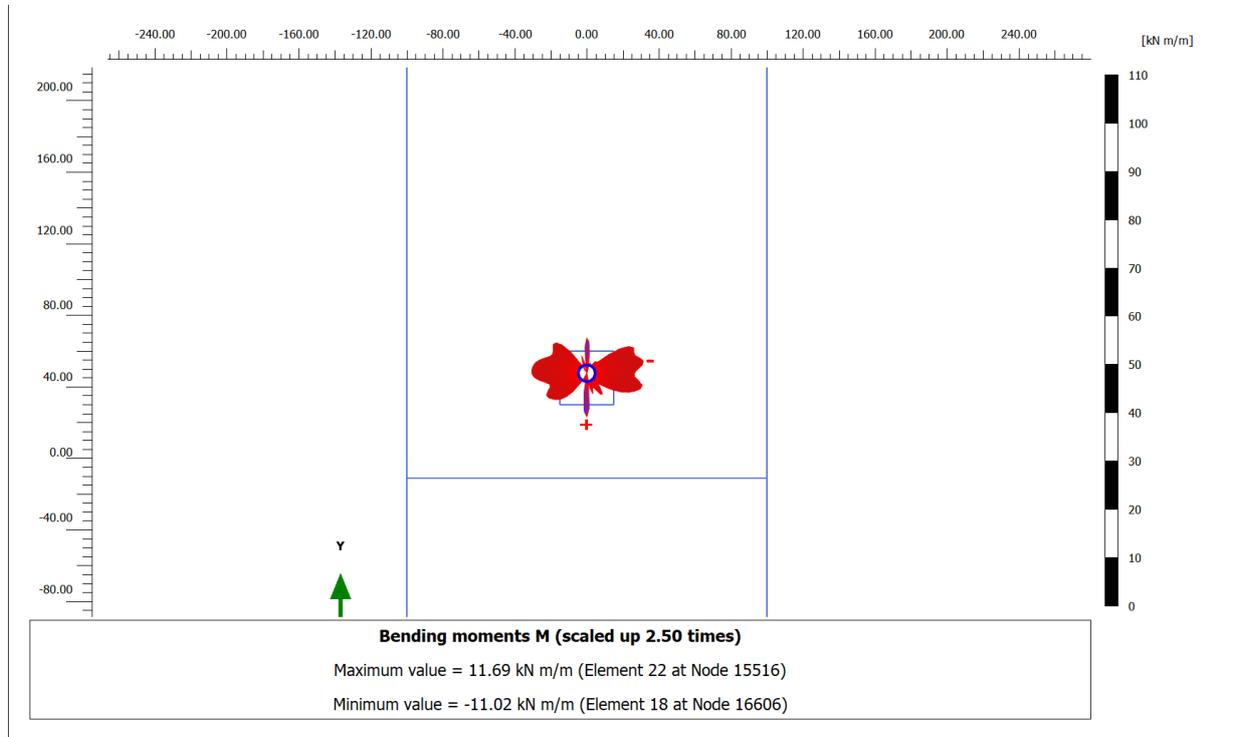


Figura 15-107: Sollecitazione momento flettente Fase 3

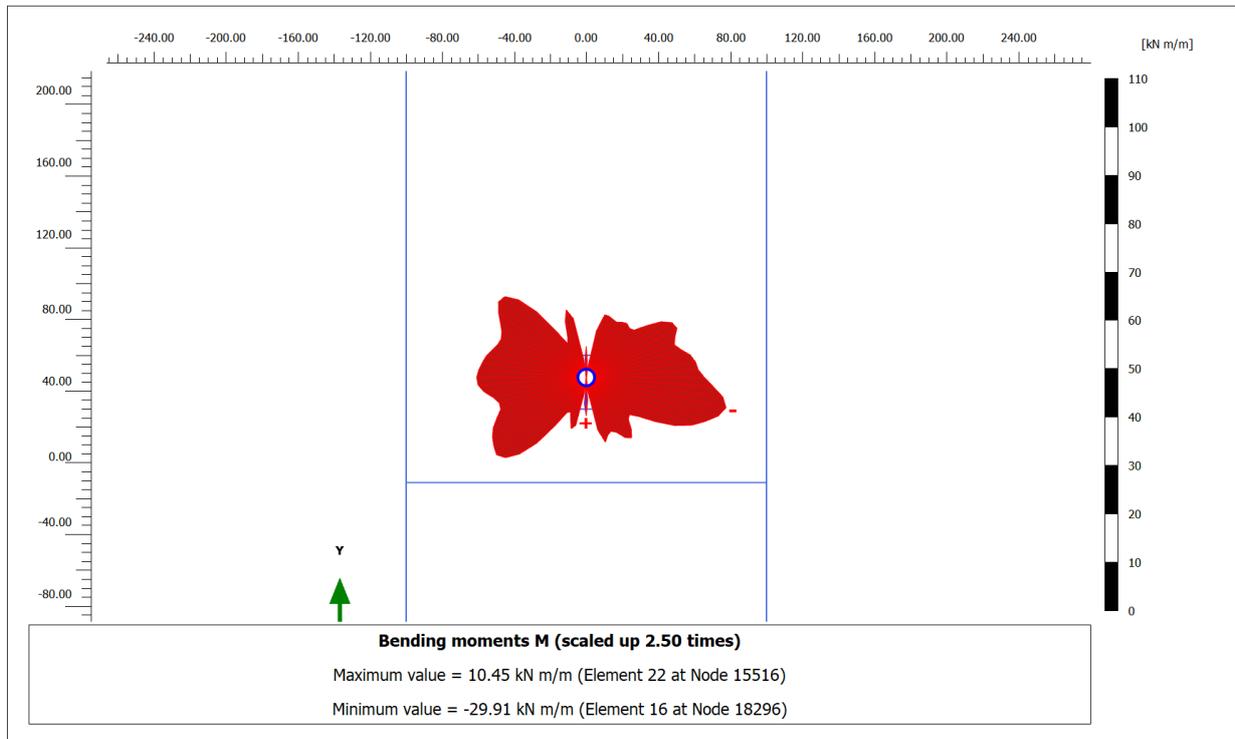


Figura 15-108: Sollecitazione momento flettente L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 240 di 266

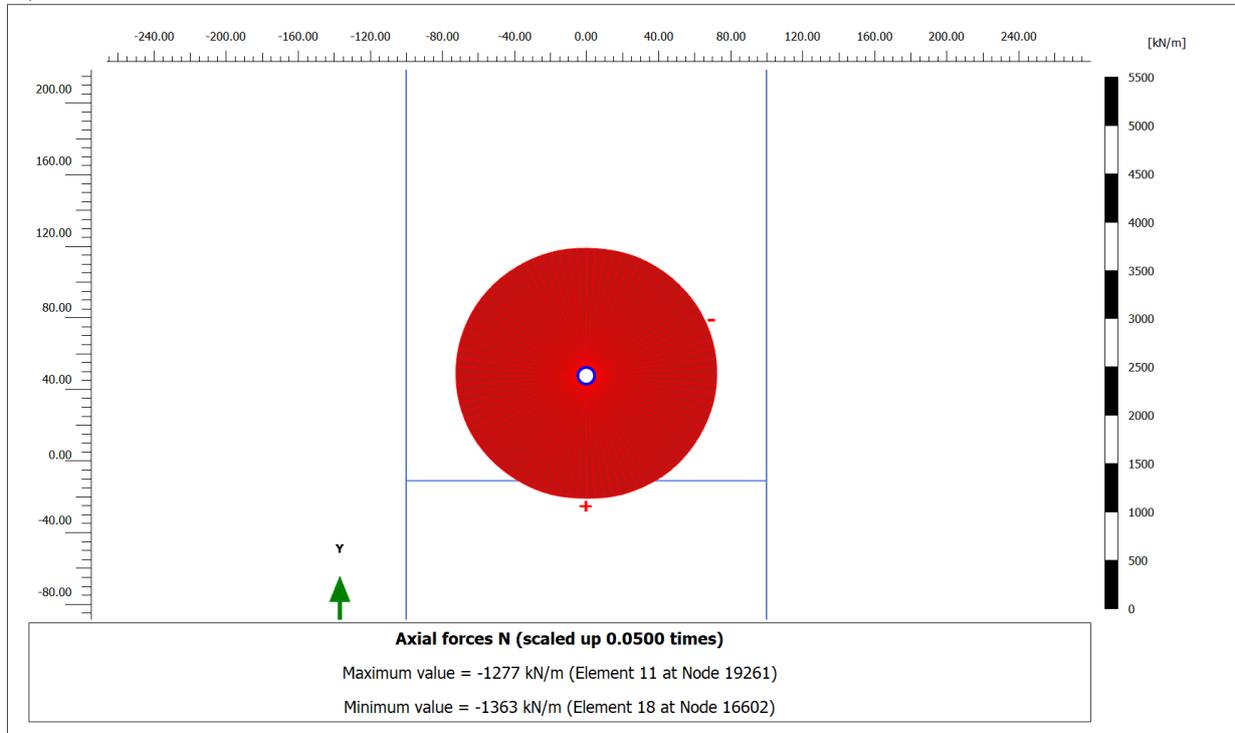


Figura 15-109: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

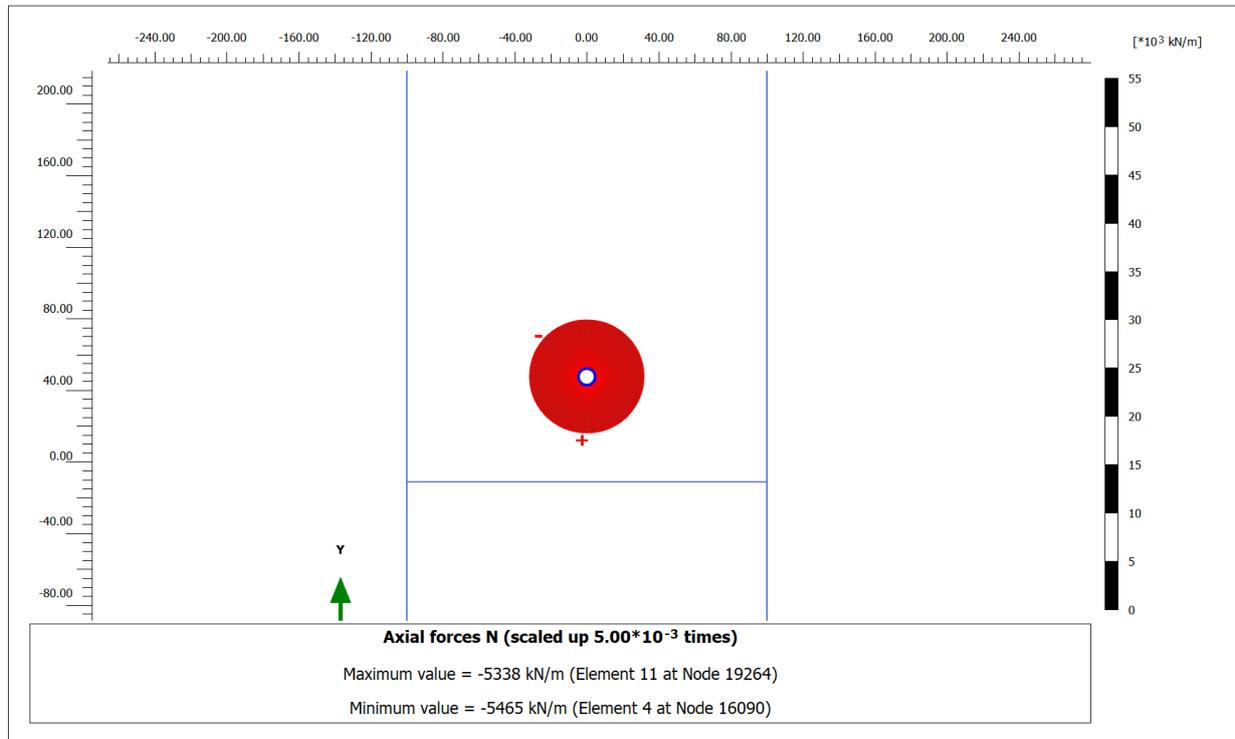


Figura 15-110: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 241 di 266

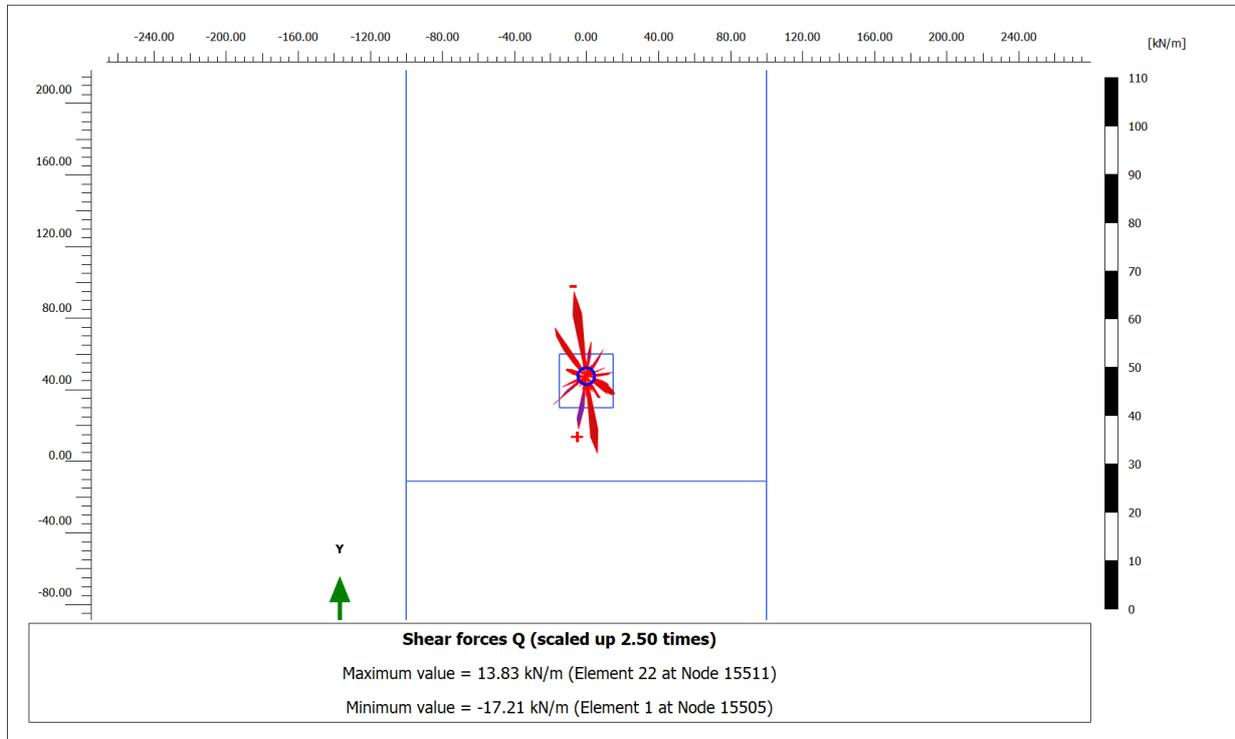


Figura 15-111: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

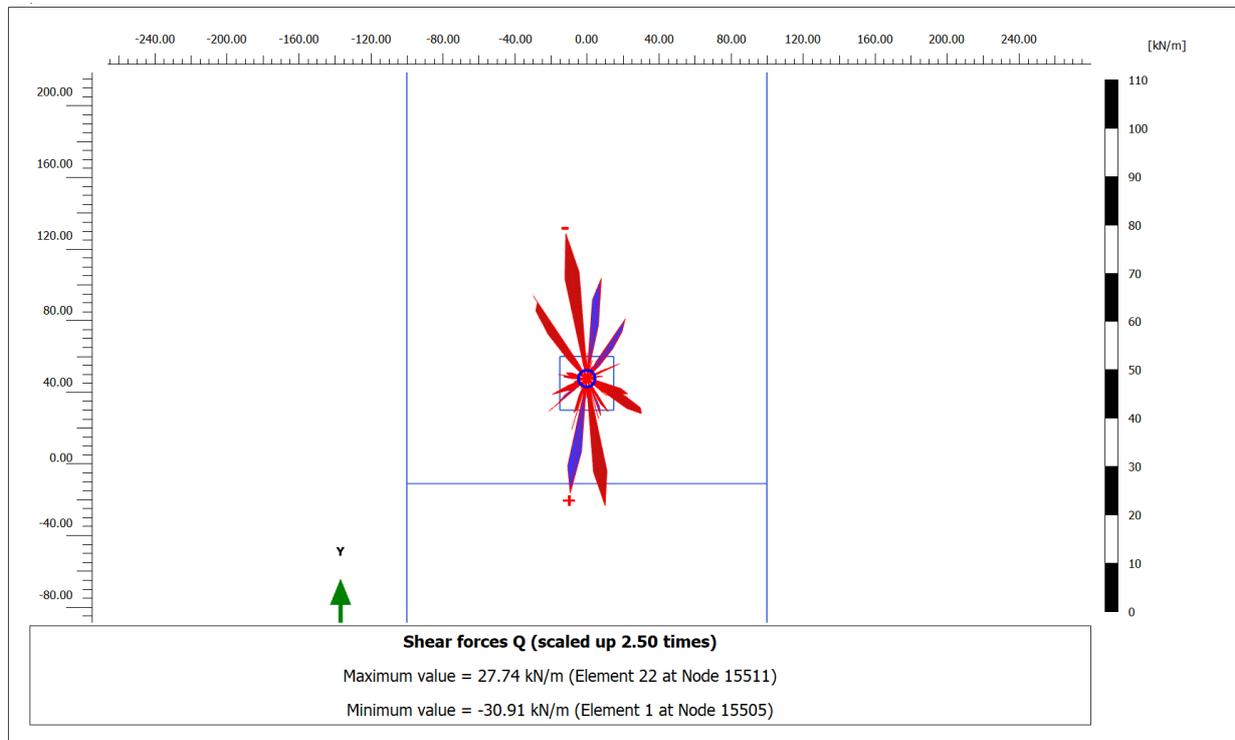


Figura 15-112: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 242 di 266

15.1.8 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 8 (pk 1+500)

