

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA

PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

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

## PROGETTO ESECUTIVO

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

RELAZIONE

08 - GALLERIE

H - FINESTRA DI FORCH

Imbocco

Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Pietro Gianvecchio		-

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

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	D.Neri	10/01/2022	C.lasiello	12/01/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P.Cucino ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dott. Paolo Cucino 20/01/2023 ALBO N° 2216
C	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	D.Neri	18/07/2022	C.lasello	19/07/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di istruttorie e interlocuzioni	D.Neri	03/01/2023	C.lasiello	05/01/2023	D.Buttafoco (Dolomiti)	10/01/2023	

File: IB0U1BEZZCLGA0300001C.docx

n. Elab.: X

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	2 di 53

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.1 UNITÀ DI MISURA.....	5
<b>3. NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI.....</b>	<b>6</b>
3.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
3.2 SOFTWARE IMPIEGATI .....	7
3.3 ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	7
<b>4. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>9</b>
4.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO .....	9
4.2 GALLERIA ARTIFICIALE – FINESTRA DI FORCH .....	9
<b>5. MATERIALI .....</b>	<b>11</b>
5.1 CALCESTRUZZO PER I CONCI .....	12
5.2 CALCESTRUZZO PER IL PORTALE .....	13
<b>6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>14</b>
6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO IMBOCCO.....	14
6.2 INDAGINI GEOTECNICHE .....	15
6.2.1 Regime idraulico.....	17
<b>7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>17</b>
<b>8. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE IMPIEGATO .....</b>	<b>19</b>
8.1 STRAUS RELEASE 2.4.6 .....	19
8.1.1 Fasi generali di calcolo .....	19
8.1.2 Elementi "BEAM" .....	20
8.1.3 Elementi "PLATE" .....	22
<b>9. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>25</b>
<b>10. ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>27</b>
10.1 G00 – PESO PROPRIO .....	27
<b>11. COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>28</b>
<b>12. RISULTATI MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>30</b>
<b>13. ANALISI ANELLO IN CONCI PREFABBRICATI.....</b>	<b>35</b>

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
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>GA0300001</td> <td>C</td> <td>3 di 53</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	3 di 53													

13.1.1	Verifiche .....	44
13.1.2	Output Plaxis .....	50
<b>14.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>53</b>

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
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>GA0300001</td> <td>C</td> <td>4 di 53</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	4 di 53													

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono lo studio delle problematiche progettuali, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari all'esecuzione delle opere di imbocco della galleria naturale di Forch, nell'ambito del progetto della linea Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1 – Finestra di Forch sino alla sezione 0+157.50.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	5 di 53

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

La galleria naturale Forch si sviluppa per circa 1423 m, da progr. 0+025.00 fino a progr. 1+448.494.

Oggetto di questa relazione è l'analisi del tratto di galleria artificiale, che si sviluppa per un tratto di circa 109m dalla pk 0+025.00 alla pk 0+146.50. La galleria artificiale presenta una sezione di tipo policentrica i cui spessori sono costanti lungo tutto il tratto in oggetto di studio.

Sono state previste quattro sezioni tipologiche, in funzione della carpenteria adottata nelle fasi transitorie e della massima altezza di ricoprimento di terreno:

- Sezione TIPO 0: sezione di imbocco: sella per TBM e portale, necessari nella fase transitoria, e rivestimento interno con anello di conci prefabbricati;
- Sezione TIPO 1: adiacente al concio di imbocco: sella per TBM e sezione policentrica;
- Sezione TIPO 2: sezione policentrica corrente, verificata con un'altezza massima di ricoprimento pari a 12.50m;
- Sezione TIPO 3: sezione policentrica corrente, verificata con un'altezza massima di ricoprimento pari a 8.00m;

In particolare, sono riportati i calcoli di dimensionamento del portale (parte del Concio TIPO 0) della galleria artificiale.

### 2.1 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- lunghezze ⇒ m, mm
- carichi ⇒ kN, kN/m<sup>2</sup>, kN/m<sup>3</sup>
- azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- tensioni ⇒ N/mm<sup>2</sup>

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	6 di 53

### 3. NORMATIVA, ELABORATI DI RIFERIMENTO E SOFTWARE UTILIZZATI

#### 3.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";
- [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008";
- [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A);
- [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016);
- [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture ( RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016 );
- [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016);
- [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016);
- [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016);
- [9] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
- [10] CNR n.10024 dell'ottobre 1986. Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
- [11] UNI EN 1990:2006: Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale;
- [12] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Eurocodice 1 – Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì proprio e sovraccarichi per gli edifici;
- [13] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-2: Eurocodice 1 – Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco;
- [14] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-5: Eurocodice 1 – Azioni in generale - Azioni termiche;
- [15] UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Eurocodice 1 – Carichi da traffico sui ponti;
- [16] UNI EN 1992-1-1:2015 Parte 1-1: Eurocodice 2 – Regole generali e regole per gli edifici;
- [17] UNI EN 1992-1-2:2019 Parte 1-2: Eurocodice 2 – Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio;
- [18] UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Eurocodice 2 – Ponti in calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi;
- [19] UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Eurocodice 2 – Strutture di contenimento liquidi;
- [20] UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Regole generali;
- [21] UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- [22] UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Eurocodice 8 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 7 di 53

### 3.2 SOFTWARE IMPIEGATI

Per la redazione del Progetto sono stati impiegati ii seguenti software di calcolo:

- Straus7                      Versione 2.4.6                      Strand7 Pty Ltd
- ThermoCAD                Versione 4.19                      Concrete s.r.l.

Le verifiche strutturali sono state eseguite impiegando il post-processor del suddetto software e fogli Excel testati e comprovati.

### 3.3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

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

- [23] IB0U1BEZZFZGN0300001 – Finestra Forch Profilo Geotecnico
- [24] IB0U1BEZZFZGN0300001 – Relazione geotecnica Galleria Scaleres (capitolo 3.2.5 Finestra Forch)
- [25] IB0U1BEZZCLGN0300001: Relazione generale e di calcolo conci in calcestruzzo armato – Conci tipo 2
- [25] IB0U1BEZZCLGA0300001 – “Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco”;
- [26] IB0U1BEZZCLGA0300002 – “Fase Definitiva - Relazione di calcolo - Becco di flauto”;
- [27] IB0U1BEZZCLGA0300003 – “Fase Definitiva - Relazione di calcolo - Concio Tipo 1 e Concio Tipo 2”;
- [28] IB0U1BEZZCLGA0300004 – “Fase Definitiva - Relazione di calcolo - Concio Tipo 3”;
- [29] IB0U1BEZZCLGA0300004 – “Fase Definitiva - Relazione di calcolo - Concio Tipo 3”;
- [30] IB0U1AEZZCLGA0300001 – “Fase Provvisoria - Relazione di calcolo delle opere di imbocco”;
- [31] IB0U1BEZZRHGA0300001 – “Relazione monitoraggio”;
- [32] IB0U1AEZZL9GA0300001 – “Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale Tav. 1/2”;
- [33] IB0U1AEZZL9GA0300002 – “Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale Tav. 2/2”;
- [34] IB0U1AEZZW9GA0300001 – “Fase provvisoria - Sezioni trasversali”;
- [35] IB0U1AEZZBZGA0300003 – “Fase provvisoria - Fasi esecutive”;
- [36] IB0U1AEZZL9GA0300003 – “Planimetria e sezione strumentate di monitoraggio imbocco da pk 0+146.50 fino a pk. 0+157.50”;
- [37] IB0U1AEZZWBGA0300003 – “Sezione di intradosso scavo in meccanizzato - Fase di costruzione e di esercizio”;
- [38] IB0U1AEZZWBGA0300004 – “Sella TBM - Carpenteria fase provvisoria - sezione 1”;
- [39] IB0U1AEZZWBGA0300005 – “Sella TBM - Carpenteria fase provvisoria - sezione 2”;
- [40] IB0U1BEZZWBGA0300006 – “Portale TBM - Carpenteria fase finale - sezione 1”;
- [41] IB0U1BEZZWBGA0300007 – “Portale TBM - Carpenteria fase finale - sezione 2”;
- [42] IB0U1BEZZLZGA0300001 – “Galleria artificiale policentrica - Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale”;
- [43] IB0U1BEZZW9GA0300002 – “Galleria artificiale policentrica - Fase provvisoria - Sezioni trasversali - tav.1”;

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
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>GA0300001</td> <td>C</td> <td>8 di 53</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	8 di 53													

- [44]IB0U1BEZZW9GA0300003 – “Galleria artificiale policentrica - Fase provvisoria - Sezioni trasversali - tav.2”;
- [45]IB0U1BEZZWBGA0300001 – “Galleria artificiale policentrica sezione corrente - Carpenteria”;
- [46]IB0U1BEZZWBGA0300003 – “Galleria artificiale - Portale di imbocco / Becco di flauto - Carpenteria”;
- [47]IB0U1BEZZLZGA0300002 – “Galleria artificiale policentrica - Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale”;
- [48]IB0U1BEZZW9GA0300004 – “Galleria artificiale policentrica - Sistemazione definitiva - Sezioni trasversali”.
-



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 9 di 53

## 4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 4.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

La Finestra Forch è una galleria costruttiva che si innesta in corrispondenza della canna dispari della Galleria Scalere al km 3+474.844 ed è propedeutica ai lavori di scavo della galleria di linea. In esercizio, la finestra verrà utilizzata come uscita di emergenza.

La galleria naturale Forch si sviluppa per circa 1423 m, da progr. 0+025.00 fino a progr. 1+448.434.

Le progressive di riferimento dell'opera sono le seguenti:

- da pk. 0+025.00 a pk. 0+146.50 (L=121.50 m) galleria artificiale;
- da pk. 0+025.00 a pk. 0+037.50 (L=12.50 m) becco di flauto;
- da pk. 0+037.50 a pk. 0+083.25 (L=45.75 m) Sezione Tipo 3;
- da pk. 0+083.25 a pk. 0+120.53 (L=37.28 m) Sezione Tipo 2;
- da pk. 0+120.53 a pk. 0+133.01 (L=12.48 m) Sezione Tipo 1;
- da pk. 0+133.01 a pk. 0+146.50 (L=13.49 m) Sezione Tipo 0 – Sezione speciale di imbocco.

L'imbocco della galleria Forch sarà realizzato all'interno di una cava attualmente in fase di estrazione. La quota di fondo scavo della cava è posta a 674.86 m s.l.m..

### 4.2 GALLERIA ARTIFICIALE – FINESTRA DI FORCH

Lo sviluppo complessivo della galleria artificiale è pari a 121.50 m; il portale d'imbocco, realizzato con una sezione a becco di flauto, presenta una lunghezza di 12.50 m, mentre il rimanente tratto di 109m è costruito con conci a sezione policentrica. La galleria artificiale è realizzata in discesa con pendenza del 10.0% circa allo scopo di garantire l'uscita alla quota 690.100 m slm, laddove l'opera si raccorda al piazzale di emergenza e alla viabilità di accesso.

Le opere in oggetto ricadono nei limiti comunali di Varna in provincia di Bolzano.

Il portale, in oggetto di studio, riveste un ruolo "provvisorio" e sarà dimensionato esclusivamente per tali carichi, in quanto, in fase definitiva, all'interno di esso, sarà realizzato l'anello con conci prefabbricati. I conci in calcestruzzo armato con armatura lenta sono dimensionati per assorbire i carichi di lungo termine

Il portale provvisorio è realizzato al fine di confinare e contenere gli anelli, formati dai conci prefabbricati, durante la fase di avvio dello scavo da parte della TBM. Tale struttura provvisoria è unicamente soggetta al peso proprio.

Si riporta di seguito la carpenteria della struttura provvisoria oggetto di verifica.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
SWS Engineering S.p.A.	<b>MANDANTI: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria</b>					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	10 di 53

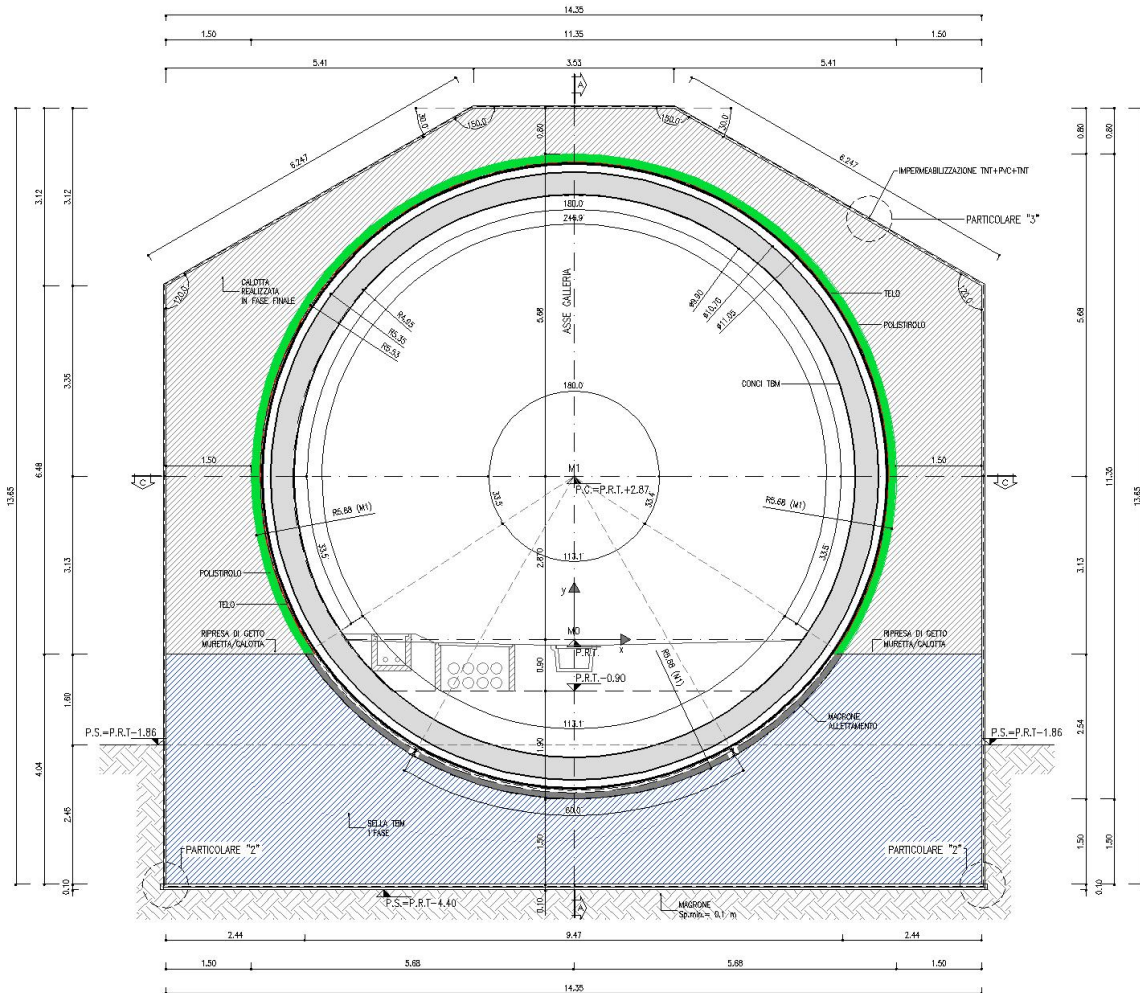


Figura 4-1: Carpenteria del Portale Provvisorio.

Il portale provvisorio, poiché è soggetto al solo carico dovuto al peso proprio, è realizzato con un calcestruzzo fibrorinforzato di classe 4.0c, avente un dosaggio di fibre metalliche pari a  $35\text{kg/m}^3$ .

Si riporta di seguito la verifica strutturale della sezione.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IB0U	1BEZZ	CL	GA0300001	C	11 di 53

## 5. MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali impiegati nelle opere in progetto, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/2009 (Rif. [1] e Rif. [2]).

Nella Tabella che segue si riportano in sintesi le Classi dei materiali impiegati per l'analisi strutturale:

ELEMENTO	CALCESTRUZZO
Portale Provvisorio	C25/30 Classe Fibrorinforzato 4.0c Dosaggio Fibre $\geq 35\text{kg/m}^3$

Tabella 5-1: Lista Materiali.

Le specifiche tecniche dei materiali, sopra descritti, sono ricavate nel seguente paragrafo, dove il riferimento principale per le verifiche SLE è stato assunto nelle Prescrizioni del Manuale RFI Parte 2 – Sezione 2 – 2.5.1.8.3.2.1.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	12 di 53

## 5.1 CALCESTRUZZO PER I CONCI

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 (Si veda l'elaborato di riferimento [25])

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

<b>Calcestruzzo armato (conci spessore 40 cm)</b>	
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 5-2: Caratteristiche calcestruzzo

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

<b>Acciaio per barre di armatura</b>	
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 (da manuale progettazione RFI con codifica RFI DTC SI MA IFS 001 A)	$\sigma_{lim} = 0,75 f_{yk} = 337,5 \text{ MPa}$

Tabella 5-3: Caratteristiche acciaio per barre di armatura

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	13 di 53

## 5.2 CALCESTRUZZO PER IL PORTALE

Valore Caratteristico Resistenza Cubica a 28gg:  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Valore Caratteristico Resistenza Cilindrica a 28gg:  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a compressione cilindrica media:  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione assiale:  $f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$

$f_{ctk.0.05} = 0.70 * f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$

Resistenza a trazione per flessione  $f_{cfm} = 1.20 * f_{ctm} = 3.07 \text{ N/mm}^2$

$f_{cfk.0.05} = 0.70 * f_{cfm} = 2.15 \text{ N/mm}^2$

**Verifiche agli SLU:**  $\gamma_c = 1.50$

Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = 0.85 * f_{ck} / \gamma_c = 14.11 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione diretta  $f_{ctd} = f_{ctk.0.05} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione  $f_{ctd.f} = 1.20 * f_{ctd} = 1.43 \text{ N/mm}^2$

Modulo di Young secante:  $E_{cm} = 22 * [f_{cm}/10]^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità tangenziale:  $G_{cm} = E / [2(1+\nu)] = 13103 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente di Poisson:  $\nu = 0.20$

Coefficiente di dilatazione lineare:  $\alpha = 0.000010 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Tensione di aderenza acciaio-calcestruzzo:  $\eta = 1.00$

$f_{bd} = 2.25 * f_{ctk} * \eta / \gamma_c = 2.69 \text{ N/mm}^2$

**Verifiche agli SLE:**

Combinazioni Quasi Permanenti  $\sigma_{cmax.QP} = 0.40 * f_{ck} = 9.96 \text{ N/mm}^2$

Combinazioni Caratteristiche  $\sigma_{cmax.R} = 0.55 * f_{ck} = 13.70 \text{ N/mm}^2$

Verifiche a Fessurazione  $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.13 \text{ N/mm}^2$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 14 di 53

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo interessato dall'opera in sotterraneo.

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

Per una trattazione di dettaglio si rimanda agli elaborati [23] e [24]

### 6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO IMBOCCO

In questo paragrafo si descrivono le principali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali delle formazioni attraversate dalla Finestra di Forch.

Procedendo dall'imbocco della Finestra di Forch verso l'innesto con la galleria di linea, si incontrano i *Depositi fluvio glaciali (df)*, costituiti da ghiaie sabbiose con blocchi di dimensioni pluridecimetriche. Lo scavo della cava di prestito per inerti interesserà principalmente tali depositi.

Tra le pk 0+190 e 0+363 circa la Finestra di Forch attraversa i *Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)*, riferibili al delta fluviale che ha in parte riempito la conca di Bressanone nel Pleistocene. Tali depositi sono costituiti nella parte alta da una facies prevalentemente sabbiose, mentre verso il basso si incontrano limi sabbiosi laminati con ciottoletti.