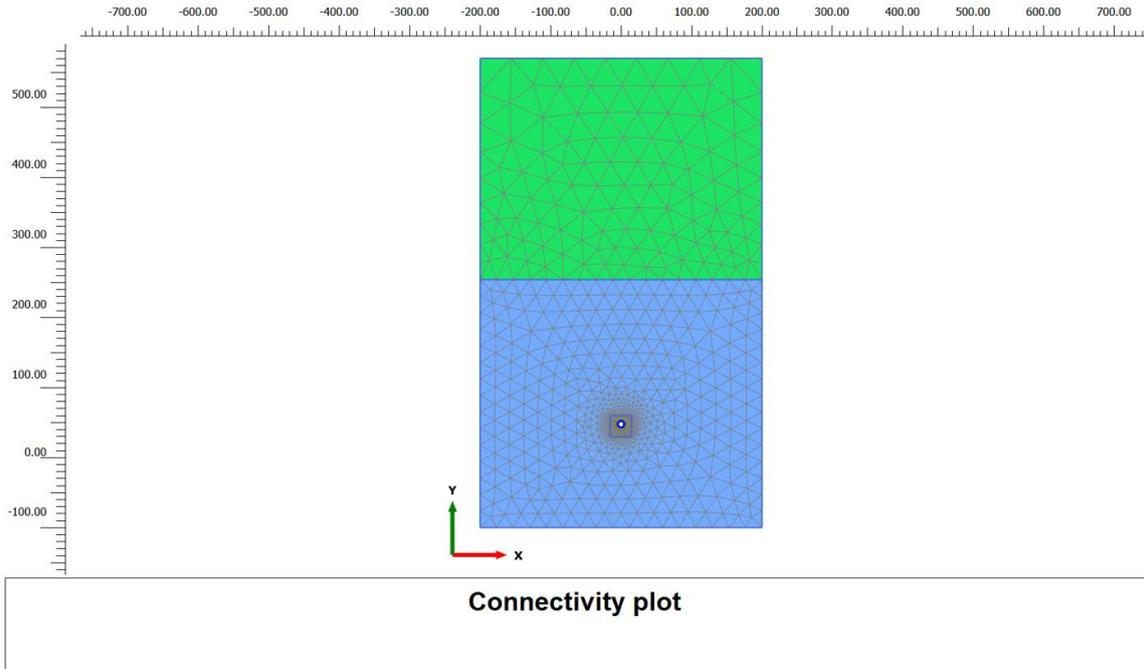


Figura 15-113: Mesh

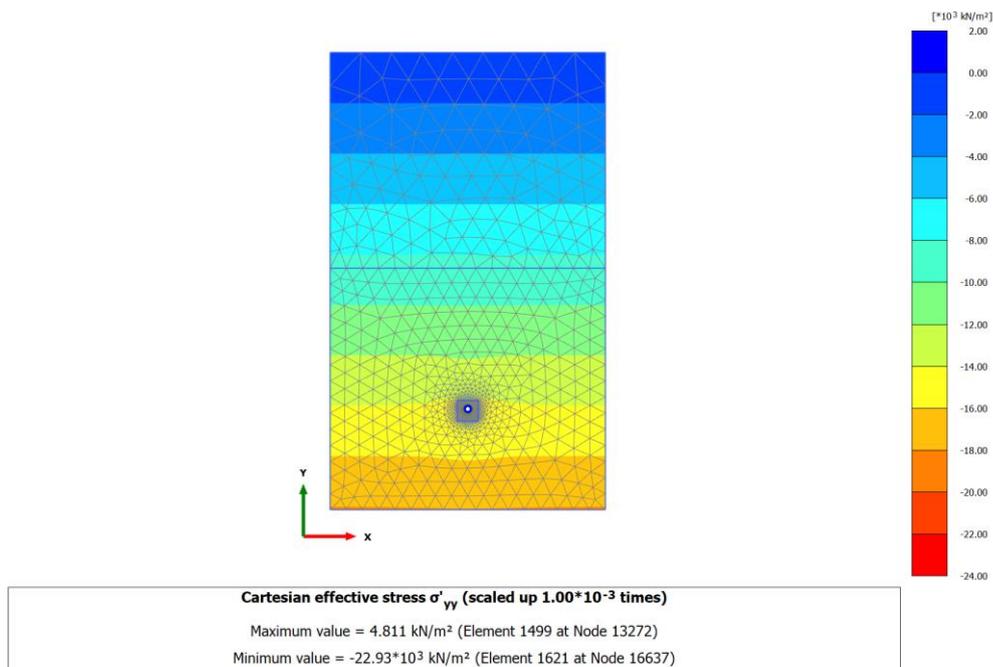
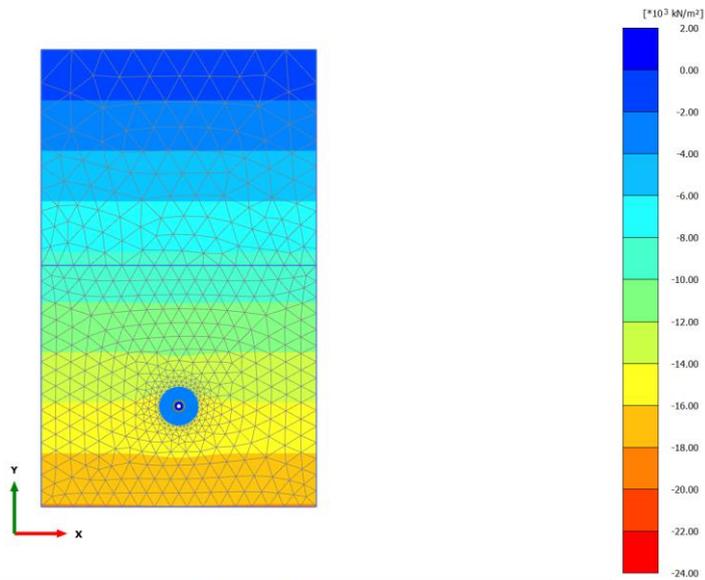


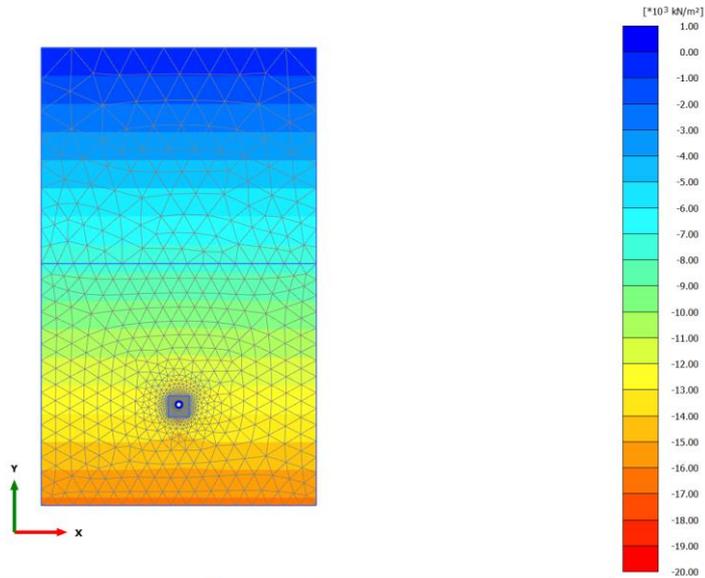
Figura 15-114: Stress σ_{yy} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 243 di 266



Cartesian effective stress σ'_{yy} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 52.66 kN/m² (Element 1488 at Node 18835)
Minimum value = $-23.01 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1621 at Node 16637)

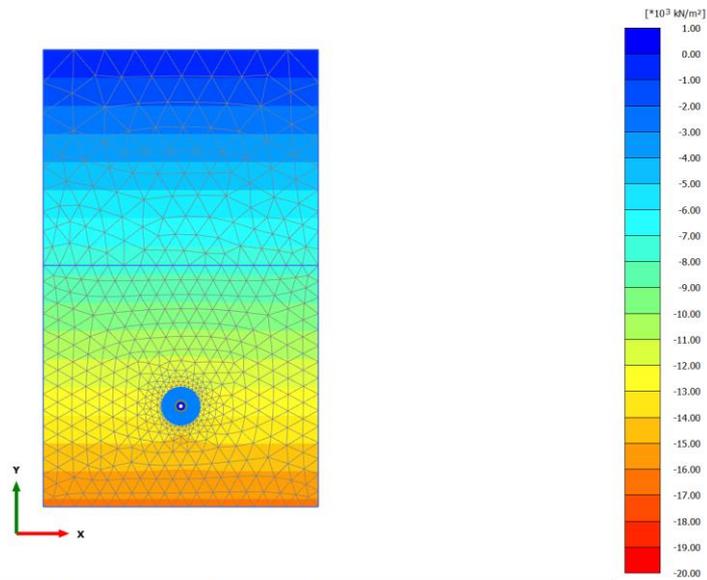
Figura 15-115: Stress σ_{yy} L.T.



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 13.24 kN/m² (Element 1498 at Node 16992)
Minimum value = $-19.47 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1533 at Node 18908)

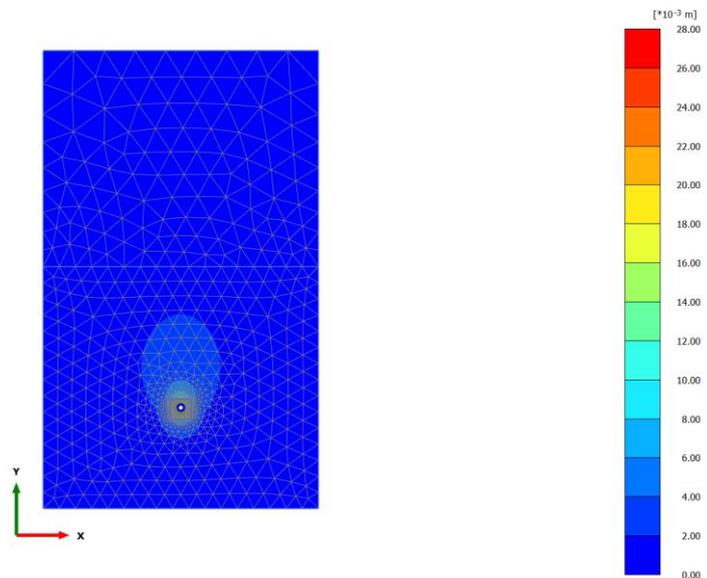
Figura 15-116: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 244 di 266



Cartesian effective stress σ'_{xx} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = 50.66 kN/m² (Element 1498 at Node 16992)
Minimum value = $-19.43 \cdot 10^3$ kN/m² (Element 1533 at Node 18908)

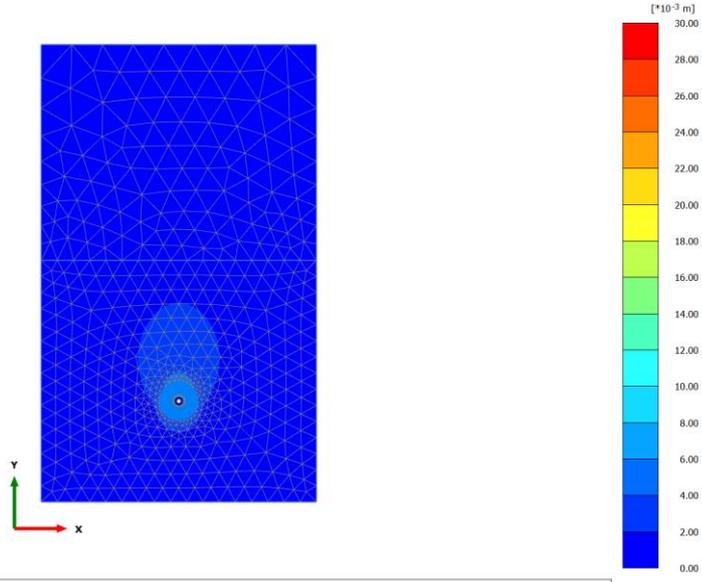
Figura 15-117: Stress σ_{xx} L.T.



Total displacements $|u|$ (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.02750 m (Element 1493 at Node 15466)

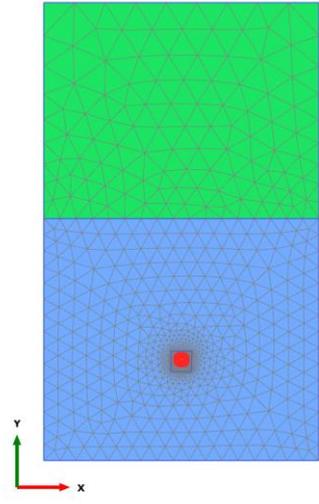
Figura 15-118: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 245 di 266



Total displacements |u| (scaled up 500 times)
Maximum value = 0.02810 m (Element 1493 at Node 15465)

Figura 15-119: 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 15-120: 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 GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 246 di 266

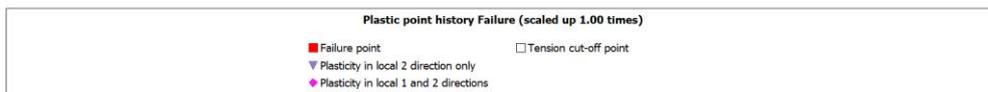
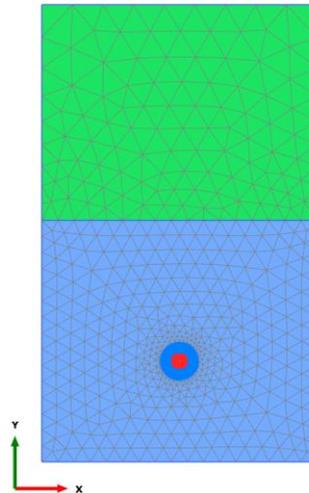


Figura 15-121: Zone di plasticizzazione L.T.