Dal punto di vista geologico le opere di imbocco della Finestra di Forch interessano le seguenti formazioni:

#### ***Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt)***

Tali depositi sono afferibili ai delta fluviali che hanno in parte riempito la conca di Bressanone nel Pleistocene (Castiglioni 1964). Affiorano a nord dell'abitato di Varna, sia in destra che in sinistra idrografica Isarco. In destra Isarco, in prossimità (ad est) della zona di Hinterrigger sono rappresentati da una successione costituita verso l'alto da facies prevalentemente sabbiose con ghiaia in transizione verso il basso a limi sabbiosi laminati con ciottoletti. Il top sabbioso gradato con ciottoli è stato raggiunto anche dallo scavo della cava di prestito per inerti situata poco a Est del sondaggio C15. Si tratta di depositi deltizi (Dlt) attribuibili ad un ambiente glaciolacustre per la presenza di numerosi dropstone rinvenuti sia nei limi laminati (bottomset) sia nelle facies sabbiose gradate (foreset). Depositi simili sono stati osservati anche nelle cave di Sciaves da Castiglioni (1964b), che li ha attribuiti ad un delta glaciolacustre precedente l'Ultimo Massimo Glaciale. In sinistra Isarco, nella porzione nord dell'areale cartografato, ai depositi deltizi sono state ricondotte le successioni, principalmente ghiaiose-sabbiose, che formano le scarpate a N ed a NE del sito di Hinterrigger.

#### ***Depositi fluvio-glaciali (df)***

Tali depositi sono da riferire ai fenomeni glaciali che hanno interessato tutto l'arco alpino, modificandone sensibilmente la morfologia, in epoca pleistocenica. In accordo con le tipologie dei fenomeni esogeni da cui derivano, sono caratterizzati da una sensibile variabilità granulometrica e litologica. I depositi rilevati presentano prevalentemente caratteristiche di rimaneggiamento fluviale; in più limitati affioramenti si riconoscono le caratteristiche sedimentologiche relative ai depositi morenici. La sequenza più continua

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 15 di 53

rilevata è costituita alla base da porzioni di depositi glaciali, a volte estremamente alterati, il cui spessore non supera quasi mai qualche metro; a tetto di questi si rinvengono, in discordanza, depositi fluviali che rimaneggiano ed elaborano i sottostanti livelli morenici, la cui potenza può raggiungere alcune decine di metri e che sono costituiti principalmente da termini a matrice sabbiosa con blocchi anche di dimensioni superiore al metro, generalmente contenenti lenti di conglomerati a spessore variabile; possono essere presenti rare intercalazioni argillose, anch'esse mutevoli dal punto di vista dello spessore e del colore. Si ritrovano sia in destra che in sinistra idrografica del fiume Isarco e affiorano indistintamente lungo i versanti sia a bassa quota che nelle porzioni più elevate altimetricamente, sino a raggiungere e superare in alcuni casi i 1300 m s.l.m..

## 6.2 INDAGINI GEOTECNICHE

Ai fini della caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dalle opere all'aperto e in sotterraneo, sono stati utilizzati i dati provenienti dalle diverse campagne di indagini geognostiche pregresse (Pd CdS 2013 e 2017).

I sondaggi geognostici di riferimento per la Finestra di Forch fanno riferimento diverse campagne di indagine (si veda Figura 6-1).

- Campagna indagine 2012-2013: sondaggi geognostici ordinari C15, C16, C17, C18, C21;
- Campagna indagine 2017-2018: sondaggi geognostici ordinari EO32, EO50 e sondaggi geognostici profondi EP8.

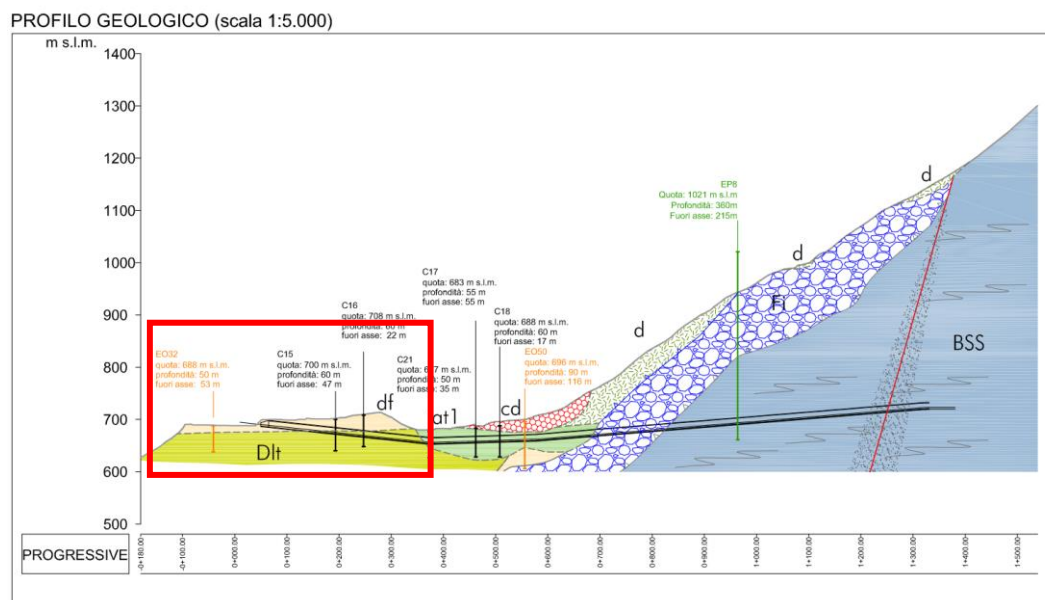


Figura 6-1: Profilo geologico Finestra di Forch.

Si riporta inoltre in Figura 6-2 un dettaglio del profilo geologico nella zona di imbocco della galleria naturale.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 16 di 53

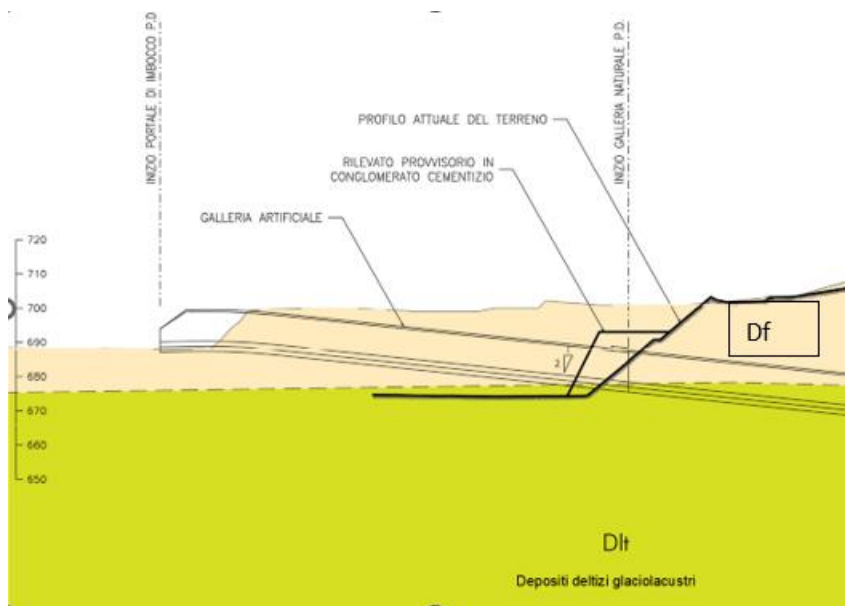


Figura 6-2: Dettaglio del profilo geologico all'imbocco.

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi di simulazione e verifiche, in riferimento alla stratigrafia assunta, sono riportati nelle tabelle seguenti (per i dettagli si veda l'elaborato [24]):

Unità	Peso di Volume	Coefficiente di Poisson	Valore caratteristico della coesione	Valore caratteristico della resistenza al taglio	Coefficiente di spinta a riposo	Modulo elastico del Terreno
	$\gamma$	$\nu$	$c_k$	$\phi_k$	$k_0$	E
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]	[kPa]	[°]	[-]	[MPa]
Df	20	0.3	0	40	0.357	70
Riempimento fase provvisoria (BA.MT.A.3 22.A)	20	0.3	0	35	0.426	20
Riempimento fase provvisoria (BA.MT.A.3 29.A)	20	0.3	0	30	0.5	20

Tabella 6-1: Parametri geotecnici di progetto.

I parametri geotecnici dei terreni di riempimento dovranno essere verificate in cantiere seguendo le prescrizioni stabilite nell'elaborato di PED IBOV1ACZZL9GA0300002D, cioè mediante prova di carico su piastra.



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	17 di 53

### 6.2.1 Regime idraulico

Il livello di falda di riferimento è attualmente posto a 641.0 m s.m.l.; dunque, non interferisce con le opere di imbocco oggetto di questo report.

## 7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le opere in progetto per l'imbocco della Finestra di Forch si trovano nel comune di Varna, in un sito con le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 46.757862°, Longitudine 11.638636°.

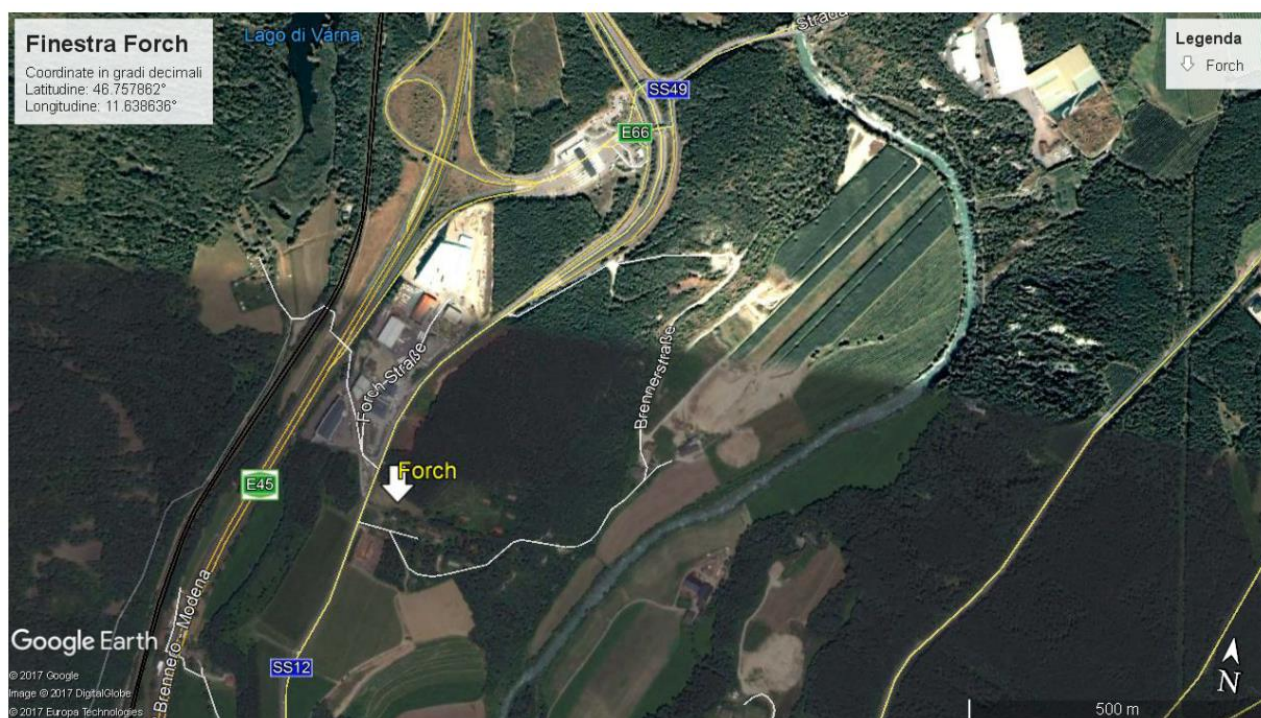


Figura 7-1: Geo-localizzazione delle aree in esame in Google Earth.

Per il portale provvisorio della galleria artificiale si definisce una vita nominale VN pari a 10 anni (come indicato nella normativa vigente al paragrafo 2.4.1) e una classe d'uso IV a cui corrisponde il coefficiente Cu pari a 2.0 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a  $VR = VN \cdot Cu = 20$ . Poiché VR risulta  $< 35$ , come prescritto dalla normativa al paragrafo 2.4.3, si assume  $VR = 35$ .

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

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IB0U	1BEZZ	CL	GA0300001	C	18 di 53

– ag: accelerazione orizzontale massima

– Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

– T\*C: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

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

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

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

dove:

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

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

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

La categoria di sottosuolo è B.

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

	$T_R$	$a_g/g$	$F_0$	Categoria sottosuolo	$S_s$	Categoria topografica	$S_T$	$a_{\max}/g$
Galleria artificiale	332	0.044	2.472	B	1.2	T1	1.0	<b>0.053</b>

Tabella 7-1: Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 19 di 53

## 8. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE IMPIEGATO

Le analisi numeriche per le valutazioni degli effetti delle azioni sugli elementi strutturali sono state eseguite mediante il codice informatico Strand7, Release 2.4.6 distribuito da Strand7 Pty Ltd.

Nei paragrafi successivi viene data una breve descrizione dei codici di calcolo.

### 8.1 STRAUS RELEASE 2.4.6

Strand7 è un codice agli elementi finiti per l'analisi strutturale distribuito da Strand7 Pty Ltd.

Il programma calcola le forze risultanti, i momenti flettenti, lo sforzo di taglio, le forze normali, la torsione e molto altro.

Il motore di analisi Straus7 offre le seguenti funzionalità:

- Analisi statica e dinamica;
- Analisi lineare e non lineare;
- Analisi sismica dinamica e analisi push over statica;
- Analisi del carico dinamico dei veicoli per i ponti;
- Non linearità geometrica, inclusi effetti P-delta e di grande spostamento;
- Costruzione a gradini (incrementale);
- Effetti di creep, restringimento e invecchiamento;
- Analisi di instabilità;
- Analisi allo stato stazionario e densità spettrale di potenza;
- Elementi strutturali di telaio e guscio, inclusi comportamento trave-pilastro, capriata, membrana e piatto;
- Elementi con comportamento a cavo o fune;
- Elementi solidi piani e assialsimmetrici bidimensionali;
- Elementi solidi tridimensionali;
- Collegamento non lineare ed elementi di supporto;
- Collegamento dipendente dalla frequenza e proprietà di supporto.

#### 8.1.1 Fasi generali di calcolo

I seguenti passaggi generali sono necessari per analizzare e progettare una struttura utilizzando Straus7:

1. Creare o modificare un modello che definisca numericamente la geometria, le proprietà, il carico e i parametri di analisi per la struttura;
2. Eseguire un'analisi del modello (analisi statica o modale);
3. Rivedere i risultati dell'analisi;
4. Verificare e ottimizzare il progetto della struttura con i codici standard (EC2, EC3...);

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 20 di 53

Questo è di solito un processo iterativo che può coinvolgere diversi cicli della sequenza di passaggi di cui sopra.

Gli elementi più comuni utilizzati nella progettazione civile sono gli elementi trave e gli elementi piastra. Tutti loro sono brevemente descritti di seguito.

### 8.1.2 Elementi "BEAM"

L'elemento "Beam" è un elemento 1D che può essere utilizzato per modellare travi, colonne, controventi e tralicci in strutture planari e tridimensionali. L'elemento "Trave" utilizza una formulazione generale, tridimensionale, trave-colonna che include gli effetti di flessione biassiale, torsione, deformazione assiale e deformazione biassiale di taglio. Un elemento "Trave" è modellato come una linea retta che collega due punti. La variazione della rigidità alla flessione può essere lineare, parabolica o cubica su ciascun segmento di lunghezza. Le proprietà assiali, di taglio, torsionali, di massa e di peso variano tutte linearmente su ogni segmento.

L'elemento trave è definito dai nodi N1 e N2 come mostrato nella figura sottostante. Questo definisce anche il sistema di coordinate principale. Il sistema di assi viene utilizzato per definire le proprietà della sezione e per definire i risultati di forza, momento, sollecitazione e deformazione.

Per una trave con un nodo di riferimento, il sistema di assi principali, mostrato in Figura 8-1 è definito come segue:

- assi diretti dal nodo N1 al nodo N2.
- normale dell'asse ai 3 assi e giace nel piano formato dai nodi N1, N2 e dal nodo di riferimento RefN. È positivo verso il lato su cui il nodo RefNlies.
- asse 1 completa il sistema di assi di destra.

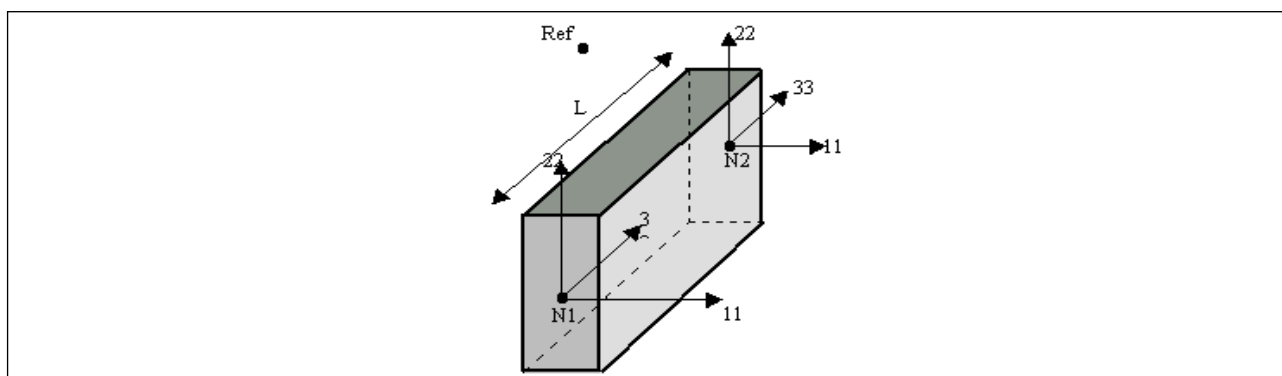


Figura 8-1: Sistema di coordinate principali di un elemento "Beam".

Straus7 fornisce i risultati della forza di taglio e del momento flettente per un elemento trave in due piani principali, Piano 1 e Piano 2. Il piano 1 è definito dall'asse 1 e dall'asse 3. Il piano 2 è definito dall'asse 2 e dall'asse 3.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 21 di 53

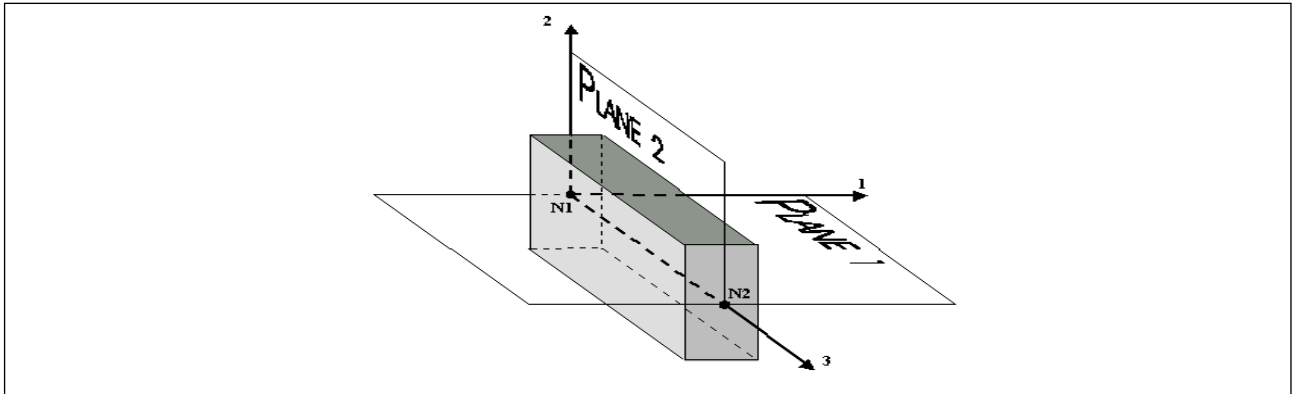


Figura 8-2: Principali piani di un elemento "Beam".

Di seguito sono illustrate le convenzioni di segno per le forze di taglio e i momenti flettenti in ciascun piano.

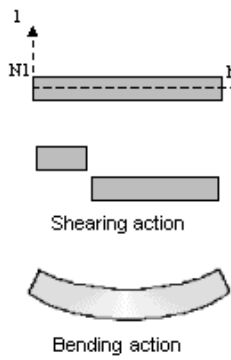
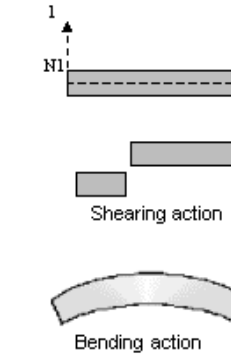
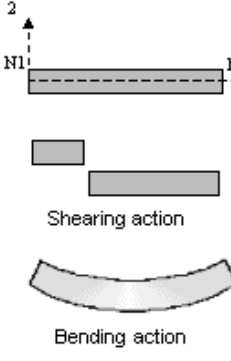
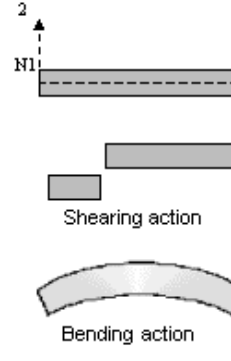
	Positive	Negative
<u>Plane 1</u>	 <p>Shearing action</p> <p>Bending action</p>	 <p>Shearing action</p> <p>Bending action</p>
<u>Plane 2</u>	 <p>Shearing action</p> <p>Bending action</p>	 <p>Shearing action</p> <p>Bending action</p>

Figura 8-3: Convenzioni di segno per lo Sforzo di Taglio e per il Momento Flettente.

In ogni piano, una forza di taglio positiva taglia il lato N1 della trave verso il lato positivo dell'asse. Un momento flettente positivo genera una sollecitazione di compressione della fibra sul lato positivo dell'asse.

"Beam Element Property" è un insieme di proprietà materiali e geometriche che descrivono la sezione trasversale di uno o più elementi Frame. Le sezioni sono definite indipendentemente dagli elementi Frame e sono assegnate agli elementi. Le proprietà della sezione sono di due tipi fondamentali:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 22 di 53

- Prismatico — tutte le proprietà sono costanti lungo l'intera lunghezza dell'elemento;
- Non prismatico — le proprietà possono variare lungo la lunghezza dell'elemento;

Le strutture che possono essere modellate con questo elemento includono:

- Cornici tridimensionali;
- Tralicci tridimensionali;
- Telai planari;
- Griglie planari;
- Tralicci planari;
- Cavi.

Tra i principali attributi della trave presenti nel software Strand7, quello 'taper' permette di tenere conto della variabilità delle dimensioni della sezione trasversale. Questo può essere fatto con riferimento a uno o entrambi gli assi x e y locali della trave (vedi Figura 8-1) definendo due (uno per ciascuna direzione) valori positivi non dimensionali utilizzati per specificare la dimensione della sezione trasversale alle estremità come un rapporto della sezione trasversale originale della trave (come definito nel set di proprietà). Questi numeri possono essere costanti (se esiste una variabilità lineare) o un'equazione che definisce il rapporto in funzione della posizione dell'estremità della trave.

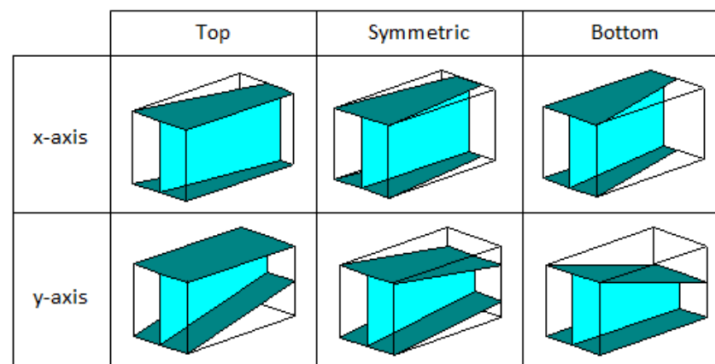


Figura 8-4: Attributo "Taper" nel software Straus7.

Quando si utilizzano le travi rastremate, il numero di sezioni che il solutore utilizza per le integrazioni degli elementi (che normalmente è posto pari a 5) viene utilizzato per definire per ognuna tutte le proprietà della sezione.

### 8.1.3 Elementi "PLATE"

"Plate" è un nome generico per un gruppo di elementi di superficie bidimensionali. Gli elementi di superficie (sempre indicati come "piastre" in Straus7) includono gli elementi triangolari a tre e sei nodi e gli elementi quadrilateri a quattro, otto e nove nodi. Questi elementi possono essere utilizzati per l'analisi di sollecitazione piana e deformazione piana, problemi solidi assialsimmetrici, analisi di piastre e shell, come pannelli di taglio, membrane 3D e per l'analisi del flusso di calore.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 23 di 53

Il sistema di assi locali predefinito per questi elementi è mostrato nella figura seguente ed è costruito dai nodi N1, N2, N3 per il triangolo e N1, N2, N3, N4 per l'elemento quadrilatero come segue:

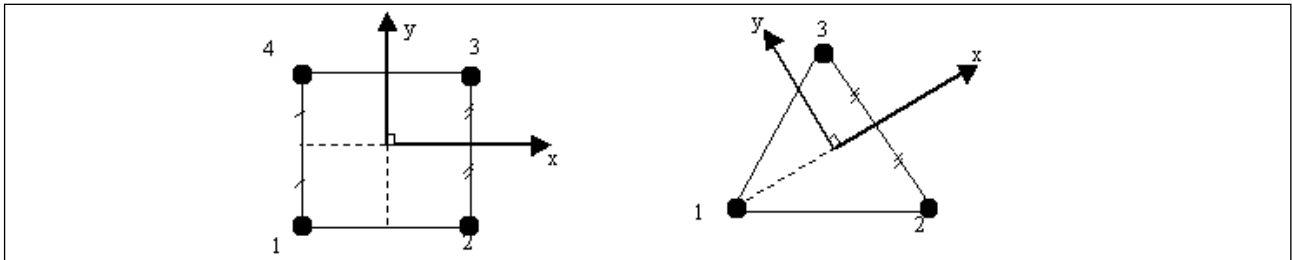


Figura 8-5: Assi locali per elementi "Plate" a 3 e 4 nodi.

- La x locale positiva unisce i punti medi dal lato (N1,N4) al lato (N2,N3) per l'elemento quadrilatero, o va da N1 al punto medio del lato (N2,N3) per il triangolo.
- Il locale positivo y è normale all'asse x locale diretto dal lato (N1,N2) e giace nel piano della piastra.

I pedici minuscoli x e y si riferiscono agli assi locali definiti sulla piastra e le sollecitazioni sono tensione positiva nella convenzione normale mostrata nella figura sottostante.

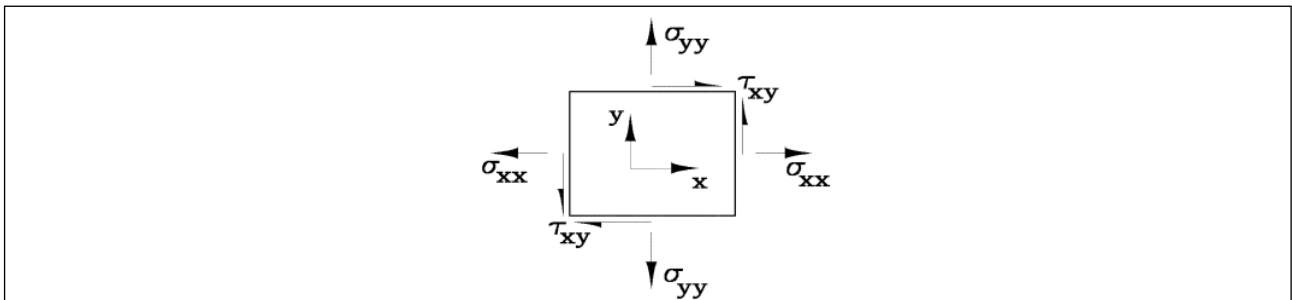


Figura 8-6: Convenzione positiva per le sollecitazioni nel piano.

Le convenzioni positive per i momenti sull'elemento piastra sono mostrate nella figura seguente.

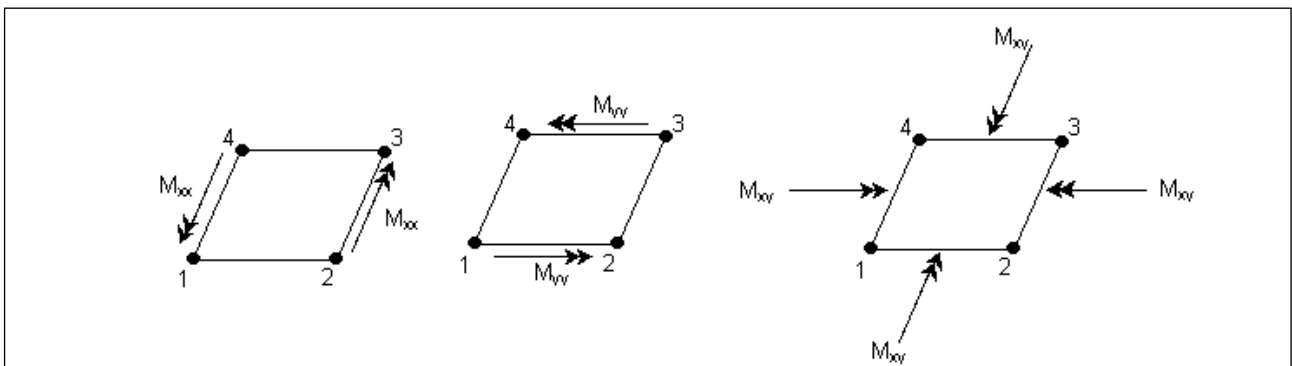


Figura 8-7: Convenzione positiva per i momenti sull'elemento "Plate".

Il momento  $M_{xx}$  dà  $\sigma_{xx}$

Il momento  $M_{yy}$  dà  $\sigma_{yy}$

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 24 di 53

Il momento  $M_{xy}$  fornisce il taglio  $\tau_{yx}$  e  $\tau_{xy}$ .

$M_{xx}$  e  $M_{yy}$  positivi causano tensione sul lato  $z$  positivo della piastra e  $M_{xy}$  fornisce  $\tau_{xy}$  positivo a  $z$  positivo.

Quando sono presenti membrana e flessione, le sollecitazioni nel piano variano linearmente attraverso la direzione dello spessore ( $z$  locale). Per una lastra isotropa, assumendo un'analisi statica lineare, queste sollecitazioni sono date da:

$$\sigma_{xx}(z) = \sigma_{xx} + 12 \frac{M_{xx} z}{t_B^3}$$

$$\sigma_{yy}(z) = \sigma_{yy} + 12 \frac{M_{yy} z}{t_B^3}$$

$$\tau_{xy}(z) = \tau_{xy} + 12 \frac{M_{xy} z}{t_B^3}$$

Qui  $t_B$  è lo spessore di piegatura. I valori di sollecitazione sopra riportati vengono utilizzati per calcolare le sollecitazioni principali sul piano medio e sulle superfici superiore e inferiore della piastra. Le risultanti delle forze di taglio sono riportate anche sulla piastra dove:

$$Q_{xz} = \frac{\partial M_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} \quad Q_{yz} = \frac{\partial M_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial x}$$

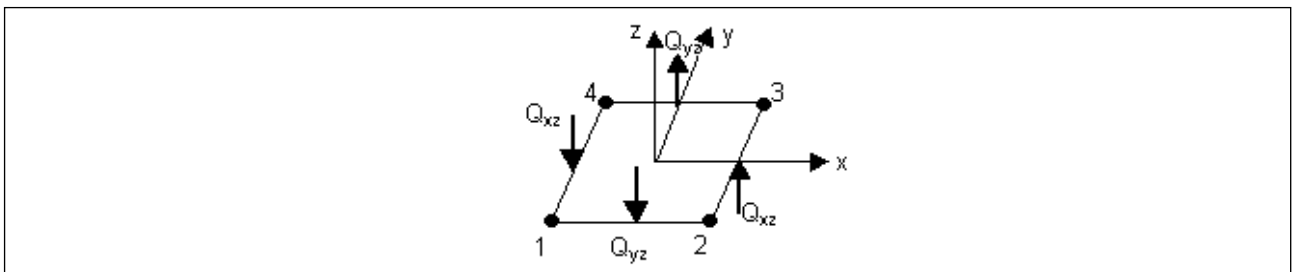


Figura 8-8: Convenzione positiva per gli sforzi di Taglio.

Sono consentite proprietà del materiale dipendenti dalla temperatura e ortotrope. Ogni elemento può essere caricato per gravità e carichi uniformi in qualsiasi direzione; pressione superficiale sulle facce superiore, inferiore e laterale; e carichi dovuti a deformazioni e variazioni di temperatura. Per la rigidità Shell viene utilizzata una formulazione di integrazione numerica a quattro punti. Le sollecitazioni e le forze e i momenti interni, nel sistema di coordinate locali dell'elemento, sono valutati nei punti di integrazione di Gauss 2 per 2 e possono essere estrapolati ai giunti dell'elemento.

Le strutture che possono essere modellate con questo elemento includono:

- solette;
- pareti;
- impalcati di ponti;
- Involucri curvi tridimensionali, come serbatoi e cupole;
- modelli dettagliati di travi, pilastri, tubi e altri elementi strutturali.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C
						FOGLIO:
						25 di 53

## 9. DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il comportamento strutturale del portale provvisorio è simulato con modello FE 2D, calibrato sulla carpenteria della sezione trasversale, riportata nella Figura 4-1.

Nel modello sono stati utilizzati elementi "Beam" lineari per simulare le proprietà delle strutture, mentre il collegamento con la sella è stato simulato con un vincolo di incastro. Il modello FE simula una porzione di 1.00 m di concio della galleria artificiale nella direzione fuori piano. Non sono state applicate molle al contorno.

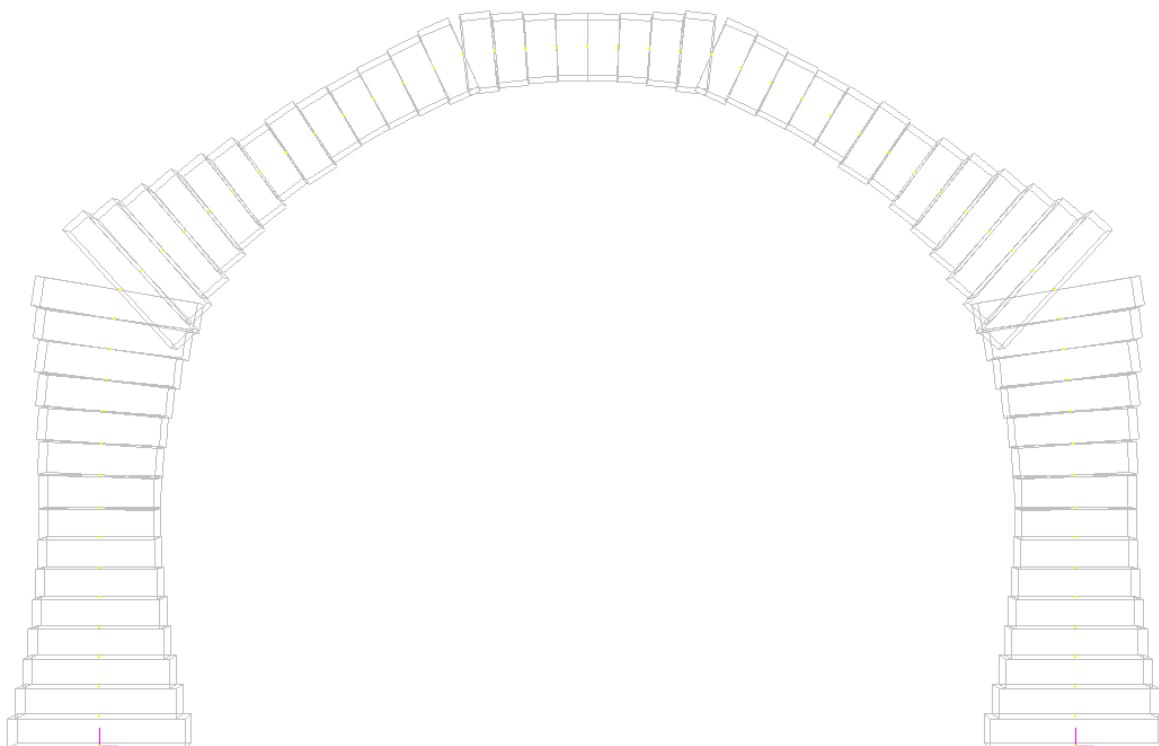


Figura 9-1: Schema del modello di calcolo con evidenziate le variazioni di spessore.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 26 di 53

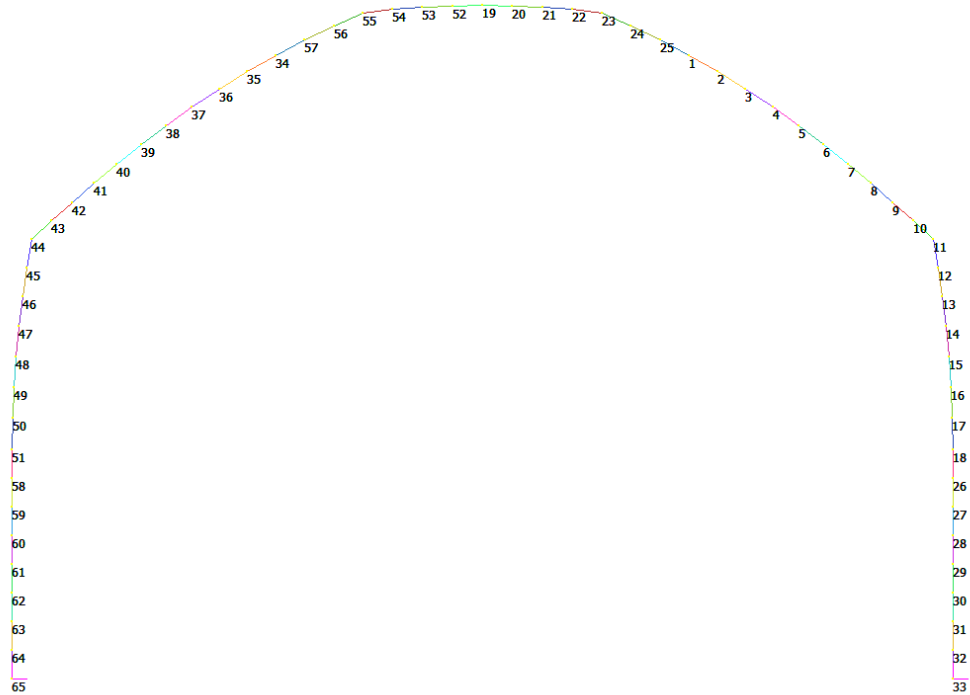


Figura 9-2: Linea d'asse e numerazione dei nodi del modello FE.

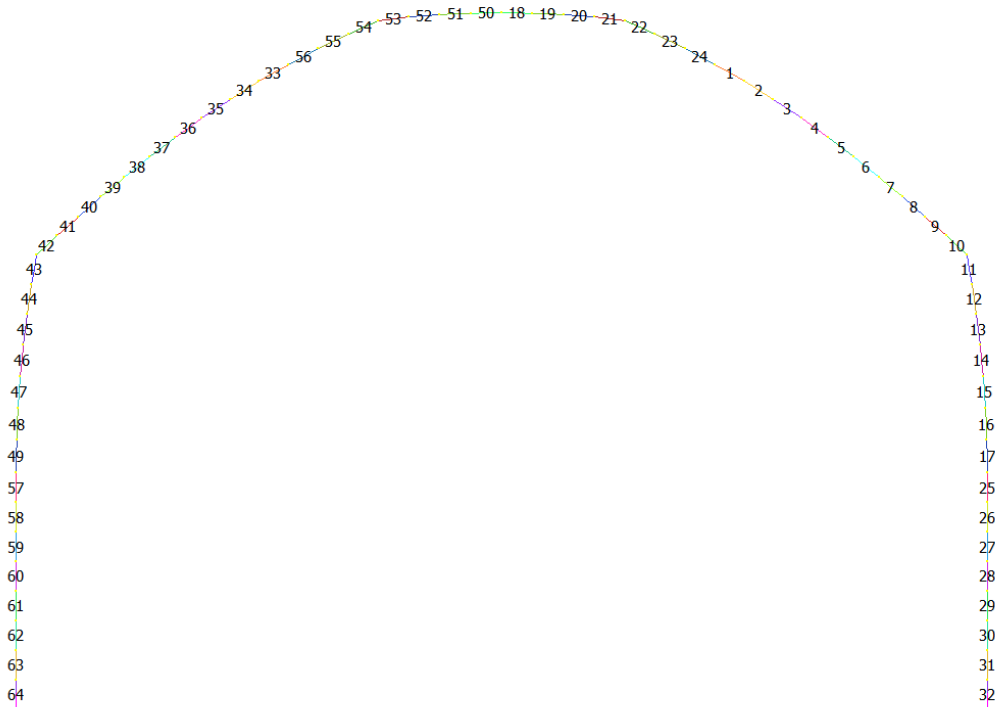


Figura 9-3: Linea d'asse e numerazione degli elementi "Beam" del modello FE.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	27 di 53

Nella tabella seguente sono riassunte le coordinate dei nodi principali del modello FE.