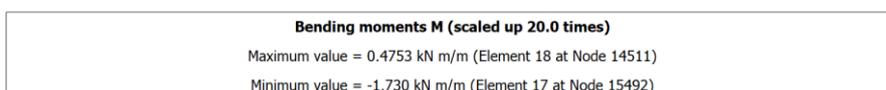


Figura 15-122: Sollecitazione momento flettente Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 247 di 266

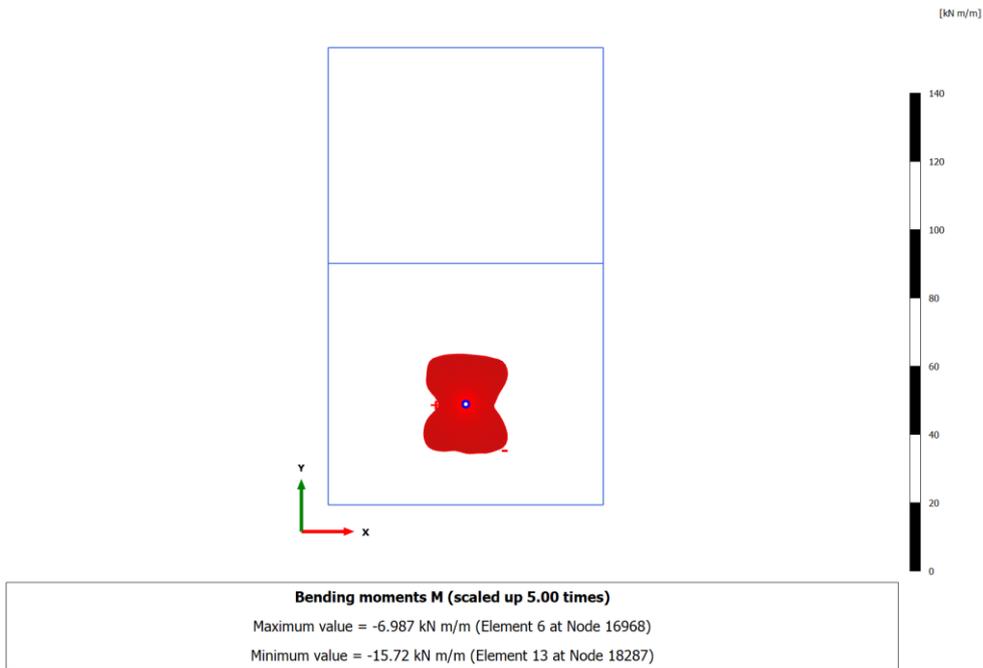


Figura 15-123: Sollecitazione momento flettente L.T.

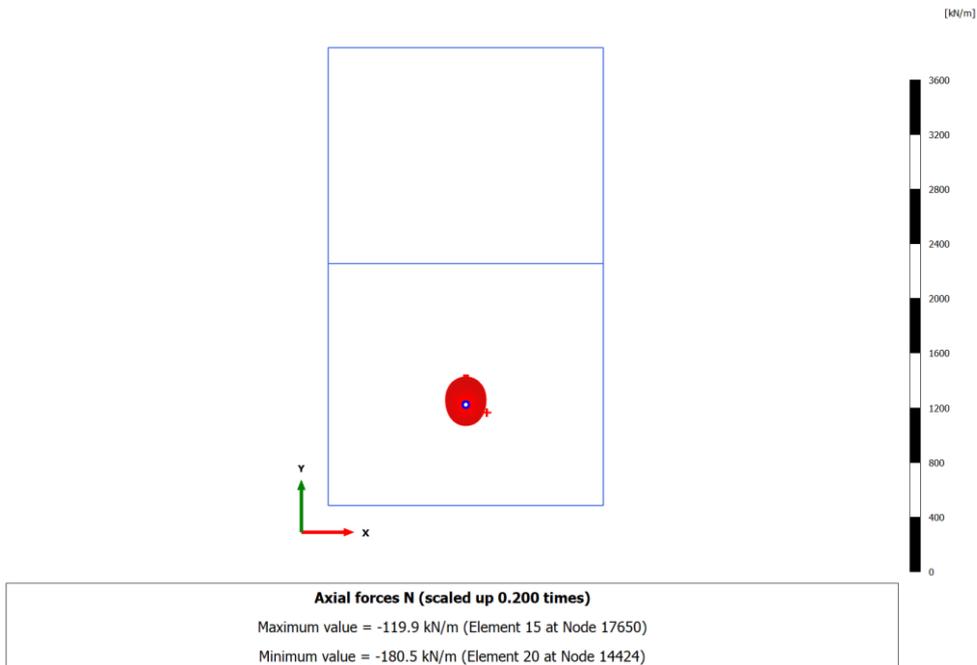


Figura 15-124: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 248 di 266

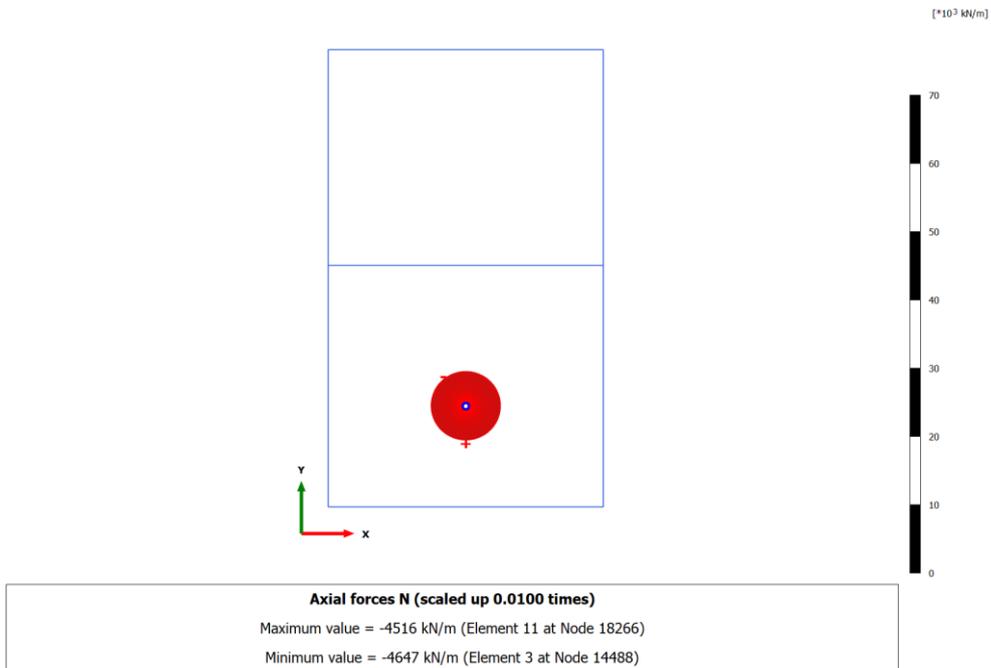


Figura 15-125: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

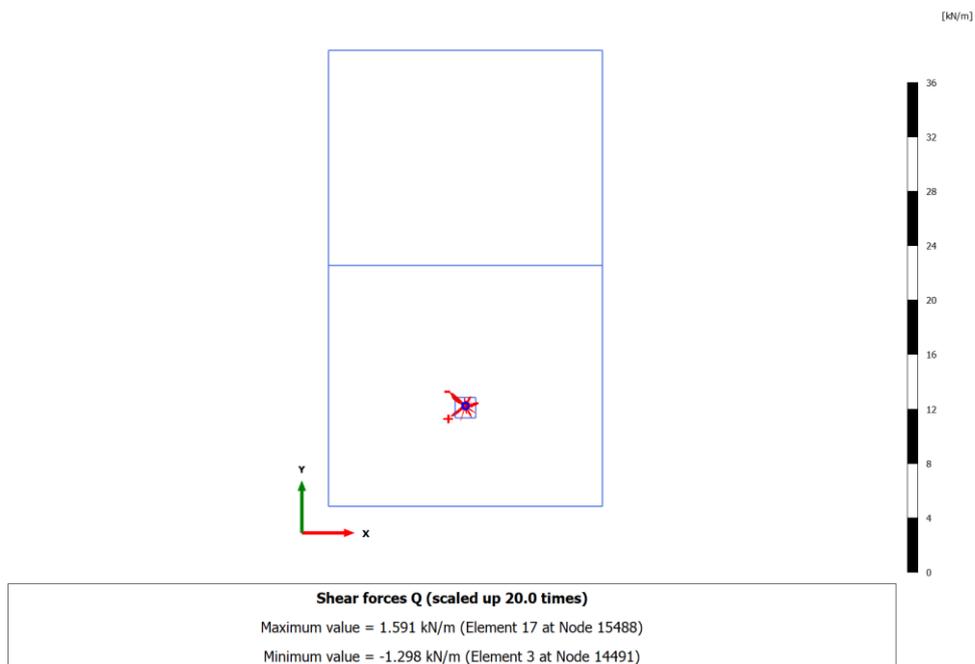


Figura 15-126: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 249 di 266

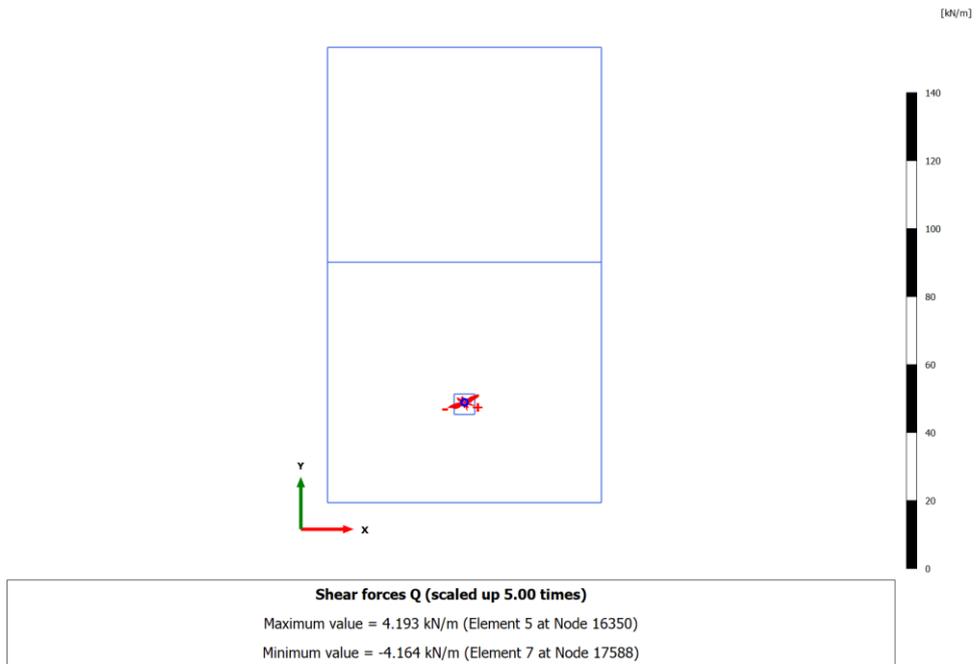


Figura 15-127: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

15.1.9 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 9 (pk 2+720)

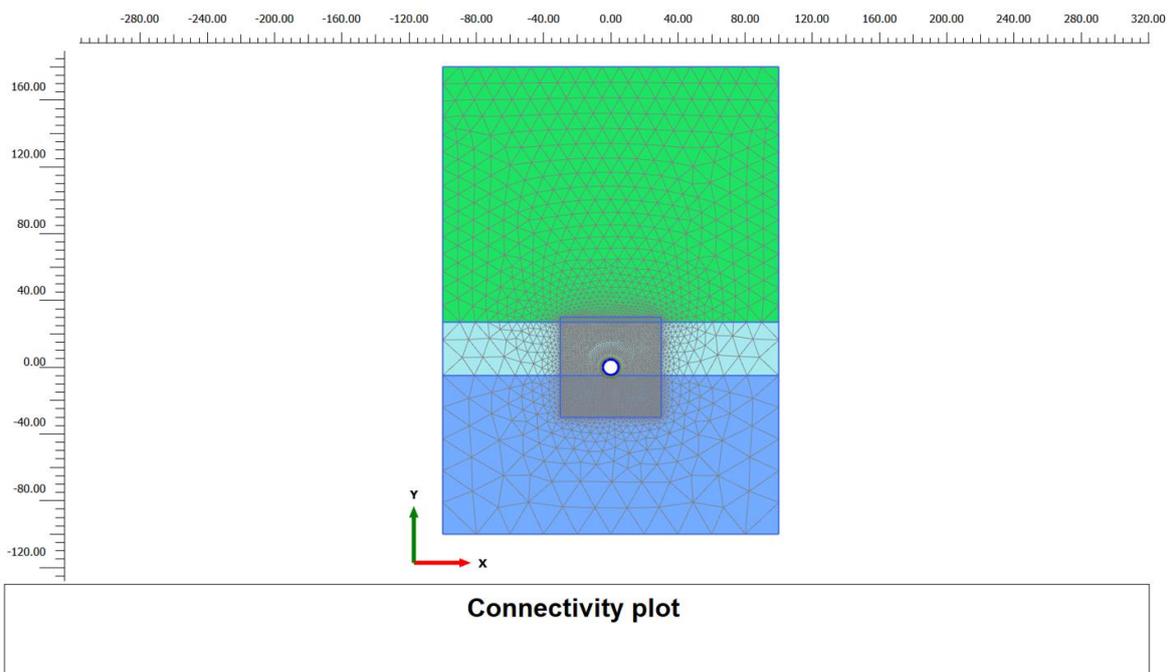


Figura 15-128: Mesh

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 250 di 266

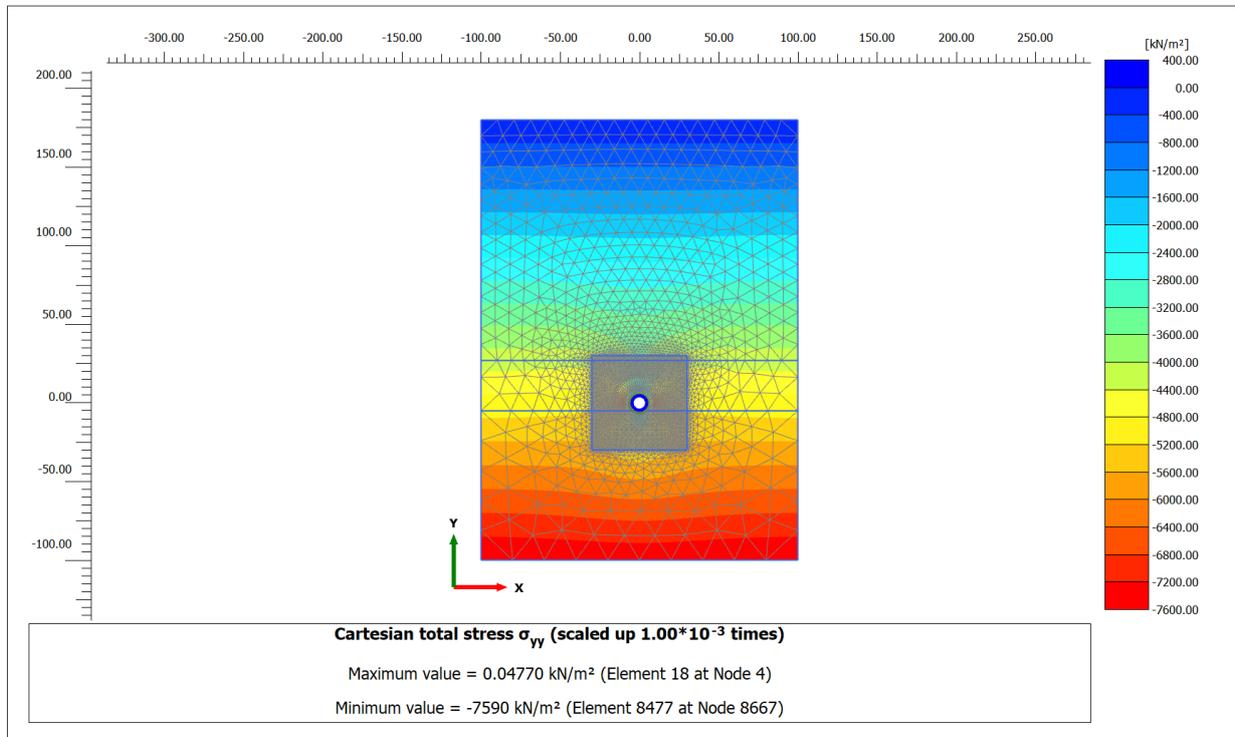


Figura 15-129: Stress σ_{yy} Fase 3

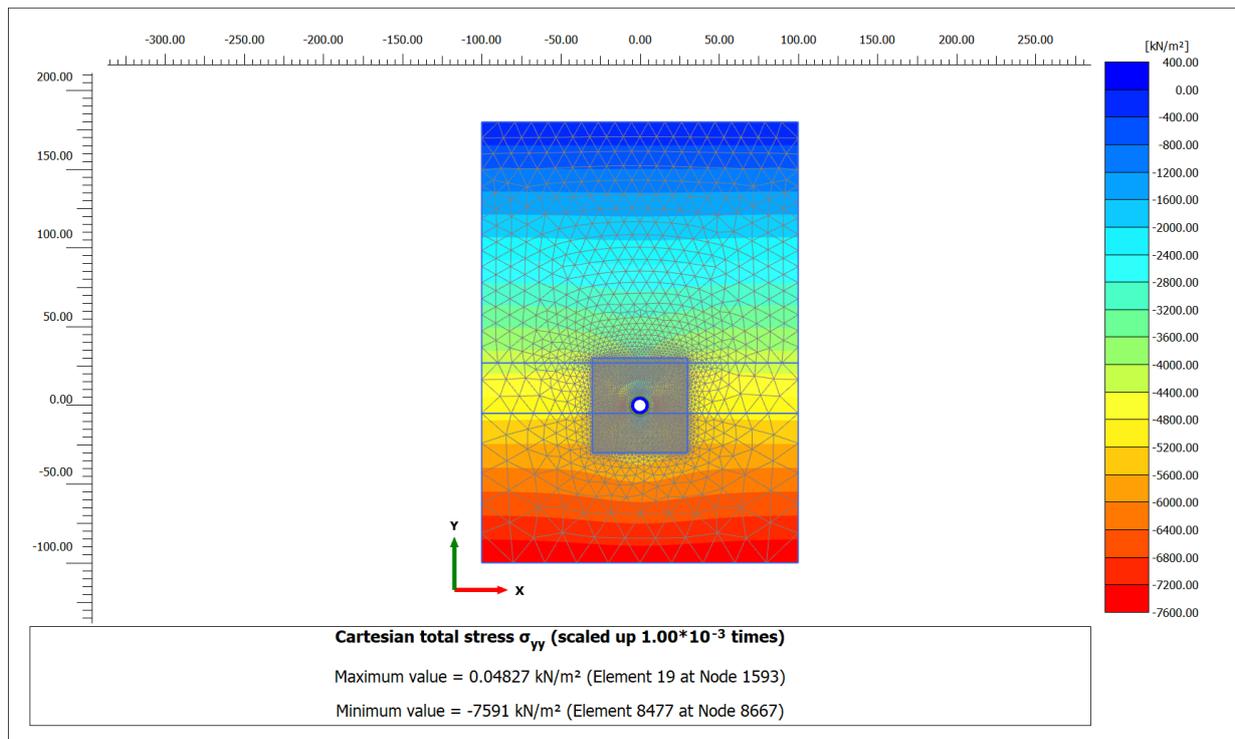


Figura 15-130: Stress σ_{yy} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 251 di 266