NODE ID	x [m]	y [m]
3	3.595	8.060
11	6.158	6.007
18	6.425	3.130
19	0.000	9.205
23	1.629	9.105
33	6.425	0.000
36	-3.595	8.060
44	-6.158	6.007
51	-6.425	3.130
55	-1.629	9.105
65	-6.425	0.000

Tabella 9-1: Coordinate dei nodi principali nel modello FE.

## 10. ANALISI DEI CARICHI

Il portale provvisorio, essendo una struttura temporanea, è soggetta solamente al peso proprio della struttura.

### 10.1G00 – PESO PROPRIO

Il carico di peso proprio è automaticamente calcolato dal programma, una volta inserite le caratteristiche dei materiali e delle sezioni. Secondo [12], i carichi permanenti dei componenti strutturali devono essere calcolati con le seguenti ipotesi:

#### Calcestruzzo Armato:

Peso Specifico:  $\gamma_{\max} = 25 \text{ kN/m}^3$

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 28 di 53

## 11. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni di verifica, le azioni nominali, descritte al precedente paragrafo, vanno combinate nei vari Stati Limite di verifica previsti (SLE, SLU, SIS) in accordo a quanto previsto al punto 2.5.3 delle NTC08:

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

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

Le combinazioni sono state generate nel rispetto di quanto indicato dalla normativa nelle tabelle qui di seguito riportate:

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Figura 11-1: Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco		IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	29 di 53

Le combinazioni allo Stato Limite Ultimo sono di seguito descritte ed analizzate in dettaglio.

Alle precedenti matrici dei coefficienti di combinazione si affiancano i fattori parziali di sicurezza da applicare ai parametri geotecnici del terreno che, come da Normativa, possono seguire due Approcci (§ 6.5.3.1.2):

### Approccio 1:

Fase Statica: A1+M1+R1 Combinazioni per le verifiche STR

A2+M1+R1 Combinazioni per le verifiche GEO

Fase Sismica: A1+M1+R1 SIS-STR – Combinazioni per le verifiche STR in fase sismica

### Approccio 2:

Fase Statica: A1+M1+R3 Combinazioni per le verifiche STR e GEO

Fase Sismica: A1+M1+R3 EQK-STR – Comb. per le verifiche STR in fase sismica

Le Tabelle seguenti definiscono i valori dei coefficienti da adottare:

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Figura 11-2: Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Figura 11-3: Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

E' stato adottato l'Approccio 2.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 30 di 53

Si riportano di seguito le combinazioni di calcolo adottate per la definizione delle massime sollecitazioni agenti sulla struttura.

CASES	1	2	3	4
	SLU_01	SLV_01	SLV_02	SLV_03
1: G00 - Peso_Proprio	1.35	1	1	1
2: E01 - Sisma X	0	1	0.3	0.3
3: E02 - Sisma Y	0	0.3	1	-1

## 12. RISULTATI MODELLO DI CALCOLO E VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano di seguito le tensioni presenti negli elementi del modello di calcolo.

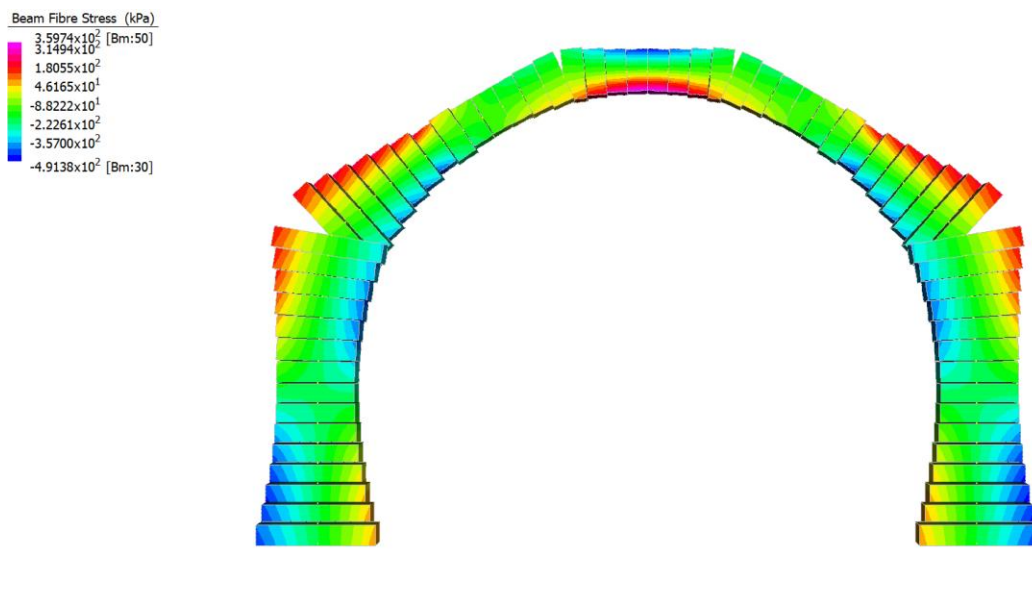


Figura 12-1: Tensioni massime.

Come si evince dal risultato delle analisi, la tensione di trazione massima in calotta, dovuta al solo peso proprio della struttura, risulta essere pari a  $0.360 \text{ N/mm}^2$ , inferiore al valore limite  $f_{ctd} = 1.43 \text{ N/mm}^2$ .

Qualora lo scassero avvenisse della struttura avvenisse dopo un tempo "t" pari a 5 giorni, la resistenza a trazione del calcestruzzo per flessione risulterebbe pari a:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 31 di 53

## CALCESTRUZZO

Classe		C25/30
$f_{ck}$	Valore caratteristico della resistenza compressione cilindrica del calcestruzzo a 28 giorni	25.00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	Valore medio della resistenza a compressione cilindrica del calcestruzzo	33.00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	2.56 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,5\%}$	Valore caratteristico al 5% della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	1.80 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,95\%}$	Valore caratteristico al 95% della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	3.33 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cfm}$	Valore medio della resistenza alla trazione a flessione del calcestruzzo	3.08 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	Modulo di elasticità secante del calcestruzzo	31000.00 N/mm <sup>2</sup>

## Proprietà dei materiali [EN1992-1-1]

### Calcestruzzo

$t$	Età del calcestruzzo in giorni al momento considerato	5.00 giorni
$s$	Coefficiente che dipende dal tipo di cemento	0.38
$\beta_{cc}(t)$	Coefficiente che dipende dall'età $t$ del calcestruzzo	0.59
$f_{cm}(t)$	Resistenza media a compressione del calcestruzzo all'età di $t$ giorni	19.63 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}(t)$	Valore caratteristico della resistenza compressione cilindrica del calcestruzzo a (t) giorni	11.63 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}(t)$	Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo a (t) giorni	1.53 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,5\%}(t)$	Valore caratteristico al 5% della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo a (t) giorni	1.07 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,95\%}(t)$	Valore caratteristico al 95% della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo a (t) giorni	1.98 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cfm}(t)$	Valore medio della resistenza alla trazione a flessione del calcestruzzo a (t) giorni	1.83 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}(t)$	Modulo di elasticità secante del calcestruzzo a (t) giorni	26528.35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	Valore di progetto della resistenza a compressione del calcestruzzo a (t) giorni	7.76 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd}$	Valore della resistenza a trazione di progetto a (t) giorni	0.71 N/mm <sup>2</sup>

La verifica risulterebbe ancora soddisfatta:

$$f_{ct,max} = 0.360 \text{ N/mm}^2 < f_{ctd} = 0.71 \text{ N/mm}^2$$

A favore di sicurezza, la sezione del portale provvisorio è realizzata, come precedentemente esposto, con calcestruzzo fibrorinforzato di Classe 4.0c. Le sollecitazioni massime agenti, dovute al solo peso proprio e relative ad un materiale scasserato dopo 5 giorni, sono pari a:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 32 di 53

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-3.0044x10 <sup>2</sup>	2.3321x10 <sup>2</sup>
	[Bm:32]	[Bm:10]

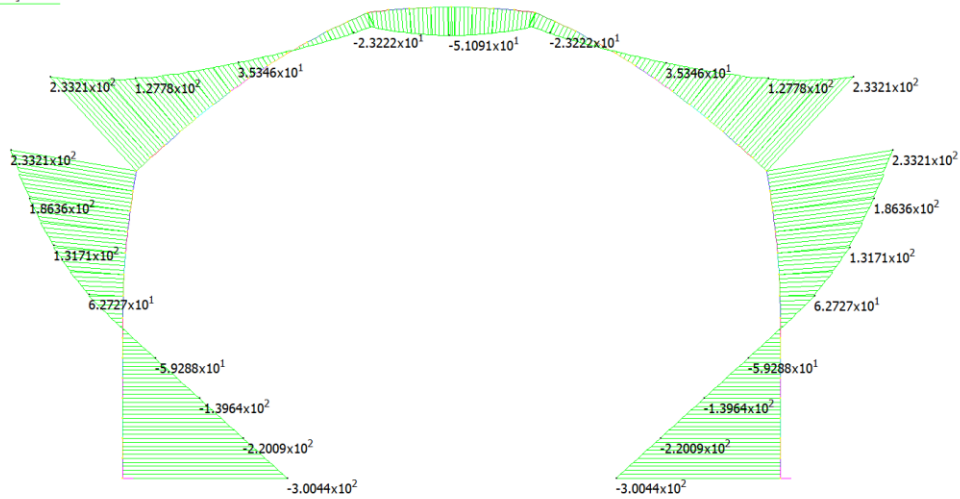


Figura 12-2: Diagramma Momento Flettente – SLU.

	MIN	MAX
SF2(kN)	-1.1589x10 <sup>2</sup>	1.1589x10 <sup>2</sup>
	[Bm:42]	[Bm:10]

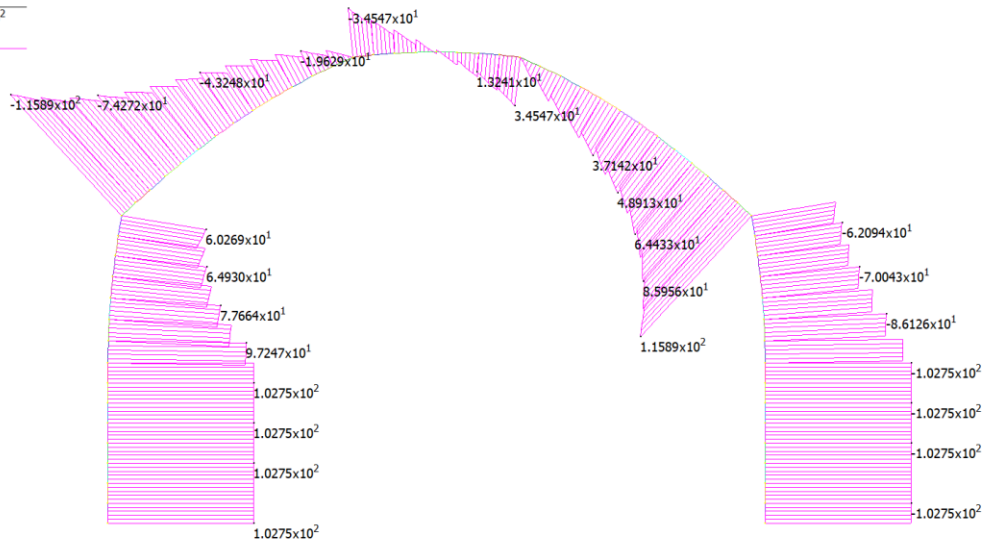


Figura 12-3: Diagramma Taglio – SLU.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 33 di 53

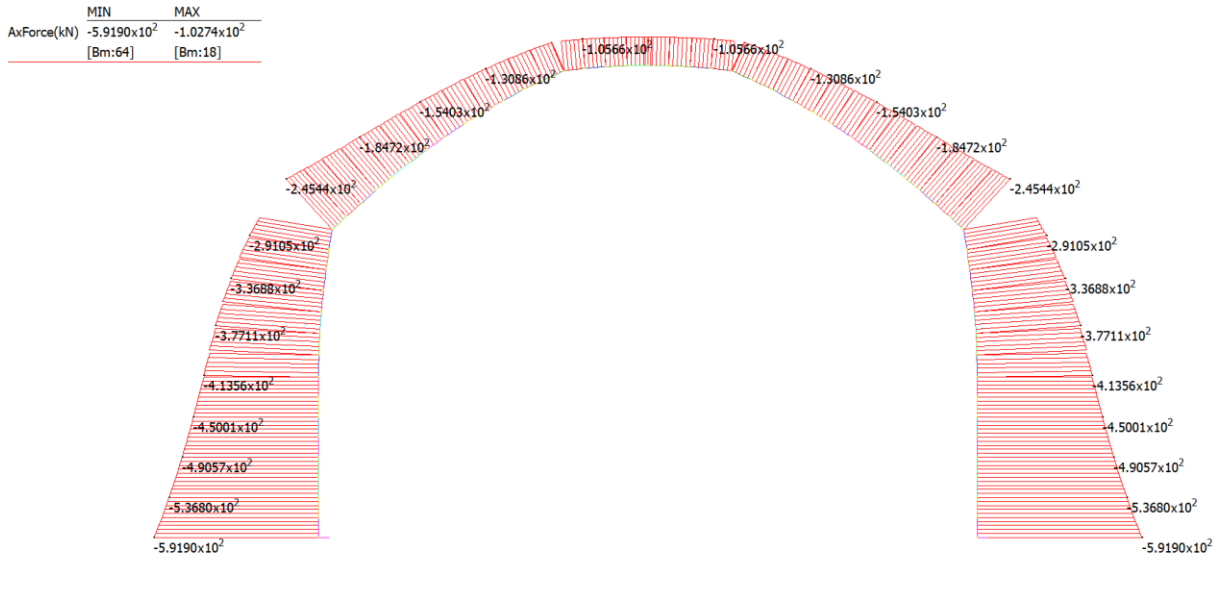


Figura 12-4: Diagramma Sforzo Normale – SLU.

La sezione risulta verifica, come riportato di seguito.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	IBOU	1BEZZ	CL	GA0300001	C	34 di 53

## Portale\_Provvisorio

### INPUT

#### SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

Combinazione	N <sub>Sd</sub> [kN]	M <sub>Sd</sub> [kNm]	V <sub>Sd</sub> [kN]
SLE Quasi Permanente	0.0	0.0	0
SLE Frequente	0.0	0.0	0
SLE Rara	0.0	0.0	0
SLU	-105.7	51.1	115.9
SLV	0.0	0.0	0.0

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.

Geometria della sezione	
Base (ortogonale al Taglio)	B [cm] 100
Altezza (parallela al Taglio)	H [cm] 80
Altezza utile della sezione	d [cm] 75
Area di calcestruzzo	A <sub>c</sub> [cm <sup>2</sup> ] 8000

Armatura longitudinale tesa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	0.00001	0	0
Diametro	Ø [mm]	10	16	16
Posizione dal lembo est	c [cm]	5.0	7.0	10.0
Area strato	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.000%		

Armatura longitudinale compressa		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Numero Barre	n	0.00001	0	0
Diametro	Ø [mm]	10	16	16
Posizione dal lembo est	c [cm]	5.0	7.0	10.0
Area strato	A <sub>s</sub> [cm <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.000%		

Armatura trasversale		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO
Diametro	Ø [mm]	0	0	0
Numero bracci	n <sub>bi</sub>	2	0	0
Passo	s <sub>w</sub> [cm]	20	0	0
Inclinazione	α [deg]	90	90	90
Area armatura a metro	A <sub>sw</sub> /s <sub>w</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	0.00	0.00	0.00

#### CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo	
Resistenza cubica a compressione	R <sub>CK</sub> 30.0
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f <sub>ck</sub> [Mpa] 11.63
Resistenza cilindrica media a compressione	f <sub>cm</sub> [Mpa] 19.63
Resistenza media a trazione per flessione	f <sub>ctm</sub> [Mpa] 1.54
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f <sub>ctk</sub> [Mpa] 1.08
Resistenza di progetto a compressione	f <sub>cd</sub> [Mpa] 6.59
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f <sub>cd</sub> [Mpa] 3.77

Calcestruzzo fibrorinforzato	
Resistenza ultima a rottura	f <sub>Ftu</sub> [MPa] 1.2
Resistenza di progetto a rottura	f <sub>Ftd</sub> [MPa] 0.8
Dofrmazione ultima di progetto	ε <sub>Fu</sub> [-] 0.020

Acciaio	
Resistenza di progetto a snervamento	f <sub>yd</sub> [Mpa] 391.30

### OUTPUT

#### VERIFICHE IN ESERCIZIO

Verifica Tensionale		σ limit	
Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	α <sub>c</sub> [MPa]	0.00	5.234
Calcestruzzo SLE Rara	α <sub>c</sub> [MPa]	0.00	6.978
Acciaio SLE Rara	α <sub>s</sub> [MPa]	0.00	360.000

Verifica di fessurazione		w limit	
Combinazione SLE Quasi permanente	w <sub>d</sub> [mm]	0.000	0.200
Combinazione SLE Frequente	w <sub>d</sub> [mm]	0.000	0.300

#### VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Sollecitazioni di progetto			
Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V <sub>Ed</sub> [kN]	115.9	
Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N <sub>Ed</sub> [kN]	-105.7	

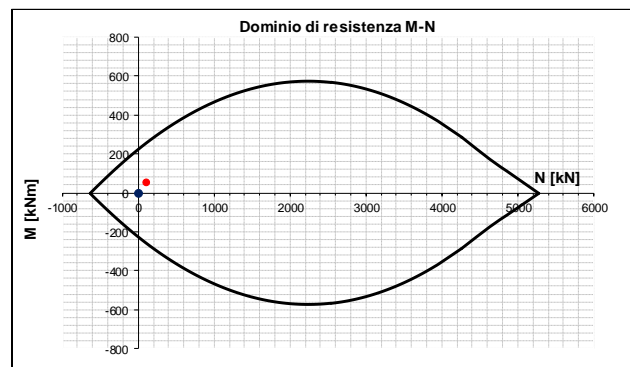
Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
Resistenza di progetto senza armatura specifica	V <sub>Rd,F</sub> [kN]	19	
Resistenza a taglio minima	V <sub>Rd,Fmin</sub> [kN]	182	
Resistenza a taglio di progetto = max (V <sub>Rd,F</sub> ; V <sub>Rd,Fmin</sub> )	V <sub>Rd1</sub> [kN]	182	
Coefficiente di sicurezza	V <sub>Rd1</sub> /V <sub>Sd</sub>	1.57	

#### VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE

Sollecitazioni di progetto		SLU	SLV
Momento sollecitante	M <sub>Sd</sub> [kNm]	51.1	0.0
Sforzo Normale concomitante	N <sub>Sd</sub> [kN]	-105.7	0.0

Verifica di resistenza in termini di momento		SLU	SLV
Momento resistente	M <sub>Rd</sub> [kNm]	259.5	227.2
Coefficiente di sicurezza	M <sub>Rd</sub> /M <sub>Sd</sub>	5.08	-

Verifica di resistenza in termini di sforzo normale		SLU	SLV
Sforzo normale resistente	N <sub>Rd</sub> [kN]	-	-
Coefficiente di sicurezza	N <sub>Rd</sub> /N <sub>Sd</sub>	-	-



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 35 di 53

### 13. ANALISI ANELLO IN CONCI PREFABBRICATI

Il carattere provvisorio del portale di imbocco sopra descritto prevede che il carico finale derivante dal reinterro sia assorbito dall'anello in conci prefabbricati armati con armatura tradizionale

Le verifiche transitorie dell'anello sono tratte nell'elaborato IB0U1BEZZCLGN03000001.

Viene proposto l'utilizzo di conci prefabbricati in calcestruzzo armato (full reinforcement) per le opere a carattere definitivo considerando una vita nominale dell'opera  $V_N \geq 100$  anni.

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

L'armatura di rinforzo per i conci prefabbricati è:

- Concio Tipo 2 (zone di faglia e interferenze):
  - ferri circonferenziali: 12+12  $\phi 14$ mm o equivalente;
  - staffatura corrente: tot.4 bracci  $\phi 12$ , passo 250mm

Si riporta di seguito il dettaglio dell'armatura adottato per il concio Tipo 2.

Ferro	Armature conci
<b>1</b>	12+12 $\phi 14$ mm o equivalente
<b>2</b>	$\phi 10$ mm passo 250 mm
<b>3</b>	13 $\phi 10$ mm
<b>4</b>	$\phi 10$ mm passo 125 mm

• Tabella 13-1: Armature conci

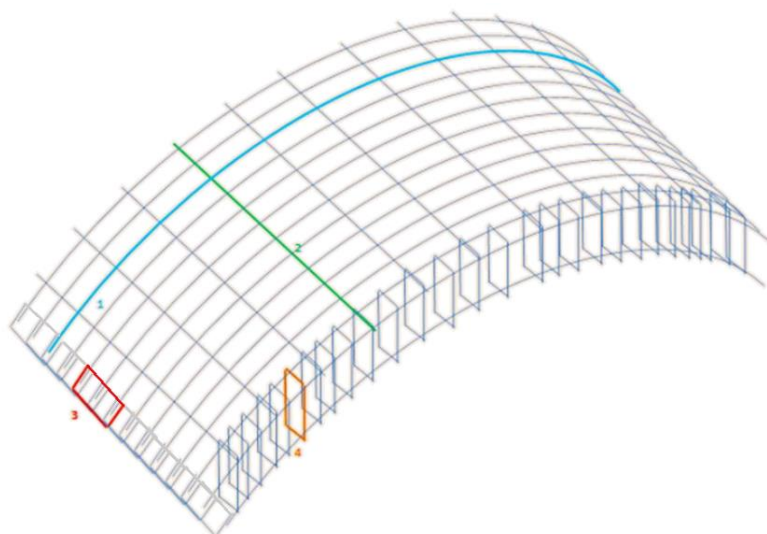


Figura 13-1: Dettaglio armature conci

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 36 di 53

Il valore del copriferro è di 50 mm.

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

Qui di seguito si riportano le caratteristiche della sezione di imbocco.

Formazione	C	Falda	Y	c	$\varphi$	E	$k_0$
[-]	[m]	[m da calotta]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[Mpa]	[-]
Df	-	-	20	0	40	70	0.357
Riempimento	-	-	20	0	35	20	0.426
Riporto	12.6	-	20	0	30	20	0.5

*C= copertura (rispetto alla calotta)*

*$\gamma$ = peso per unità di volume*

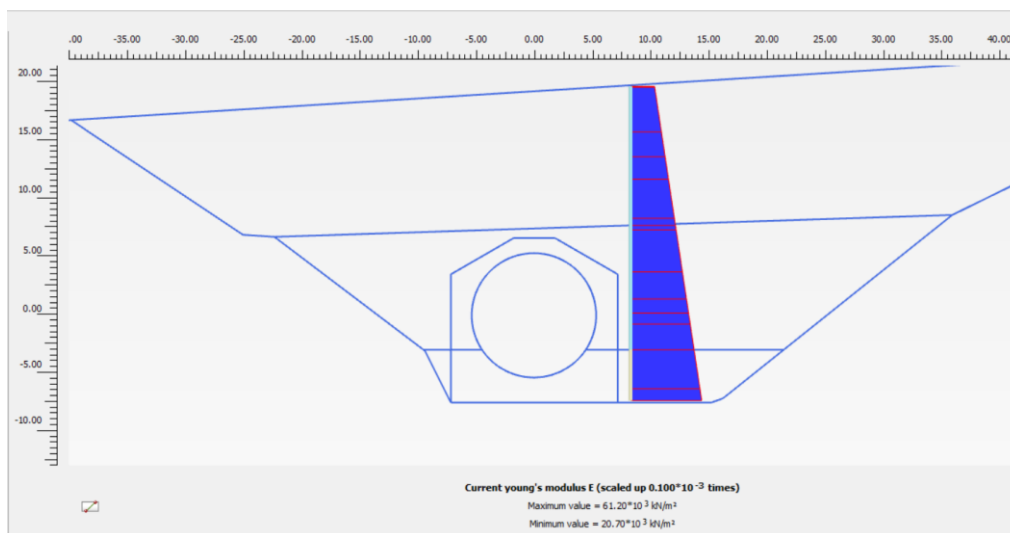
*c= coesione drenata*

*$\phi$ = angolo di attrito interno*

*E= modulo elastico dell'ammasso roccioso*

*$K_0$ = coefficiente di spinta a riposo*

I moduli di deformazione del riempimento (terreno lato sella) e riporto (terreno di riempimento attorno alla galleria) sono stati considerati variabili con la profondità dovuto a che il riempimento avverrà per fasi successive e, per ogni fase è richiesto un valore di compattazione del terreno di riporto. La legge di variazione del modulo è di circa 1 MPA/m a partire dalla quota +701 s.l.m, come mostrato qui di seguito:



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.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 37 di 53

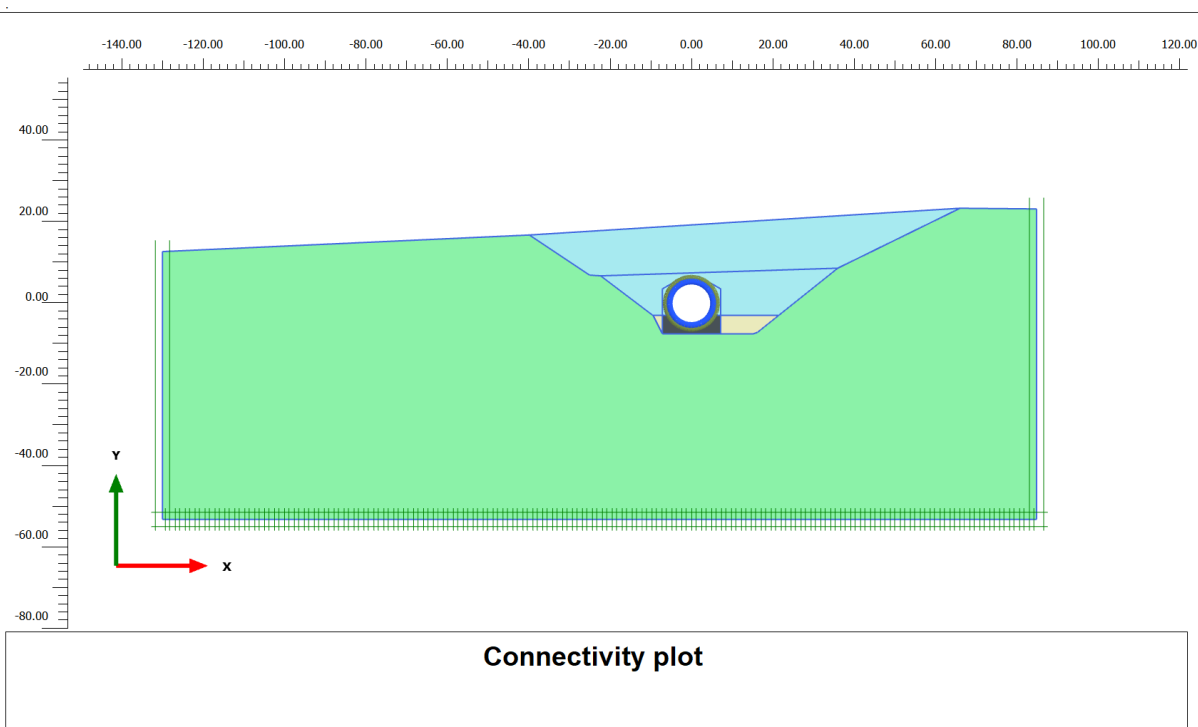


Figura 13-2 Geometria di analisi – Finestra di Forch Sezione analisi imbocco

Nelle sezioni in corrispondenza il dimensionamento dei conci prefabbricati è stato valutato nella condizione più sfavorevole e cioè andando ad applicare l'intero carico prodotto dal ricoprimento sugli elementi strutturali. Rispetto alle condizioni geotecniche, sono state considerate le seguenti assunzioni:

- a) Parametri geotecnici descritti nella tabella 2. A favore di sicurezza non è stato modellato lo spessore della formazione DLT
- b) Il calcestruzzo della sella è stato considerato come lineare elastico con modulo di deformazione 31 GPA

Le fasi esecutive sono le seguenti

1. Inizializzazione delle tensioni litostatiche considerando il pendio laterale già esistente.
2. Esecuzione della sella TBM, portale e relativo riempimento laterale
3. Esecuzione dell'anello in conci armati (concio tipo 2)
4. Riempimento del terreno fino alla quota definitiva (+701 s.l.m.)
5. Fase a lungo termine in cui si sostituisce il portale di CLS per "terreno" per simulare l'intero carico del terreno agente sul concio
6. Analisi sismica dell'anello considerando le soluzioni chiuse impiegate già per le gallerie naturali

Qui di seguito si riportano le fasi realizzate in plaxis

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 38 di 53

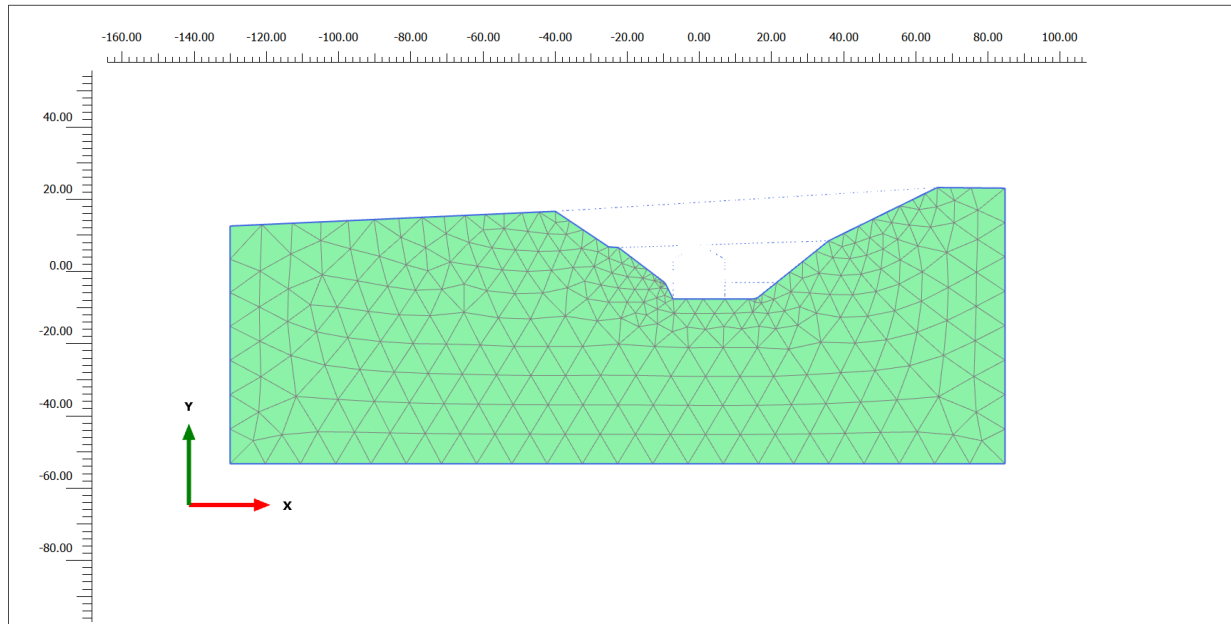


Figura 13-3 Fase litostatica

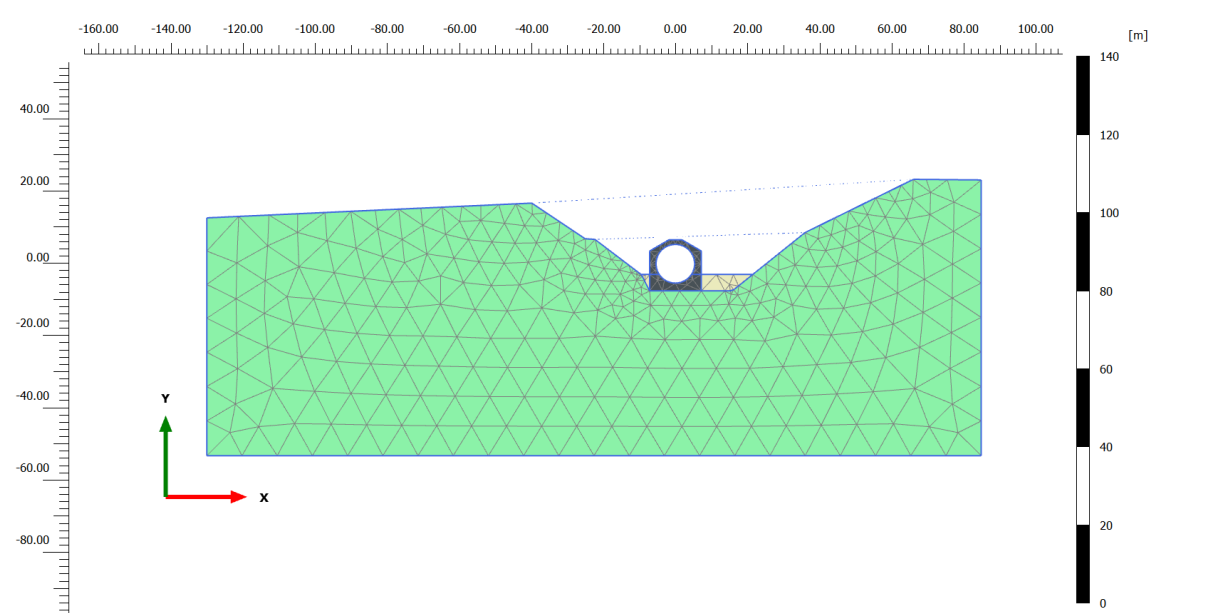


Figura 13-4 Fase 2

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 39 di 53

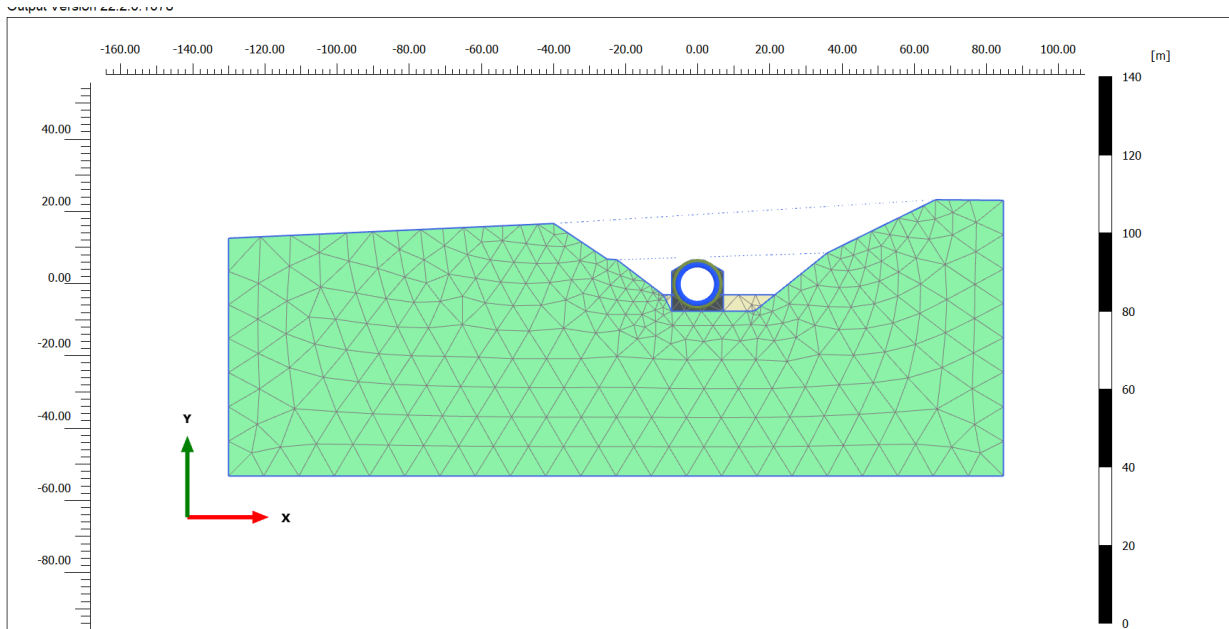


Figura 13-5 Fase 3

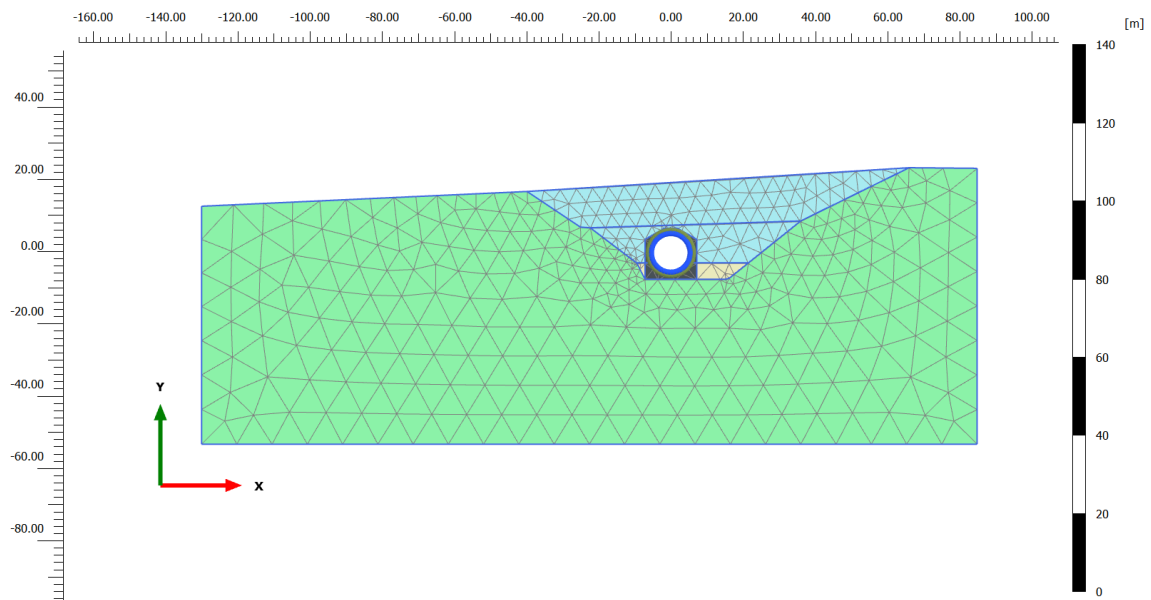


Figura 13-6 Fase 4

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 40 di 53

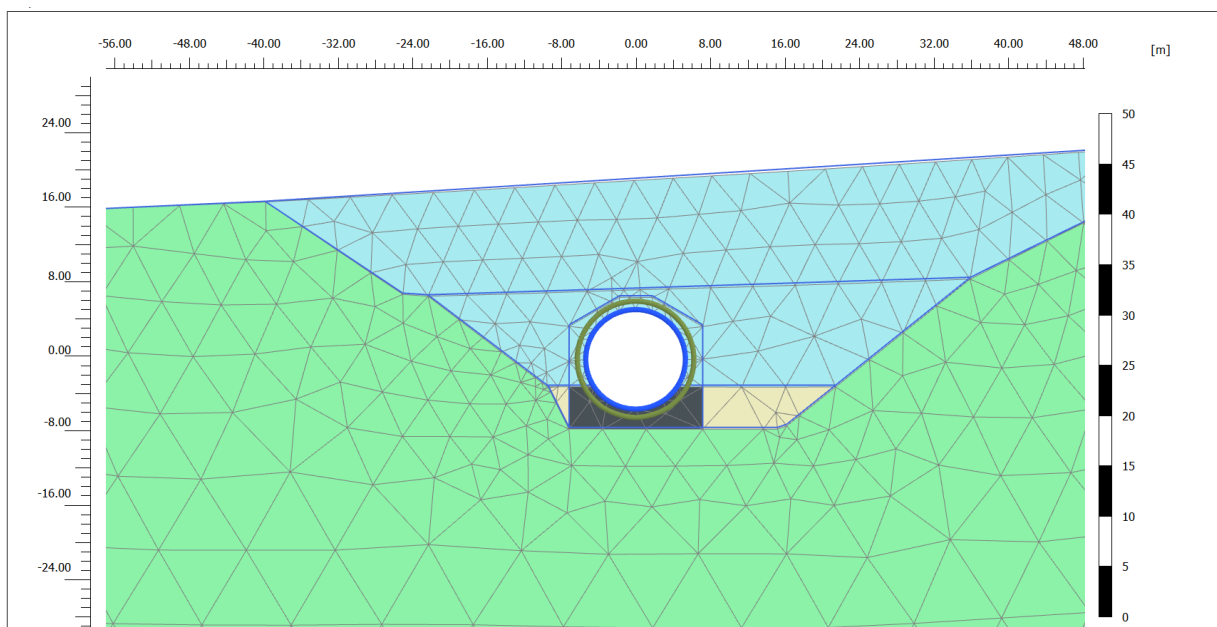


Figura 13-7 Fase 5

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  $\gamma_G = 1.3$  (stato limite ultimo) e per la lunghezza del concio  $b = 1.8\text{m}$  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  $(1+\xi) = 1.36$ .