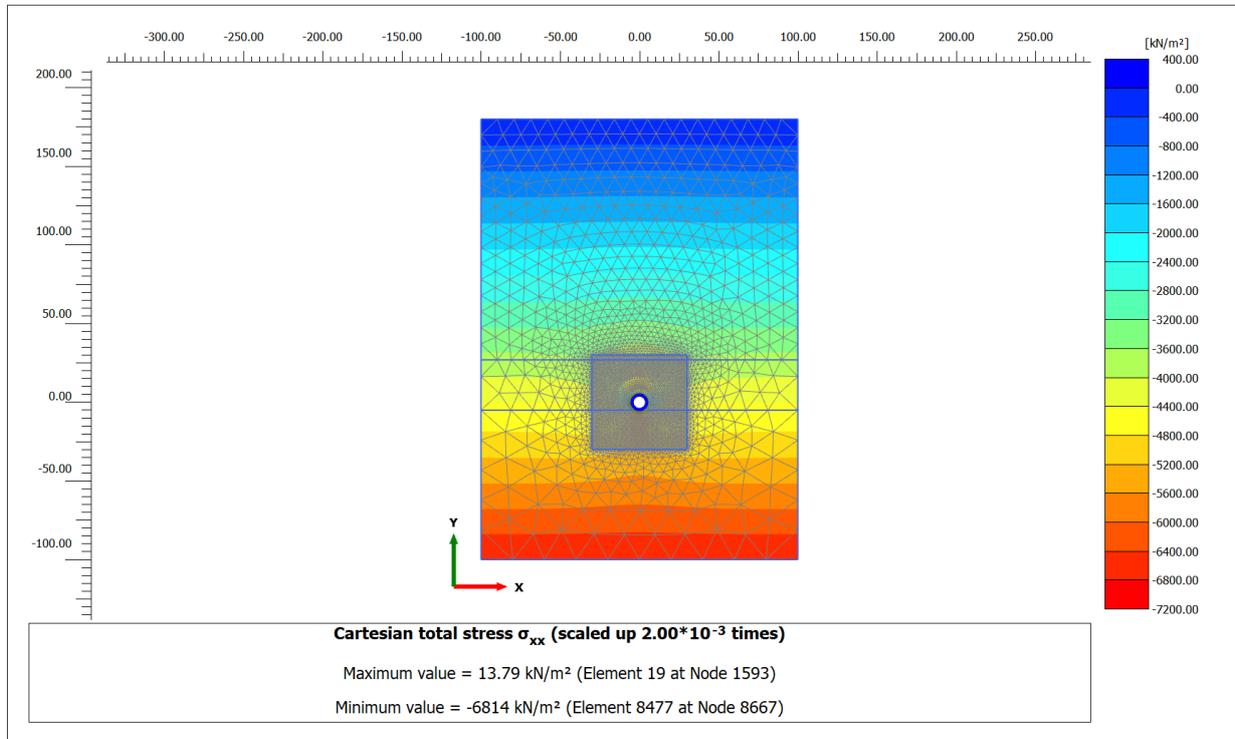


Figura 15-131: Stress σ_{xx} Fase 3

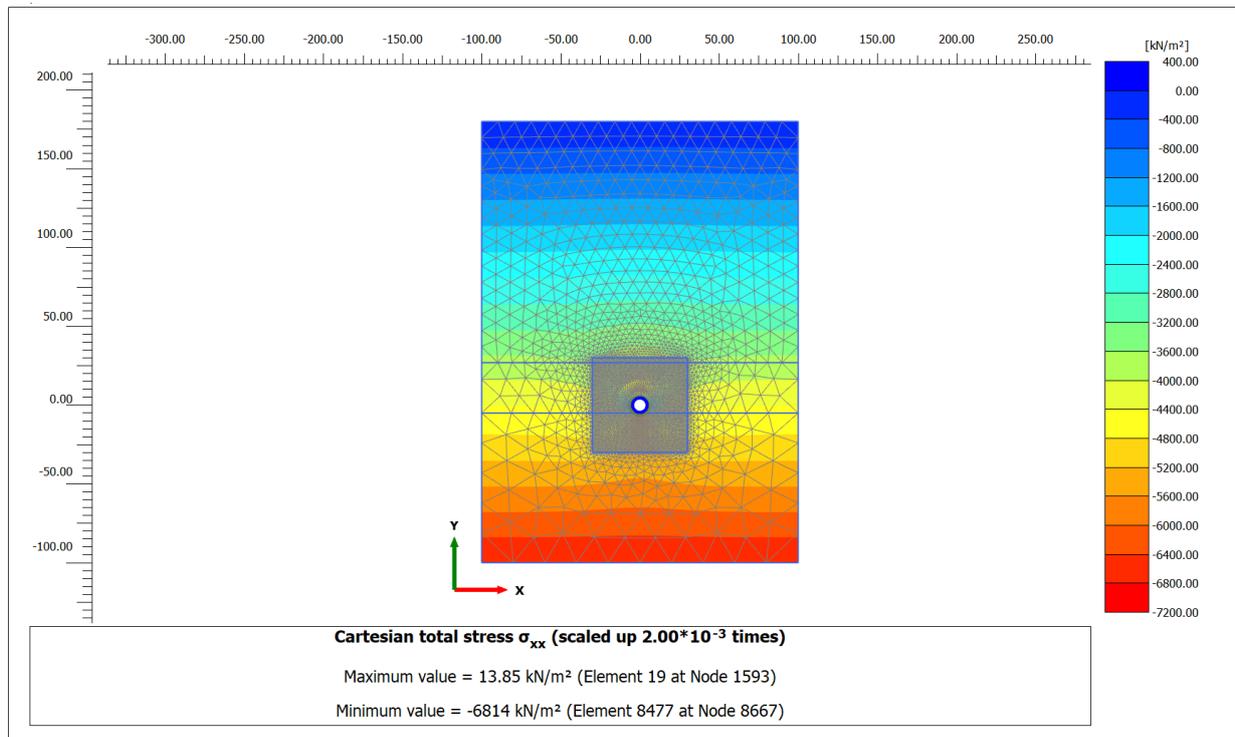


Figura 15-132: Stress σ_{xx} L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 252 di 266

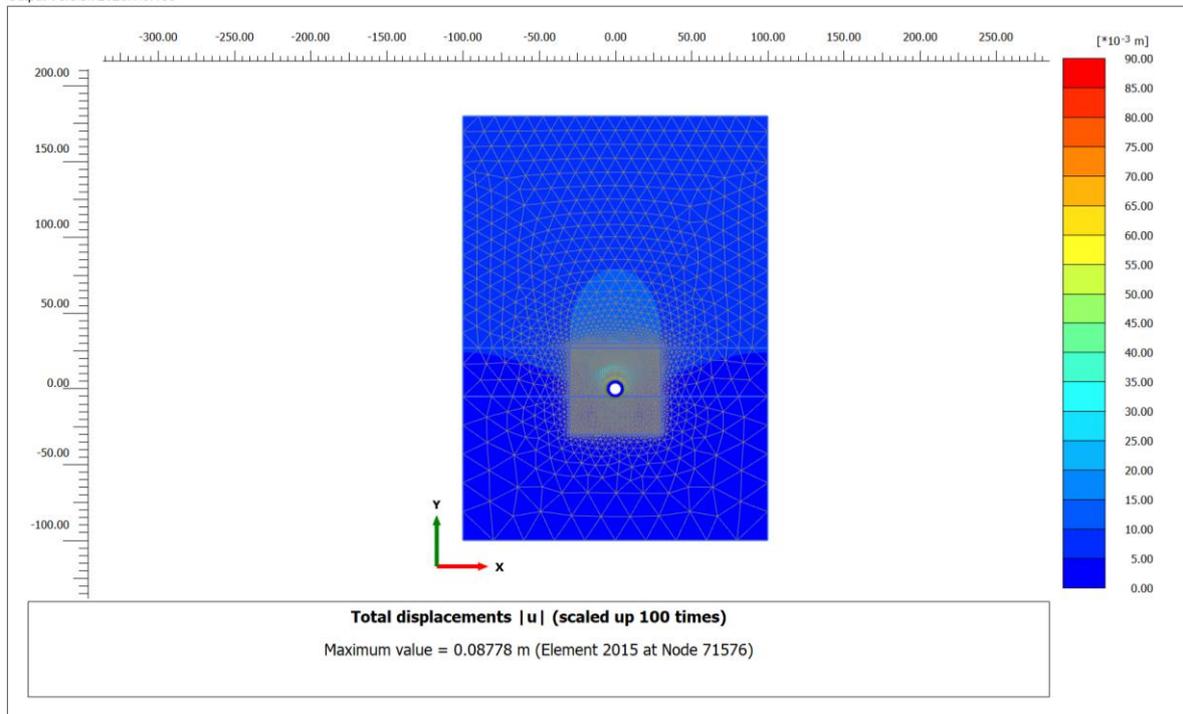


Figura 15-133: Spostamenti |u| Fase 3

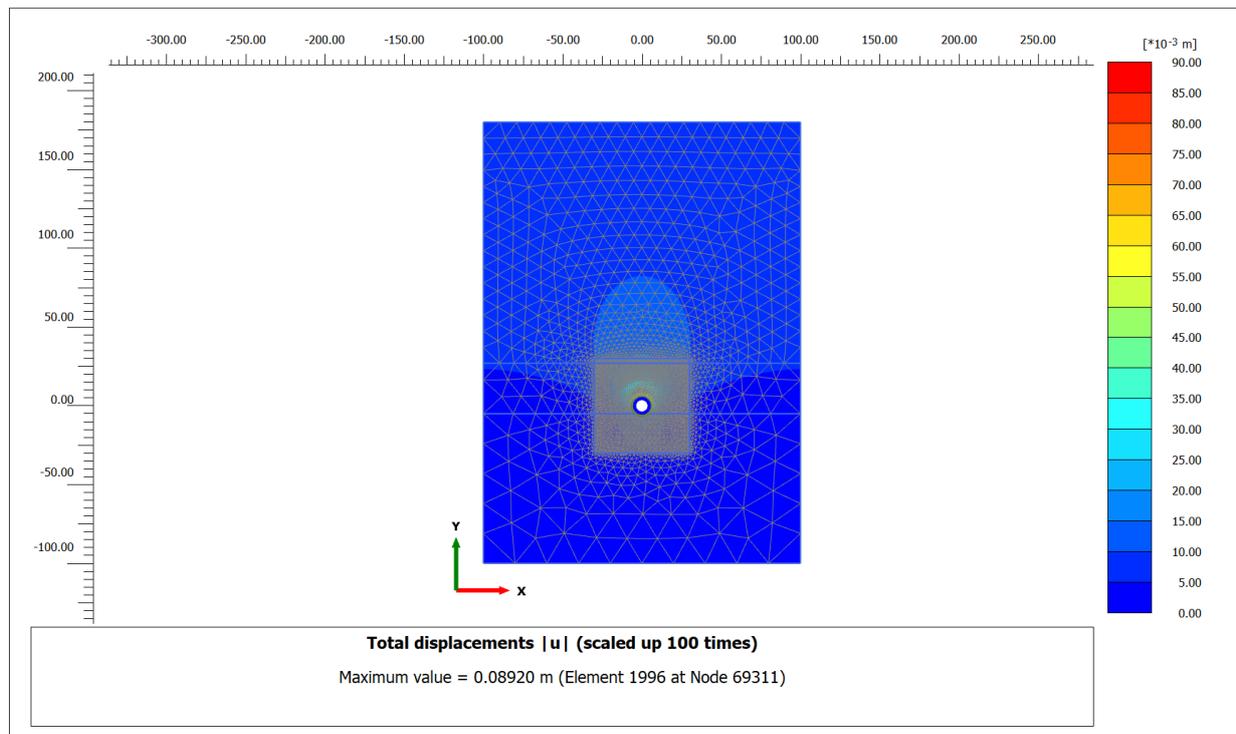


Figura 15-134: Spostamenti |u| L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 253 di 266