Fase 4	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
<b>N<sub>max</sub></b>	149	7	-1.1	348.66	22.2768	-2.574
<b>N<sub>min</sub></b>	-906.1	-8.6	0	-2120.27	-27.3686	0
<b>M<sub>max</sub></b>	-85.4	9.8	-1.9	-199.836	31.18752	-4.446
<b>M<sub>min</sub></b>	-906.1	-8.6	0.3	-2120.27	-27.3686	0.702
<b>T<sub>max</sub></b>	-529.9	-2.1	6.2	-1239.97	-6.68304	14.508
<b>T<sub>min</sub></b>	-306.1	3.4	6.2	-716.274	10.82016	14.508

Tabella 13-2 Sollecitazioni sui conci – Fase 4

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:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 41 di 53

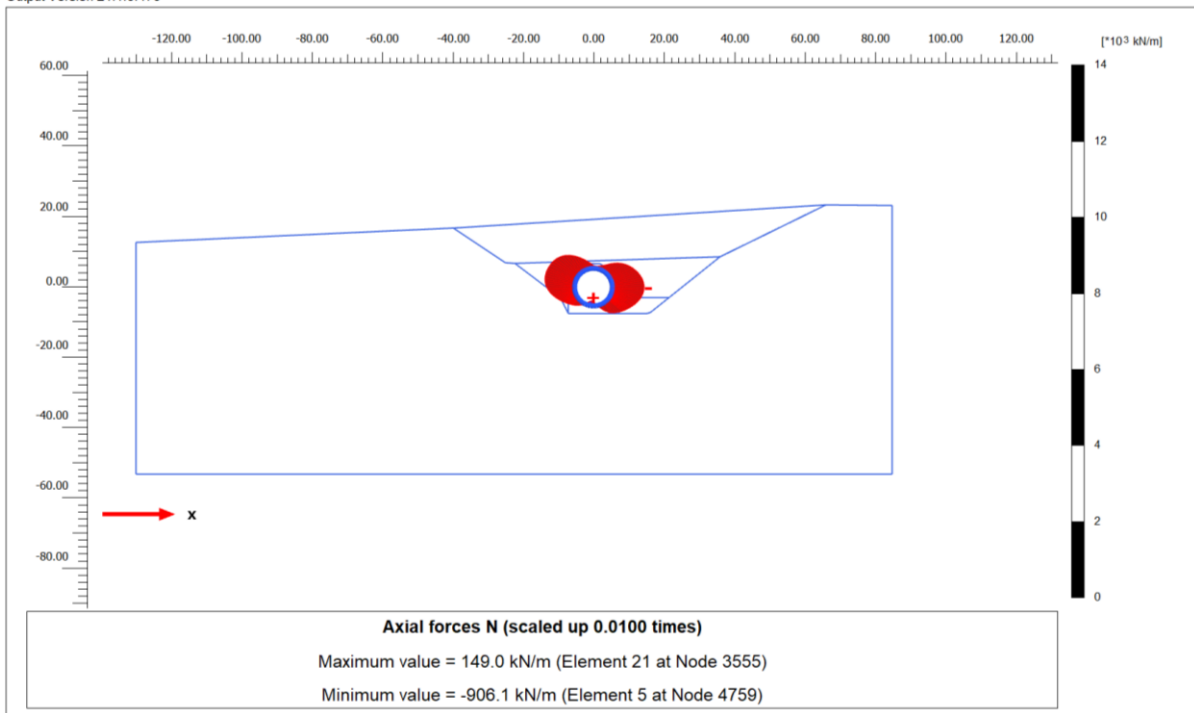


Figura 13-8: Sforzo Normale fase 4

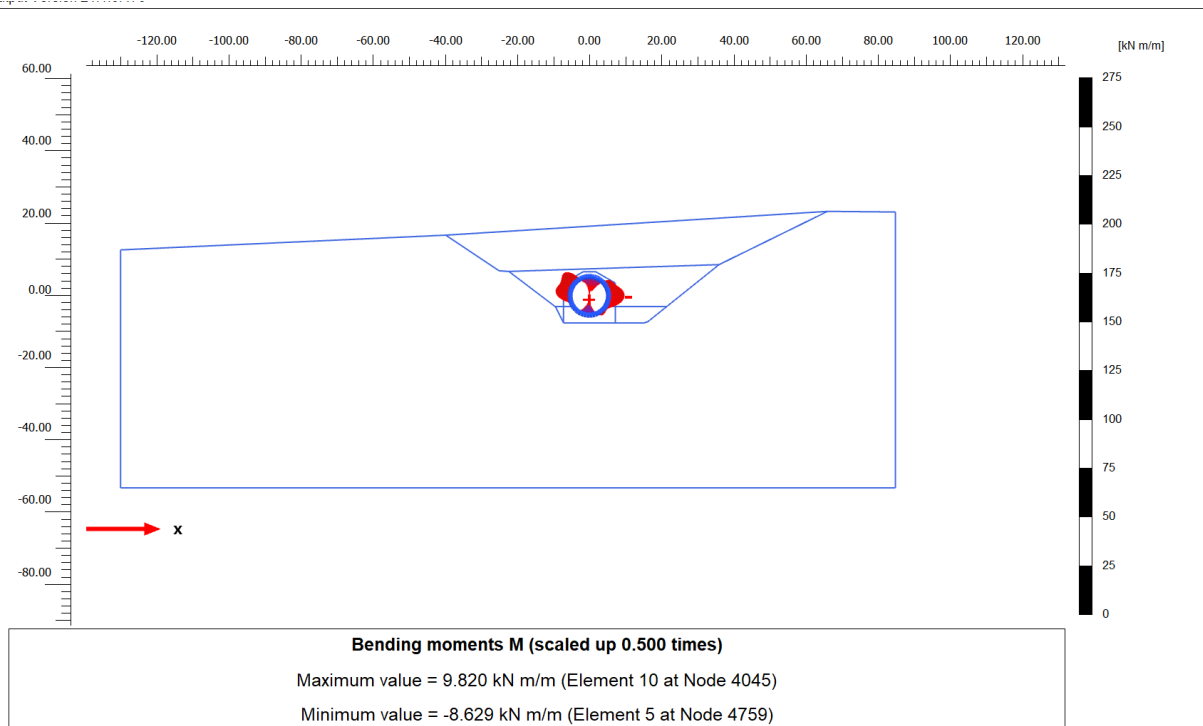
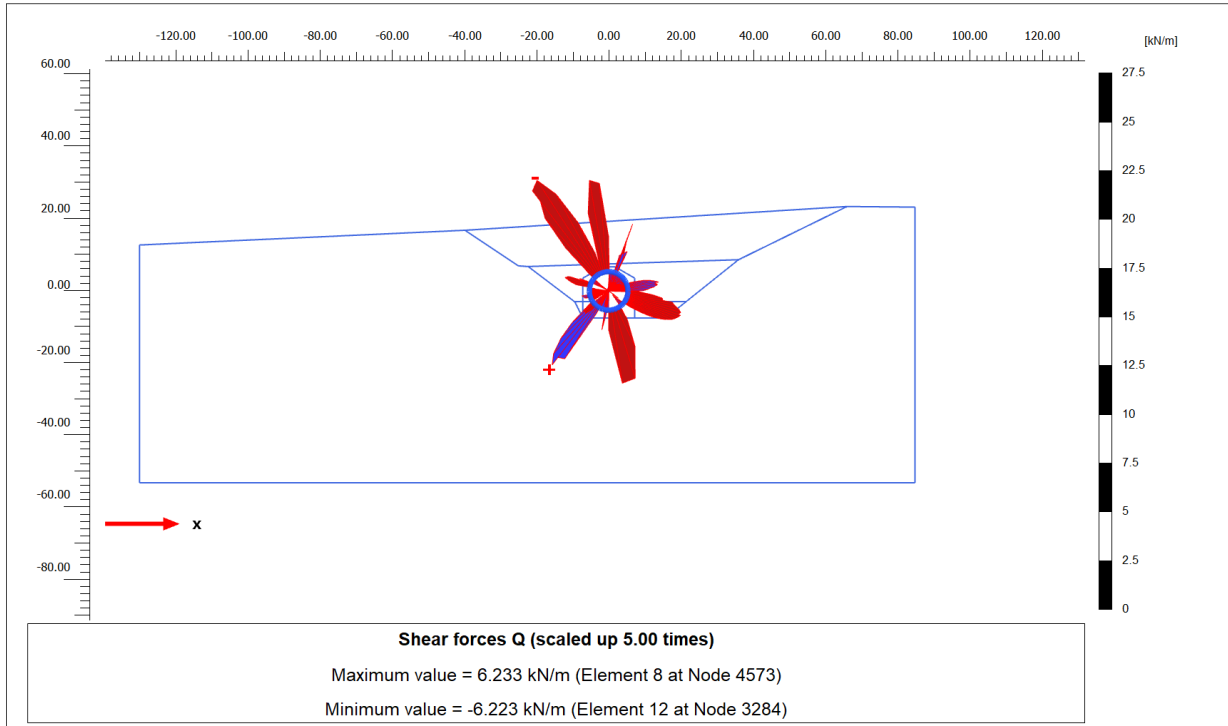
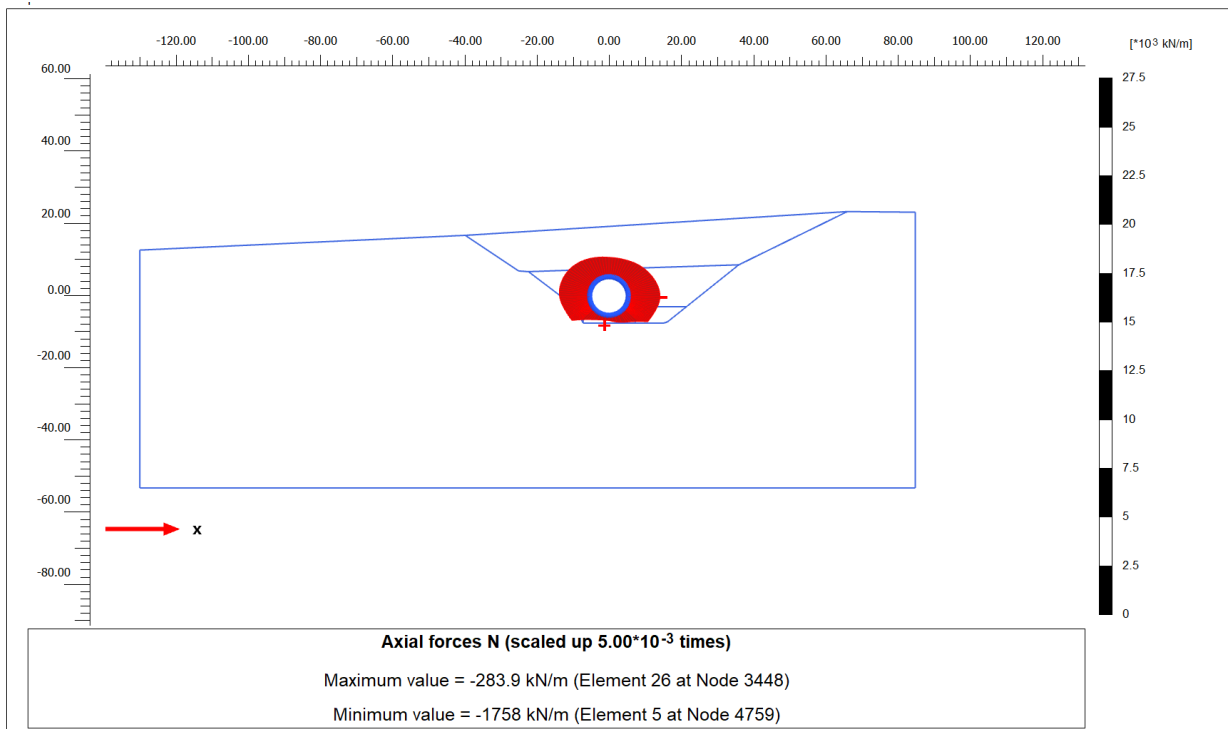


Figura 13-9: Momento Flettente fase 4

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 42 di 53



*Figura 13-10: Sforzo di taglio fase 4*



*Figura 13-11: Sforzo normale fase 5*

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 43 di 53

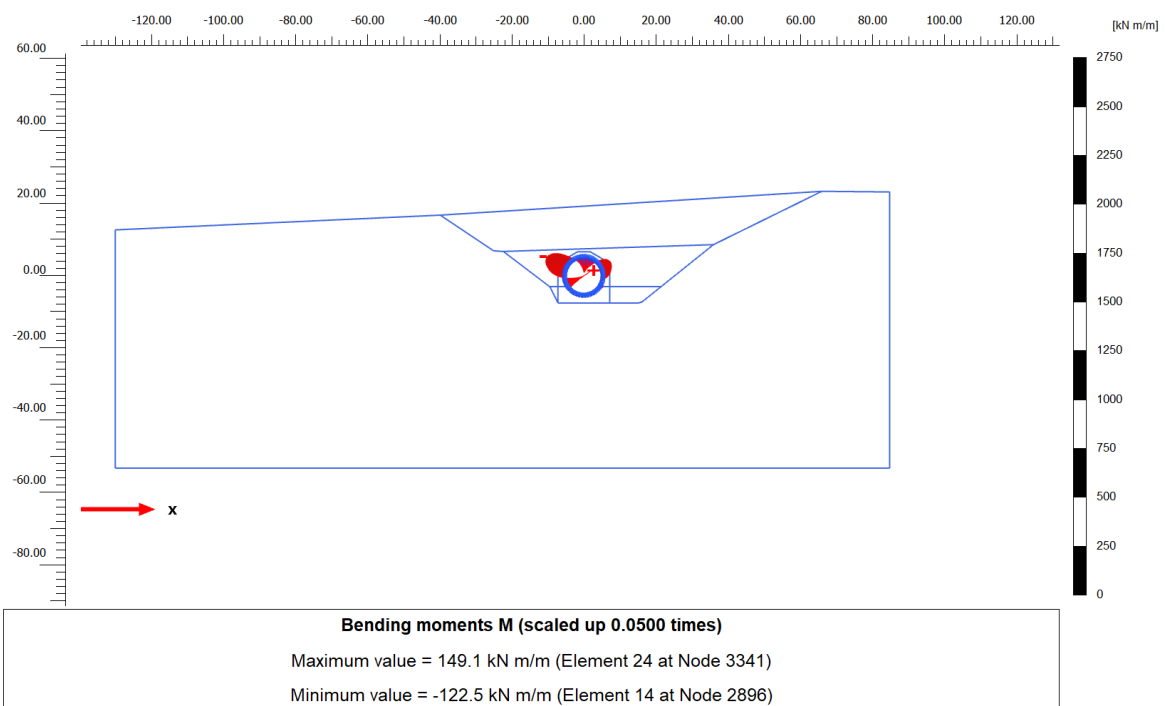


Figura 13-12: momento flettente fase 5

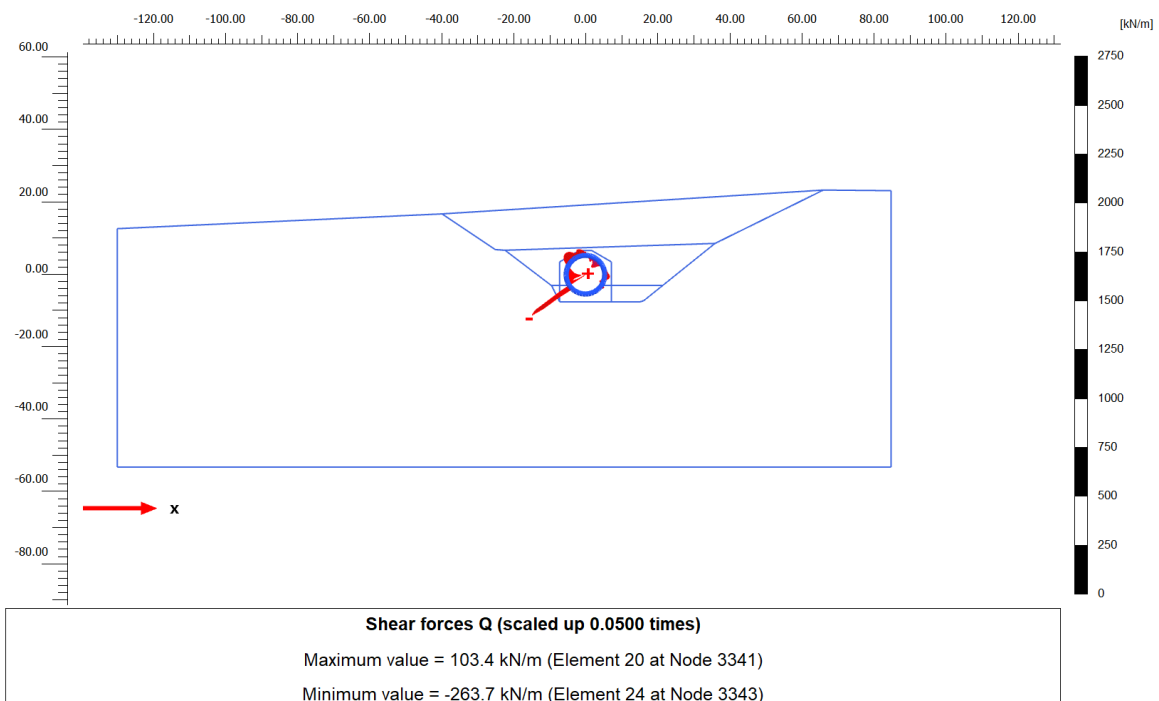


Figura 13-13: sforzo di taglio fase 5

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 44 di 53

Per la fase 5, si è svolta la stessa analisi

Fase 5	Sollecitazioni da analisi numerica			Sollecitazioni di verifica SLU		
	N (kN/m)	M (kNm/m)	T (kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)
<b>Nmax</b>	283.9	0.3	-0.2	664.326	0.95472	-0.468
<b>Nmin</b>	-1758.1	-28.4	-23.8	-4113.95	-90.3802	-55.692
<b>Mmax</b>	-1385.1	149.1	103.4	-3241.13	474.4958	241.956
<b>Mmin</b>	-1627.7	-122.5	-4.8	-3808.82	-389.844	-11.232
<b>Tmax</b>	-1385.1	149.1	103.4	-3241.13	474.4958	241.956
<b>Tmin</b>	-1133.4	79.5	-263.7	-2652.16	253.0008	- 617.058*

Tabella 13-3 Sollecitazioni sui conci –Fase 5

\*punto al contatto tra sella e terreno e ritenuto un valore puntuale derivante dal modello numerico. Si assume nelle analisi strutturali a taglio un valore "medio" nella zona pari a 352 kN

Nel seguente paragrafo si riportano i domini di rottura e lo stato tensionale l'ipotesi costruttiva menzionata anteriormente, considerando in questa sezione l'applicazione della tipologia di armatura tipo 2, descritta precedentemente.

### 13.1.1 Verifiche

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU), agli Stati Limite di Esercizio (SLE).

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

Nella tabella seguente si riportano le verifiche allo Stato Limite Ultimo delle sezioni più rappresentative dello stato tensionale agente sul rivestimento. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 45 di 53

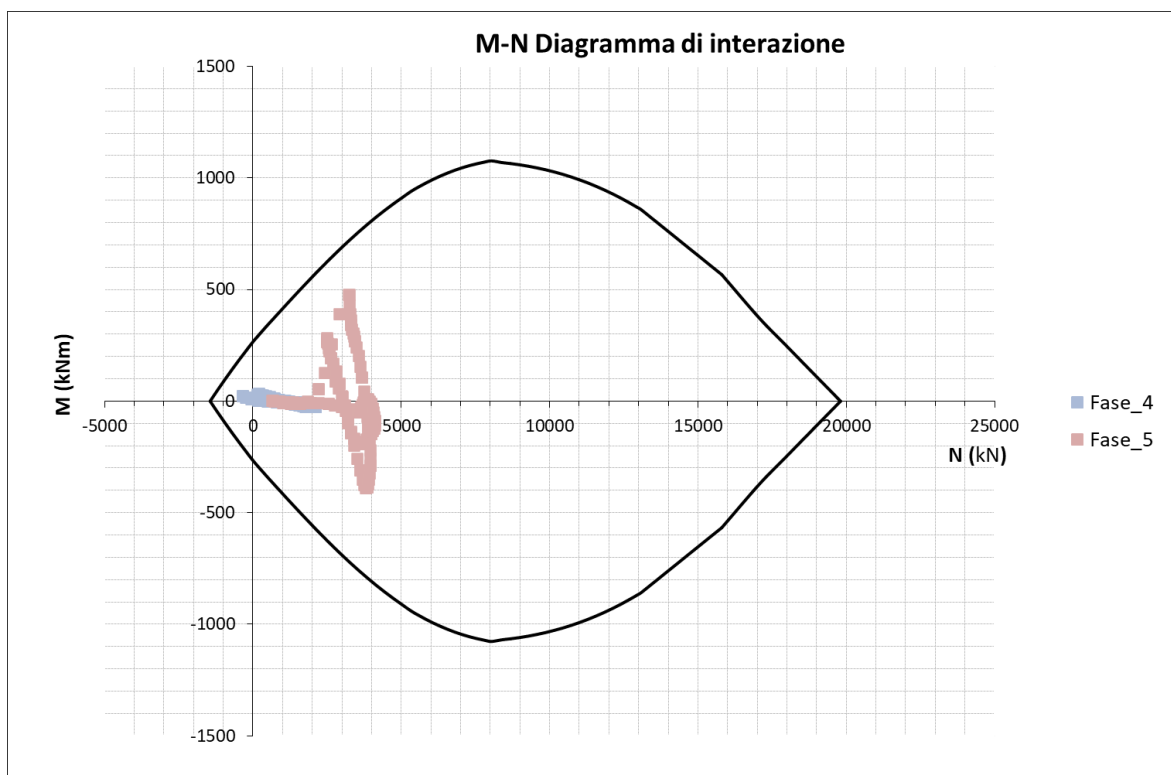
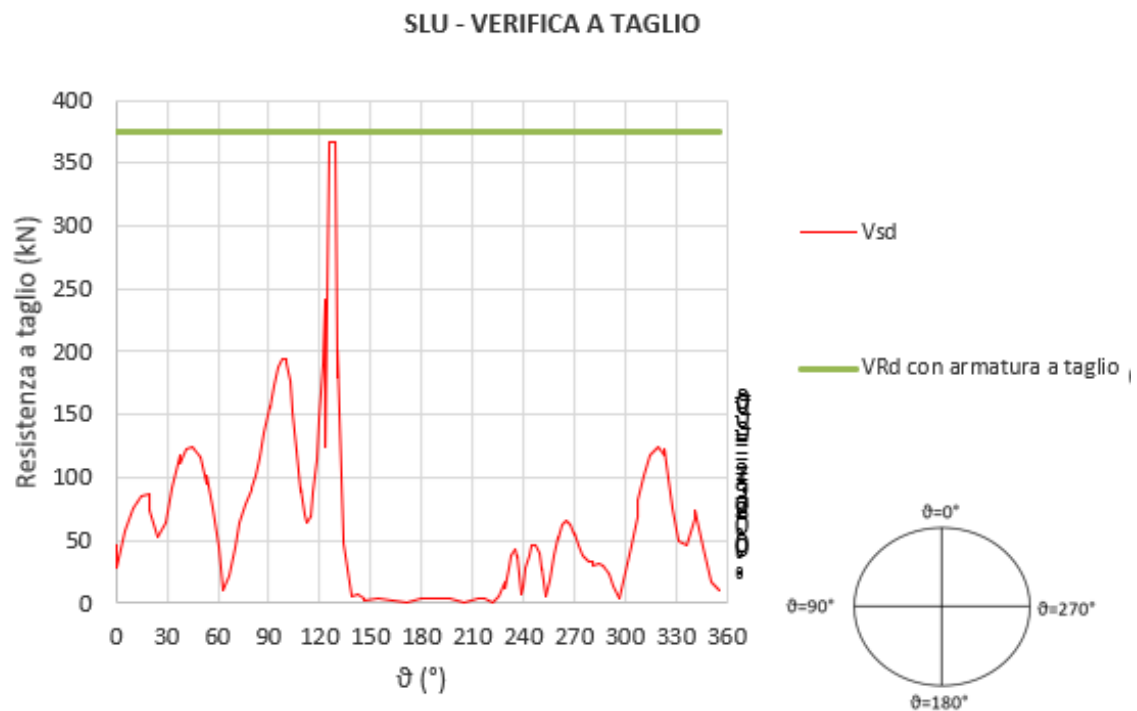
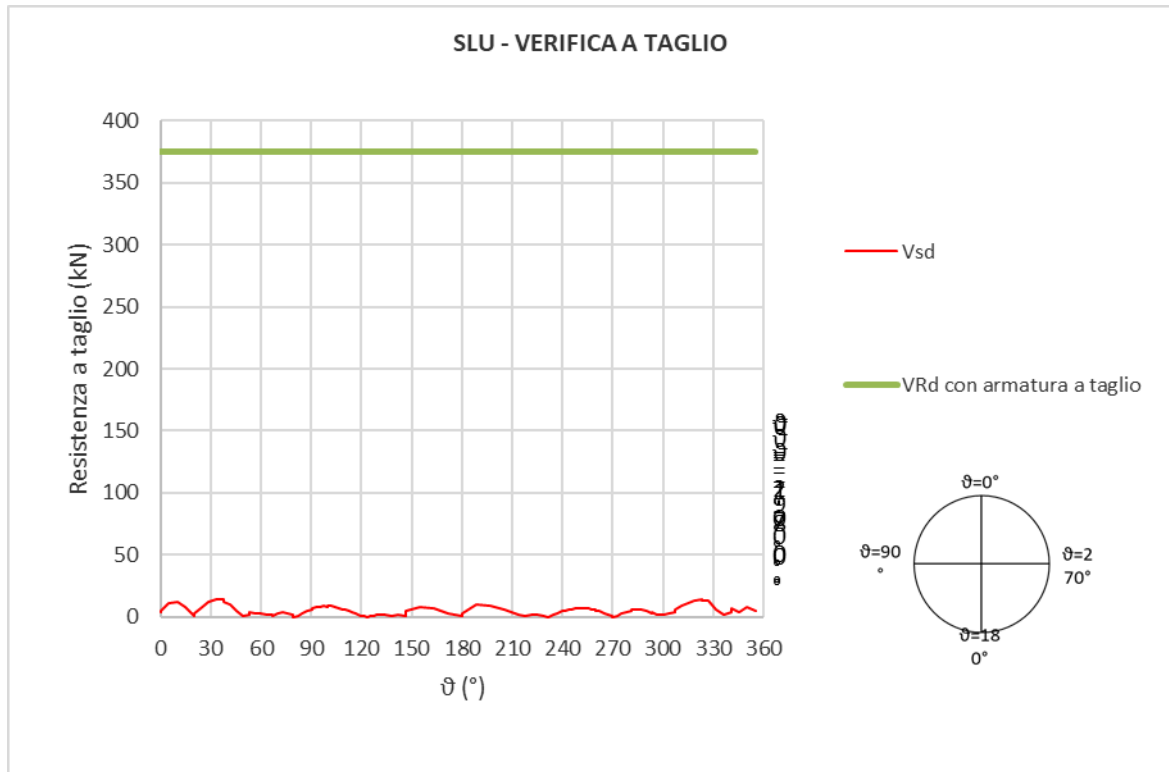


Figura 13-14: Dominio M-N Fase 4 e 5

### Verifica a taglio allo SLU

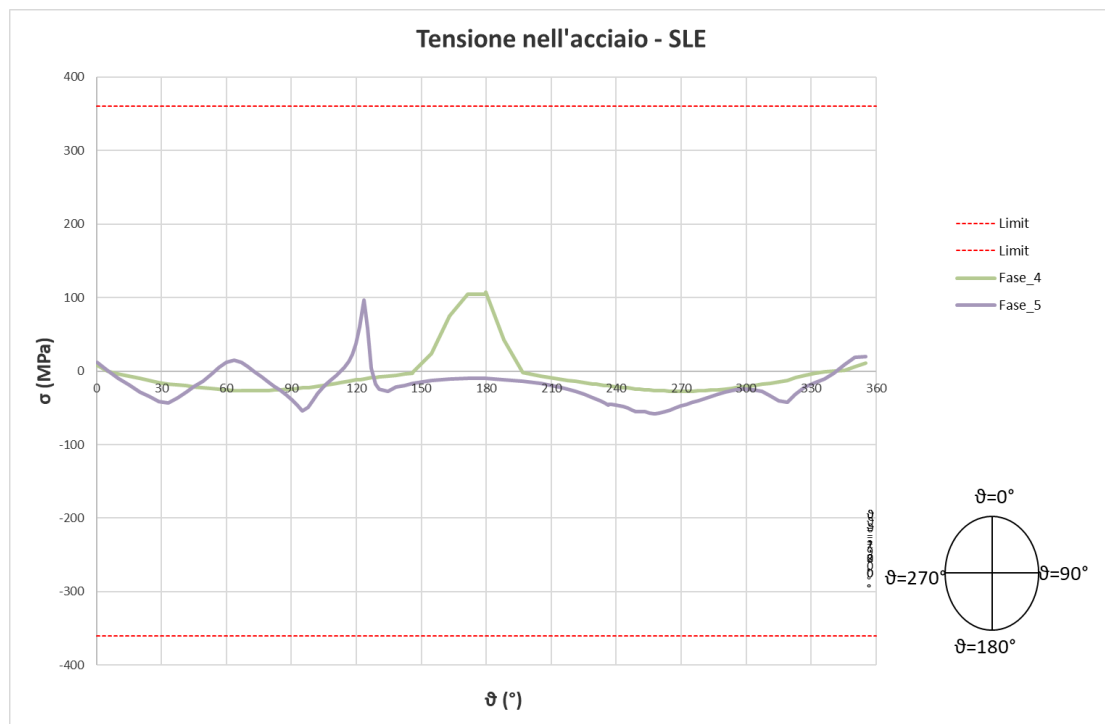
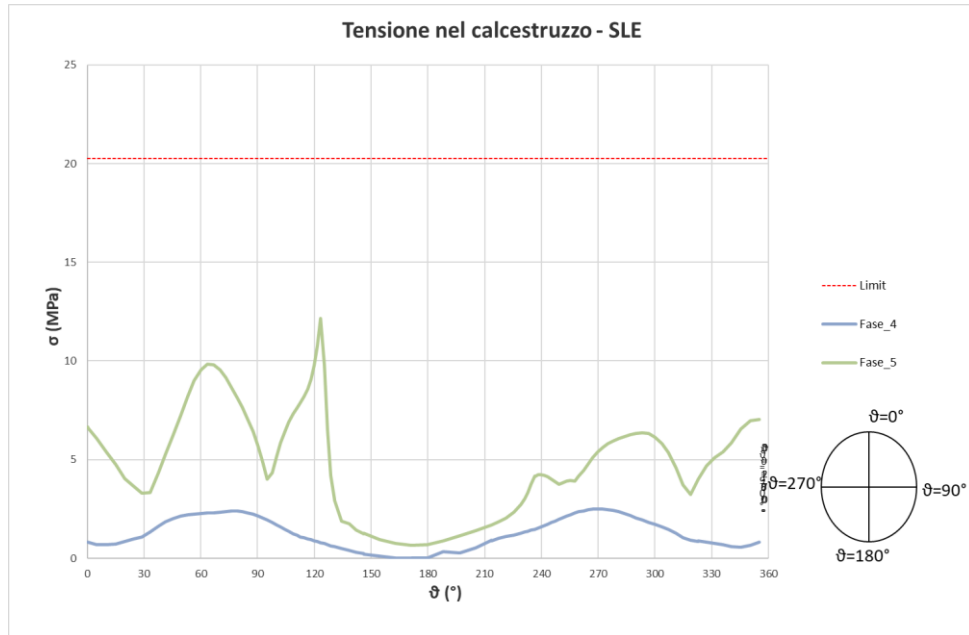
Nella figura seguente si riportano le verifiche allo SLU delle sezioni più significative. I valori delle sollecitazioni di calcolo sono ottenuti amplificando mediante un coefficiente pari ad 1.3 le sollecitazioni derivanti dall'analisi numerica. È stata verificata la sollecitazione di taglio, al variare dell'angolo  $\theta$  che descrive l'anello, nelle fasi 4 e 5

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 46 di 53

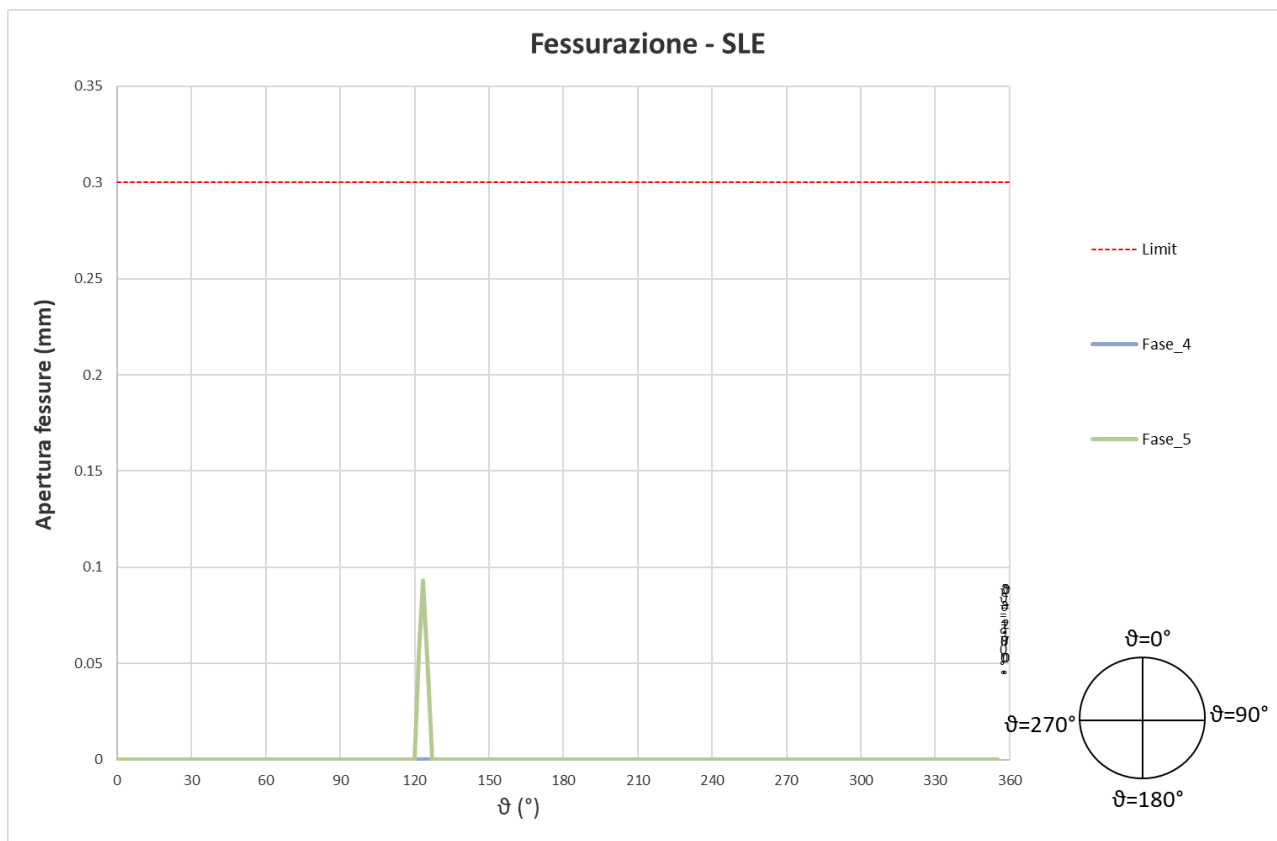


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 47 di 53

Così come riportato nella tabella 13.2, le verifiche a taglio per la fase 5 presentano un punto angoloso al contatto tra la sella ed il portale (punto ampiamente verificato nella fase 4). Questo incremento di taglio si deve al cambio fittizio del materiale costituente il portale: da cls in fase 4 a terreno in fase 5 per massimizzare gli sforzi sull'anello. Per ovviare a questo errore numerico, si è proceduto ad utilizzare un valore medio.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 48 di 53



Qui di seguito si riportano le varie esecutive in plaxis

### **Verifica Sismiche dei conci**

Le verifiche sismiche vengono svolte come descritto al §13.1.1 utilizzando i valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica di seguito definiti:

Sezione	Imbocco
Formazione	rievato
Copertura	13
Tr	1898
ag/g	0.07
Categoria di sottosuolo	B
Ss	1.2
Categoria topografica	T1
St	1
amax/g	0.084

Tabella 13—4: Parametri per la definizione dell'azione sismica per la sezione 2



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 49 di 53

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

Sezione	R <sub>i</sub> (m)	E <sub>m</sub> (kPa)	v <sub>m</sub> (-)	E <sub>l</sub> (kPa)	v <sub>CLS</sub> (-)	t <sub>l</sub> (m)	I <sub>l</sub> (m <sup>4</sup> /m)	γ <sub>max</sub> (-)
Imbocco	5.53	600000	0.3	31447000	0.15	0.40	0.0053	8.79E-05

Tabella 13—5: Parametri per la definizione dell'incremento delle sollecitazioni

Sezione	C	F	K2	K1	ΔN (kN)	ΔM (kNm)
Imbocco	0.441	53.25	1.098	0.077	±123.2	±15.8

Tabella 13—6: Valori dei coefficienti adimensionali ed incremento delle sollecitazioni dovute al sisma

Si riportano di seguito allo SLV, i valori delle sollecitazioni di calcolo in condizioni sismiche sono stati ottenuti aggiungendo alle sollecitazioni della combinazione SLE il massimo valore dell'incremento dovuto all'effetto sismico (scorrimento impedito) secondo le combinazioni seguenti:

- 1) N+ΔNsisma e M+ΔMsisma;
- 2) N-ΔNsisma e M+ΔMsisma.