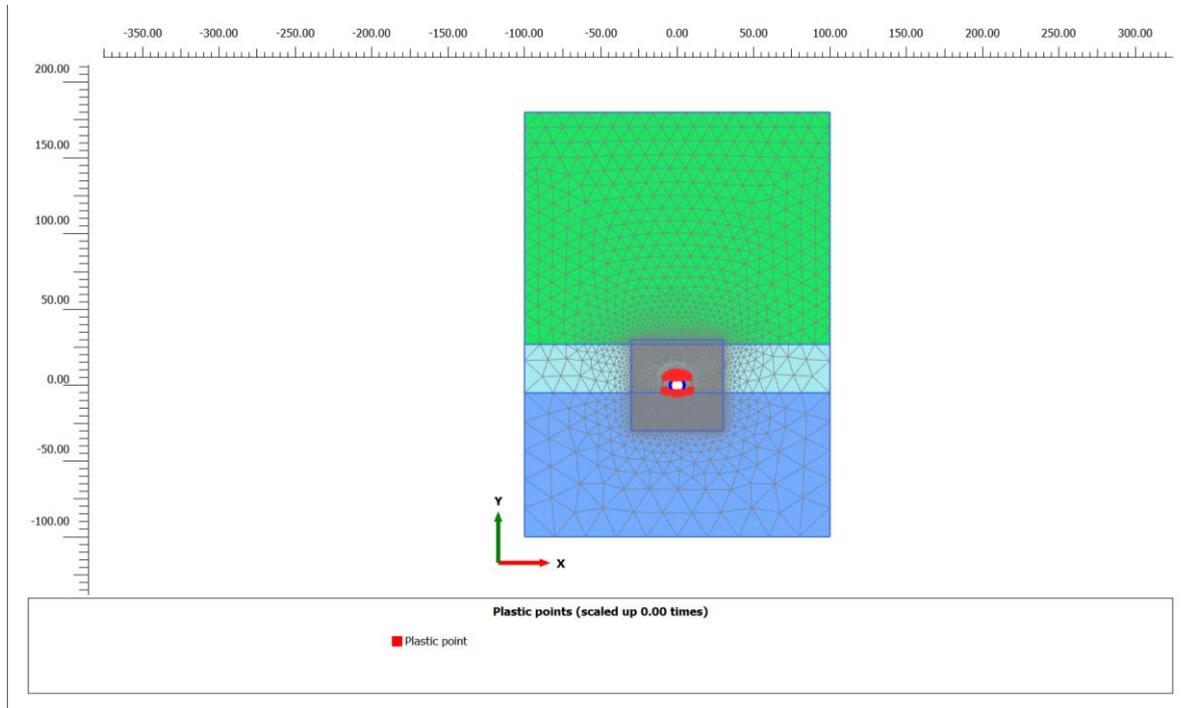


Figura 15-135: Zone di plasticizzazione Fase 3

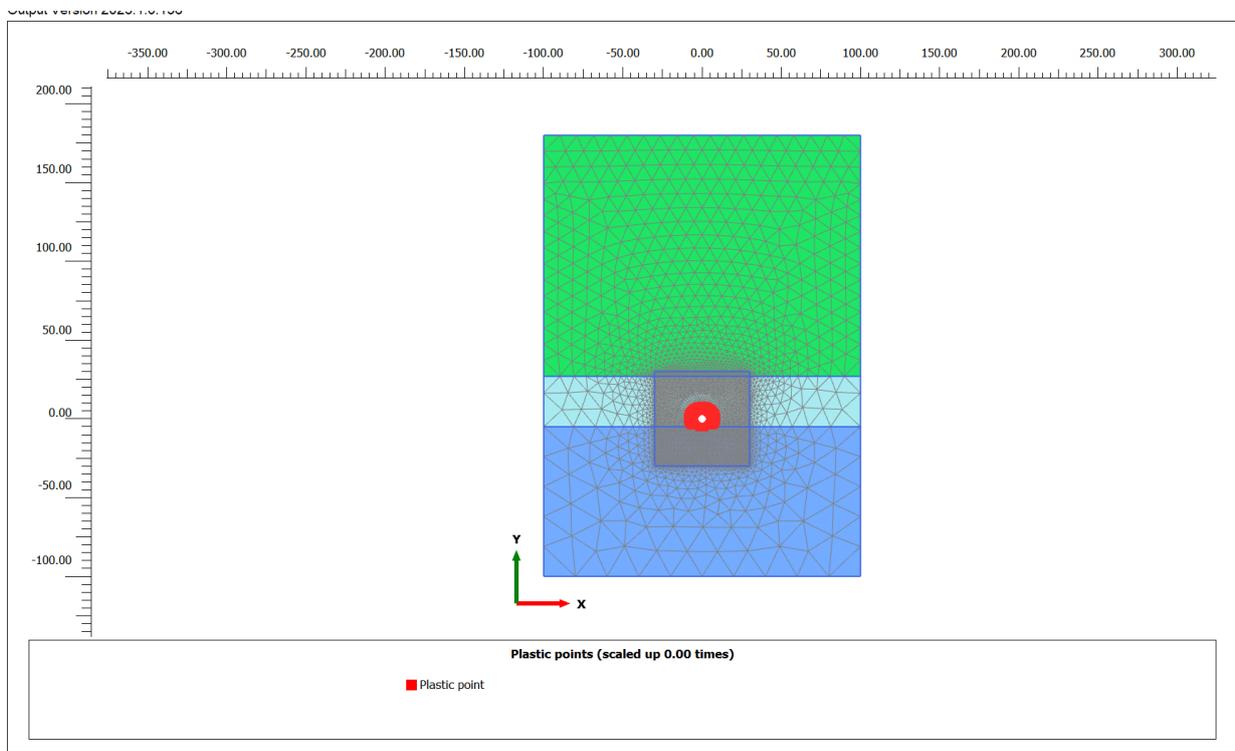


Figura 15-136: Zone di plasticizzazione L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 254 di 266

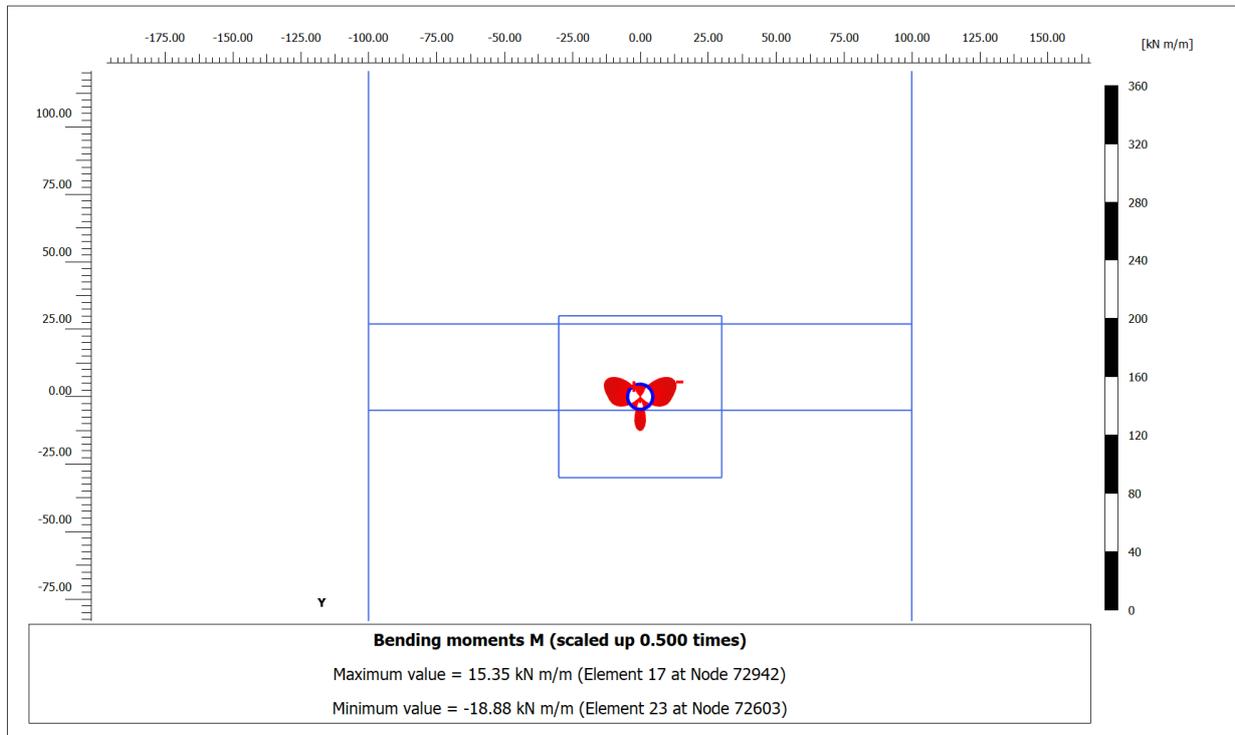


Figura 15-137: Sollecitazione momento flettente Fase 3

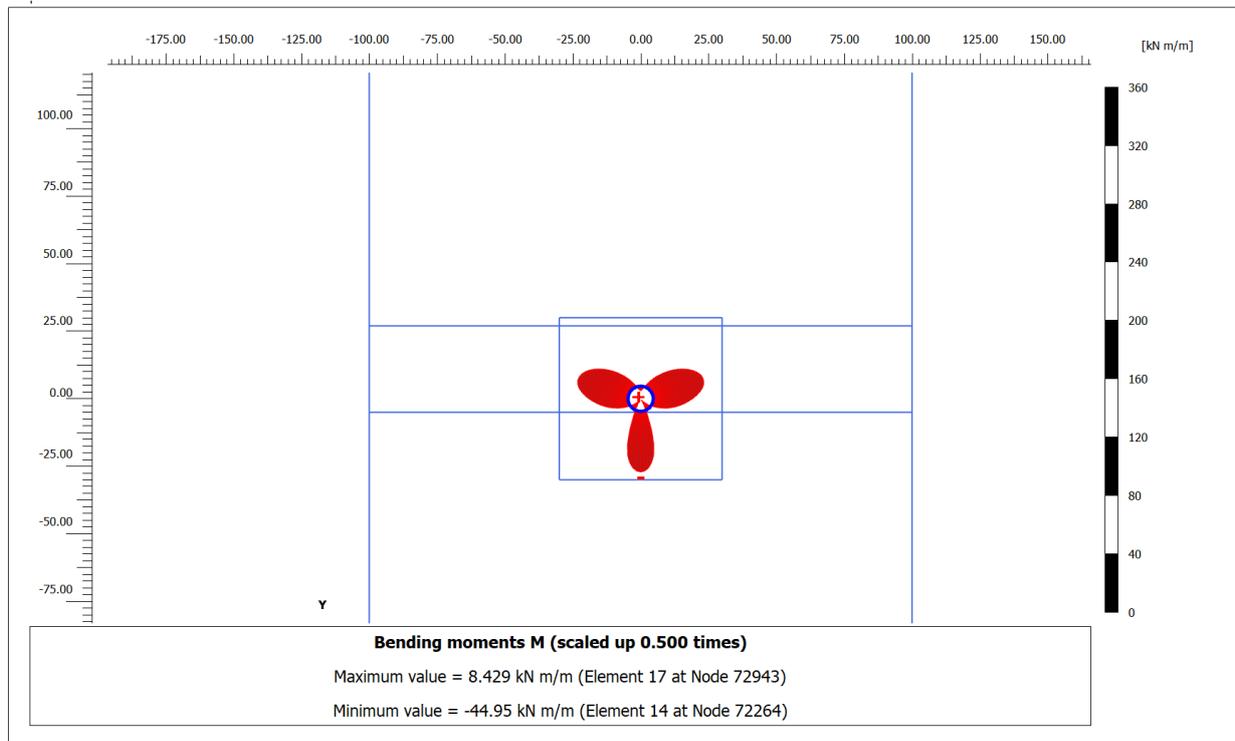


Figura 15-138: Sollecitazione momento flettente L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 255 di 266

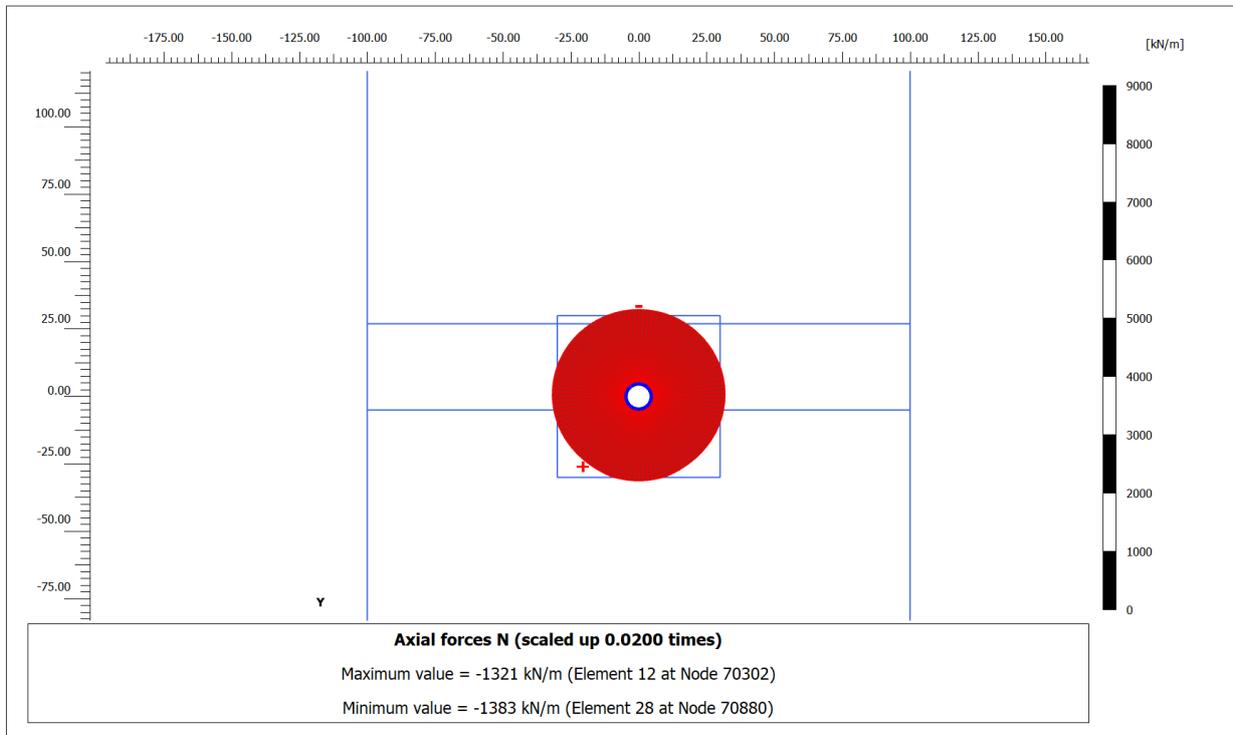


Figura 15-139: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

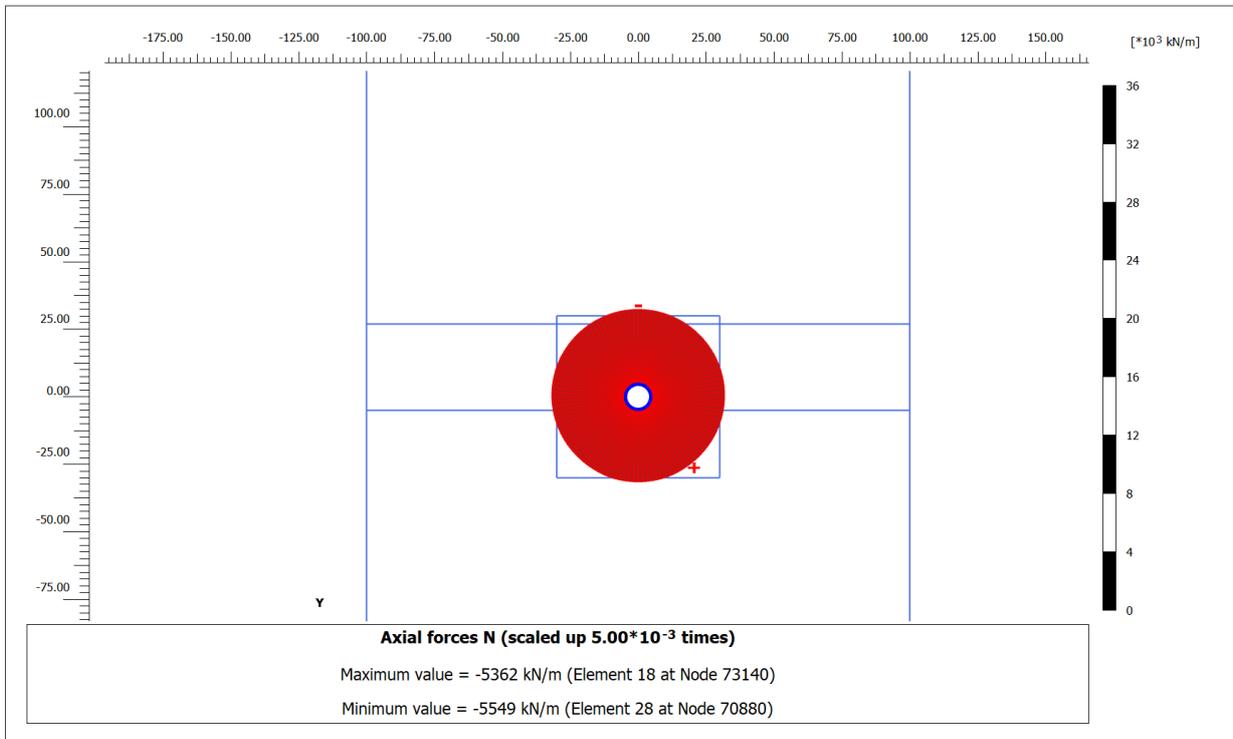


Figura 15-140: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 256 di 266

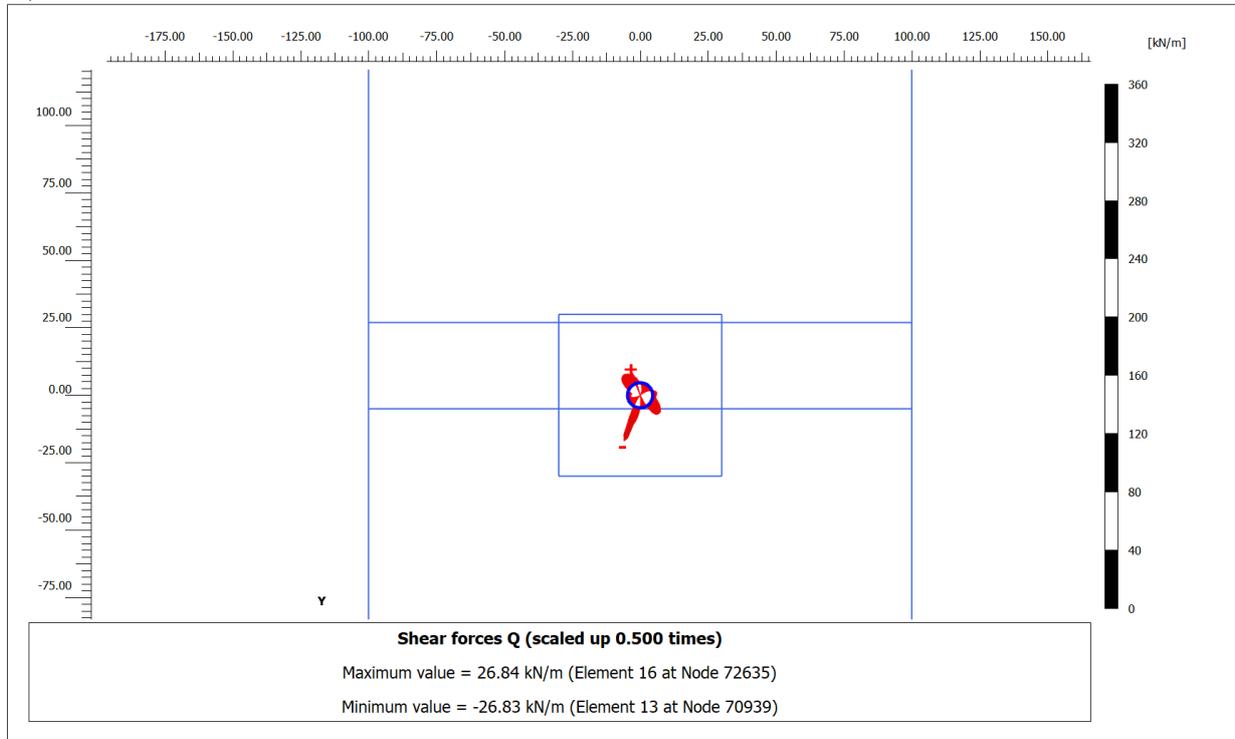


Figura 15-141: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

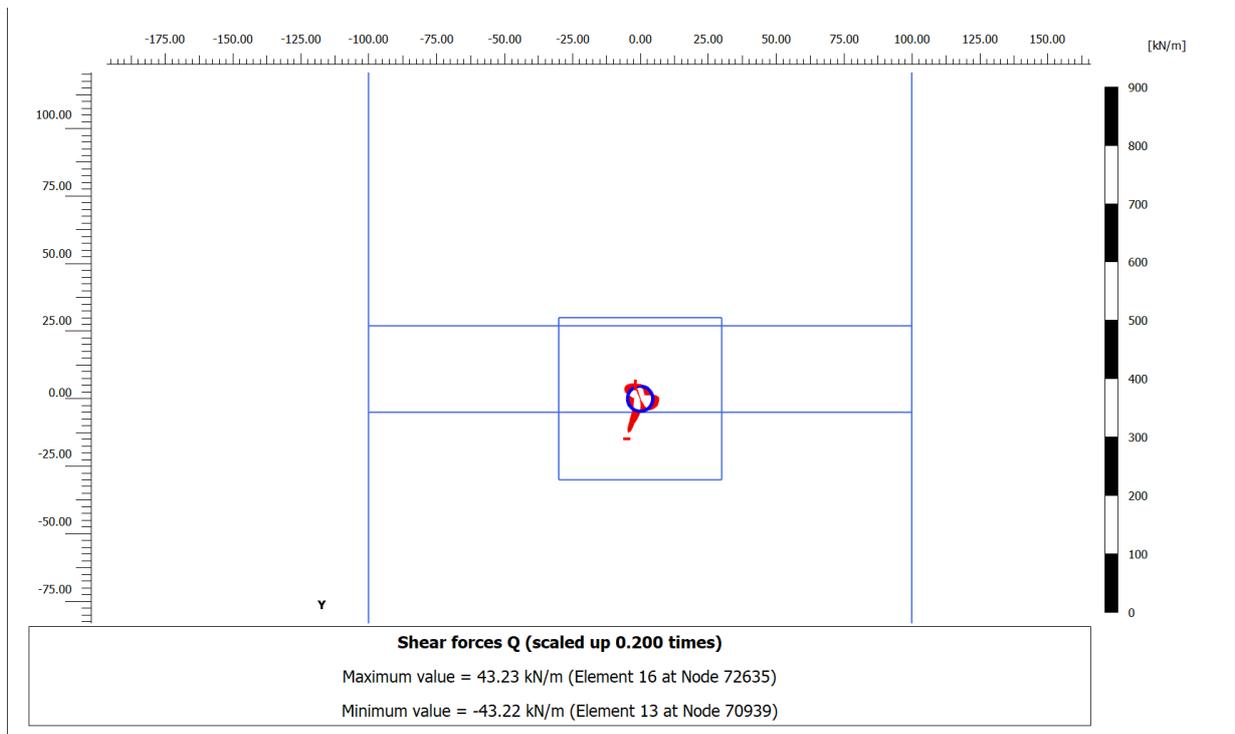


Figura 15-142: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 257 di 266

15.1.10 Gallerie di Interconnessione Ponte Gardena – B.D. – Sezione 10 (pk 2+910)

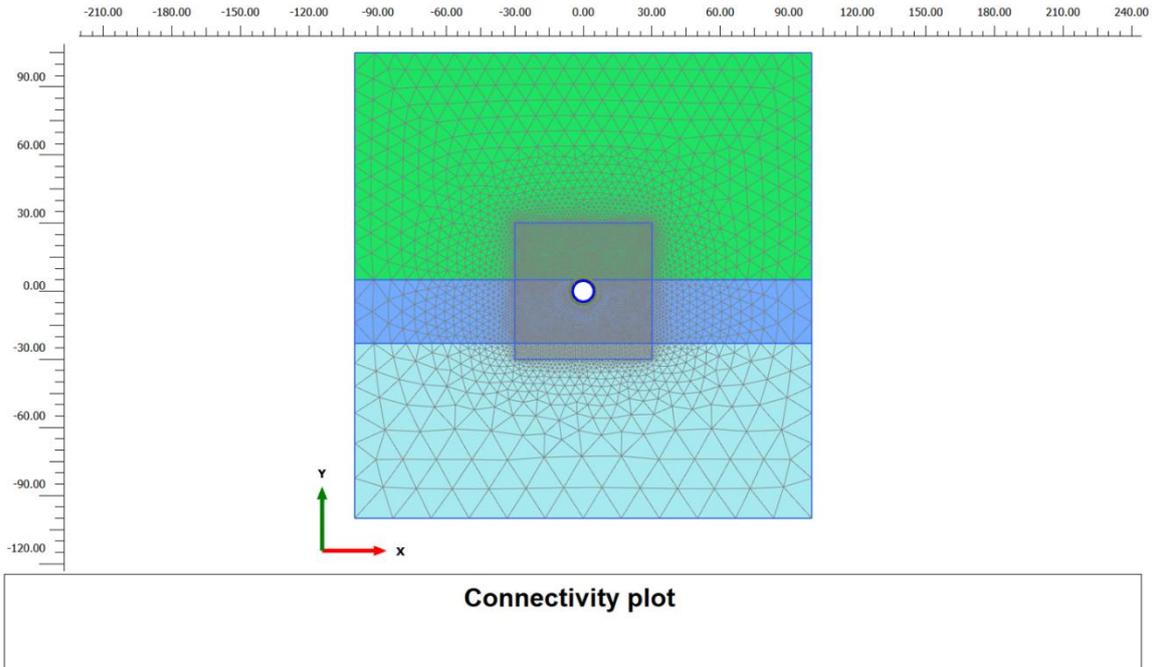


Figura 15-143: Mesh

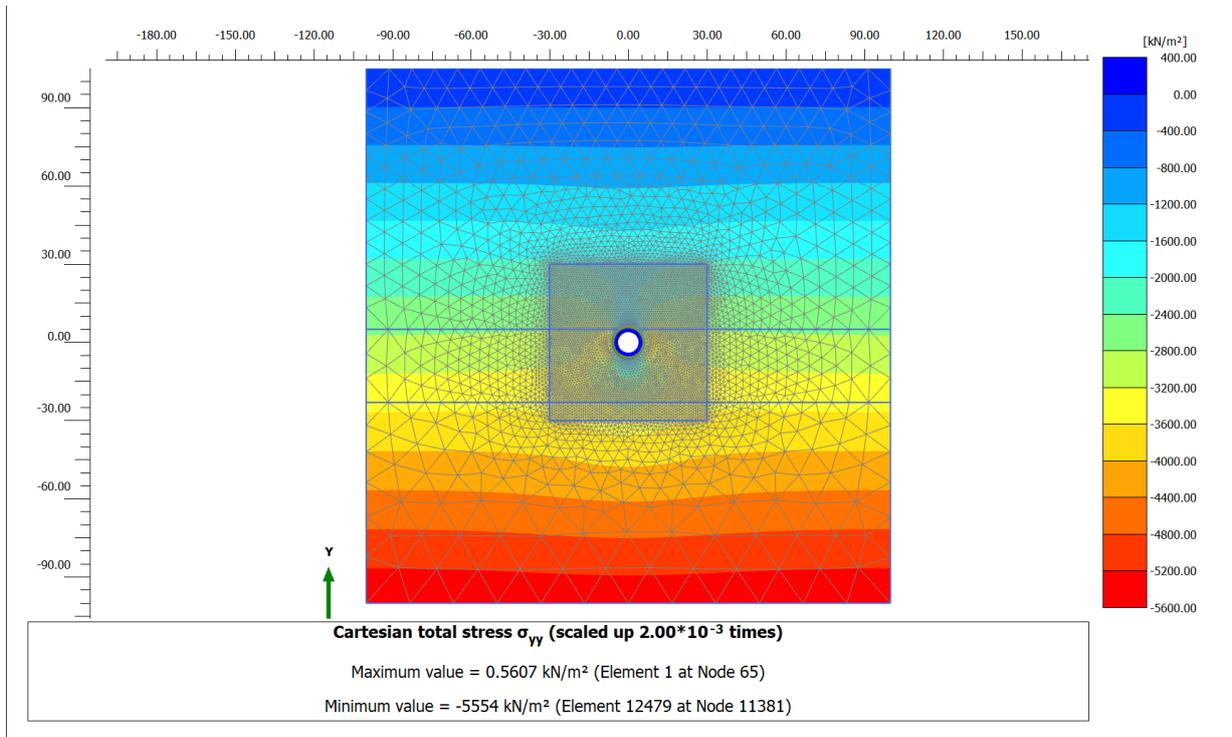


Figura 15-144: Stress σ_{yy} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 258 di 266

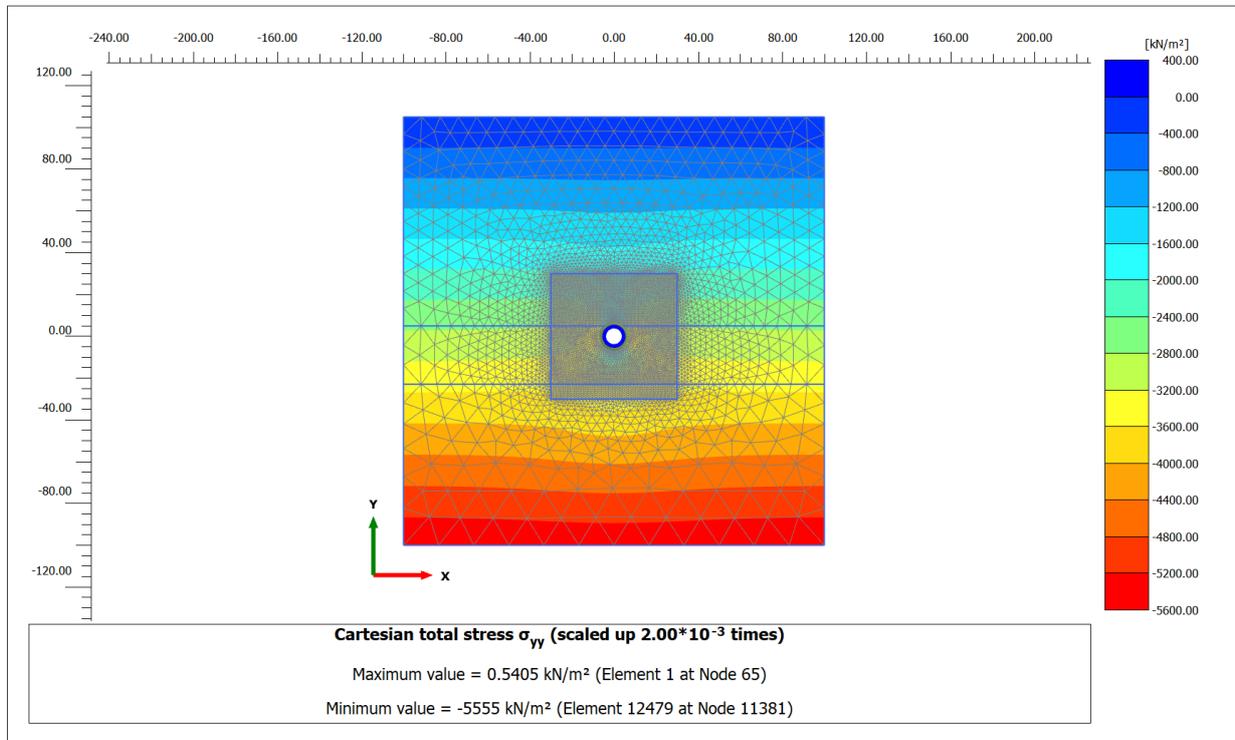


Figura 15-145: Stress σ_{yy} L.T.

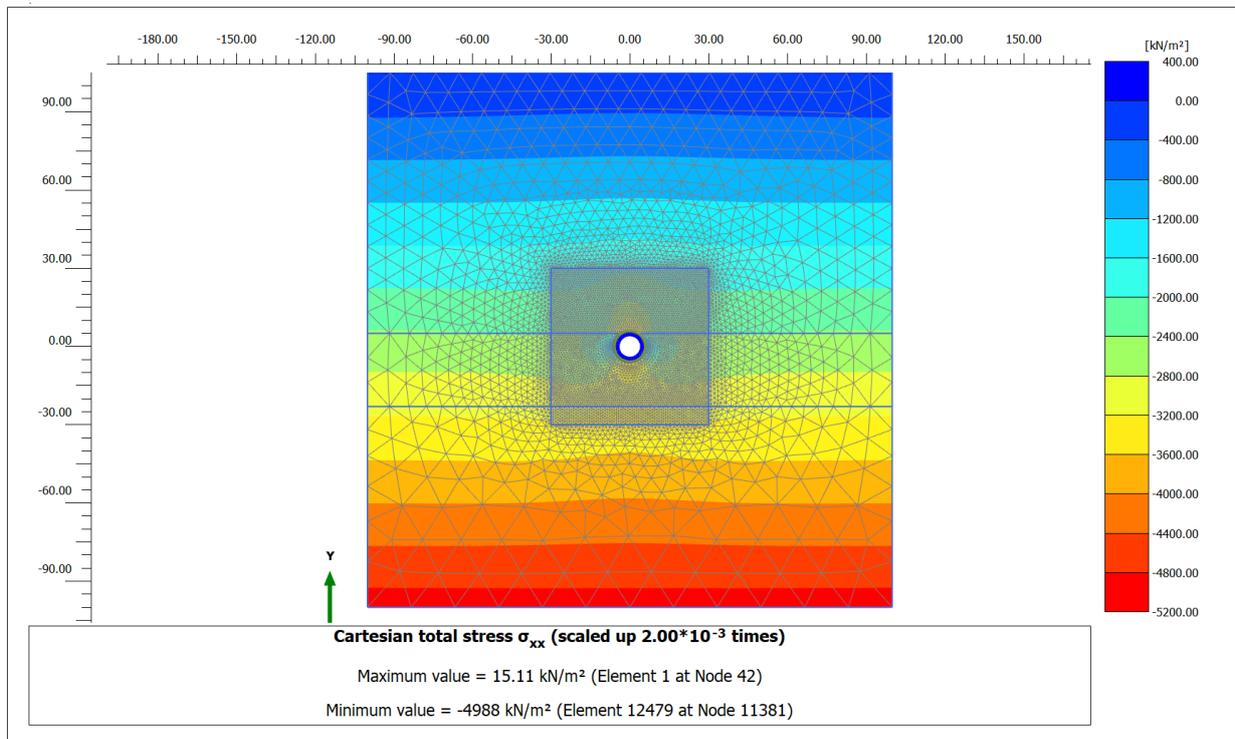


Figura 15-146: Stress σ_{xx} Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 259 di 266