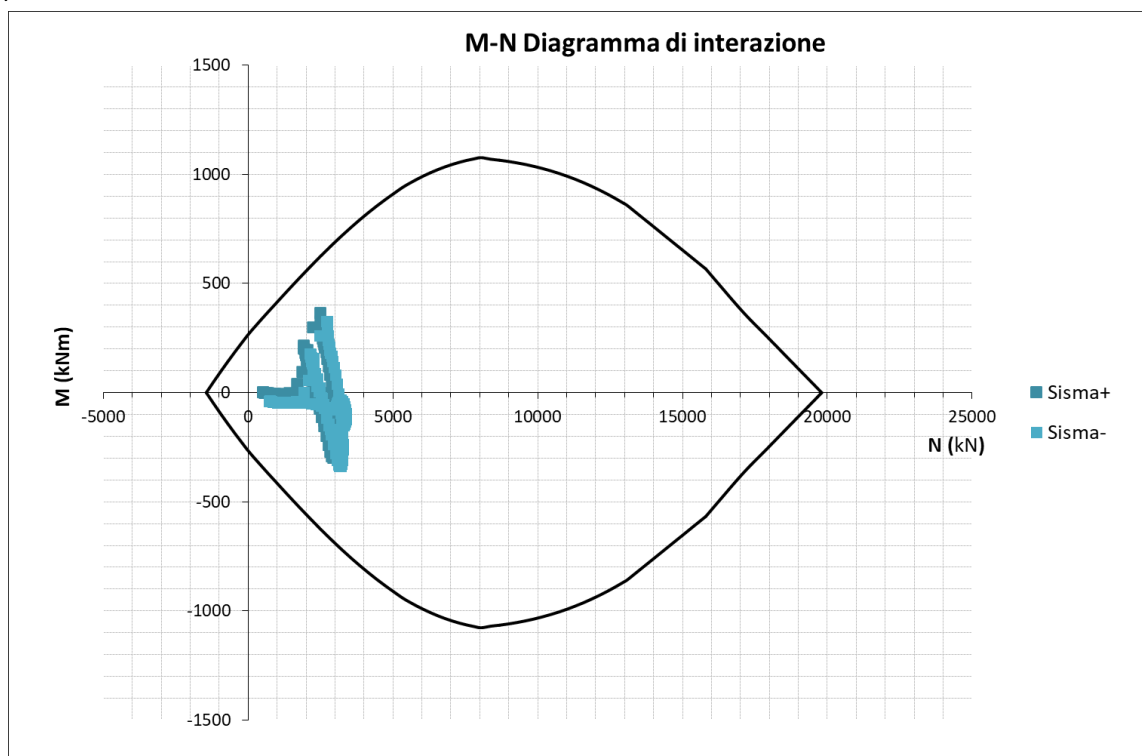


Figure 13-1 Dominio di rottura in condizioni sismiche

APPALDATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 50 di 53

### 13.1.2 Output Plaxis

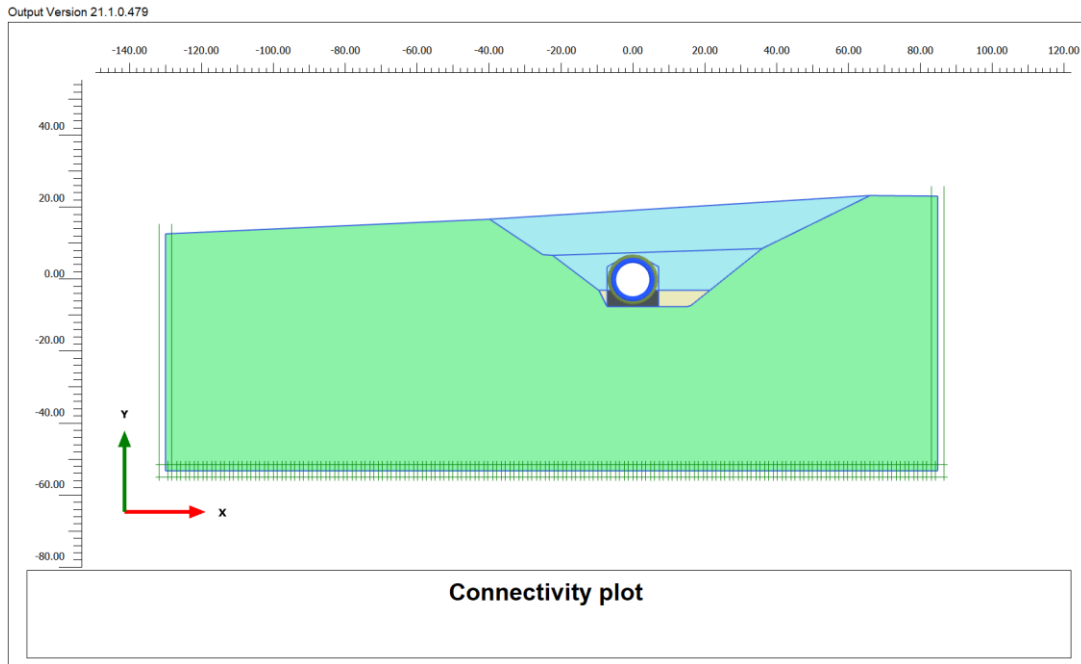


Figura 13-15: Mesh

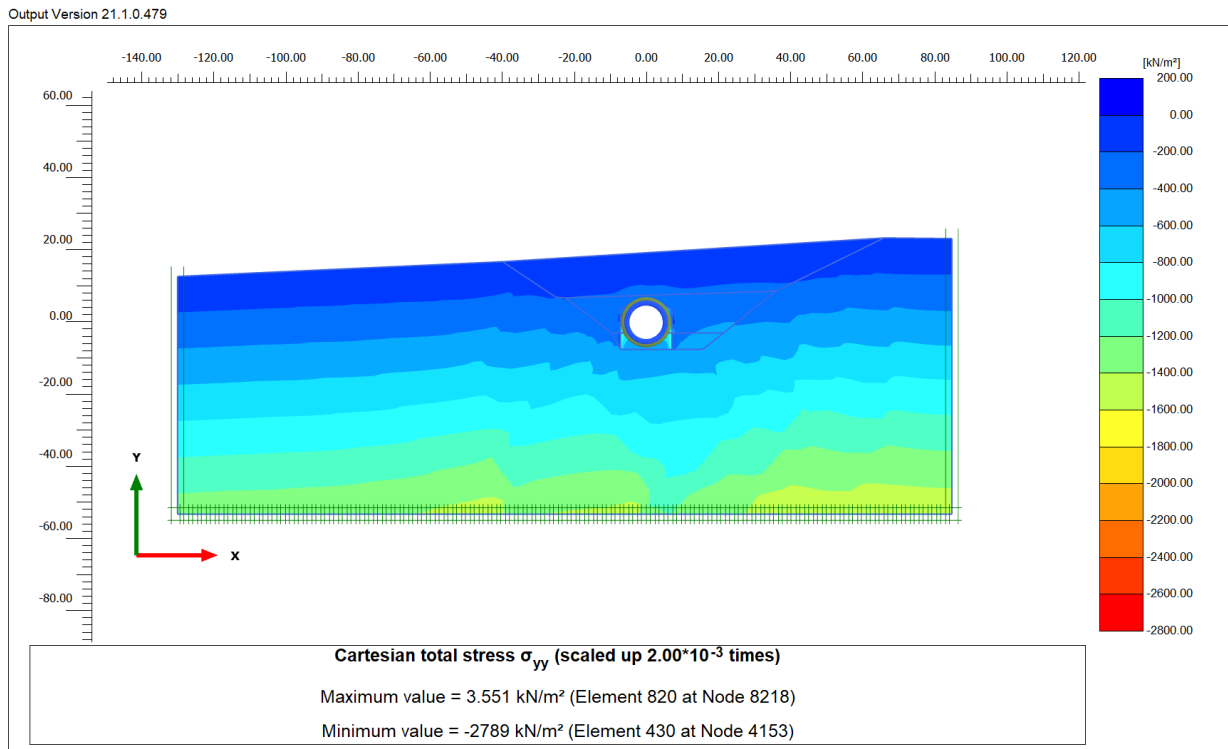


Figura 13-16: Stress  $\sigma_{yy}$  Fase 2

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 51 di 53

Output Version 21.1.0.479

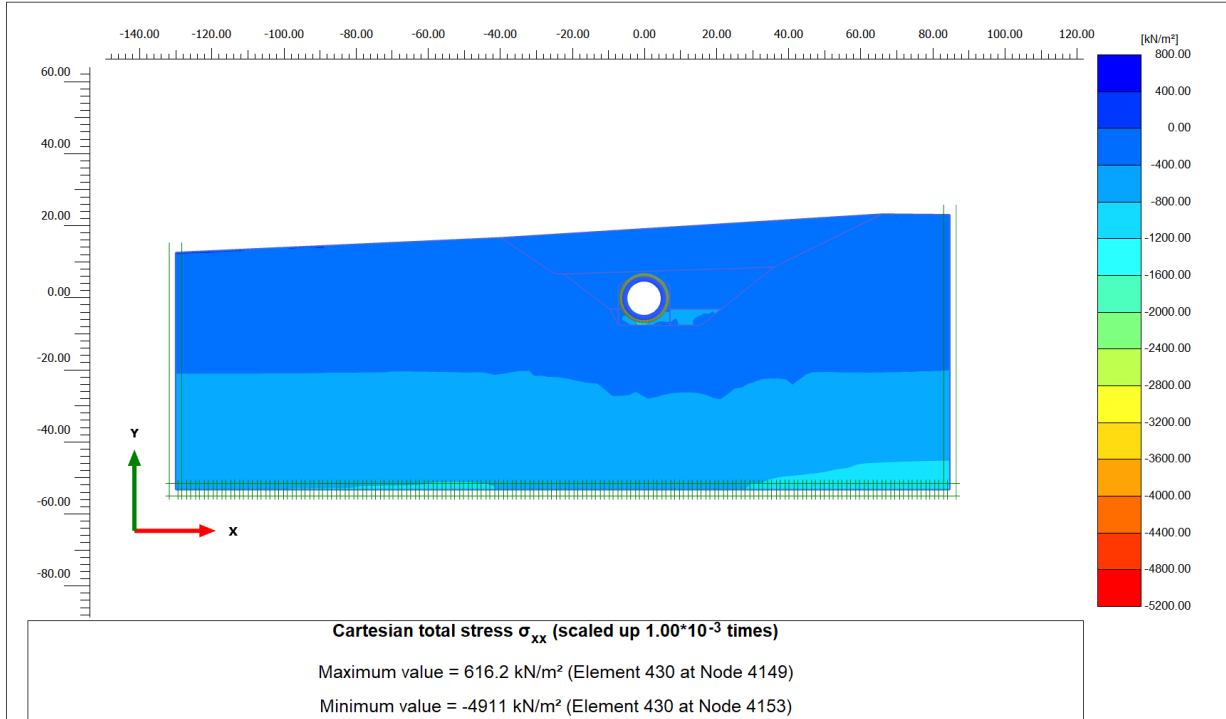


Figura 13-17: Stress  $\sigma_{xx}$  Fase 2

Output Version 21.1.0.479

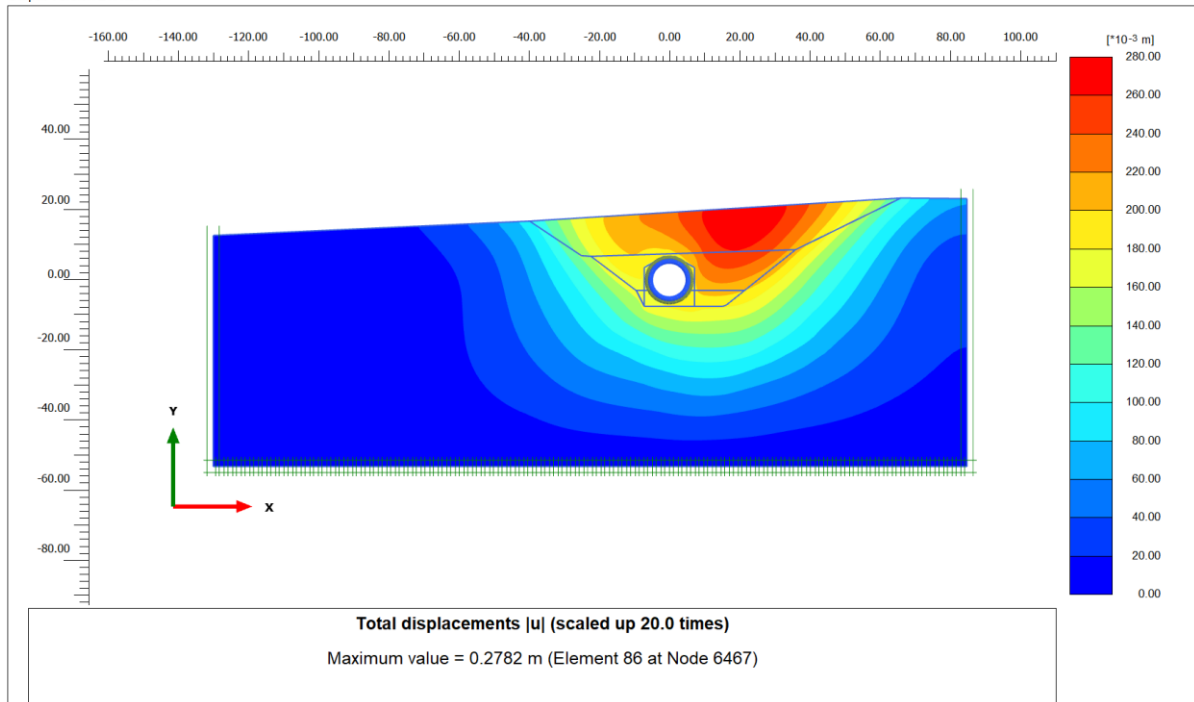


Figura 13-18: Spostamenti  $|u|$  Fase 5

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 52 di 53

Output Version 21.1.0.479

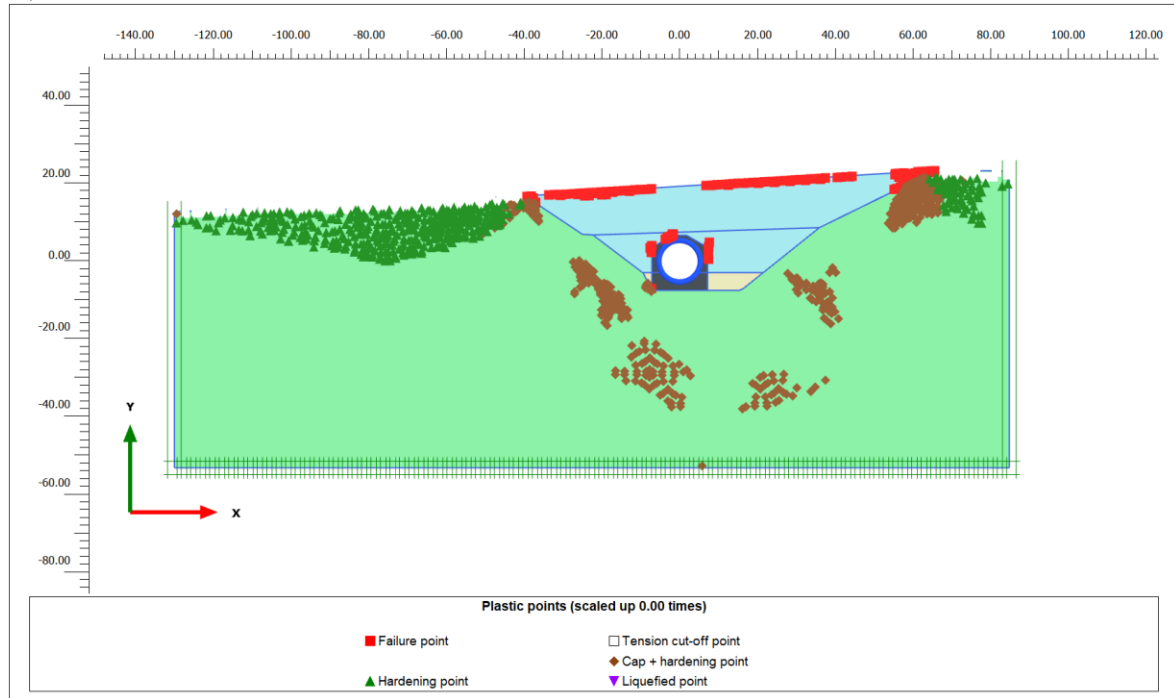


Figura 13-19: Zone di plasticizzazione Fase 4

Output Version 21.1.0.479

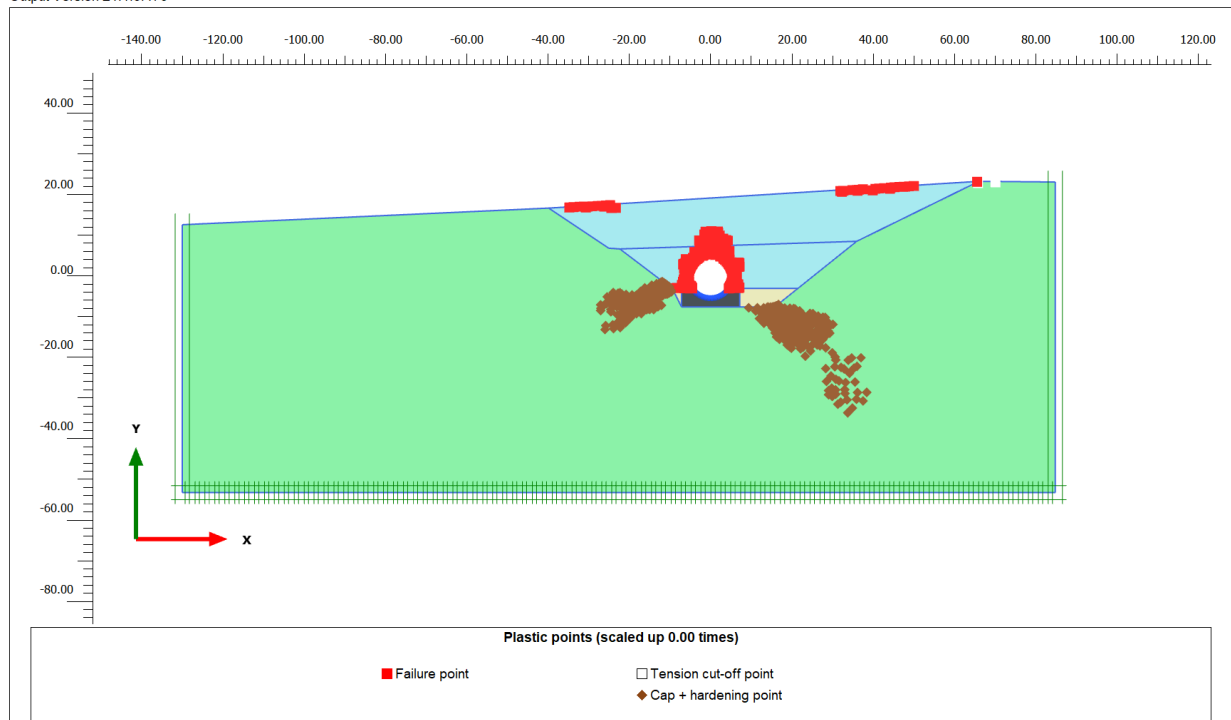


Figura 13-20: Zone di plasticizzazione Fase 5

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b> Fase Provvisoria - Relazione di calcolo - Portale di imbocco	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0300001	REV. C	FOGLIO. 53 di 53

## 14. CONCLUSIONI

Oggetto della presente relazione sono lo studio delle problematiche progettuali, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari all'esecuzione delle opere di imbocco della galleria naturale di Forch, nell'ambito del progetto della linea Fortezza – Ponte Gardena Lotto 1 – Finestra di Forch sino alla sezione 0+157.50.

Dalle analisi svolte qui sopra si evince che il portale di imbocco, inteso come struttura provvisoria, risulta adeguato alla sua funzione.

Il comportamento definitivo del portale di imbocco sarà ascritto ai conci armati con armatura tradizionale; la verifica strutturale e sismica ha dimostrato che tale struttura è adeguata. In questo caso la struttura definitiva sarà, quindi, l'anello di conci armati.