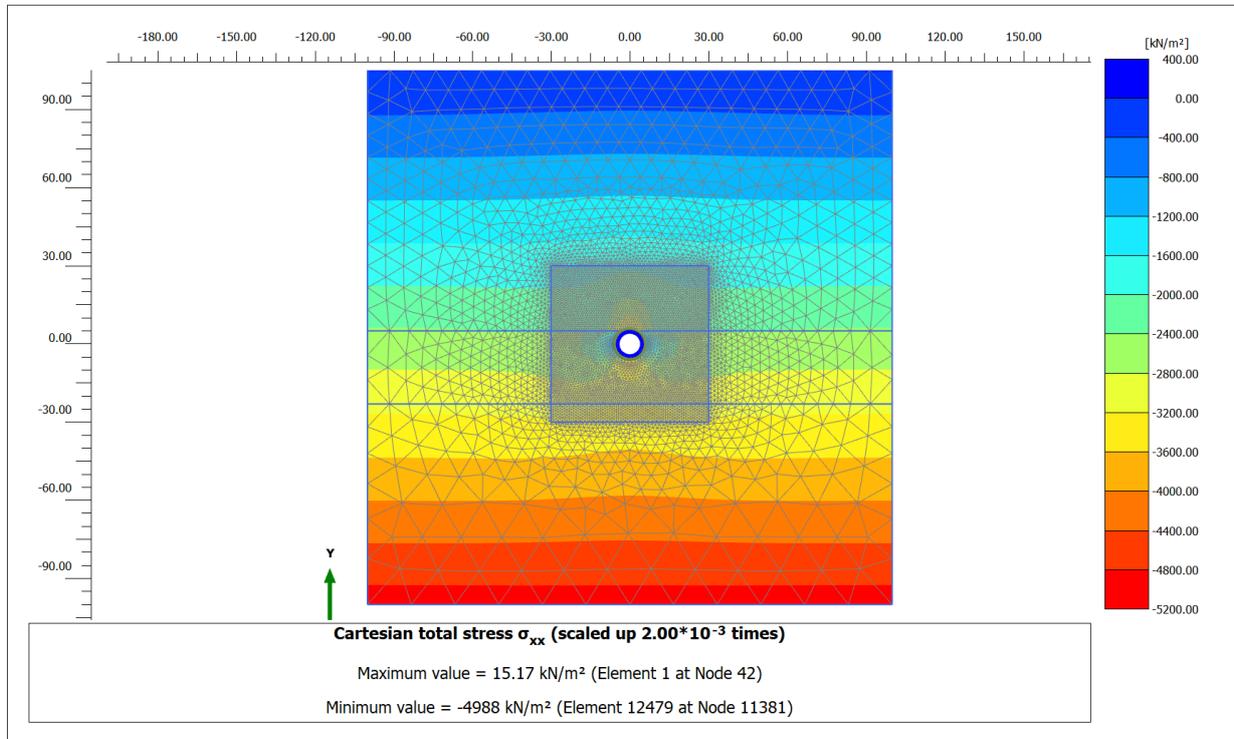


Figura 15-147: Stress σ_{xx} L.T.

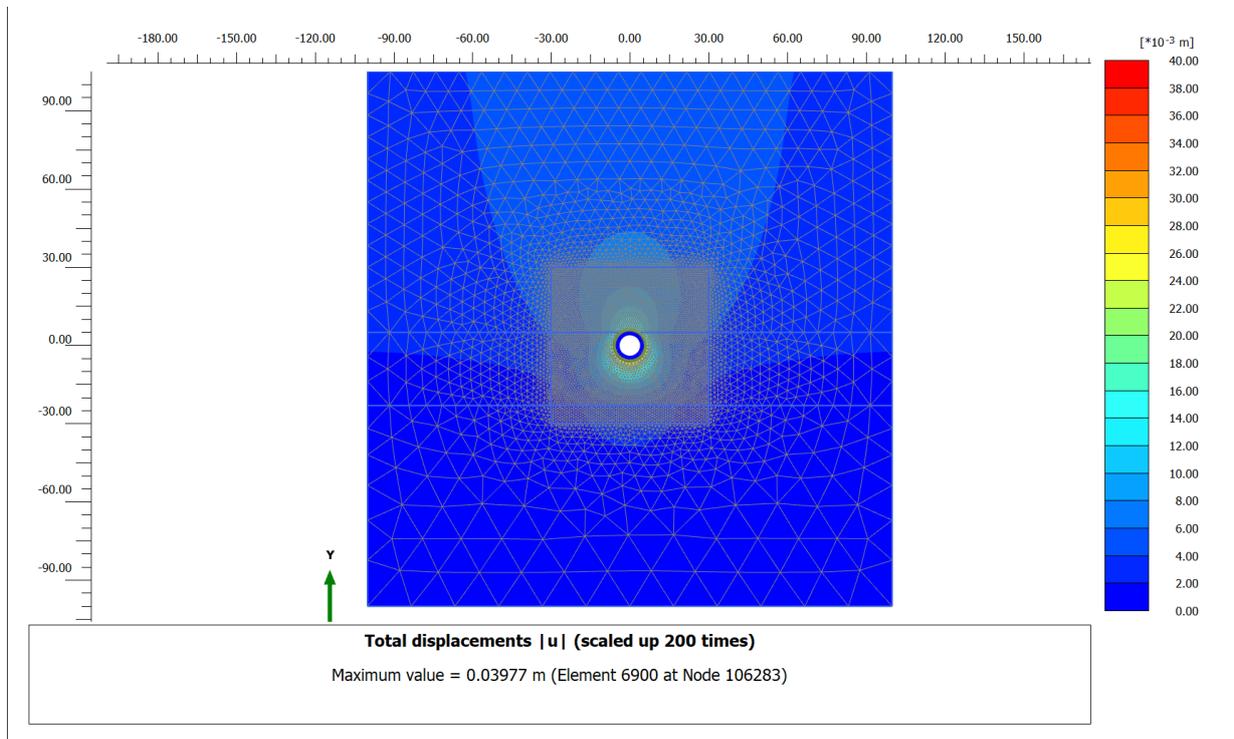


Figura 15-148: Spostamenti $|u|$ Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 260 di 266

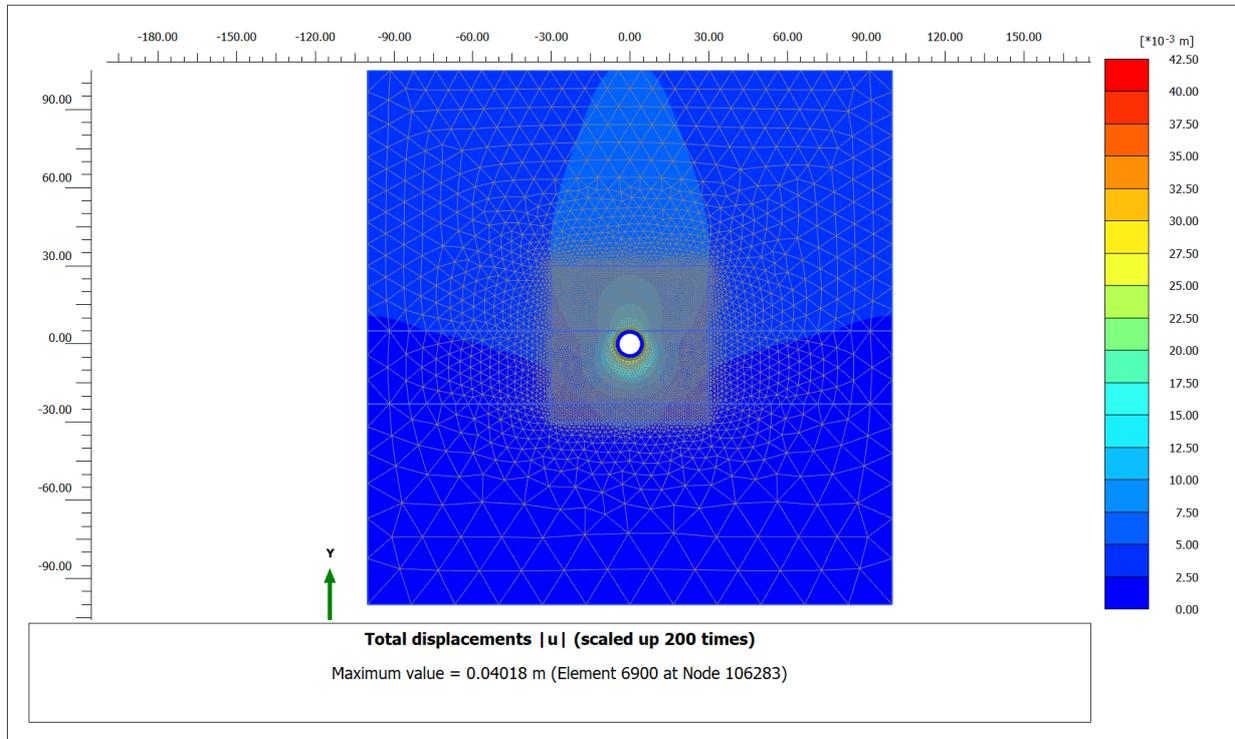


Figura 15-149: Spostamenti |u| L.T.

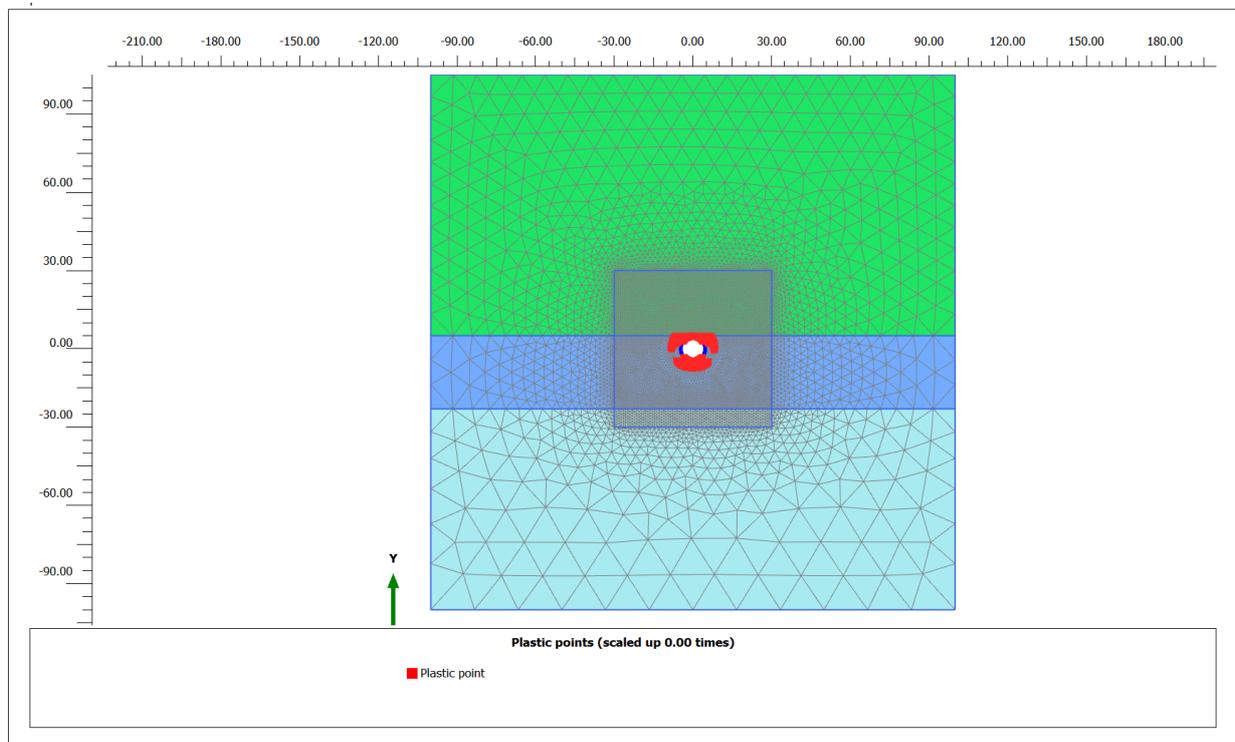


Figura 15-150: Zone di plasticizzazione Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 261 di 266

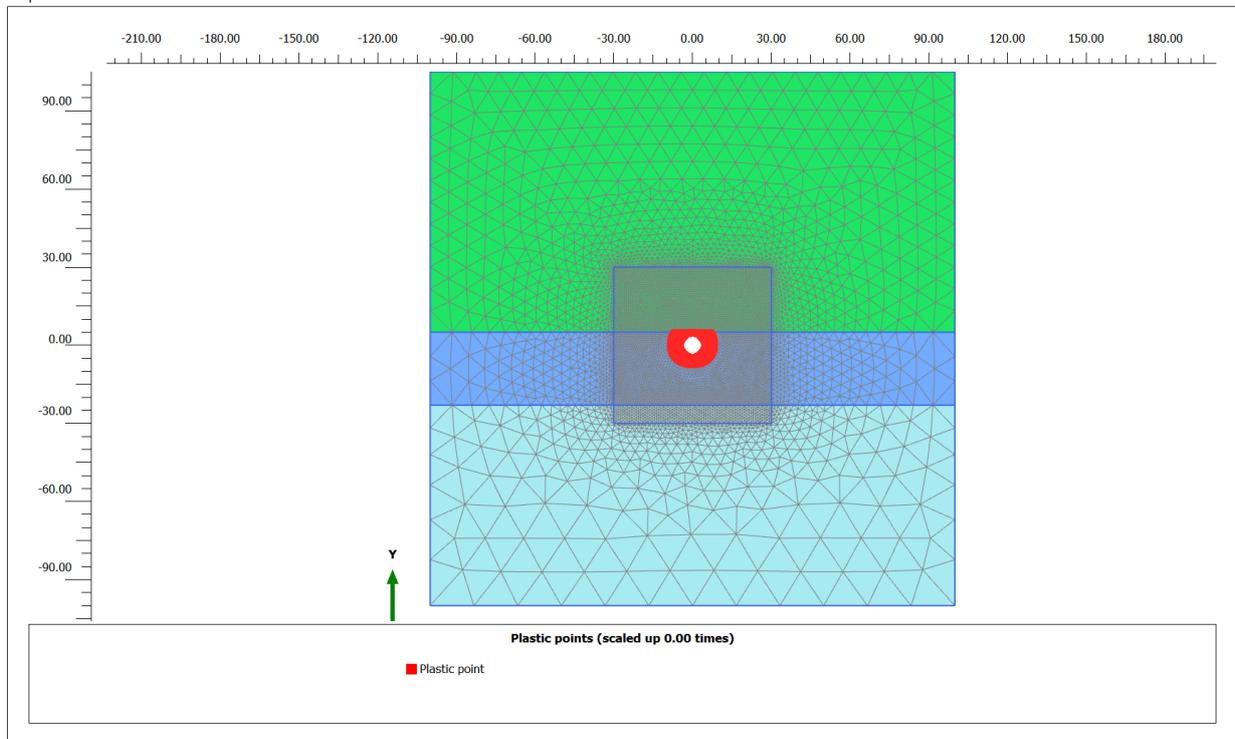


Figura 15-151: Zone di plasticizzazione L.T.

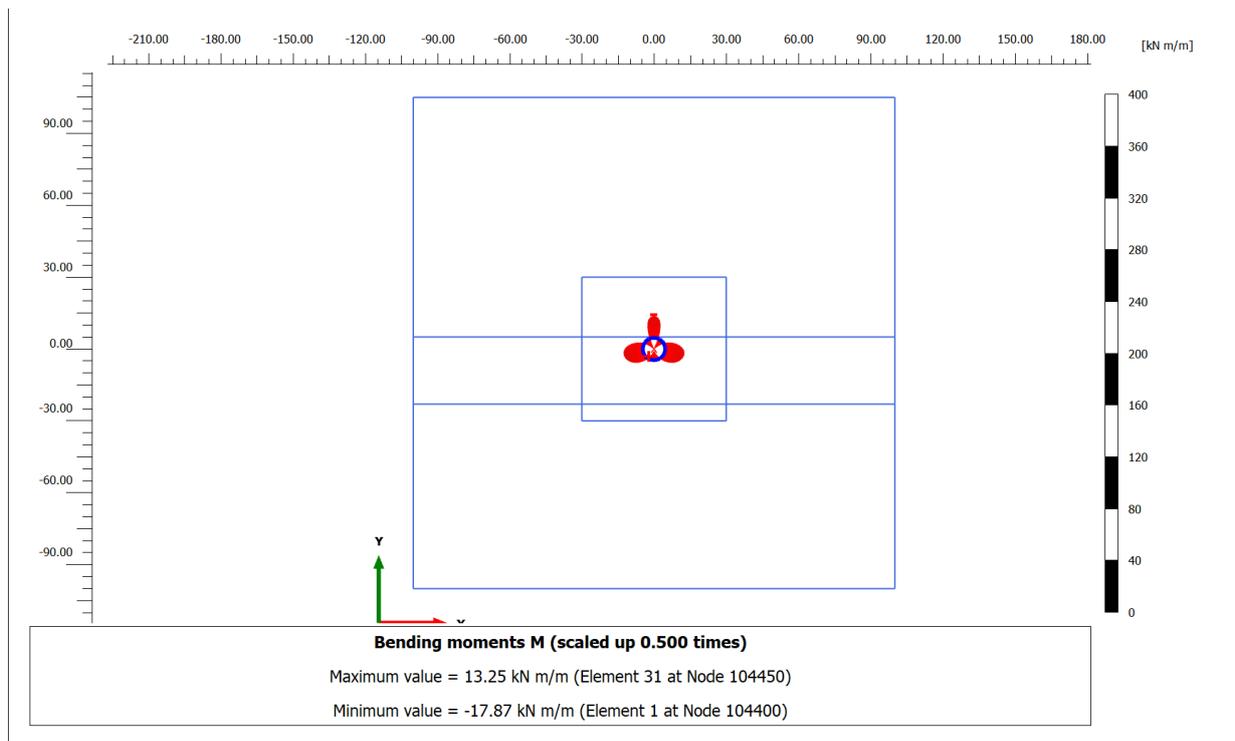


Figura 15-152: Sollecitazione momento flettente Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 262 di 266

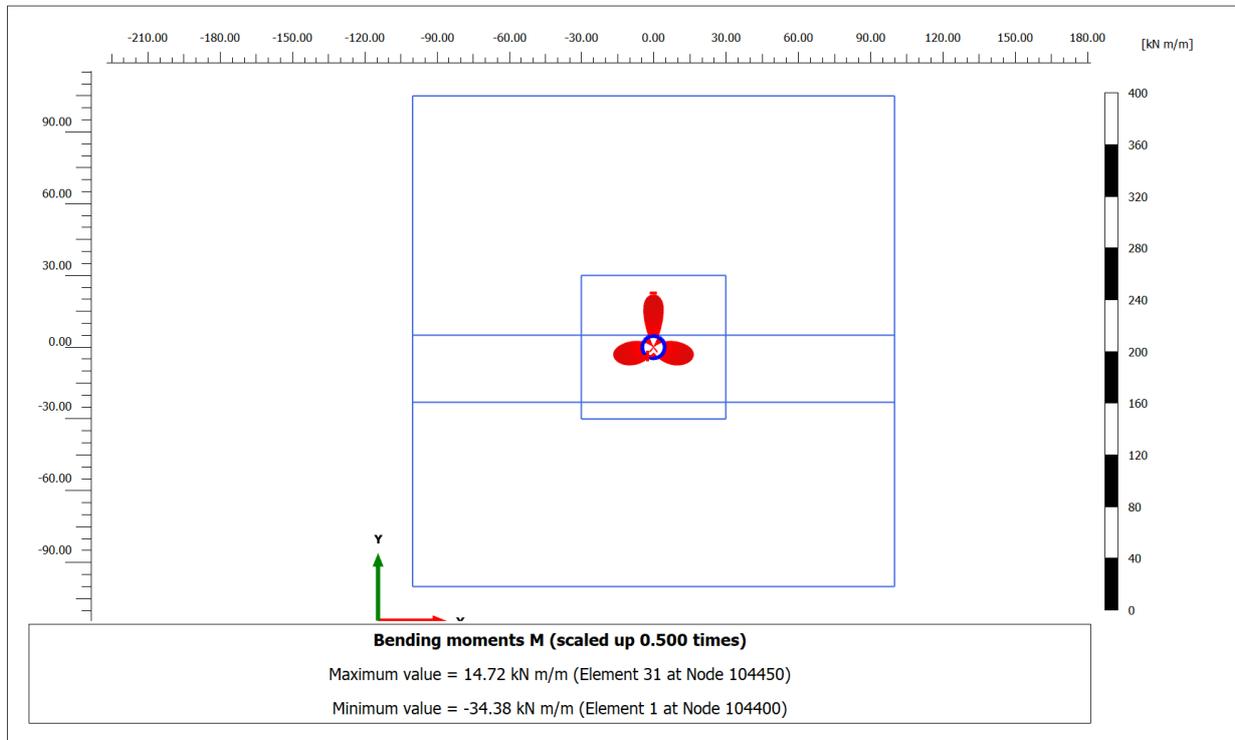


Figura 15-153: Sollecitazione momento flettente L.T.

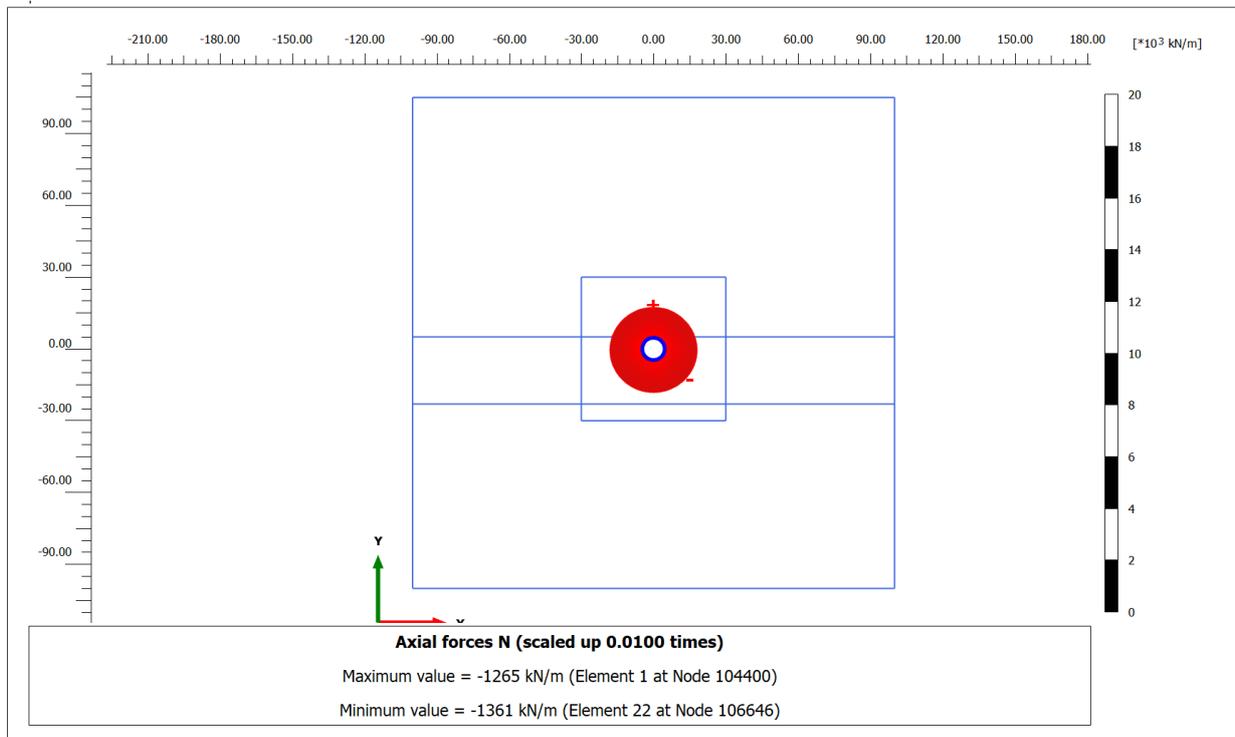


Figura 15-154: Sollecitazione sforzo assiale Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 263 di 266

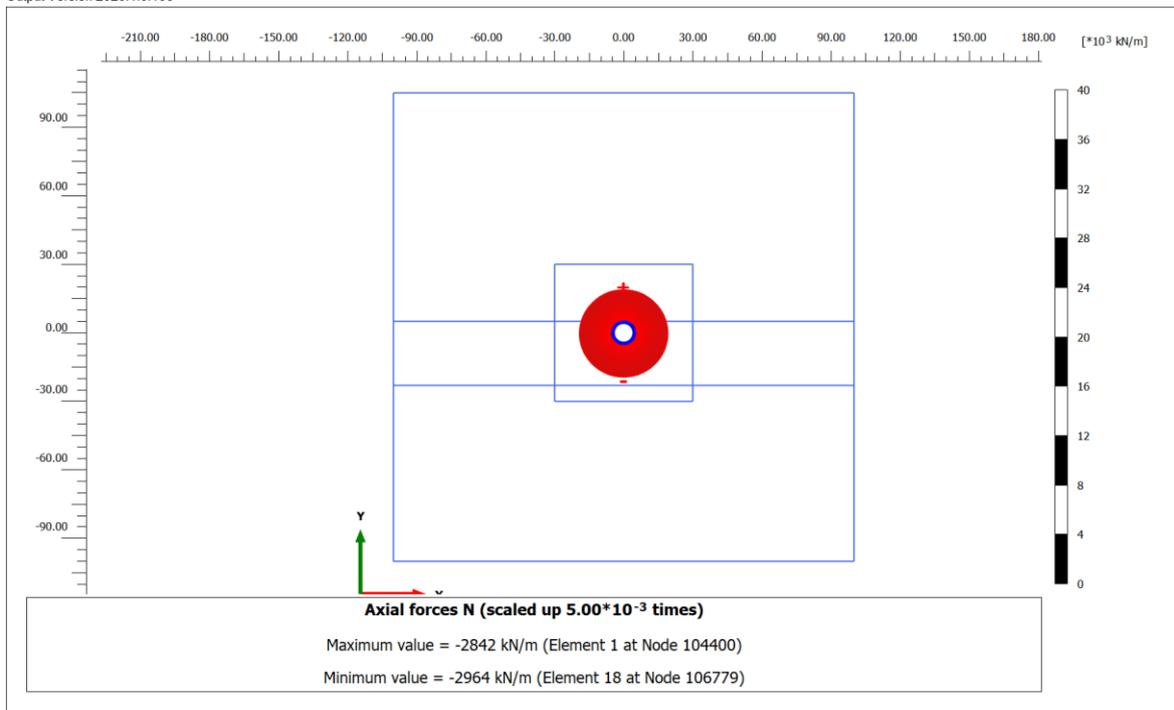


Figura 15-155: Sollecitazione sforzo assiale L.T.

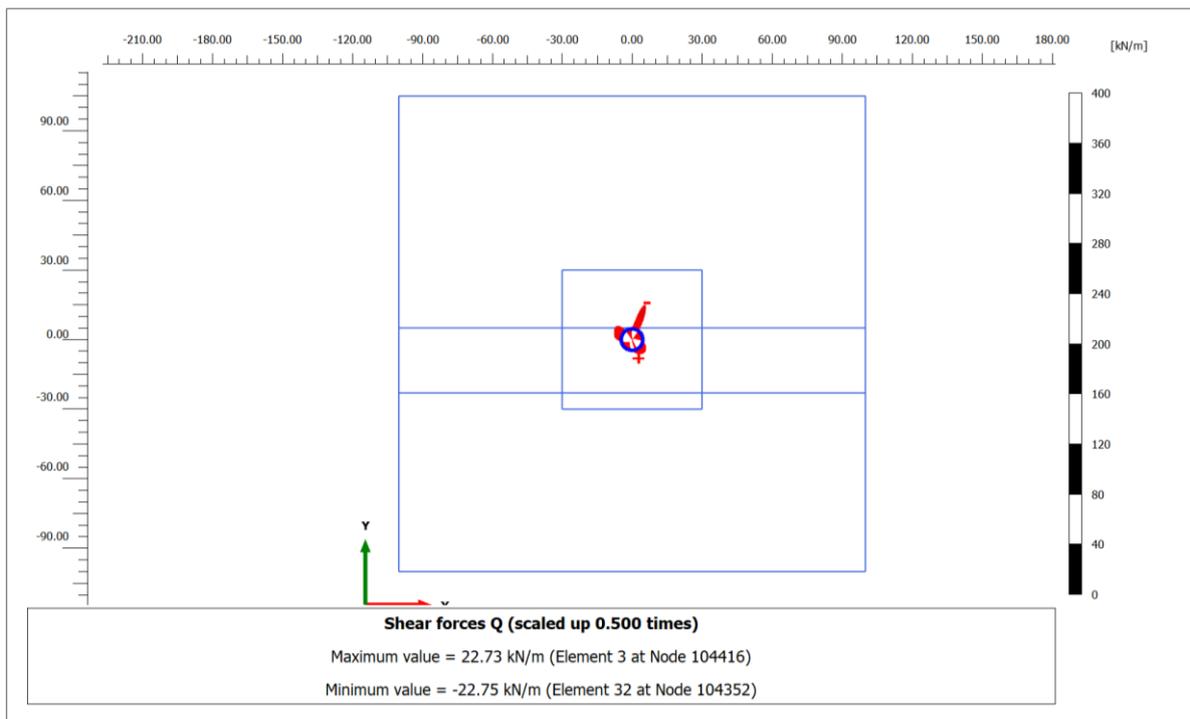


Figura 15-156: Sollecitazione sforzo di taglio Fase 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GN0700002	REV. C	FOGLIO. 264 di 266

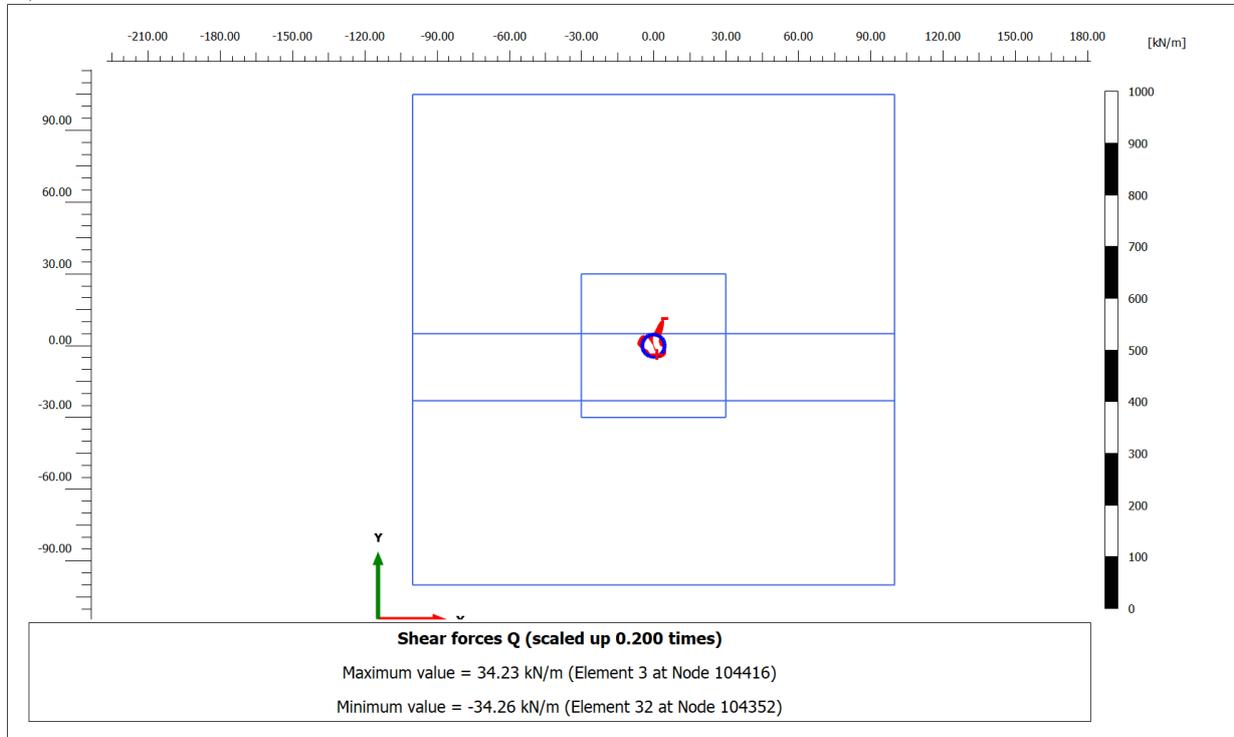


Figura 15-157: Sollecitazione sforzo di taglio L.T.

ALLEGATO 2

FONDAZIONI DEI SOSTEGNI N.97 DELLA TERNA V11 E N.30 DELLA TERNA V15

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C 265 di 266



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo - Scavo Meccanizzato - Conci Tipo A, B e C	IBOU	1BEZZ	CL	GN0700002	C	266 di 266

